

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

BEFORE THE PATENT TRIAL AND APPEAL BOARD

3D Systems Corporation et al.,

Petitioner

v.

Intrepid Automation, Inc.,
Patent Owner.

Inter Partes Review (IPR) Proceeding Number: 2025-01242
U.S. Patent No. 11,338,511

Exhibit Number: **Exhibit 1005 for Petitioner**

Exhibit Title: International Patent Application Publication WO
2017/154564 A1, “Three-Dimensional Shaping Device” (“Sekine”) –
translated to English and including declaration of Eric Vance (translator)

Date of Filing: July 18, 2025

Filed By: Petitioner 3D Systems Corporation et al.,

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

BEFORE THE PATENT TRIAL AND APPEAL BOARD

3D Systems Corporation et al.,

Petitioner

v.

Intrepid Automation, Inc.,
Patent Owner.

Case No. **IPR2025-01242**
U.S. Patent No. 11,338,511

Declaration of Eric Vance

I, Eric Vance, declare pursuant to 28 U.S.C. § 1746:

1. I am over the age of eighteen and competent to testify regarding the matters contained herein.
2. I am located in the United States.
3. I possess a BS/BA in Physiology and Japanese.
4. I have over nine years of professional translation experience in translating from Japanese to English.
5. I also possess a Japanese-Language Proficiency Test (JLPT) N1 certification.

6. I hereby certify I am an experienced and qualified translator in Japanese-to-English translation.

7. On or about May 20, 2025, I was asked to translate from Japanese to English an international patent application published under the Patent Cooperation Treaty as International Publication No. WO 2017/154564 A1, the original version of which is attached hereto as Exhibit 1.

8. On or about May 23, 2025, I completed the translation of the aforementioned patent application from Japanese to English, and my translated version is attached hereto as Exhibit 2.

9. Pursuant to 37 C.F.R. § 42.63(b), I hereby certify that the attached translation, i.e., Exhibit 2, reflects the content, meaning, and style of the original text and constitutes a true and accurate translation of the original document.

10. Pursuant to 37 C.F.R. § 1.68, I have been warned that willful false statements and the like are punishable by fine or imprisonment, or both, pursuant to 18 U.S.C. § 1001, and may jeopardize the validity of the aforementioned application or any patent issuing thereon.

11. Additionally, pursuant to 37 C.F.R. § 1.68, all statements made herein are of my own knowledge and are true.

I declare under penalty of perjury that the foregoing is true and correct. Executed on July 2, 2025.


Eric Vance

EXHIBIT 1

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年9月14日(14.09.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/154564 A1

- (51) 国際特許分類:
B29C 67/00 (2017.01) *B33Y 30/00* (2015.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/006458
- (22) 国際出願日: 2017年2月22日(22.02.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-046345 2016年3月9日(09.03.2016) JP
特願 2017-016261 2017年1月31日(31.01.2017) JP
- (71) 出願人: キヤノン株式会社(CANON KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 関根 康弘(SEKINE Yasuhiro); 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内 Tokyo (JP). 伊藤 俊樹(ITO Toshiki); 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2

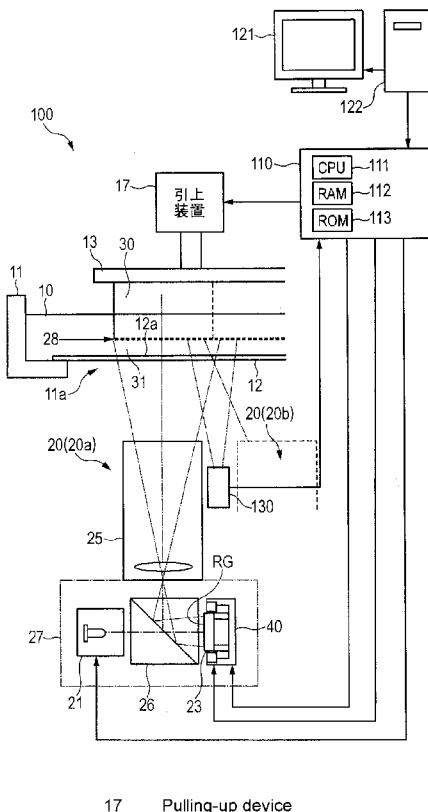
号キヤノン株式会社内 Tokyo (JP). 羽生 由紀夫(HANYU Yukio); 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 岡部 譲, 外(OKABE Yuzuru et al.); 〒1070062 東京都港区南青山1-1-1新青山ビル東館8階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL SHAPING DEVICE

(54) 発明の名称: 三次元造形装置



(57) Abstract: Provided is a three-dimensional shaping device by which a streak in a shaping direction is hardly formed on a surface of a product shaped article in a boundary region of a projected region of an exposure image. A container retains photocuring liquid resin material. A first projector causes a first exposure image to be incident on an incident surface to be projected into the resin material. A second projector causes a second exposure image continuing to the first exposure image to be incident on the incident surface to be projected into the resin material. A control unit adjusts a boundary region on a projected surface of a first projection image obtained by projecting the first exposure image with the first projector and a second projection image obtained by projecting the second exposure image with the second projector.

(57) 要約: 露光画像の投影領域の境界領域で製品造形物の表面に造形方向の筋が形成されにくい三次元造形装置を提供する。容器は、光硬化性の液状の樹脂材料を保持する。第1のプロジェクトは、第1の露光画像を入射面より入射させて樹脂材料中に投影する。第2のプロジェクトは、第1の露光画像に連続する第2の露光画像を入射面より入射させて樹脂材料中に投影する。制御部は、第1のプロジェクトにより第1の露光画像を投影した第1の投影画像と、第2のプロジェクトにより第2の露光画像を投影した第2の投影画像と、の投影面における境界領域を調整する。

WO 2017/154564 A1



ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 三次元造形装置

技術分野

[0001] 本発明は、光硬化性の液状の樹脂材料中に露光画像を投影して三次元造形物を製造する三次元造形装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、光硬化性の液状の樹脂材料を露光して形成した固化層を積層して三次元造形物を製造する三次元造形装置の開発が進められている。樹脂材料の表面層を露光して形成した固化層を下方へ移動させて積層させる三次元造形装置では、積層方向の造形速度が低いことが問題とされている（特許文献1）。

[0003] これに対して、特許文献2には、樹脂材料を固化させる露光画像を容器の底面を通じて樹脂材料中に投影させつつ露光画像により固化した固化層を上方へ引上げることにより三次元造形物を比較的に高速で造形できる三次元造形装置が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許出願公開第2015／54198号明細書

特許文献2：米国特許第9216546号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 樹脂材料中に露光画像を投影する三次元造形装置は、画像形成素子により形成された露光画像を投影光学系により樹脂材料中に投影する画像投影手段（いわゆるプロジェクタ）を有する。このような三次元造形装置では、製品造形物の造形方向に垂直な断面の範囲が投影光学系により露光画像を投影可能な面積に制限される。

[0006] ここで、投影光学系の投影倍率を大きくすれば、造形面積も大きくなるが

、投影画像の画素が大きくなるため、製品造形物の造形解像度が低下してしまう。しかし、投影光学系の投影倍率を大きくしないで造形面積を拡大しようとする、大型で高精細な画像形成素子と大口径の投影光学系が必要になり、三次元造形装置の製造コストを高めてしまう。

[0007] そこで、容器の底面に対向させて複数台の画像投影手段を配列して、それぞれの投影領域をつなぎ合わせて大きな造形面積を確保することが提案された。しかし、製品造形物の露光画像を分割して複数台の画像投影手段で三次元造形を行った場合、隣接する画像投影手段の投影画像の境界領域で製品造形物の表面に造形方向の筋模様やスリットが形成されることが判明した。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明は、露光画像の投影領域の境界領域で製品造形物の表面に造形方向の筋模様やスリットが形成されにくい三次元造形装置を提供することを目的としている。

[0009] 本発明の三次元造形装置は、光硬化性の液状の樹脂材料を保持し、前記樹脂材料を固化させる露光画像を前記樹脂材料中に入射させる入射面を有する容器と、第1の露光画像を前記入射面より入射させて前記樹脂材料中に投影する第1の画像投影手段と、前記第1の露光画像に連続する第2の露光画像を前記入射面より入射させて前記樹脂材料中に投影する第2の画像投影手段と、前記第1の露光画像及び前記第2の露光画像により前記樹脂材料を固化して造形された造形層を前記入射面から遠ざけるように移動させる移動手段と、前記第1の画像投影手段により前記第1の露光画像を前記樹脂材料中へ投影した第1の投影画像と、前記第2の画像投影手段により前記第2の露光画像を前記樹脂材料中へ投影した第2の投影画像と、の境界領域を調整する制御手段と、を備えるものである。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、露光画像の投影領域の境界領域で製品造形物の表面に造形方向の筋模様やスリットが形成されにくい三次元造形装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態 1 の三次元造形装置の構成の説明図である。

[図2]プロジェクタの構成の説明図である。

[図3]造形処理プログラム作成のフローチャートである。

[図4A]画像形成素子の位置合わせ機構の説明図である。図 4 A は側面図である。

[図4B]画像形成素子の位置合わせ機構の説明図である。図 4 B は平面図である。

[図4C]画像形成素子の位置合わせ機構の説明図である。図 4 C は正面図である。

[図5]プロジェクタの投影領域の模式図である。

[図6]投影画像の境界領域の説明図である。

[図7]実施の形態 1 の投影画像のずれ修正制御のフローチャートである。

[図8A]投影領域の移動の説明図である。図 8 A は修正前を示している。

[図8B]投影領域の移動の説明図である。図 8 B は修正後を示している。

[図9]実施の形態 2 の投影画像のずれ修正制御のフローチャートである。

[図10A]露光画像の修正の説明図である。図 1 0 A は修正前を示している。

[図10B]露光画像の修正の説明図である。図 1 0 B は修正後を示している。

[図11]実施の形態 3 の投影画像の輝度修正制御のフローチャートである。

[図12A]露光画像の修正の説明図である。図 1 2 A は修正前を示している。

[図12B]露光画像の修正の説明図である。図 1 2 B は輝度修正を示している。

[図12C]露光画像の修正の説明図である。図 1 2 C は修正後を示している。

[図13A]投影面のたわみの説明図である。図 1 3 A は投影面を示している。

[図13B]投影面のたわみの説明図である。図 1 3 B は透過部材のたわみを示している。

[図14]露光画像の投影面の傾き調整機構の説明図である。

[図15]実施の形態 4 の投影面の角度補正制御のフローチャートである。

[図16A]酸素供給室の説明図である。図 1 6 A は透過部材のたわみ状態を示し

ている。

[図16B]酸素供給室の説明図である。図16Bは酸素供給系を示している。

[図17A]製品造形物の露光画像の画像処理の説明図である。図17Aは製品造形物の露光画像を示している。

[図17B]製品造形物の露光画像の画像処理の説明図である。図17Bは一方の投影領域の露光画像を示している。

[図17C]製品造形物の露光画像の画像処理の説明図である。図17Cは他方の投影領域の露光画像を示している。

[図18]キャリブレーションの説明図である。

[図19A]位置合わせ用基準プレートの説明図である。図19Aは位置決め画像を示している。

[図19B]位置合わせ用基準プレートの説明図である。図19Bは位置合わせ板を示している。

[図20]実施の形態8における液体槽の説明図である。

[図21]実施の形態9における液体槽の説明図である。

[図22A]カメラの配置の別の例の説明図である。図22Aは投影光学系の間位置を示している。

[図22B]カメラの配置の別の例の説明図である。図22Bは造形領域の外側を示している。

[図23]光源の別の例の説明図である。

[図24A]製品造形物の造形方向の別の例の説明図である。図24Aは下方へ向かって造形する実施の形態を示している。

[図24B]製品造形物の造形方向の別の例の説明図である。図24Bは水平方向に造形する実施の形態を示している。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、添付した図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

[0013] <実施の形態1>

図1に示すように、実施の形態1では5台×5台のプロジェクタを用いて

500mm×500mmの造形面積を確保している。そして、隣接する投影領域の境界領域をカメラ130で撮影して、撮影画像に基づいて境界領域における投影領域の重ね合わせを機械的に調整している。

[0014] (三次元造形装置)

図1は実施の形態1の三次元造形装置の構成の説明図である。図2はプロジェクタの構成の説明図である。図1に示すように、三次元造形装置100は、5台×5台のプロジェクタ20により露光画像を容器11内の樹脂材料中に投影して三次元造形物の一例である製品造形物30を造形する。

[0015] 図2に示すように、容器の一例である容器11は、光硬化性の液状の樹脂材料10を保持し、露光画像を樹脂材料中に入射させる入射面を有する。容器11は、容器内へ露光画像を投影するための開口である透過部11aを有する。透過部11aには透過部材12が取り付けられて、光硬化性の液状の樹脂材料10を漏れないように保持する。

[0016] 移動手段の一例である引上部材13、引上装置17は、プロジェクタ20a、20bにより樹脂材料を固化して造形された造形層を入射面12aから遠ざけるように移動させる。引上部材13は、パルスモータとボールねじにより作動する引上装置17によって任意に設定された速度又は任意に設定されたピッチ及び時間間隔で上方へ引上げられる。引上部材13は、硬化した樹脂材料10が付着可能かつ分離可能な材料で分離容易な表面形状を持たせてある。

[0017] プロジェクタ20は、画像形成素子23の表面に形成された露光画像RGを容器11内の樹脂材料10中に投影する。露光画像RGは、結像位置28に結像する。第1の画像投影手段の一例であるプロジェクタ20aは、第1の露光画像(RGa:図6)を入射面12aより入射させて樹脂材料中に投影する。第2の画像投影手段の一例であるプロジェクタ20bは、第1の露光画像に連続する第2の露光画像(RGb:図6)を入射面12aより入射させて樹脂材料10中に投影する。後述するように、プロジェクタ20aは、個別に遠隔操作して平面内で移動可能、投影倍率調整可能、焦点位置を調

整可能である。

[0018] (画像形成素子)

画像形成素子 23 は、照明手段の一例である光源 21 に照明された露光画像を形成する。光源 21 は、紫外線 LED により紫外線を発生して画像形成素子 23 を照明する。投影光学系 25 は、画像形成素子 23 により形成された露光画像を、入射面 12a を通じて樹脂材料 10 中へ投影する。

[0019] 画像形成素子 23 は、画像データに応じた画像を表面に形成する光変調素子である。画像形成素子 23 は、個々の画素に対応する微細な可動ミラーを格子状に配列して形成され、光源 21 による照明光の反射画像を出力する。画像形成素子 23 は、紫外光の利用効率が高くなる点を考慮して、テキサス社の DMD 素子 DLP9000 を採用している。

[0020] 投影光学系 25 は、画像形成素子 23 の表面に形成された二値画像を、露光画像の投影光路上の露光画像 RG と共役な位置である結像位置 28 へ結像させるように投影する。投影光学系 25 は投影倍率が 10 倍であって、画像形成素子 23 に形成された $7.6\ \mu\text{m}$ 角の 1 個の画素を、投影画像に投影された $76\ \mu\text{m}$ 角の画素に拡大して表示する。

[0021] 画像形成素子 23 の各画素のミラーは、露光画像 RG の切り替わりに同期させて単純に ON/OFF させてもよい。しかし、露光画像を構成する画素ごとに輝度階調（強度変調量）を設定してもよい。画像形成素子 23 は、各画素のミラーをデューティ比 0～100% の範囲内で毎秒 250 回の ON/OFF（反射角度の変更）可能である。各画素のミラーに ON のデューティ比を個別に設定することにより、画素の中間調（グレースケール）を出力させることも可能である。

[0022] (透過部材)

透過部材 12 は、酸素及び紫外光を透過させる性質を有する、厚さ 2 mm のほぼ透明な外観を有するフッ素樹脂材料である。具体的には、三井デュポン社製テフロン（登録商標）AF2400 であって、光源 21 の紫外光に対する透過率は 88% である。

[0023] 透過部材 12 は、空気中の酸素を透過して樹脂材料 10 との界面に酸素豊富な雰囲気を形成し、樹脂材料 10 の紫外線によるラジカル重合反応を妨げる。これにより、製品造形物 30 と透過部材 12 との間に樹脂材料 10 の薄い液体層（いわゆるデッドゾーン）31 が形成されて、製品造形物 30 は、透過部材 12 に付着することなく、上方へ引上げられる。

[0024] すなわち、実施の形態 1 で用いた樹脂材料 10 は、紫外光によりラジカル重合反応を起こして固化し、酸素豊富な環境ではラジカル重合反応が妨げられる樹脂材料である。例えば、光硬化性ポリウレタン、光硬化性エポキシ樹脂、光硬化性ウレタン、光硬化性シリコンゴム等である。

[0025] （制御部）

制御部 110 は、ROM 113 に記録された処理プログラム及びデータを RAM 112 に保持して CPU 111 が必要な演算と処理を実行するコンピュータである。制御部 110 は、外部コンピュータ 122 で生成された造形処理プログラムを実行して三次元造形装置 100 を作動させる三次元造形コントローラである。

[0026] 制御部 110 は、製品造形物 30 の各層の画像を時系列に配列した動画像を画像形成素子 23 に出力させつつ、引上装置 17 により動画像の再生速度にリンクした速度で連続的又は断続的に引上部材 13 を引上げる。これにより、引上部材 13 に上端を固定された製品造形物 30 が上方へ成長するように三次元造形される。

[0027] （造形処理プログラム）

図 3 は造形処理プログラム作成のフローチャートである。図 2 に示すように、外部コンピュータ 121 は、製品造形物 30 の設計データを制御部 110 に入力し、製品造形物 30 の造形開始、中断等を制御部 110 に指令入力する。制御部 110 は、製品造形物 30 の設計データに基づいて、製品造形物 30 の造形プログラムを自動作成するソフトウェアをインストールされている。

[0028] 図 3 に示すように、CPU 111 は、外部コンピュータ 121 から製品造

形物30の設計データ(CADデータ)を取得する(S11)。CPU111は、製品造形物30の設計データに基づいて製品造形物30の所定高さ刻みの造形領域を設定し、それぞれのプロジェクタ20の造形領域に分割する(S12)。

[0029] CPU111は、それぞれのプロジェクタ20の所定高さ刻みの造形領域ごとに光硬化性樹脂材料の露光画像を設定する(S13)。CPU111は、画像形成素子23の露光画像の切り替え間隔(すなわち動画再生速度)と引上装置17による引上部材13の引上げ計画を設定する(S14)。CPU111は、画像形成素子23の露光画像の切り替え計画と引上部材13の引上げ計画とを組み合わせ、製品造形物30の造形処理プログラムを作成し、RAM112に保存する(S15)。造形処理プログラム及び付属データは、外部コンピュータ121へ送信されて、記録媒体に保存される。

[0030] なお、投影画像をプロジェクタ20ごとの投影領域(TR:図6)に合わせて分割する処理は、外部コンピュータ121で実行してもよい。

[0031] (プロジェクタ)

図2に示すように、プロジェクタ20は、画像形成素子23により形成された露光画像を投影光学系25により樹脂材料10中に投影する。プロジェクタ20が1台の場合、製品造形物30の造形方向に垂直な断面の範囲が投影光学系25により露光画像を投影可能な面積が造形面積となる。

[0032] 投影光学系25の投影倍率を大きくすれば、造形面積が大きくなるが、投影画像の画素が大きくなるため、製品造形物30の造形解像度が低下してしまう。投影光学系25の投影倍率を大きくしないで造形面積を拡大するためには、大きな造形面積に対応させた大型高精細な画像形成素子23と大口径の投影光学系25が必要になり、三次元造形装置100の製造コストを大幅に高めてしまう。

[0033] そこで、三次元造形装置100では、図1に示すように、容器11の底面に対向させて5台×5台の25台のプロジェクタ20を格子状に配列し、25個の投影領域を格子状につなぎ合わせることでより大きな造形面積を確保

している。しかし、25個に分割した露光画像を25台のプロジェクタ20で単純に投影して三次元造形を行うと、分割した投影画像の境界領域に対応する製品造形物30の位置に造形方向の筋模様やスリットが造形されてしまった。

[0034] そこで、実施の形態1では、分割された投影画像の境界領域をカメラ130で撮影して、撮影画像に基づいて個別の画像形成素子23の位置調整を行っている。これにより、分割露光画像を投影した隣接する投影画像の境界領域を調整して、隣接する投影画像の画素同士のずれを減少させている。

[0035] すなわち、大型の製品造形物30を形成するために、投影光学系25の拡大倍率を上げると、必然的に造型物の解像度が低くなる。したがって、大型かつ高解像度の製品造形物30を形成するためには、複数の投影光学系25を用い、それぞれの投影画像を繋ぎ合わせて造形する必要がある。しかし、複数の投影光学系25の投影画像を繋ぎ合わせて造形する場合、隣接する投影画像間の境界で投影画像のズレや、露光量の相違などにより、投影画像が滑らかに繋がらないことがある。投影画像が滑らかに繋がっていない場合、投影画像の境界に相当する製品造形物30の部分に、製品造形物30の設計データ（三次元構造データ）には存在しなかった段差、スジ、スリット等の形状が形成され、形状精度が低下する。このため、投影面TM（＝造形面）での投影画像TGの繋ぎ目が見えないようにするためには、隣接する投影画像間の位置ズレを修正し、光量分布も均一にする必要がある。

[0036] プロジェクタ20の複数台で全体の露光画像を分割した個別の露光画像RGを投影したとき、隣接する投影画像TGの境界に画像パターンの位置ずれがある場合、（1）画像を投影する位置のずれ、（2）画像の倍率の違い、（3）画像そのものの歪、といった原因が考えられる。そして、実施の形態1では、（1）画像を投影する位置のずれの軽減を課題としており、（2）画像の倍率の違い、（3）画像そのものの歪については後述する。

[0037] 図2を参照して図6に示すように、画像情報取得部の一例であるカメラ130は、隣接する投影光学系25の間に設けられて投影画像TGの境界領域

K Rの撮影画像を取得する。実施の形態1では、カメラ130により取得した撮影画像に基づいて、プロジェクタ20ごとの露光画像R Gの位置ずれ量を計測する。実施の形態1では、投影面T Mの造形領域より外部に設けた位置合わせマークの一例である位置決め画像I Gを実露光時に使用する。樹脂材料10と透過部材12との界面に投影される位置決め画像I Gをカメラ130により撮像して撮像データを取得する。透過部材12は、投影光学系25からの投影像が入射する、容器11内部の樹脂材料（モノマー材料）10とは屈折率の異なる窓である。

[0038] （位置合わせ機構）

図4A～4Cは画像形成素子23の位置合わせ機構の説明図である。図4Aは側面図、図4Bは平面図、図4Cは正面図である。図4A～4Cに示すように、画像表示部40は、箱状の筐体40fの内側で、画像形成素子23を、ピエゾ素子を用いたアクチュエータ41～48、51～53により移動可能に保持している。アクチュエータ41～48、51～53は、印加した直流電圧に応じて伸縮する。

[0039] 調整手段の一例であるアクチュエータ41～48は、露光画像の投影光軸に交差する面内で画像形成素子23の位置を調整可能である。制御部110は、アクチュエータ41～48を制御することにより隣接する2つの投影画像T Gの境界領域K Rにおける相対位置を調整することができる。アクチュエータ41、42、43、44は、それぞれの伸縮を組み合わせることにより画像形成素子23をY方向へ移動可能である。アクチュエータ45、46、47、48は、それぞれの伸縮を組み合わせることにより画像形成素子23をX方向へ移動可能である。アクチュエータ41、42、43、44、45、46、47、48は、それぞれの伸縮を組み合わせることにより画像形成素子23をXY面内で回動させて角度調整可能である。

[0040] アクチュエータ51、52、53は、一体に伸縮することにより画像形成素子23をZ方向へ移動可能である。アクチュエータ51、52、53は、それぞれの伸縮を組み合わせることにより、画像形成素子23をXZ面内及

びＹＺ面内で角度調整可能である。

[0041] 制御手段の一例である制御部（１１０：図２）は、カメラ１３０により撮影した撮影画像を処理して隣接する２つの投影画像における画素のずれ量を演算し、ずれ量を相殺するようにアクチュエータ４１～４８を作動させる。

[0042] （位置合わせ制御）

図５はプロジェクタの投影領域の模式図である。図６は投影画像の境界領域の説明図である。図２に示すように、撮影手段の一例であるカメラ１３０は、境界領域ＫＲを容器１１の外側から撮影する。制御部１１０は、プロジェクタ２０ａにより第１の露光画像（ＲＧａ：図６）を投影した第１の投影画像（ＴＧａ：図６）と、プロジェクタ２０ｂにより第２の露光画像を投影した第２の投影画像（ＴＧｂ：図６）と、の境界領域（ＫＲ：図６）を調整する。

[0043] 図１に示す三次元造形装置１００から、隣接する４台のプロジェクタ２０を取り出して説明する。図５に示すように、４台のプロジェクタ２０は、４分割された露光画像ＲＧを投影して結像位置２８に投影画像ＴＧを形成している。投影画像ＴＧは、プロジェクタ２０の投影領域ＴＲの内側に設定されている。

[0044] 図６に示すように、４台のプロジェクタ２０の投影領域ＴＲは、境界領域ＫＲでオーバーラップしている。隣接する投影画像ＴＧは、境界領域ＫＲの半分ずつを含んで繋ぎ合わされている。制御部（１１０：図２）は、カメラ１３０による境界領域ＫＲの撮影画像に基づいて、境界領域ＫＲにおける隣接する投影画像ＴＧの位置、傾き角度、照度等を調整する。なお、図６では境界領域ＫＲの幅を誇張して表現しているが、実際には、１０画素（０．７５ｍｍ）程度の重なりに過ぎない。

[0045] カメラ１３０は、隣接する投影領域ＴＲの境界領域ＫＲに対向し、投影領域ＴＲに投影される２つの位置決め画像ＩＧを画角に収められるように配置されている。カメラ１３０は、造形開始前の投影領域の位置調整では位置決め画像ＩＧを撮影し、造形開始後は製品造形物３０の露光画像ＲＧを投影領

域 T R に投影した画像を撮影する。

[0046] カメラ 1 3 0 は、投影画像計測用である。カメラ 1 3 0 は、画像形成素子 2 7 のフレームレートと同期して、画像形成素子 2 7 のフレームレートの 2 倍以上のサンプリングレートで投影画像 T G の画像データを取得する。カメラ 1 3 0 は、境界領域 K R に位置する投影画像 T G の画像パターンの位置情報及び照度情報を取得する。

[0047] 実施の形態 1 では、カメラ 1 3 0 は、紫外光に感度を有する撮像素子を有し、樹脂材料 1 0 と透過部材 1 2 の界面、及び製品造形物 3 0 における紫外光の屈折率差に基づく反射光の画像を撮影する。しかし、可視光に感度を有する撮像素子を有するカメラ 1 3 0 を使用することも可能である。そのためには、後述するように、撮影タイミングで一時的に光源 2 1 を可視光源に切り替えたり、紫外光に可視光を重畳したりする。また、樹脂材料に蛍光剤を混合して紫外光を可視光に変換して、投影画像 T G を可視光で観察可能にすることができる。後述するように、カメラ 1 3 0 は、個別に遠隔操作して、平面方向で位置調整可能、焦点位置を調整可能である。

[0048] 図 4 B に示すように、画像形成素子 2 3 を X Y 平面内で移動させることで、投影画像 T G は、結像位置 2 8 の面内で移動する。画像形成素子 2 3 を X Y 平面内で傾けることで、投影画像 T G は、結像位置 2 8 の面内で傾き角度を調整される。図 2 に示すように、C P U 1 1 1 は、製品造形物 3 0 の設計データから作成した造形される各層の全体の投影画像をプロジェクタ 2 0 ごとの投影画像 T G に分割している。C P U 1 1 1 は、分割された露光画像を割り当てたプロジェクタ 2 0 ごとに時系列的にグループ化された多数の撮影画像（いわゆる F L I P B O O K）を準備して、造形開始を待機する。

[0049] ここで、実施の形態 1 の変形例では、紫外光領域に感度を有するカメラ 1 3 0 に替えて、赤外光領域に感度を有するカメラ 1 3 0 を使用する。一般的に樹脂モノマーのラジカル重合反応はかなりの発熱反応であるため、投影画像 T G の中で樹脂材料の固化が進行している製品造形物 3 0 の造形領域が赤外線源となっている。赤外線領域に感度を有するカメラ 1 3 0 を用いて、結

像位置 28 に焦点を合わせて撮影を行うことで、非造形領域に対して造形領域の照度を際立たせたコントラストの高い製品造形物 30 の造形輪郭の画像を取得する。これにより、境界領域 K R における隣接する投影画像 T G のずれや隙間を解像度高く検知できる。

[0050] (フローチャート)

図 7 は実施の形態 1 の投影画像のずれ修正制御のフローチャートである。図 8 A ～ 8 B は投影領域の移動の説明図である。図 8 A は修正前、図 8 B は修正後を示している。CPU 111 は、製品造形物 30 の造形中に撮影工程を実行してカメラ 130 により境界領域 K R を撮影する。CPU 111 は、撮影工程に続く調整工程では、製品造形物 30 の造形中に境界領域 K R を撮影して境界領域 K R の位置合わせを調整する。

[0051] 図 7 に示すように、CPU 111 は、外部コンピュータ 121 から造形開始を指令されると、投影画像 T G のずれ修正制御を開始する。CPU 111 は、位置決めマークを画像形成素子 23 に表示して、結像位置 28 に図 6 に示すように位置決め画像 I G を形成する。そして、カメラ 130 により位置決め画像 I G を撮影して撮影画像を取り込む (S 21)。

[0052] なお、位置決め画像 I G は、引上部材 13 上の樹脂材料 10 を固化してしまうが、製品造形物 30 の造形前であるため、問題とはならない。ただし、位置決め画像 I G は、画像形成素子 23 における画素の輝度階調 (ON のデューティ) を下げるとともに短時間で終了させることにより、樹脂材料 10 の不必要な重合反応を回避することも可能である。

[0053] CPU 111 は、位置決め画像 I G の撮影画像を処理して個別の投影領域 T R の位置ずれ修正量と傾き修正量とを演算する (S 22)。CPU 111 は、アクチュエータ 41 ～ 48 を作動させて個別の投影領域 T R の位置ずれと傾きとを修正する (S 22)。投影領域 T R の位置ずれと傾きを修正後、CPU 111 は、造形を開始する (S 23)。

[0054] 図 8 A に示すように、造形開始後は、撮影画像と境界領域の露光画像とを比較する画像処理により、製品造形物 30 の露光画像が投影領域 T R に投影

された製品投影画像 30G の境界領域 KR における破断を検知する。そして、破断が検知された場合には、アクチュエータ 41～48 を作動させて、図 8B に白い矢印で示すように投影領域の位置を調整する。

[0055] CPU 111 は、造形の開始後、所定時間（1 秒）ごとの撮影タイミングで（S26 の YES）、境界領域 KR に投影された露光画像の投影画像をカメラ 130 により撮影して撮影画像を取り込む（S27）。

[0056] CPU 111 は、撮影された製品投影画像 30G と境界領域 KR に投影される露光画像 RG とを比較して、製品投影画像 30G に隙間 GP が発生しているか否かを判断する。そして、隙間 GP が発生している場合は、隙間 GP の画素数及び隙間に沿った方向の位置ずれ画素数を求めて投影領域 TR の位置ずれ修正量と傾き修正量とを演算する（S28）。

[0057] CPU 111 は、アクチュエータ 41～48 を作動させて投影領域 TR の位置ずれと傾きとを修正する（S29）。CPU 111 は、製品造形物 30 の造形が終了すると（S25 の YES）、投影画像 TG のずれ修正制御を終了する。

[0058] （実施の形態 1 の効果）

図 6 に示すように、実施の形態 1 では、第 1 の露光画像 RGa を投影した第 1 の投影画像 TGa と第 2 の露光画像 RGb を投影した第 2 の投影画像 TGb との境界領域 KR を調整する。このため、製品造形物 30 に形成される造形方向に連続した筋模様、盛り上がり、凹み、変形、スリット等を軽減させることができる。

[0059] 実施の形態 1 では、カメラ 130 が境界領域 KR を容器 11 の外側から撮影する。そして、カメラ 130 による境界領域 KR の撮影画像に基づいて境界領域 KR における隣接する 2 つの投影画像 TG の相対位置、傾き角度、照度等を調整する。このため、製品造形物 30 に形成されようとする造形方向の筋模様やスリットを早い段階で正確に判断して解消させる制御を開始できる。また、カメラ 130 の撮影光学系を単純に構成できる。

[0060] 実施の形態 1 では、アクチュエータ 41～48 が露光画像の投影光軸に交

差する面内で画像形成素子 2 3 の位置を調整可能である。このため、制御部 1 1 0 は、露光画像 R G の投影画像 T G を投影面 T M に沿って移動して、隣接する 2 つの露光画像 R G a、R G b の位置合わせを実行できる。

[0061] <実施の形態 2>

実施の形態 1 では、画像形成素子 2 3 の位置及び傾きを機械的に調整して隣接する投影領域の境界領域を調整した。これに対して、実施の形態 2 では画像形成素子 2 3 は移動させないで、画像形成素子 2 3 上の露光画像上の製品造形物 3 0 の位置を修正する。三次元造形装置 1 0 0 の機械構成及び造形処理は実施の形態 1 と同一であるため、重複する説明を省略する。

[0062] 上述したように、プロジェクタ 2 0 の複数台で全体の露光画像を分割した個別の露光画像 R G を投影したとき、隣接する投影画像 T G の境界に画像パターンの位置ずれがある場合、(1) 画像を投影する位置のずれ、(2) 画像の倍率の違い、(3) 画像そのものの歪、といった原因が考えられる。そして、原因そのものは、解消できなくても、個別の露光画像 R G を修正又は変形することにより、隣接する投影画像 T G の境界における画像パターンのずれは解消できる。

[0063] 図 6 に示すように、実施の形態 2 では、実施の形態 1 と同様に、投影画像 T G に含まれる画像パターンの投影面 T M の面内での位置の計測を行う。そして、計測した位置の、設計上の画像パターンの位置に対する差異量を算出する。そして、投影面 T M における投影画像 T G 上の画像パターンの位置が設計上の位置となるように露光画像 R G の画像データを補正する。

[0064] (露光画像の修正)

図 9 は実施の形態 2 の投影画像のずれ修正制御のフローチャートである。図 1 0 A、1 0 B は露光画像の修正の説明図である。図 1 0 A は修正前、図 1 0 B は修正後を示している。図 6 に示すように、実施の形態 2 では、境界領域 K R に対応する第 1 の露光画像 R G a 又は第 2 の露光画像 R G b の画像データを調整して隣接する投影画像 T G a、T G b を位置合わせする。

[0065] 図 9 に示すように、CPU 1 1 1 は、造形の開始後、所定時間 (1 秒) ご

との撮影タイミングで（Ｓ３２のＹＥＳ）、境界領域ＫＲに投影された露光画像ＲＧａ、ＲＧｂの投影画像ＴＧａ、ＴＧｂをカメラ１３０により撮影して撮影画像を取り込む（Ｓ３３）。

[0066] ＣＰＵ１１１は、撮影された製品投影画像３０Ｇのうち境界領域ＫＲに位置する画像と、境界領域ＫＲに投影される分割前の露光画像ＲＧと、を比較して隙間ＧＰが発生しているか否かを判断する。そして、隙間ＧＰが発生している場合は、隙間ＧＰの画素数及び隙間に沿った方向の位置ずれ画素数を求めて投影領域ＴＲの位置ずれ修正量と傾き修正量とを演算する（Ｓ３４）。

[0067] 図１０Ａに示すように、隣接する投影領域ＴＲの間で位置ずれが発生すると、製品投影画像３０Ｇに隙間ＧＰが発生することがある。このとき、実施の形態２では、図１０Ｂに示すように、個別の投影領域ＴＲの移動は行わず、投影領域ＴＲ内で露光画像ＲＧの投影画像ＴＧを矢印のように移動させて隙間ＧＰを解消させる。画像形成素子２３に表示される露光画像ＲＧにおける製品造形物３０の輪郭位置を位置ずれ修正量だけ移動させ、傾き修正量だけ傾ける。

[0068] ＣＰＵ１１１は、元の露光画像ＲＧにおける製品造形物の輪郭位置を位置ずれ修正量だけ移動させて傾き修正量だけ傾けるように、製品造形物３０のそれ以降の造形に用いる各層の露光画像ＲＧを修正する（Ｓ３５）。ＣＰＵ１１１は、製品造形物３０の造形が終了すると（Ｓ３１のＹＥＳ）、投影画像のずれ修正制御を終了する。

[0069] 図６に示すように、実施の形態２では、隙間ＧＰが発生した境界領域ＫＲに位置する２つの露光画像ＲＧａ、ＲＧｂのうちの少なくとも一方の画像データを調整する。このため、画像形成素子２３を移動させる機構を設ける必要が無い。画像形成素子２３の機械的な移動に起因する振動や騒音を引き起こすことが無い。

[0070] ＜実施の形態３＞

隣接する投影画像の境界を挟んで製品投影画像の照度が異なると、製品造

形物 30 の境界位置に造形方向の筋が形成される。このため、実施の形態 3 では、隣接する投影画像の間で輝度差を解消する調整を行っている。

[0071] すなわち、隣接する投影画像 T G の境界で画像間に照度差がある場合、（１）投影光学系 25 の性能差、（２）光源 21 の性能差が考えられる。そこで、実施の形態 3 では、投影画像 T G の投影面 T M 上での照度分布の計測を行い、照度分布が均一になるように、画像形成素子 23 の面内の各画素の輝度階調（デューティ比）を制御する。また、境界を挟んで隣接する投影画像 T G の照度差が解消されるように同一になるように、画像形成素子 23 の面内の各画素の輝度階調（デューティ比）を制御する。

[0072] 上述したように、境界領域 K R は、10 画素程度であってもパターンの光学像の重なりが発生した場合には、紫外光が入射する設定になっている領域が重なって局所的に露光量が 2 倍となる。このため、その部分の樹脂材料 10 の重合度が高くなる、あるいはパターン寸法が太くなって造形方向の筋模様の発生原因となる。従って、紫外光が入射する設定になっている領域でパターンが重なり合うように投影される領域については、隣接する領域、双方による照射量を合計して、重ね合わせていない領域の照射量と同一となるように紫外光の照度を下げてやる必要がある。画像形成素子 23 の画素単位でデューティ制御を行う等により紫外光の照射量を制御する必要がある。

[0073] （照度補正）

図 11 は実施の形態 3 の投影画像の照度修正制御のフローチャートである。図 12 A ～ 12 C は露光画像の修正の説明図である。図 12 A は修正前、図 12 B は輝度修正、図 12 C は修正後を示している。調整手段の一例である光源 21 は、プロジェクタ 20 ごとに光源 21 の出力を調整可能である。制御部 110 は、光源 21 を制御することにより境界領域 K R の照度段差を調整する。

[0074] 図 11 に示すように、CPU 111 は、造形の開始後、所定時間（1 秒）ごとの撮影タイミングで（S42 の YES）、境界領域 K R に投影された露光画像の投影画像をカメラ 130 により撮影して撮影画像を取り込む（S4

3)。

[0075] 実施の形態3では、2つの投影画像にまたがる製品投影画像の境界領域KRに位置する部分を検知して2つの投影画像の照度修正量を求める(S44)。

[0076] 例えば、図12Aに示すように、製品投影画像30G、30G'に照度差があって、図12Bに示すように、照度差が検知された場合、破線で示すように製品投影画像30G、30G'の照度差を修正する。これにより、図12Cに示すように、境界を挟んだ製品投影画像30G、30G'の照度を等しくする。

[0077] CPU111は、隣接する投影画像TG、TG'の製品投影画像30G、30G'の境界領域KRに位置する部分を抽出する。そして、この部分における製品投影画像30Gの平均照度と製品投影画像30G'の平均照度とを比較して照度修正量を求める(S44)。

[0078] CPU111は、元の露光画像RGにおける製品造形物の輝度階調を照度修正量だけ変化させるように、製品造形物30のそれ以降の造形に用いる各層の露光画像RGを修正する(S45)。CPU111は、製品造形物30の造形が終了すると(S41のYES)、投影画像の照度修正制御を終了する。

[0079] 実施の形態3では、境界領域KRに対応する第1の露光画像又は第2の露光画像の輝度情報を調整する。このため、境界領域の照度段差に起因する造形方向の筋(境界に沿った方向の造形長さのばらつき)を抑制できる。

[0080] なお、三次元造形装置100では、光源21の出力を変化させて投影画像TG全体の照度を調整することも可能である。このため、制御部110は、光源21を制御することにより境界領域KRの照度段差を調整することも可能である。光源21を制御することにより境界領域KRの照度段差を軽減して、照度段差に起因する造形方向の筋(境界に沿った方向の造形長さのばらつき)を抑制することができる。

[0081] <実施の形態4>

実施の形態４では透過部材１２の傾きに依じて画像形成素子２７の傾きを調整して、透過部材１２と製品造形物３０との間に適正な厚みの液体層３１を確保させている。

[0082] (投影面のたわみ)

図１３Ａ、１３Ｂは投影面のたわみの説明図である。図１４は露光画像の投影面の傾き調整機構の説明図である。図１３Ａは投影面、図１３Ｂは透過部材のたわみを示している。図１３Ａに示すように、容器１１の底面に透過部材１２が配置され、透過部材１２の上に樹脂材料１０が貯留されている。上述したように、投影光学系２５は、画像形成素子２３に形成された露光画像ＲＧを結像位置２８に形成される投影面ＴＭに投影する。

[0083] 画像表示部４０は、図４Ａに示すように、筐体４０ｆの内側で画像形成素子２３をアクチュエータ５１～５３によりＸＺ平面内及びＹＺ平面内で傾き角度を調整可能に保持している。アクチュエータ５１～５３は、露光画像の投影光軸に対する画像形成素子２３の傾きを調整可能である。アクチュエータ５１～５３は、印加した直流電圧に応じて伸縮して画像形成素子２３をＸＺ平面内で回転させることが可能である。このため、制御部１１０は、投影面ＴＭの傾きを任意に調整可能である。

[0084] 三次元造形装置１００では、透過部材１２を厚くすると樹脂材料１０との界面へ十分な酸素を供給できなくなるため、液体層３１を形成できなくなる。一方、三次元造形装置１００では、大型の製品造形物３０を造形できるように造形面積を大きく確保している。このため、図１３Ｂに示すように、容器１１に樹脂材料１０を注入すると、透過部材１２の剛性が不足して、透過部材１２の中央が重力で下方へたわんでしまう。

[0085] その結果、透過部材１２と製品造形物３０との間に適正な厚みの液体層３１が確保されないため、結像位置２８での正確な造型ができなくなる。また、投影面ＴＭ下の透過部材１２は中央が低く周囲が高くなるように傾いてしまうため、投影光学系２５による露光画像ＲＧの投影面ＴＭは、透過部材１２の中央で透過部材１２から大きく離れてしまう。この場合、適正な厚みの

液体層 31 を確保している透過部材 12 の表面には焦点ぼけの状態で見光画像が投影される。これにより、三次元造形装置 100 の造形解像度が低下する。

[0086] そこで、制御部 110 は、カメラ 130 の撮影画像を処理して透過部材 12 の傾き量を求めている。そして、アクチュエータ 51～53 により画像形成素子 23 を XZ 平面内及び YZ 平面内で傾けて、図 14 に示すように、透過部材 12 とほぼ平行な投影面 TM を形成させる。

[0087] （投影面の角度補正制御）

図 15 は実施の形態 4 の投影面の角度補正制御のフローチャートである。図 4A～4C に示すように、調整手段の一例であるアクチュエータ 51～53 は、露光画像の投影光軸に対する画像形成素子 23 の傾きを調整可能である。制御部（110：図 2）は、アクチュエータ 51～53 を制御することにより投影画像 TG の投影面 TM の傾きを調整する。

[0088] 図 15 に示すように、CPU 111 は、角度補正制御の開始を指令されると、位置決めマークを画像形成素子 23 に表示して、樹脂材料 10 と透過部材 12 の界面に、図 6 に示すように位置決め画像 IG を形成する。そして、カメラ 130 により位置決め画像 IG を撮影して撮影画像を取り込む（S51）。

[0089] CPU 111 は、一対の投影画像 TG の境界に沿った一対の位置決め画像 IG のぼけ量の差を検知して一対の位置決め画像 IG までの距離差の測定を試みる（S52）。そして、一対の位置決め画像 IG までの距離差が求められた場合（S53 の YES）、一対の位置決め画像 IG までの距離が一致するようにアクチュエータ 51～53 を作動させて投影面 TM を透過部材 12 とほぼ平行な傾きを設定する（S55）。

[0090] すなわち、一対の位置決め画像 IG のうち一方のぼけ量が少なく明瞭に検知された場合、他方のぼけ量を評価して一対の位置決め画像 IG までの距離差を測定することができる。いわゆるオートフォーカスの原理を用いて測定した距離差から透過部材 12 の界面の傾きを求めることができる。

[0091] CPU 111は、一对の位置決め画像IGまでの距離差が求められない場合、アクチュエータ51～53を作動させて、透過部材12がたわんで傾斜する方向に応じた方向に画像形成素子23を所定量傾ける（S54）。そして、一对の位置決め画像IGまでの距離差が求められるまで（S53のNO）、位置決め画像IGの投影と撮影とを繰り返す（S51、S52）。

[0092] なお、実施の形態4では、カメラ130を用いて位置決め画像IGの撮影画像を評価することにより透過部材12の傾き量又は中央のたわみ量を推定した。しかし、透過部材12の中央に超音波センサ等の垂直方向の距離センサを配置して透過部材12の中央の下がり量を測定し、下がり量に基づいて透過部材12の傾き量を推定してもよい。

[0093] <実施の形態5>

三次元造形装置100では、透過部材12にたわみがあると、それ自体が投影画像TGの位置ずれ要因、倍率の違い要因、画像そのものの歪要因となる。このため、露光画像RGの画像の補正で対処する場合にその補正が複雑になる。また、大型の製品造形物30を造形するために容器11が大型化すると、透過部材12のたわみが大きくなる。そこで、実施の形態5では、透過部材12の傾きに応じて酸素室62の圧力を調整して、透過部材12の歪を軽減している。これにより、透過部材12と製品造形物30との間に適正な厚みの液体層31を確保させている。

[0094] 図2に示すように、実施の形態5では、容器11は、三次元造形装置100の樹脂槽（＝モノマー材料槽）であって、投影面（＝造形面）上のモノマー材料を収容し、紫外光の照射を行うための、紫外光透過性を有する透過部材12を有する。そして、図16Bに示すように、容器11の透過部材12の外側に、外部から密閉された空間を設けている。そして、加圧手段は、密閉された空間に気体を導入して密閉された空間の気体圧力を調整する調整機構を有している。そして、制御手段は、容器11へ樹脂材料10を導入することによって生ずる、透過部材12の（重力による）変形を密閉された空間の気圧制御により抑制するように調整機構を制御する。制御手段は、透過部

材 1 2 の表面の位置を検出し、位置の検出値に応じて、密閉された空間の気圧制御を行って、透過部材 1 2 の表面の位置を所望の範囲に保つ。透過部材 1 2 は、酸素透過性である。透過部材 1 2 と石英ガラス板 6 1 との間の空間には、酸素を含む大気圧よりも高い圧力の気体が満たされている。

[0095] (酸素供給室)

図 1 6 A、1 6 B は酸素供給室の説明図である。図 1 6 A は透過部材のたわみ状態、図 1 6 B は酸素供給系の説明図である。図 2 に示すように、第 1 の透過部材の一例である透過部材 1 2 は、酸素透過性を有し、酸素を透過して樹脂材料 1 0 との界面に酸素豊富な液体層 3 1 を形成する。透過部材 1 2 は、樹脂材料 1 0 を保持し、樹脂材料 1 0 を固化させる露光画像を下方から樹脂材料中に透過させる。第 2 の透過部材の一例である石英ガラス板 6 1 は、透過部材 1 2 との間に空間の一例である酸素供給室 6 5 を形成する。投影光学系 2 5 は、石英ガラス板 6 1 及び透過部材 1 2 を透過させて露光画像を樹脂材料中に投影する。

[0096] そして、図 1 6 A に示すように、透過部材 1 2 は、酸素透過性及び紫外線透過性を損なわないため薄く形成することが望ましい。透過部材 1 2 が板材としての剛性を有しない薄さになると、樹脂材料 1 0 を容器 1 1 に貯留すると樹脂材料 1 0 の重量により中央が下がって、逆ドーム状に変形する傾向がある。透過部材 1 2 において大面積（例えば 1 0 0 m m 角以上）の投影面積を確保している場合、透過部材 1 2 の中央と周辺とで造形物下の樹脂材料 1 0 の厚みが 1 0 0 μ m 以上異なってくる場合がある。その結果、透過部材 1 2 と製品造形物 3 0 との間に適正な厚みの液体層 3 1 が確保されないため、結像位置 2 8 での正確な造型ができなくなる。また、投影面 T M 下の透過部材 1 2 は中央が低く周囲が高くなるように傾いてしまうため、投影光学系 2 5 による露光画像 R G の投影面 T M は、透過部材 1 2 の中央で透過部材 1 2 から大きく離れてしまう。この場合、適正な厚みの液体層 3 1 を確保している透過部材 1 2 の表面には焦点ぼけの状態で見られる露光画像が投影される。これにより、三次元造形装置 1 0 0 の造形解像度が低下する。そこで、実施の形態

5では、図16Bに示すように、容器11の外側に酸素室62を配置し、酸素室62の底面に紫外光を透過する石英ガラス板61を密着させることにより、気密の酸素供給室65を形成している。酸素供給室65に対しては、酸素ポンプ64から供給される酸素ガスを圧力調整装置63によって任意の圧力に調整して供給可能である。

[0097] そして、加圧手段の一例である圧力調整装置63は、酸素を供給して酸素供給室65の気体圧力を気圧よりも高く保持する。圧力調整装置63を調整して酸素供給室65の圧力を高めることで、樹脂材料10の重量を相殺して透過部材12を水平な状態まで上方へ押し戻して保持している。なお、酸素供給室65へ供給する気体は、100%の酸素でもよいが、酸素を含む窒素等の気体でもよい。大気も可能である。透過部材12のたわみを抑えるためにはある圧力を与えることが必要となる。しかし、その場合、純粋な酸素ガスを用いた場合、透過部材12における酸素阻害効果が大きくなりすぎる可能性がある。その場合、供給する気体に含まれる酸素の分圧を下げることで酸素供給量を制御できる。すなわち、圧力調整装置63は、供給する気体の圧力、及び酸素分圧を調整可能である。制御部110は、供給する気体の圧力、酸素分圧、及び透過部材12の酸素透過性（＝窓の素材と厚さ）を3つのパラメータとして、透過部材12のたわみを修正可能な酸素供給室65の圧力と酸素分圧とを求める。そして、制御部110は、求めた圧力と酸素分圧が出力されるように圧力調整装置63を制御することにより、透過部材12の酸素阻害効果とたわみ修正効果とを両立させる。

[0098] 距離センサ66は、可視光の指標を樹脂材料10中に投影し、樹脂材料10と透過部材12との界面の屈折率差により形成される指標像を撮像する。そして、指標像が距離センサ66の撮影素子上に結像するようにレンズの焦点距離を調整するいわゆるオートフォーカス制御を実行することにより指標像までの距離を測定する。制御部110は、距離センサ66により出力される指標像までの距離を透過部材12に歪がない基準値に一致させるように圧力調整装置63を作動させる。制御部110は、透過部材12の歪を相殺す

るように酸素供給室 65 の圧力を自動制御する。

[0099] <実施の形態 6>

図 8 A に示すように、隣接する 2 つの投影領域の中心間距離が広がると、製品投影画像 30 G に隙間が形成されて、隙間に位置する樹脂材料が固化されなくなる。そこで、実施の形態 6 では、隣接する 2 つの投影領域の中心間距離が広がっても製品投影画像 30 G に隙間が形成されにくくなるように製品造形物の露光画像を画像処理している。プロジェクタ 20 ごとに露光画像を分割した際に、製品造形物 30 の造形画像のうちで隣接する投影画像 T G にまたがる境界領域 K R の部分の画像範囲と照度階調とを調整している。

[0100] 実施の形態 6 における画像処理は、隣接する投影画像 T G の境界に画像パターンの位置ずれがあった場合でも、製品造形物 30 の造形品質に及ぼす影響が少なくなるように露光画像そのものを変形もしくは調整する処理である。すなわち、境界領域に隣接する露光画像間で同一の画像データを双方の露光画像に表示させるオーバーラップ領域を設けている。そして、オーバーラップ領域とオーバーラップ領域に隣接する画像との照度差が所望の値以下になるように、オーバーラップ領域の各画素のデューティ比を設定している。

[0101] (画像処理)

図 17 A ~ 17 C は製品造形物の露光画像の画像処理の説明図である。図 17 A は製品造形物の露光画像、図 17 B は一方の投影領域の露光画像、図 17 C は他方の投影領域の露光画像を示している。実施の形態 6 では、境界領域 K R に対応する第 1 の露光画像 (G 1) 又は第 2 の露光画像 (G 2) の照度を調整する。

[0102] 図 17 A に示すように、製品投影画像 30 G は 2 つの投影領域 T R 1、T R 2 にまたがっている。

[0103] 図 8 A に示すように、実施の形態 1 では、投影画像 T G の範囲内で製品投影画像 30 G が形成されていたので、投影画像 T G の隙間がそのまま製品投影画像 30 G の隙間になっていた。これに対して、実施の形態 6 では、図 17 B に示すように、投影画像 G 1 が投影画像 T G 2 にはみ出して階段状に低

くなる照度階調を付与されている。また、図 17 C に示すように、投影画像 G 2 が投影画像 T G 1 にはみ出して階段状に低くなる照度階調を付与されている。

[0104] これにより、境界領域 K R に位置する製品投影画像 30 G は、投影画像 T G 1 と投影画像 T G 2 との両方の露光を受ける。これにより、隣接する投影領域 T R 1、T R 2 の中心間距離が広がって、隣接する投影画像 T G 1、T G 2 に隙間ができて、製品投影画像 30 G の境界領域 K R には隙間が発生しないで済む。

[0105] 図 2 に示すように、CPU 111 は、製品造形物 30 の各層の露光画像を設定してプロジェクタ 20 ごとに分割した露光画像を作成する。このとき、CPU 111 は、隣接する露光画像にまたがる製品造形物 30 の造形領域を抽出して隣接する露光画像へはみ出した造形領域を設定する。そして、隣接する投影領域 T R がオーバーラップする範囲で段階的に照度を低下させるように、境界領域の露光画像の照度を設定する。

[0106] <実施の形態 7>

プロジェクタ 20 の複数台で全体の露光画像を分割した個別の露光画像 R G を投影したとき、隣接する投影画像 T G の境界に画像パターンの位置ずれが検知されることがある。このとき、上述したように、画像パターンの位置ずれは、露光画像の倍率の違い、投影画像の歪が原因である場合がある。このため、三次元造形装置 100 において露光画像 R G の画像データの修正量が多い場合、投影光学系 25 のキャリブレーションを行うことが望ましい。実施の形態 7 では三次元造形装置 100 のキャリブレーションについて説明する。

[0107] (平面位置調整機構)

図 18 はキャリブレーションの説明図である。図 18 に示すように、カメラ 130 は、ロック機構を有する X Y ステージ 72 を個別に備えている。制御部 110 は、X Y ステージ 72 を制御してカメラ 130 の撮影領域を X-Y 平面内で回転及び平行移動可能である。プロジェクタ 20 は、ロック機構

を有するXYステージ74を個別に備えている。制御部110は、XYステージ74を制御してカメラ130の撮影領域をX-Y平面内で回転及び平行移動可能である。制御部110は、キャリブレーションにおいて、XYステージ72、74を作動させてカメラ130及びプロジェクタ20を位置調整した後、XYステージ72、74をロックする。キャリブレーションは、外部コンピュータ122を通じて指令操作及びキャリブレーション結果及び画像の表示が行われる。制御部110は、指令操作に応答してキャリブレーションを自動的に実行し、キャリブレーション結果及び画像を外部コンピュータ122に送信する。

[0108] (位置合わせ用基準プレート)

図19A、19Bは位置合わせ用基準プレートの説明図である。図19Aは位置決め画像、図19Bは位置合わせ板を示している。図19A、19Bでは、図18の隣接する4個のプロジェクタ20の平面配置を模式的に図示している。図18に示すように、キャリブレーションは、位置合わせ用基準プレート70を結像位置28に位置決めて実行される。引上部材13に位置合わせ用基準プレート70を精密に位置決めして固定し、引上装置17を作動させることにより、位置合わせ用基準プレート70が複数の投影光学系25の結像位置28に再現性高く位置決められる。図19Bに示すように、位置合わせ用基準プレート70は、キャリブレーション時に使用される治具である。位置合わせ用基準プレート70の下面には、プロジェクタ20ごとに4個の指標IMが配置され、カメラ130ごとに1個の指標ICが形成されている。

[0109] 図19Aに示すように、制御部110は、最初にカメラ130をそれぞれに対向する指標ICの直下位置で、撮影画像の中心に指標ICを撮影できるように位置調整する。制御部110は、カメラ130による指標ICの撮影画像を処理して、撮影画像の中心位置と指標ICとの間に位置ずれや傾きがあれば、カメラ130の位置ずれや傾きと判断してXYステージ72により修正する。

[0110] 制御部 110 は、続いてプロジェクタ 20 を作動させて、図 19 A に示すように、投影光学系 25 により位置決め画像 I G を位置合わせ用基準プレート 70 に投影する。位置決め画像 I G は、造形面を形成する投影面 T M に投影された位置合わせ用パターンである。制御部 110 は、カメラ 130 を作動させて位置決め画像 I G と位置合わせ用基準プレート 70 の指標 I M との重なりを撮影する。制御部 110 は、カメラ 130 の撮像データに含まれる位置決め画像 I G の位置情報と位置合わせ用基準プレート 70 の指標 I M の位置情報とを読み取って、プロジェクタ 20 の必要な調整量を演算する。

[0111] 制御部 110 は、撮影画像を処理して、位置決め画像 I G と指標 I M との位置ずれ量及び傾き量を求める。そして、XY ステージ 74 を作動させて、位置ずれ量及び傾き量を調整し、プロジェクタ 20 の拡大倍率の調整を行う。制御部 110 は、投影光学系 25 ごとの 4 個の位置決め画像 I G が位置合わせ用基準プレート 70 の対応する 4 個の指標 I M に位置決められ、かつ、隣接するプロジェクタ 20 の位置決め画像 I G 同士が重なり合うように投影光学系 25 の位置と拡大倍率とを調整する。

[0112] なお、キャリブレーションは、作業性及び機械的な調整精度の観点からは、図 18 に示すように、容器 11 から樹脂材料 10 を除去した状態で実施することが好ましい。しかし、カメラ 130 の撮影画像は、実際には樹脂材料 10 の屈折率を反映した情報ではないことから、容器 11 に樹脂材料 10 を導入した状態で最終確認を実施する必要がある。あるいは、樹脂材料 10 と同じ屈折率を持つ光造形性の無い安価な液体を導入してキャリブレーションを実施してもよい。

[0113] <実施の形態 8>

実施の形態 5 では、図 16 A、16 B に示すように、透過部材 12 の下面に酸素供給室 65 を設け、圧力調整装置 63 により酸素供給室 65 の気体圧力を高めて透過部材 12 のたわみを相殺した。これに対して、実施の形態 8 では、図 20 に示すように、透過部材 12 の下面に液体槽 201 を設け、液体槽 201 に酸素溶解性液体 202 を満たして浮力を作用させることにより

、透過部材 1 2 のたわみを相殺している。

[0114] (液体槽)

図 2 0 は実施の形態 8 における液体槽の説明図である。図 2 0 に示すように、第 1 の透過部材の一例である透過部材 1 2 は、光硬化性の液状の樹脂材料を保持し、樹脂材料を固化させる露光画像を透過させる。第 2 の透過部材の一例である石英ガラス板 6 1 は、透過部材 1 2 との間に空間を形成する。画像投影手段の一例であるプロジェクタ 2 0 は、石英ガラス板 6 1 及び透過部材 1 2 を透過させて露光画像を樹脂材料中に投影する。移動手段の一例である引上装置 1 7 は、露光画像により樹脂材料を固化して造形された不図示の造形層を透過部材 1 2 から遠ざけるように移動させる。透過部材 1 2 は、酸素透過性を有するフッ素樹脂のメンブレン材料である。透過部材 1 2 は、酸素溶解性液体 2 0 2 に溶解した酸素を樹脂材料 1 0 側へ透過させて、透過部材 1 2 と樹脂材料 1 0 との界面に酸素豊富な液体層 3 1 を形成する。

[0115] 上述したように、三次元造形装置 1 0 0 では、透過部材 1 2 にたわみがあると、それ自体が投影画像 (T G : 図 5) の位置ずれ要因、倍率の違い要因、及び画像そのものの歪要因となる。このため、露光画像 R G の画像の補正で対処する場合に、その補正が複雑になる。そこで、実施の形態 8 では、容器 1 1 の外側に液体槽 2 0 1 を設け、透過部材 1 2 と液体槽 2 0 1 の間隔を酸素溶解性液体 2 0 2 で満たすことにより透過部材 1 2 のたわみを軽減している。透過部材 1 2 と石英ガラス板 6 1 との間の空間には、透過部材 1 2 に対する酸素供給に支障がないように、モル分率 0. 0 0 1 以上の酸素が溶解している酸素溶解性液体が満たされている。

[0116] 容器 1 1 は、三次元造形装置 1 0 0 の樹脂槽 (モノマー材料槽) であって、投影面 (造形面) 上のモノマー材料を収容する。容器 1 1 の下面には、紫外光の照射を行うための紫外光透過性を有する透過部材 1 2 が設けられている。そして、液体供給装置 2 0 4 は、透過部材 1 2 と液体槽 2 0 1 との間に酸素溶解性液体 2 0 2 を導入して透過部材 1 2 に下側から圧力をかけることにより、透過部材 1 2 のたわみを防止している。そして、透過部材 1 2 と製

品造形物 30 との間に適正な厚みの液体層 31 が確保される。また、製品造形物 30 の造形中、製品造形物 30 を透過部材 12 から引き離す方向に移動させる際には、透過部材 12 に接する酸素溶解性液体 202 がダンパとして作用して、透過部材 12 が上方へたわむことに抵抗する。

[0117] 液体供給装置 204 は、容器 11 へ樹脂材料 10 を導入することによって生ずる、透過部材 12 の（重力による）変形を、液体槽 201 に酸素溶解性液体 202 を導入することにより抑制するように液体導入量を調整する。液量制御手段の一例である液体供給装置 204 は、透過部材 12 の投影面が平坦に保たれるように酸素溶解性液体 202 の液量、すなわち液面 203 の高さを制御する。

[0118] ここで、樹脂材料 10 と酸素溶解性液体 202 の比重が同一である場合、樹脂材料 10 の液面 205 と酸素溶解性液体 202 の液面 203 とを同一の高さに調整するだけで、樹脂材料 10 によって透過部材 12 にかかる圧力と酸素溶解性液体 202 によって透過部材 12 にかかる圧力が等しくなり、透過部材 12 にたわみは生じない。しかし、実際には、樹脂材料 10 及び透過部材 12 と酸素溶解性液体 202 との比重は異なる。そこで、制御部 110 は、距離センサ 66 を用いて透過部材 12 の表面の位置を検出し、位置の検出値に応じて、酸素溶解性液体 202 の供給量を調整することにより、透過部材 12 の表面の位置を所望の範囲に保っている。

[0119] 距離センサ 66 は、可視光の指標を樹脂材料 10 中に投影し、樹脂材料 10 と透過部材 12 との界面の屈折率差により形成される指標像を撮像する。そして、指標像が距離センサ 66 の撮影素子上に結像するようにレンズの焦点距離を調整するいわゆるオートフォーカス制御を実行することにより指標像までの距離を測定する。制御部 110 は、距離センサ 66 により出力される指標像までの距離を、透過部材 12 にたわみがない状態の基準値に一致させるように液体供給装置 204 を作動させる。制御部 110 は、透過部材 12 のたわみを相殺するように、液体槽 201 に対する酸素溶解性液体 202 の供給量を自動制御する。

[0120] また、距離センサ 66 の代わりに、例えば、光源部 67 と検出部 68 を備える方式の距離センサを用いることも可能である。光源部 67 から出た光線が透過部材 12 の表面で反射し、検出部 68 に入射する位置を検出することにより透過部材 12 の表面の位置情報を得る方式である。

[0121] また、液体供給装置 204 に酸素溶解性液体 202 を循環させる経路に酸素供給装置 206 を設けて、液体槽 201 の酸素溶解性液体 202 に溶存させた酸素濃度を所定濃度に保つことも可能である。酸素供給手段の一例である酸素供給装置 206 は、酸素溶解性液体 202 中に酸素を供給する。測定手段の一例である酸素濃度センサ 207 及び制御部 110 は、酸素溶解性液体 202 中の酸素濃度を測定する。調節手段の一例である制御部 110 及び酸素供給装置 206 は、酸素濃度センサ 207 の検知出力に基づいて酸素溶解性液体 202 が所定の酸素濃度を保持するように酸素供給装置 206 を作動させる。酸素供給装置 206 は、液体供給装置 204 の一部あるいは全体に酸素透過性のフッ素樹脂などの窓材を設け、大気などの酸素を含んだガス雰囲気から酸素溶解性液体 202 に酸素を供給するように構成してもよい。制御部 110 は、酸素濃度センサ 207 により測定した酸素溶解性液体 202 の酸素濃度が所定の酸素濃度となるように酸素供給装置 206 による酸素供給量を調整する。

[0122] 酸素溶解性液体 202 には、モル分率 0.001 以上の酸素を溶解させることのできる液体、例えばパーフルオロカーボン類を用いることができる。酸素濃度がモル分率 0.001 未満である場合、有効な液体層 31 を確保できず、透過部材 12 の表面で樹脂材料 10 が固化する可能性がある。酸素溶解性液体 202 の好ましい具体例として、パーフルオロオクタン、パーフルオロブチルパーフルオロテトラヒドロフラン、パーフルオロ-1-イソプロポキシヘキサン、パーフルオロ-1,4-ジイソプロポキシブタン等が挙げられる。これらのうち、溶存可能な酸素濃度の観点からは、パーフルオロブチルパーフルオロテトラヒドロフランが特に好ましい。

[0123] また、露光に用いる光量の減衰を防ぐため、酸素溶解性液体 202 には露

光に用いる波長の光線の透過率が高い物質を用いる必要がある。図20の例では、露光の光源として波長350～400nmのUV-LEDを使用している。このため、酸素溶解性液体202としては、波長350～400nmに対する光透過率が1cmあたり90%以上透過する液体材料を用いることが望ましい。また、酸素溶解性液体202は、波長350～400nmに対する光透過率が1cmあたり95%以上透過する物質であることが望ましい。さらに1cmあたり99%以上透過する物質であればさらに望ましい。

[0124] 透過部材12のたわみを精密に制御するためには、酸素溶解性液体202の比重は樹脂材料10の比重と同等であることが好ましい。酸素溶解性液体202の比重は、樹脂材料10の比重の±80%以内であることが好ましい。酸素溶解性液体202の比重は、樹脂材料10の比重の±20%以内であることがさらに好ましく、±10%以内であることが特に好ましい。

[0125] 制御部110は、透過部材12の表面位置の検出値に応じて液体供給装置204による液体槽201への酸素溶解性液体202の供給量、及び／または液面203の高さを制御する。これにより、樹脂材料10の重量を相殺して透過部材12を水平な状態まで上方へ押し戻した状態が保持される。液体供給装置204は、製品造形物(30:図2)を造形中の透過部材12の上方へのたわみも軽減して、透過部材12をほぼ水平な状態に保持することができる。制御部110は、酸素供給装置206が酸素溶解性液体202に溶存させる酸素の量を、透過部材12による樹脂材料10の硬化の酸素阻害効果が適正となるように制御する。

[0126] 実施の形態8では、液体槽201の酸素溶解性液体202の液量を調整して、透過部材12のたわみを軽減した。しかし、実施の形態8の変形例として、液体槽201を密閉構造とし、酸素溶解性液体202の圧力を調整して透過部材12のたわみを軽減するようにしてもよい。すなわち、圧力制御手段の一例である液体供給装置204は、透過部材12の投影面が平坦に保たれるように酸素溶解性液体202の圧力を制御する。

[0127] <実施の形態9>

実施の形態 8 では、図 20 に示すように、水平な透過部材 12 の下面に液体槽 201 を設けて酸素溶解性液体 202 を満たした実施の形態を説明した。これに対して、実施の形態 9 では、図 21 に示すように、垂直な透明部材の側面に液体槽 201 を設けて酸素溶解性液体 202 を満たした実施の形態を説明する。

[0128] (液体槽)

図 21 は実施の形態 9 における液体槽の説明図である。実施の形態 9 は、樹脂材料 10 に対する投影画像 (TG : 図 5) の投影方向及び製品造形物 30 の造形方向以外は、実施の形態 8 と同様に構成され、同様に制御される。このため、図 21 中、実施の形態 8 と共通する構成には図 20 と共通の符号を付して重複する説明を省略する。また、図 21 においては、プロジェクタ 20 の構成、位置合わせ機構等は図示を省略している。

[0129] 図 21 に示すように、実施の形態 3 の三次元造形装置 100 では、透過部材 12 にたわみがあると、それ自体が投影画像 (TG : 図 5) の位置ずれ要因、倍率の違い要因、及び画像そのものの歪要因となる。また、大型の製品造形物 30 を造形するために容器 11 が大型化すると、透過部材 12 のたわみが大きくなる。加えて、実施の形態 9 では、容器 11 の側面に透過部材 12 が配置され、プロジェクタ 20 から水平方向に露光画像を照射して、製品造形物 30 を水平方向に造型する。容器 11 の側面に透過部材 12 が配置される場合、容器 11 へ樹脂材料 10 を導入した際に透過部材 12 にかかる重力による圧力は透過部材 12 の低い位置ほど大きくなる。したがって、透過部材 12 の下部ほど、より強い圧力がかかって外側へ膨らみ大きなたわみが発生する。このとき、透過部材 12 の表面形状が複雑に変形するため、露光時の投影画像の形状補正が困難となる。露光画像 RG の画像の補正で対処する場合、画像の補正が複雑になる。

[0130] そこで、実施の形態 9 では、容器 11 の透過部材 12 の外側に液体槽 201 を設け、透過部材 12 と液体槽 201 との間に酸素溶解性液体 202 を満たしている。酸素溶解性液体 202 は、透過部材 12 の低い位置ほど大きな

圧力を作用して、樹脂材料 10 が透過部材 12 に作用させる透過部材 12 の低い位置ほど大きな圧力を相殺可能である。また、酸素溶解性液体 202 の液量を調整して、透過部材 12 のたわみを軽減し、透過部材 12 と製品造形物 30 との間に適正な厚みの液体層 31 を確保させている。

[0131] 実施の形態 9 では、容器 11 の側面に紫外光の照射を行うための、紫外光透過性を有する透過部材 12 を配置している。プロジェクタ 20 は、透過部材 12 の側方から樹脂材料 10 を固化させる露光画像を樹脂材料 10 中に照射する。そして、引上装置 17 は、水平方向に製品造形物 30 を移動させて造型する。

[0132] 実施の形態 9 では、容器 11 の外側に、液体槽 201 を設け、容器 11 と液体槽 201 の間隔に酸素溶解性液体 202 が満たされている。石英ガラス板 61 及び酸素溶解性液体 202 には露光に用いる波長の光線に対する吸収率が低い材料を用いている。酸素溶解性液体 202 は、露光に用いる波長の光線を 90%以上透過する材料が望ましい。酸素溶解性液体 202 は、透過部材 12 に対して側方から圧力をかけて、樹脂材料 10 の圧力による透過部材 12 の水平方向のたわみを相殺する。ここで、樹脂材料 10 と透過部材 12 と酸素溶解性液体 202 の比重が同一である場合、樹脂材料 10 の液面 205 と酸素溶解性液体 202 の液面 203 とを同一の高さに調整することで、透過部材 12 の両面に作用する圧力が相殺される。しかし、実際には、樹脂材料 10 と透過部材 12 と酸素溶解性液体 202 の比重は異なる。

[0133] そこで、制御部 110 は、容器 11 内の樹脂材料 10 の重量に起因して生ずる透過部材 12 の外側へ向かう変形を、酸素溶解性液体 202 の圧力により相殺もしくは抑制するように、液体供給装置 204 が液体槽 201 に供給する液体量を調整する。実施の形態 8 と同様に、制御部 110 は、液体槽 201 の外側から透過部材 12 の表面の位置を距離センサ 66 により検出し、位置の検出値に応じて、酸素溶解性液体 202 の供給量を調整している。制御部 110 は、透過部材 12 の表面位置に応じて液体供給装置 204 を制御して、液体槽 201 に対する酸素溶解性液体 202 の供給量、及び／または

液面 203 の高さを調整する。これにより、樹脂材料 10 が透過部材 12 に及ぼす深さ方向の圧力分布を相殺して透過部材 12 を垂直な状態まで押し戻して保持させる。

[0134] 距離センサ 66 は、可視光の指標を樹脂材料 10 中に投影し、樹脂材料 10 と透過部材 12 との界面の屈折率差により形成される指標像を撮像する。そして、指標像が距離センサ 66 の撮像素子上に結像するようにレンズの焦点距離を調整するいわゆるオートフォーカス制御を実行して指標像までの距離を測定する。制御部 110 は、指標像までの検出した距離を所定の基準値に一致させるように液体供給装置 204 を作動させる。制御部 110 は、透過部材 12 の垂直方向のたわみ分布を相殺して透過部材 12 を略直線状に保持するように液体槽 201 への酸素溶解性液体 202 の供給量を自動制御する。造形中の製品造形物 30 の移動に伴って発生する透過部材 12 のたわみも、液体槽 201 に対する酸素溶解性液体 202 の供給量、及び／または液面 203 の高さの制御により軽減される。

[0135] ところで、透過部材 12 を挟んで対向する樹脂材料 10 と酸素溶解性液体 202 とで比重が異なる場合、両者の液量をどのように調整したとしても、透過部材 12 にかかる透過部材 12 の深さ方向の圧力分布を均一にはできない。したがって、樹脂材料 10 と酸素溶解性液体 202 の比重がほぼ同一であることが望ましい。

[0136] 酸素供給装置 206 は、液体供給装置 204 が液体槽 201 へ供給する酸素溶解性液体 202 に酸素を所定量を溶存させる。制御部 110 は、酸素供給装置 206 が酸素溶解性液体 202 に溶存させる酸素の量を、透過部材 12 による酸素阻害効果が適正となるように制御する。

[0137] 実施の形態 9 では、液体槽 201 の酸素溶解性液体 202 の液量を調整して、透過部材 12 のたわみを軽減した。しかし、実施の形態 9 の変形例として、液体槽 201 を密閉構造とし、酸素溶解性液体 202 の圧力を調整して透過部材 12 のたわみを軽減するようにしてもよい。すなわち、圧力制御手段の一例である液体供給装置 204 は、透過部材 12 の投影面が平坦に保た

れるように酸素溶解性液体 202 の圧力を制御する。

[0138] <その他の実施の形態>

図 22 A、22 B はカメラの配置の別の例の説明図である。図 23 は光源の別の例の説明図である。図 24 A、24 B は製品造形物の造形方向の別の例の説明図である。図 22 A は投影光学系 25 の中間位置、図 22 B は造形領域の外側を示している。図 24 A は下方へ向かって造形する実施の形態、図 24 B は水平方向に造形する実施の形態を示している。

[0139] 本発明の三次元造形装置は、実施の形態 1 乃至 6 における具体的な構成、部品形態、部品の性質、実寸法等には限定されない。実施の形態 1 乃至 6 の構成の一部又は全部を等価な部材に置き換えた別の実施の形態でも実施可能である。

[0140] 実施の形態 1 では、図 1 に示すように、5 台×5 台のプロジェクタ 20 を用いて 500 mm×500 mm の造形を可能にする実施の形態を説明した。しかし、実施の形態 1 は、2 台、3 台、4 台等、任意の台数のプロジェクタ 20 を用いる実施の形態において実施できる。1 台あたりのプロジェクタの投影面積は 100 mm×100 mm には限らない。10 mm×10 mm、50 mm×50 mm 等であってもよい。

[0141] 実施の形態 1 では、露光画像を樹脂材料中に投影して各層の造形を行う実施の形態を説明した。しかし、分割された露光画像の境界領域を調整する発明は、線画像を走査して露光を行う三次元造形装置、ビームスポットを走査して画像を描き込む三次元造形装置においても実施可能である。

[0142] 図 22 A に示すように、カメラ 130 は、4 つの投影光学系 25 の中間位置に配置してもよい。カメラ 130 は、4 つの投影画像 T G の隅を同時に撮影するように、4 つの投影画像 T G の隅を含む撮影領域（画像抽出領域）S R を設定されてもよい。すなわち、カメラ 130 の配置は、2 つの投影光学系 25 の中間位置には限らない。

[0143] 図 22 B に示すように、カメラ 130 は、25 個の投影画像 T G の四隅の外側に投影される指標画像 L C を撮影するために配置してもよい。5 台×5

台のプロジェクタ 20 による造形領域は、5 個×5 個の投影画像 T G の外側の輪郭で確定される範囲である。指標画像 L C は、このような造形領域の外側であって、四隅のプロジェクタ 20 が指標画像を投影可能な範囲に投影される。

[0144] 図 2 に示すように、制御部 110 は、透過部材 12 の造形領域の外側の四隅に設けた位置合わせマークと指標画像 L C との重なりを図 22 B に示す 4 台のカメラ 130 により製品造形物 30 の造形中に撮影する。そして、リアルタイムに投影画像 T G の基準位置をモニターする。造形領域の外側で位置合わせ情報を取得するために、造形領域の外周部にカメラ 130 が設けられている。

[0145] 透過部材 12 の造形領域の外側であれば、表面から突出した位置合わせマークや、遮光性の有る位置合わせマークも利用できる。透過部材 12 の造形領域の外側であれば、紫外光を照射しても製品造形物 30 の造形に影響の及ぶような樹脂の硬化は発生しない。また、位置決めマークの検出時のみ紫外光を照射する、照射量を下げるなどの画像形成素子 23 における紫外光の照射制御を併用することで投影画像の位置合わせのリアルタイムモニタリングが可能である。

[0146] 図 23 に示すように、カメラ（130：図 2）のアライメント用の撮影照明用の可視光を出力する光源 21 R を設けてもよい。光源 21 R の出力する可視光は、ハーフミラー 21 m によって光源 21 の出力する紫外光に重畳されてもよい。アライメント用光源としては、ハロゲンランプなどのブロードバンド光源から、アライメントに有利な波長範囲をフィルターで選択的に取り出して光源として使用してもよい。H e N e レーザー光源、青色 L E D 等も利用できる。ただし、紫外光と異なる波長の照明光を使用する場合、カメラ 130 のピント補正だけでなく、使用する照明光の波長に応じてカメラ 130 の光学系の収差補正を変更する必要がある。

[0147] 図 24 A に示すように、製品造形物 30 を下方へ向かって成長させるように造形してもよい。容器 11 B には光硬化性の液状の樹脂材料 10 が充填さ

れている。樹脂材料 10 に密着して紫外線透過性及び酸素透過性を有する透過部材 12 B が配置されている。プロジェクタ 20 は、引下部材 13 B に隣接する樹脂材料 10 の層に露光画像を投影して固化させる。引下装置 17 B は、プロジェクタ 20 における露光画像の切り替わりに同期して引下部材 13 B を段階的に下降させて、製品造形物 30 を造形する。

[0148] 図 24 B に示すように、製品造形物 30 を水平方向に成長させるように造形してもよい。容器 11 C には光硬化性の液状の樹脂材料 10 が充填されている。樹脂材料 10 に密着して紫外線透過性及び酸素透過性を有する透過部材 12 C が配置されている。プロジェクタ 20 は、移動部材 13 C に隣接する樹脂材料 10 の層に露光画像を投影して固化させる。移動装置 17 C は、プロジェクタ 20 における露光画像の切り替わりに同期して移動部材 13 C を段階的に移動させて、製品造形物 30 を造形する。

[0149] 実施の形態 1 乃至 6 では、画素ごとのミラーを作動させて露光画像を形成するプロジェクタ 20 を採用した。しかし、画像形成素子として液晶シャッタを用いる液晶プロジェクタを採用して三次元造形装置を構成してもよい。

[0150] 実施の形態 1 乃至 6 では、画像形成素子 23 を挟んで配置された一対のアクチュエータ 41 ~ 44 のうち一方 (41、42) と他方 (43、44) とを逆方向に変形させることで画像形成素子 23 を移動させた。しかし、アクチュエータ 41 ~ 44 のうち他方 (43、44) をバネ部材に置き換えて、一方 (41、42) がバネ部材の付勢力に逆らって伸縮する構成を採用してもよい。

[0151] 実施の形態 1 では、境界領域 K R で隣接する投影画像 T G の位置合わせを画像形成素子 23 の機械的な移動で実現し、実施の形態 2 では、境界領域 K R で隣接する投影画像 T G の位置合わせを隣接する露光画像のデータ処理で実行した。しかし、画像形成素子 23 の機械的な移動と露光画像のデータ処理とを組み合わせ、境界領域 K R で隣接する投影画像 T G の位置合わせを実行してもよい。

[0152] 実施の形態 2 では、投影画像 T G の全体を投影領域 T R 内で移動させるよ

うに露光画像の画像データを処理した。しかし、露光画像の画像データを局所的に変形して修正を行ってもよい。撮影画像に検知された隙間に対応する露光画像の画素に照度階調を付与したり、撮影画像に検知された段差をなだらかに解消させたりする画像処理を採用することも可能である。

[0153] 本発明は、上述の実施形態の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路（例えば、ASIC）によっても実現可能である。

[0154] この出願は2016年3月9日に提出された日本国特許出願第2016-046345および2017年1月31日に提出された日本国特許出願2017-016261からの優先権を主張するものであり、それらの内容を引用してこの出願の一部とするものである。

符号の説明

[0155] 10：樹脂材料、11：容器、11a：開口、12：透過部材（第1の透過部材）、12a：入射面、13：引上部材（移動手段）、17：引上装置（移動手段）、20：プロジェクタ（画像投影手段）、21：光源、22：画像形成部、23：画像形成素子、25：投影光学系、26：ミラー、28：結像位置、30：製品造形物、31：液体層（反応規制層）、40：画像表示部、41～48：アクチュエータ、51～53：アクチュエータ、61：石英ガラス板（第2の透過部材）、63：圧力調整装置、65：酸素供給室（空間）、70：位置合わせ用基準プレート、72、74：XYステージ（位置調整手段）、110：制御部（制御手段）、111：CPU、112：RAM、113：ROM、120：外部コンピュータ、121：表示部、122：記録媒体、130：カメラ（撮影手段）、201：液体槽、202：酸素溶解性液体、203：液面、204：液体供給装置（圧力制御手段、液量制御手段）、205：液面、206：酸素供給装置（酸素供給手段）、207：酸素濃度センサ（検知手段）、RG：露光画像、TG：投影画像、T

M : 投影面、 T R : 投影領域

請求の範囲

- [請求項1] 光硬化性の液状の樹脂材料を保持し、前記樹脂材料を固化させる露光画像を前記樹脂材料中に入射させる入射面を有する容器と、
- 第1の露光画像を前記入射面より入射させて前記樹脂材料中に投影する第1の画像投影手段と、
- 前記第1の露光画像に連続する第2の露光画像を前記入射面より入射させて前記樹脂材料中に投影する第2の画像投影手段と、
- 前記第1の露光画像及び前記第2の露光画像により前記樹脂材料を固化して造形された造形層を前記入射面から遠ざけるように移動させる移動手段と、
- 前記第1の画像投影手段により前記第1の露光画像を前記樹脂材料中へ投影した第1の投影画像と、前記第2の画像投影手段により前記第2の露光画像を前記樹脂材料中へ投影した第2の投影画像と、の境界領域を調整する制御手段と、を備えることを特徴とする三次元造形装置。
- [請求項2] 前記境界領域を前記容器の外側から撮影する撮影手段を備え、
- 前記制御手段は、前記撮影手段による前記境界領域の撮影画像に基づいて前記境界領域を調整することを特徴とする請求項1に記載の三次元造形装置。
- [請求項3] 前記制御手段は、前記境界領域に対応する前記第1の露光画像又は前記第2の露光画像を調整することを特徴とする請求項2に記載の三次元造形装置。
- [請求項4] 前記制御手段は、前記第1の投影画像の投影面における前記第1の投影画像に含まれる画像パターンの位置を計測し、計測された前記画像パターンの位置と前記画像パターンの設計上の位置とを一致させるように前記画像パターンの画像データを変更することを特徴とする請求項3に記載の三次元造形装置。
- [請求項5] 前記制御手段は、前記第1の投影画像における前記境界領域で前記

第2の投影画像に連続する画像パターンが前記境界領域で前記第2の投影画像の前記画像パターンに重なるように前記第1の露光画像の画像データを作成することを特徴とする請求項3に記載の三次元造形装置。

[請求項6] 前記制御手段は、前記第1の投影画像における前記境界領域で前記第2の投影画像に連続する画像パターンの照度が前記境界領域で前記第2の投影画像の前記画像パターンの照度と等しくなるように前記第1の露光画像の画像データを変更することを特徴とする請求項3に記載の三次元造形装置。

[請求項7] 前記制御手段は、前記境界領域に対応する前記第1の露光画像又は前記第2の露光画像の照度を調整することを特徴とする請求項3に記載の三次元造形装置。

[請求項8] 前記制御手段は、前記第1の投影画像における画像パターンの照度が等しくなるように前記第1の露光画像の画像データを変更することを特徴とする請求項7に記載の三次元造形装置。

[請求項9] 前記制御手段は、前記第1の投影画像における画像パターンの照度と前記第2の投影画像における画像パターンの照度が等しくなるように前記第1の投影画像又は前記第2の露光画像の画像データを変更することを特徴とする請求項8に記載の三次元造形装置。

[請求項10] 前記画像投影手段は、照明手段と、前記照明手段に照明された前記露光画像を形成する画像形成素子と、前記画像形成素子により形成された前記露光画像を前記入射面を通じて前記樹脂材料中へ投影する投影光学系と、前記露光画像の投影光軸に交差する面内で前記画像形成素子の位置を調整可能な調整手段と、を有し、

前記制御手段は、前記調整手段を制御することにより前記境界領域を調整することを特徴とする請求項2に記載の三次元造形装置。

[請求項11] 前記画像投影手段は、照明手段と、前記照明手段に照明された前記露光画像を形成する画像形成素子と、前記画像形成素子により形成さ

れた前記露光画像を前記入射面を通じて前記樹脂材料中へ投影する投影光学系と、前記露光画像の投影光軸に対する前記画像形成素子の傾きを調整可能な調整手段と、を有し、

前記制御手段は、前記調整手段を制御することにより前記境界領域を調整することを特徴とする請求項2に記載の三次元造形装置。

[請求項12] 指標が形成された位置合わせ用基準プレートを、前記指標上に前記第1の画像投影手段が位置決め画像を投影するように装着可能であって、

前記第1の画像投影手段により投影された前記位置決め画像を前記位置合わせ用基準プレート上で移動させるように前記第1の画像投影手段の位置を調整可能な位置調整手段を備え、

前記制御手段は、前記指標と前記第1の画像投影手段によって投影された位置決め画像との重なりを前記撮影手段により撮影し、前記重なり of 撮影画像に基づいて前記位置調整手段を制御することを特徴とする請求項2に記載の三次元造形装置。

[請求項13] 前記画像投影手段は、照明手段と、前記照明手段に照明された前記露光画像を形成する画像形成素子と、前記画像形成素子により形成された前記露光画像を前記入射面を通じて前記樹脂材料中へ投影する投影光学系と、前記照明手段の出力を調整可能な調整手段と、を有し、

前記制御手段は、前記調整手段を制御することにより前記境界領域を調整することを特徴とする請求項2に記載の三次元造形装置。

[請求項14] 光硬化性の液状の樹脂材料を保持し、前記樹脂材料を固化させる露光画像を前記樹脂材料中に入射させる入射面を有する容器と、

照明手段と、

前記照明手段に照明された前記露光画像を形成する画像形成素子と、

前記画像形成素子により形成された前記露光画像を前記入射面を通じて前記樹脂材料中へ投影する投影光学系と、

前記露光画像により前記樹脂材料を固化して造形された造形層を前記入射面から遠ざけるように移動させる移動手段と、

前記露光画像の投影光軸に交差する面内で前記画像形成素子の位置を調整可能な調整手段と、を備えることを特徴とする三次元造形装置。

[請求項15] 光硬化性の液状の樹脂材料を保持し、前記樹脂材料を固化させる露光画像を前記樹脂材料中に入射させる入射面を有する容器と、
照明手段と、

前記照明手段に照明された前記露光画像を形成する画像形成素子と、

前記画像形成素子により形成された前記露光画像を前記入射面を通じて前記樹脂材料中へ投影する投影光学系と、

前記露光画像により前記樹脂材料を固化して造形された造形層を前記入射面から遠ざけるように移動させる移動手段と、

前記露光画像の投影光軸に対する前記画像形成素子の傾きを調整可能な調整手段と、を備えることを特徴とする三次元造形装置。

[請求項16] 光硬化性の液状の樹脂材料を保持し、前記樹脂材料を固化させる露光画像を透過させて前記樹脂材料中に入射させる第1の透過部材と、
前記第1の透過部材との間に空間を形成する第2の透過部材と、
前記第2の透過部材及び前記第1の透過部材を透過させて前記露光画像を前記樹脂材料中に投影する画像投影手段と、

前記露光画像により前記樹脂材料を固化して造形された造形層を前記第1の透過部材から遠ざけるように移動させる移動手段と、を備え、

前記第1の透過部材は、酸素透過性であり、

前記第1の透過部材と前記第2の透過部材との間の前記空間には、酸素を含む大気圧よりも高い圧力の気体が満たされていることを特徴とする三次元造形装置。

- [請求項17] 光硬化性の液状の樹脂材料を保持し、前記樹脂材料を固化させる露光画像を透過させて前記樹脂材料中に入射させる第1の透過部材と、
前記第1の透過部材との間に空間を形成する第2の透過部材と、
前記第2の透過部材及び前記第1の透過部材を透過させて前記露光画像を前記樹脂材料中に投影する画像投影手段と、
前記露光画像により前記樹脂材料を固化して造形された造形層を前記第1の透過部材から遠ざけるように移動させる移動手段と、を備え、
前記第1の透過部材は、酸素透過性であり、
前記第1の透過部材と前記第2の透過部材との間の前記空間には、
モル分率0.001以上の酸素が溶解している酸素溶解性液体が満たされていることを特徴とする三次元造形装置。
- [請求項18] 前記第1の透過部材がフッ素樹脂であることを特徴とする請求項16又は17に記載の三次元造形装置。
- [請求項19] 前記第1の透過部材の投影面が平坦に保たれるように前記酸素溶解性液体の圧力を制御する圧力制御手段をさらに備えることを特徴とする請求項17に記載の三次元造形装置。
- [請求項20] 前記第1の透過部材の投影面が平坦に保たれるように前記酸素溶解性液体の液量を制御する液量制御手段をさらに備えることを特徴とする請求項17に記載の三次元造形装置。
- [請求項21] 前記酸素溶解性液体は、パーフルオロカーボン類であることを特徴とする請求項17に記載の三次元造形装置。
- [請求項22] 前記酸素溶解性液体は、パーフルオロオクタン、パーフルオロブチルパーフルオロテトラヒドロフラン、パーフルオロ-1-イソプロポキシヘキサン、パーフルオロ-1,4-ジイソプロポキシブタンから選ばれる少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項17に記載の三次元造形装置。
- [請求項23] 前記酸素溶解性液体中に酸素を供給する酸素供給手段と、

前記酸素溶解性液体中の酸素濃度を測定する測定手段と、

前記酸素溶解性液体中の酸素濃度を調節する調節手段と、をさらに備えることを特徴とする請求項 1 7 記載の三次元造形装置。

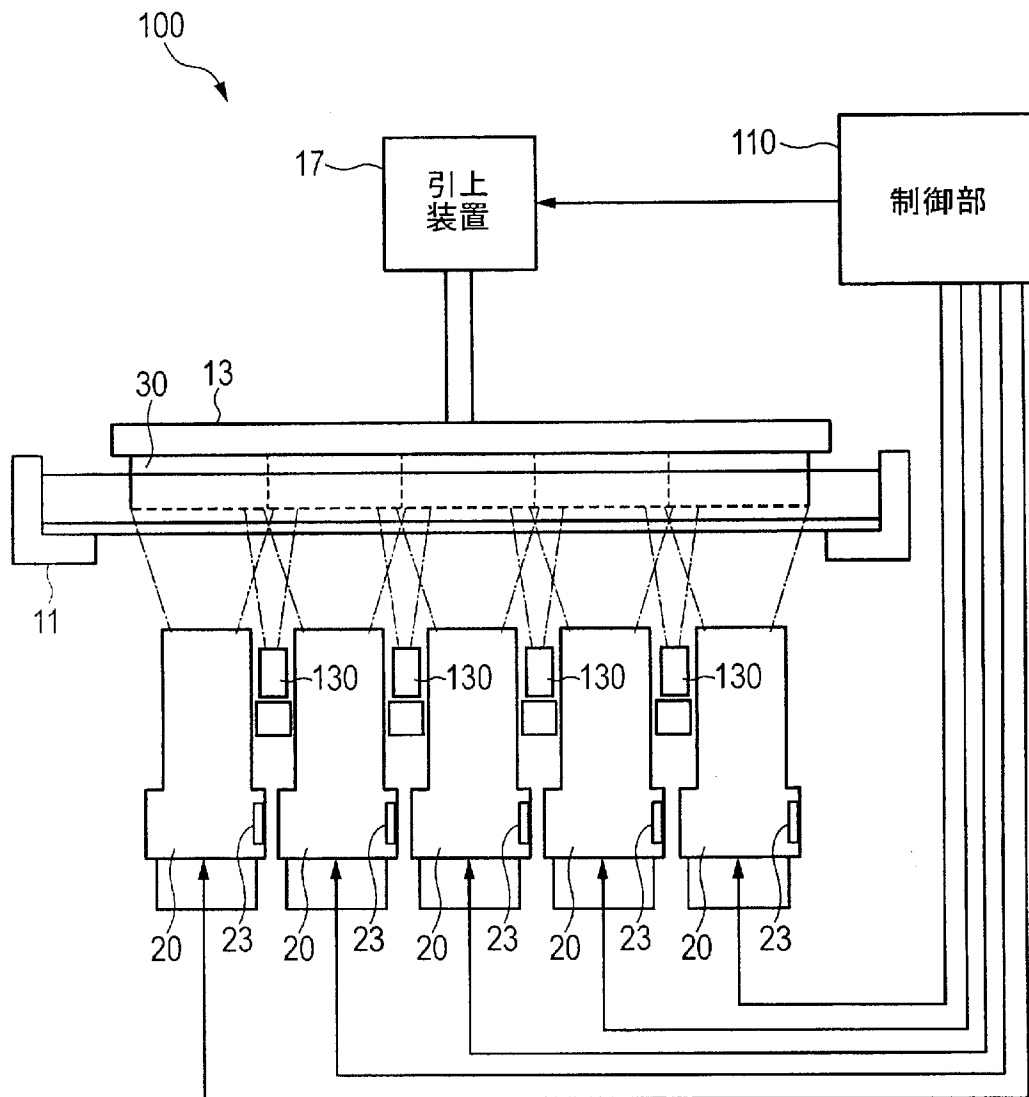
[請求項24]

請求項 2 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の三次元造形装置における三次元造形物の製造方法であって、

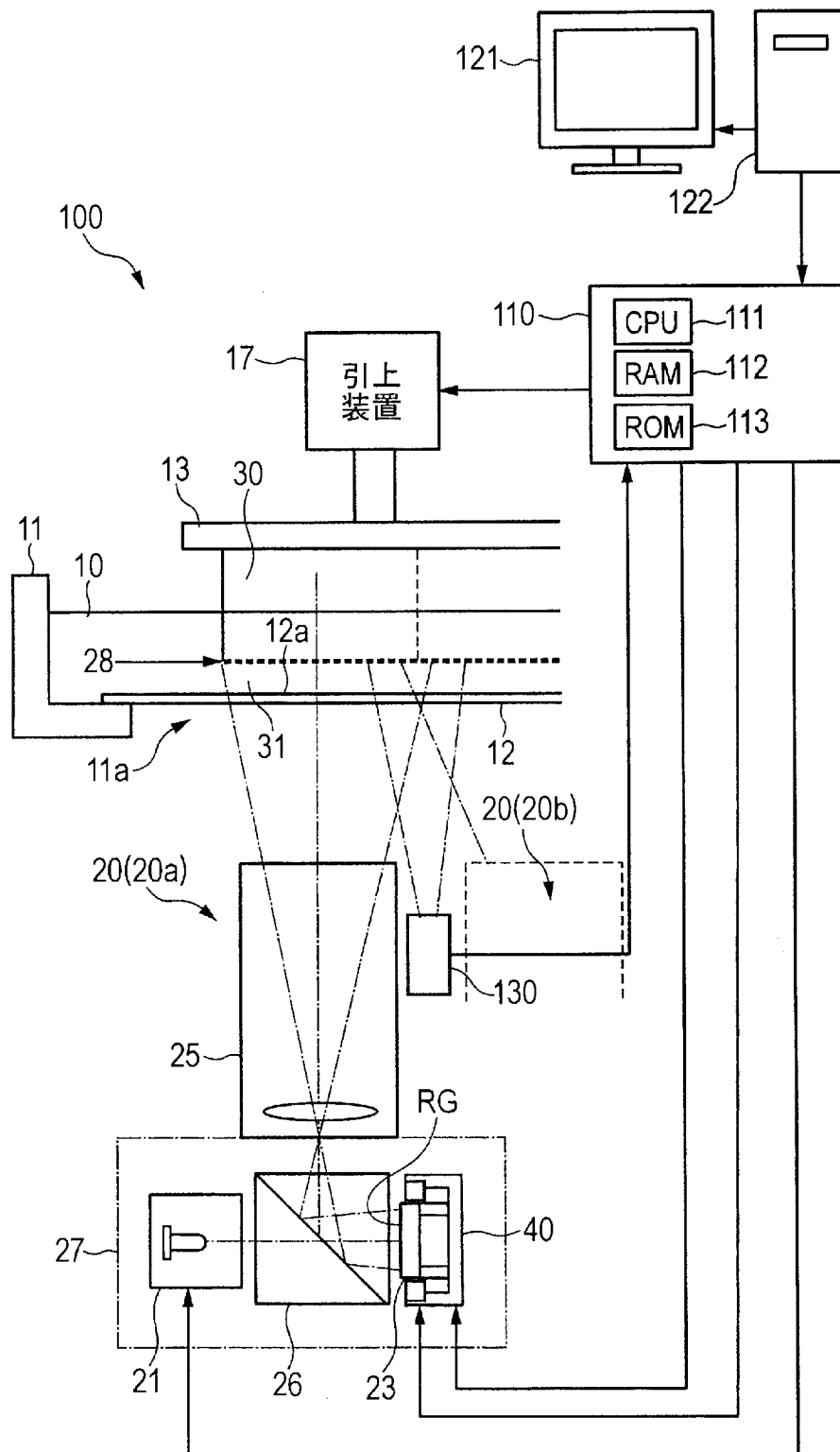
前記三次元造形物の造形中に前記撮影手段により前記境界領域を撮影する撮影工程と、

前記三次元造形物の造形中に前記境界領域を調整する調整工程と、を有することを特徴とする三次元造形物の製造方法。

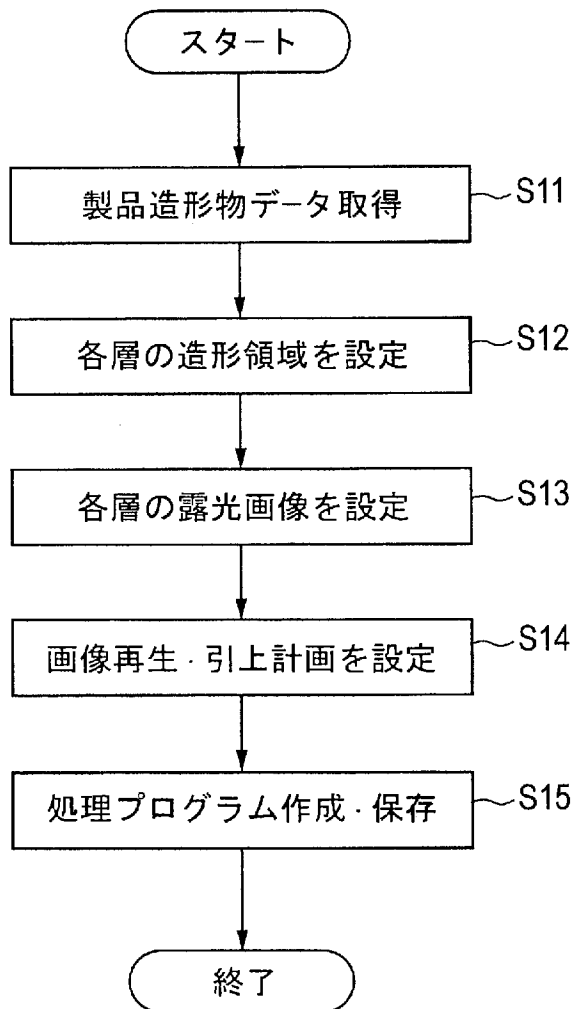
[図1]



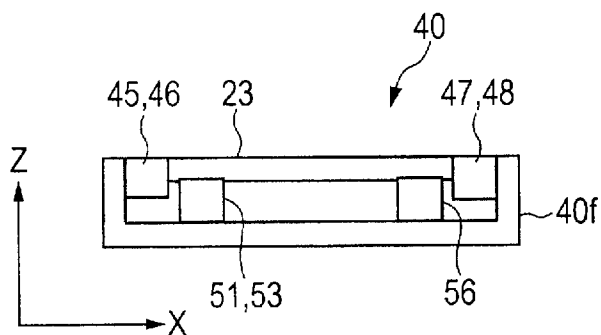
[図2]



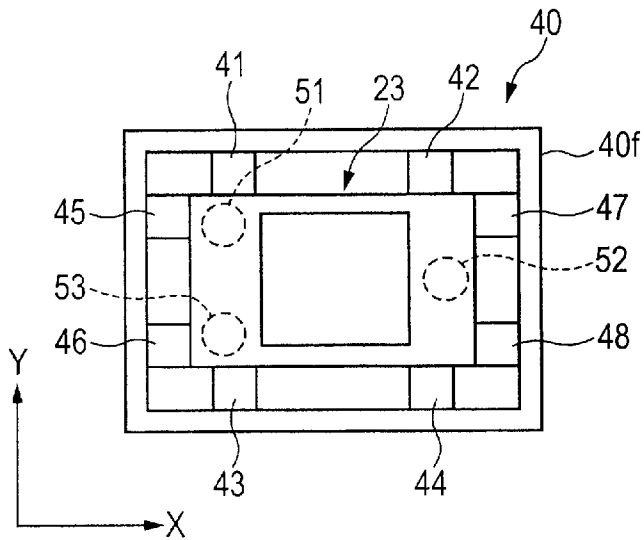
[図3]



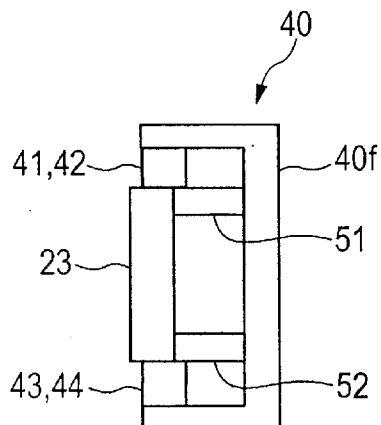
[図4A]



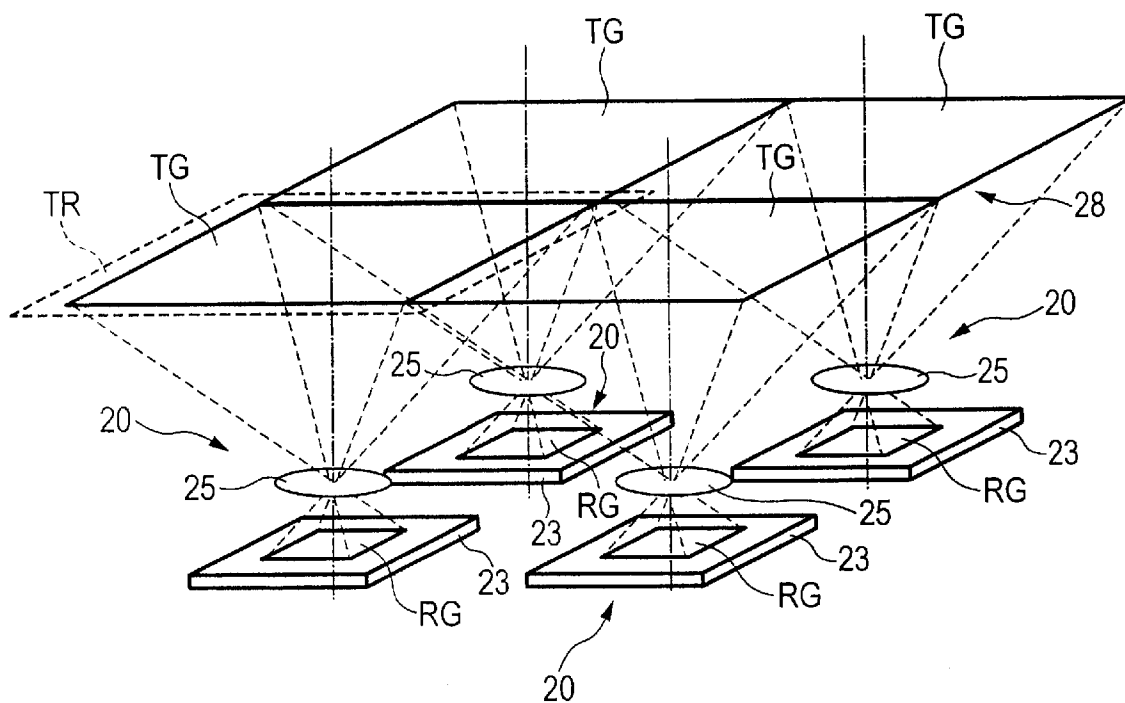
[図4B]



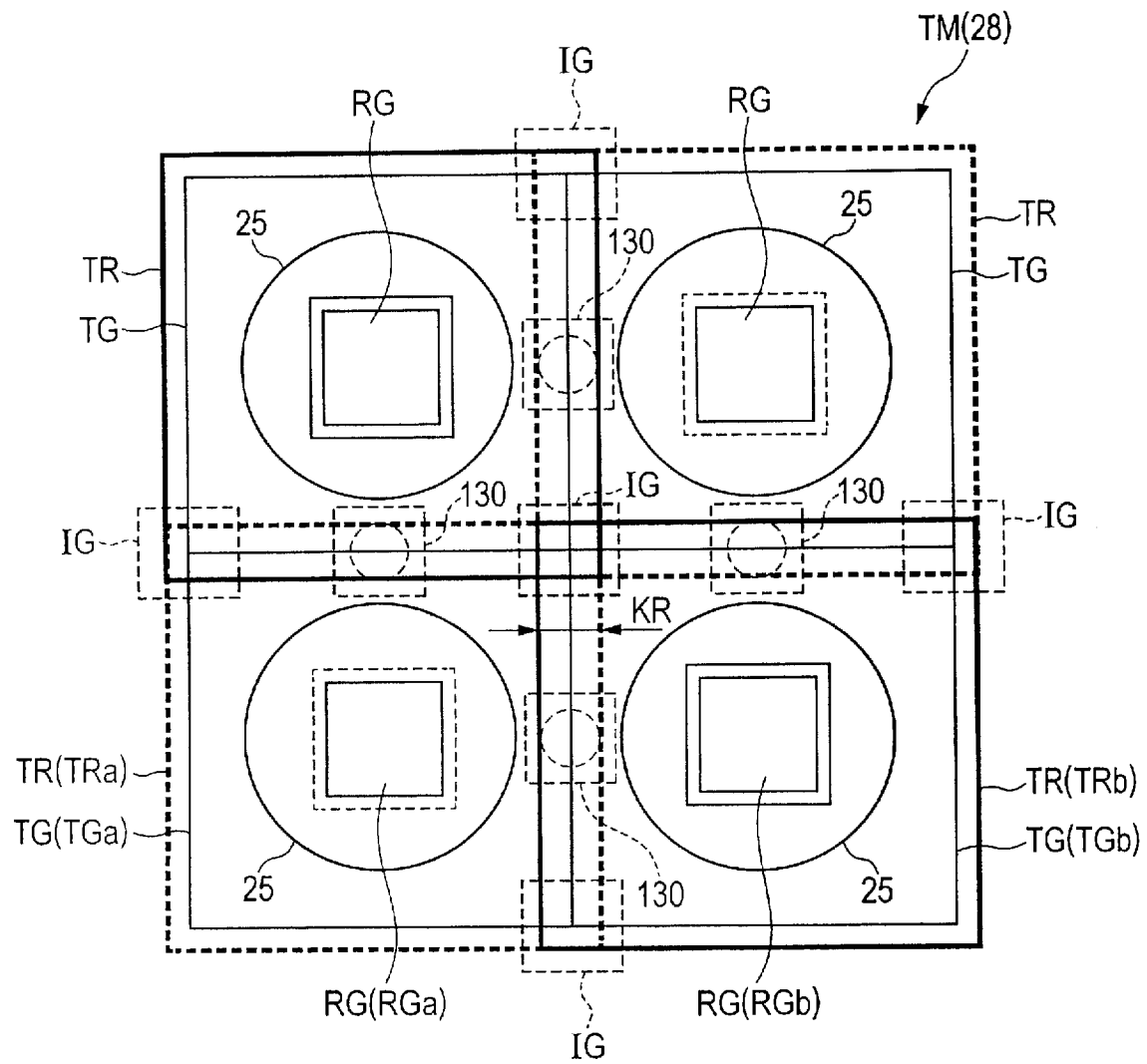
[図4C]



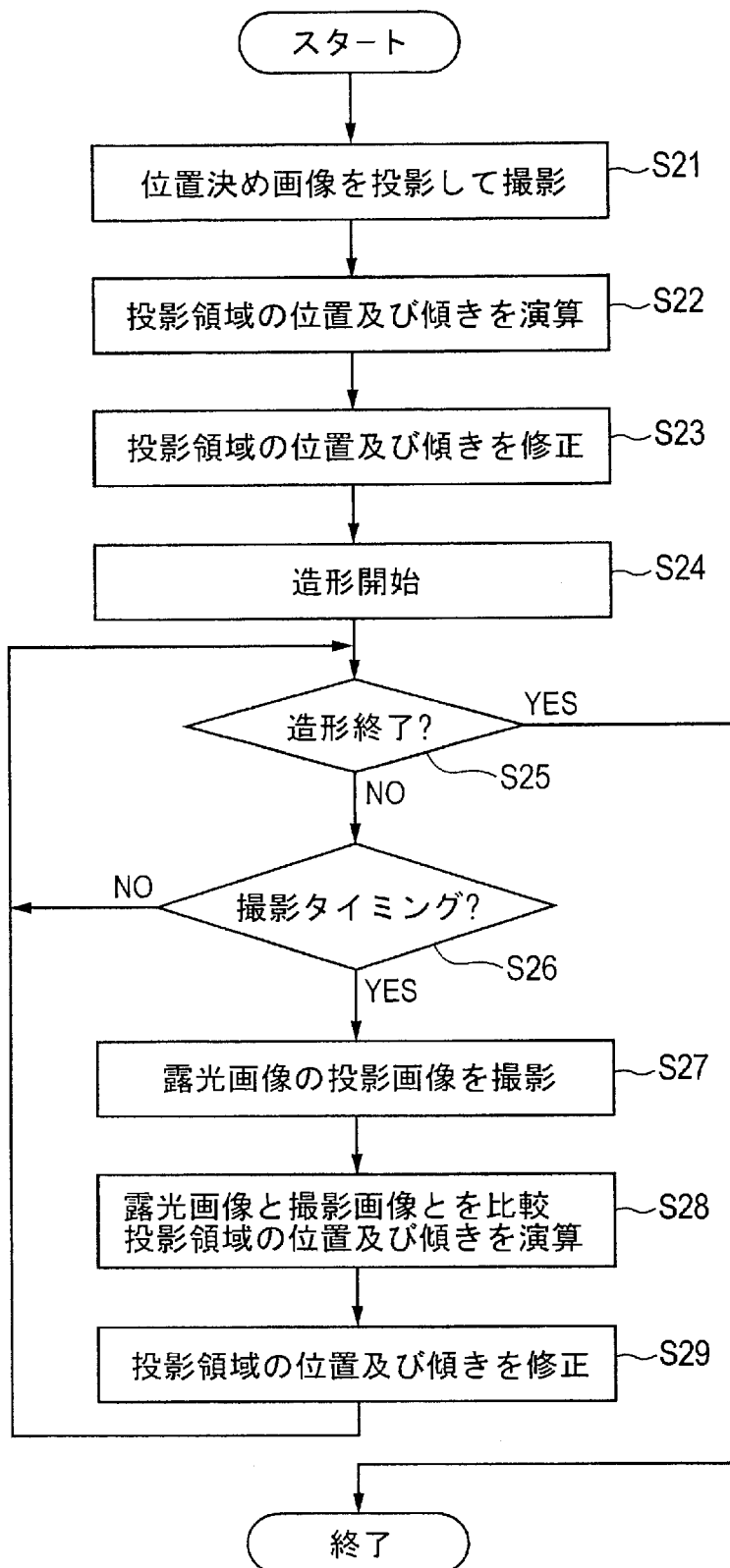
[図5]



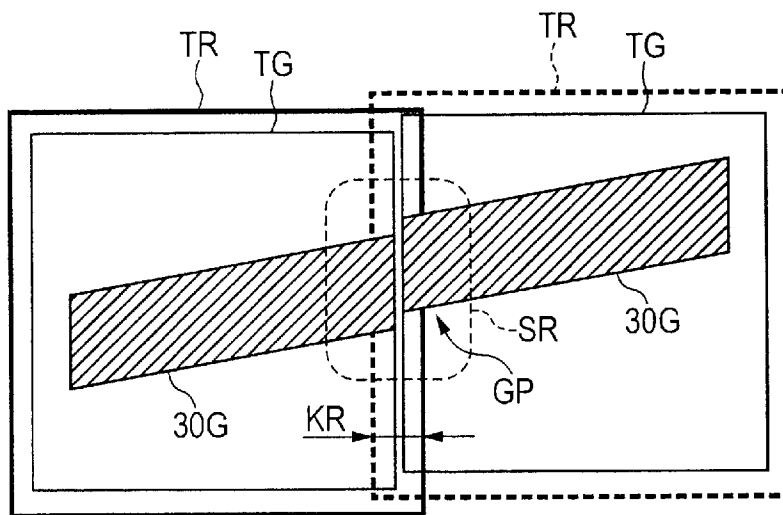
[図6]



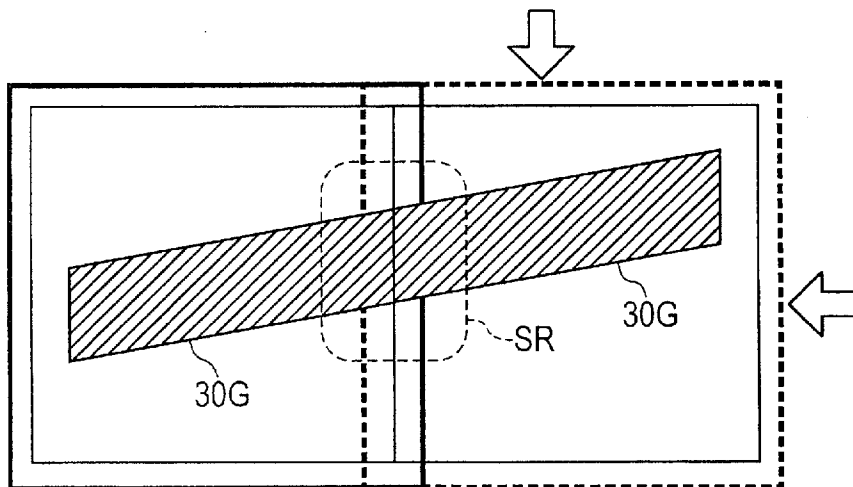
[図7]



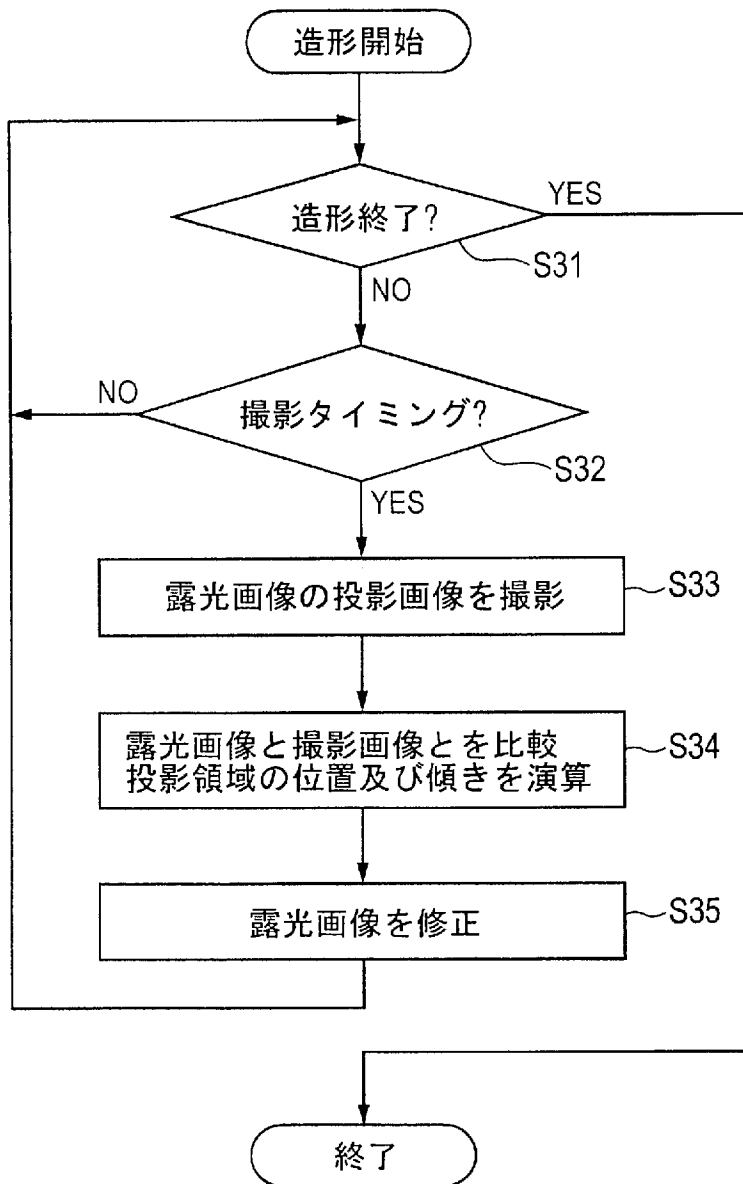
[図8A]



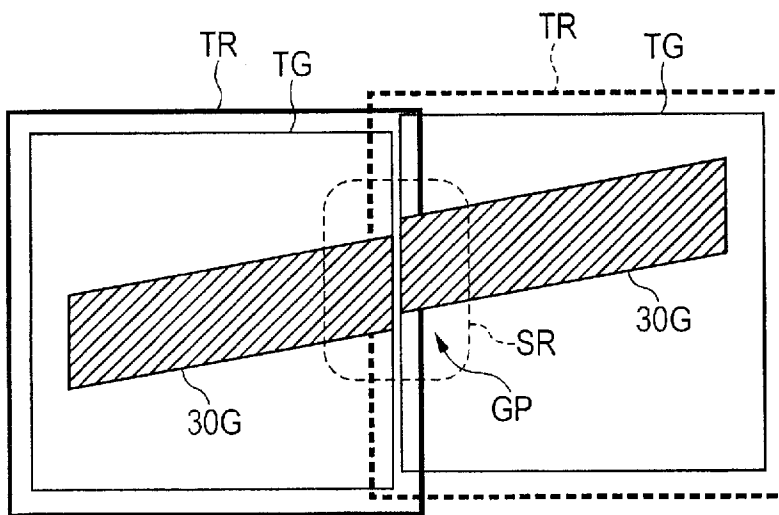
[図8B]



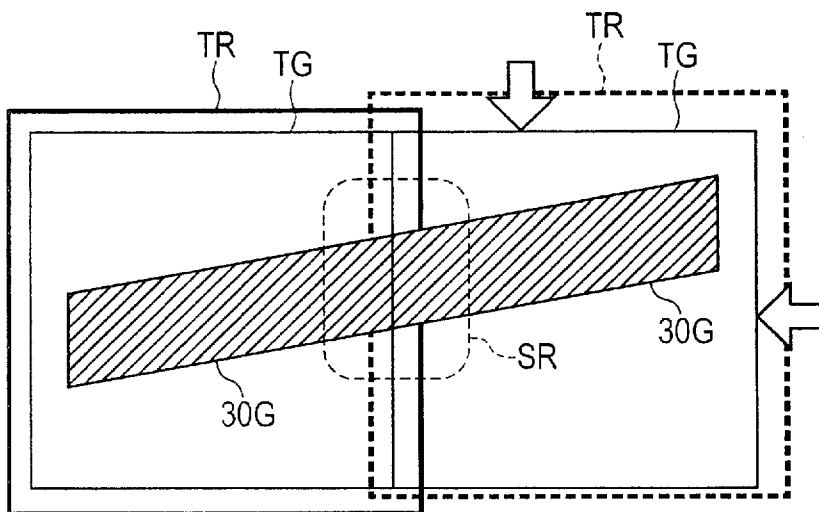
[図9]



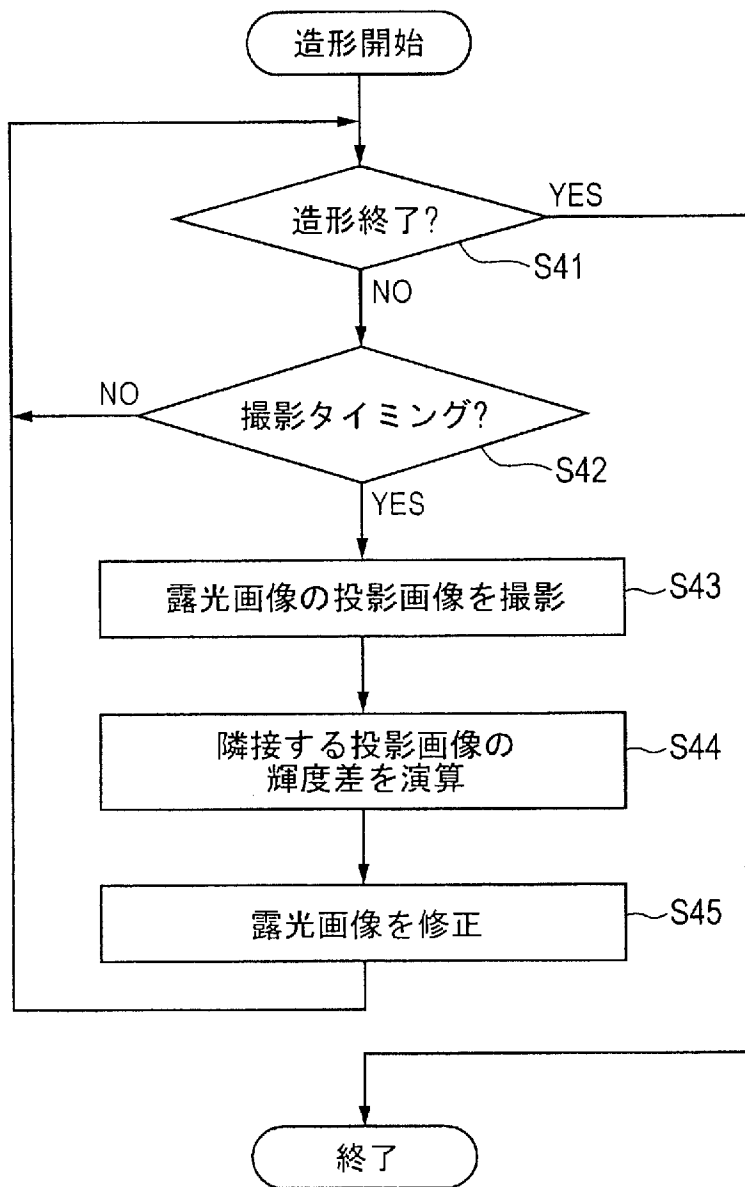
[図10A]



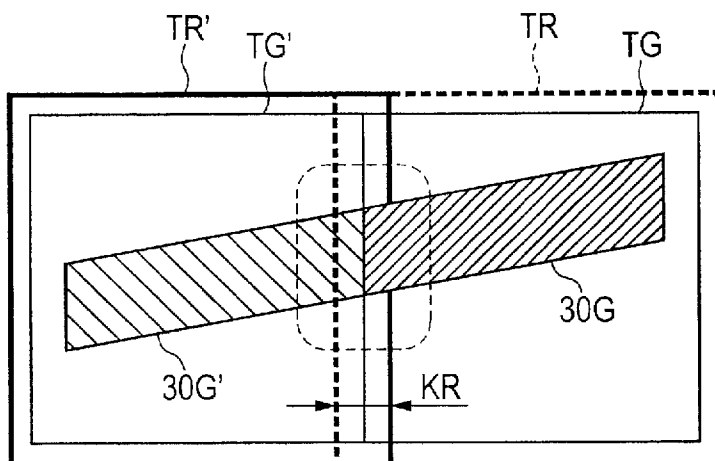
[図10B]



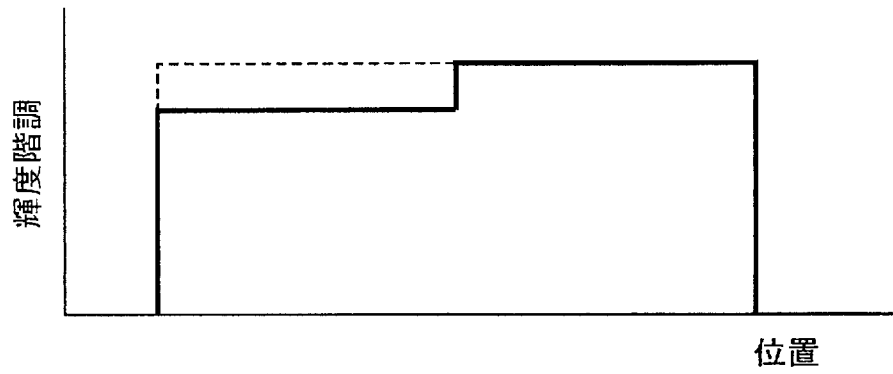
[図11]



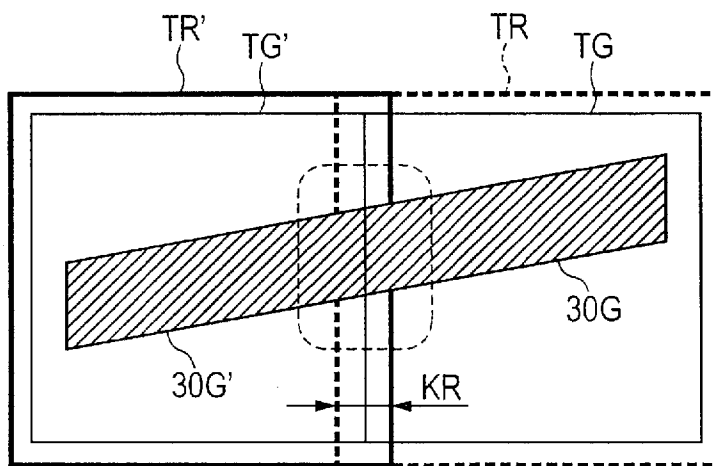
[図12A]



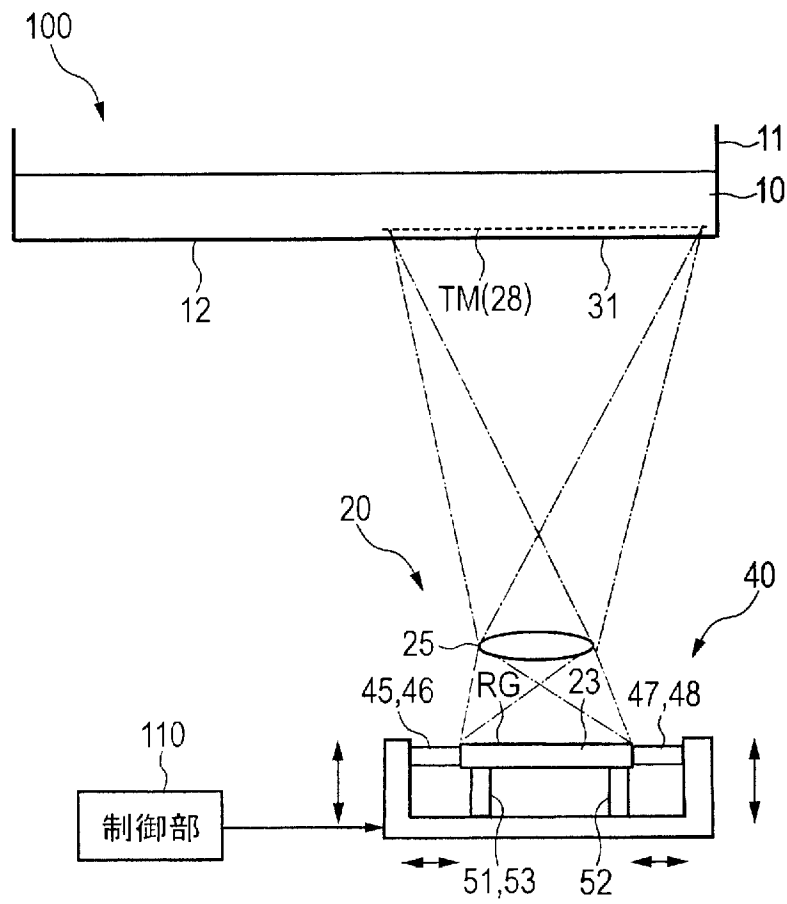
[図12B]



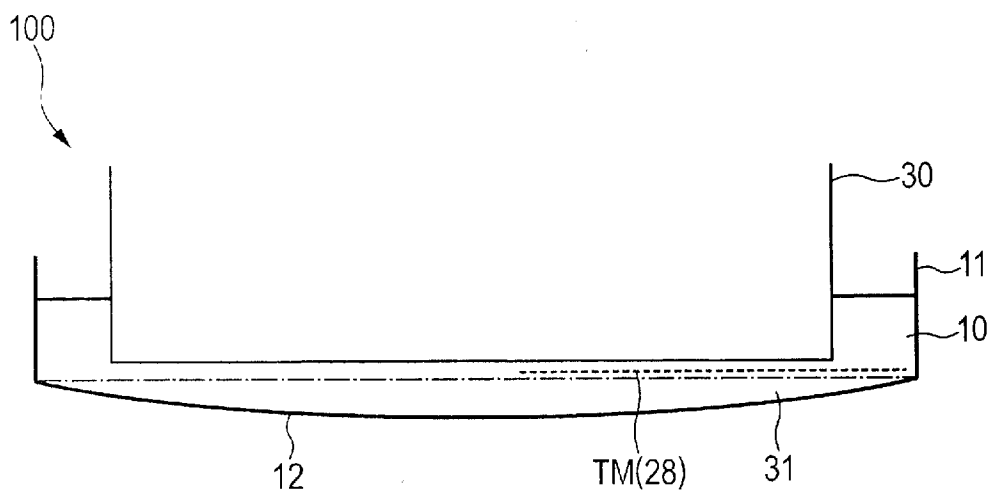
[図12C]



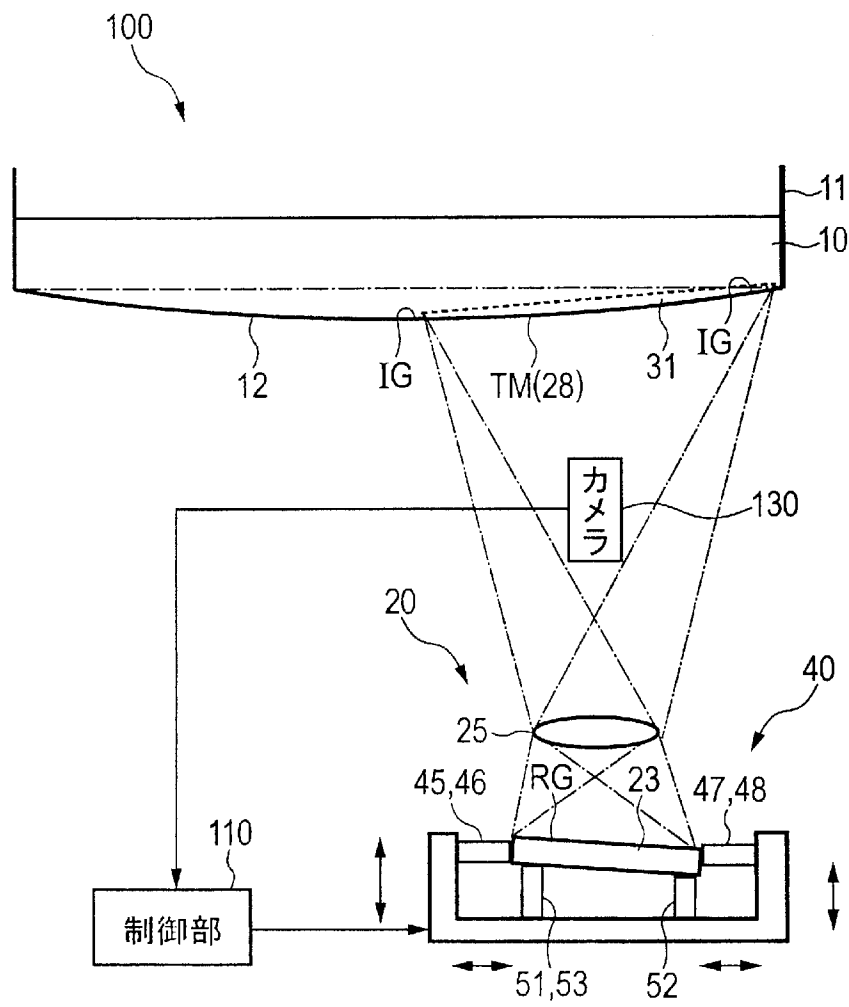
[図13A]



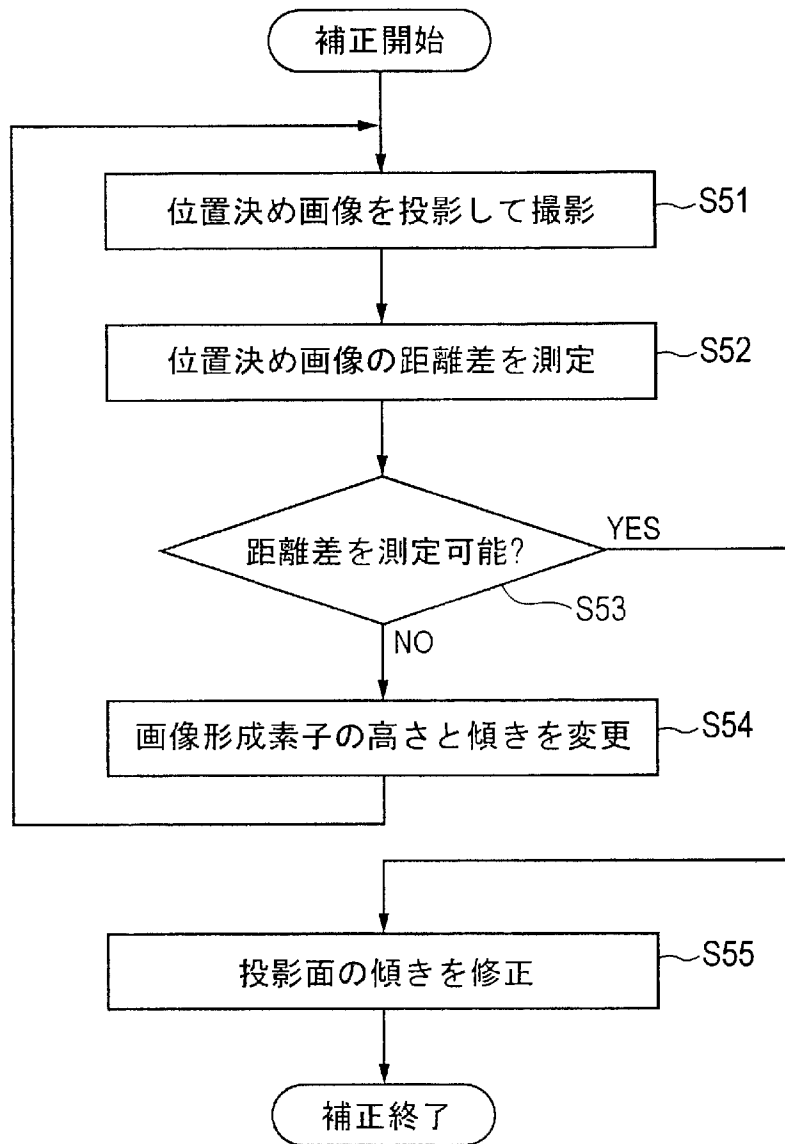
[図13B]



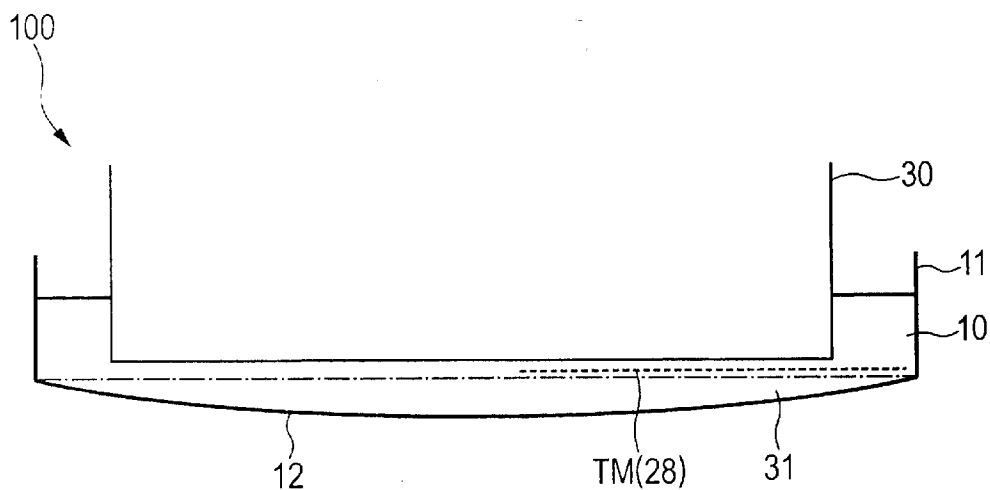
[図14]



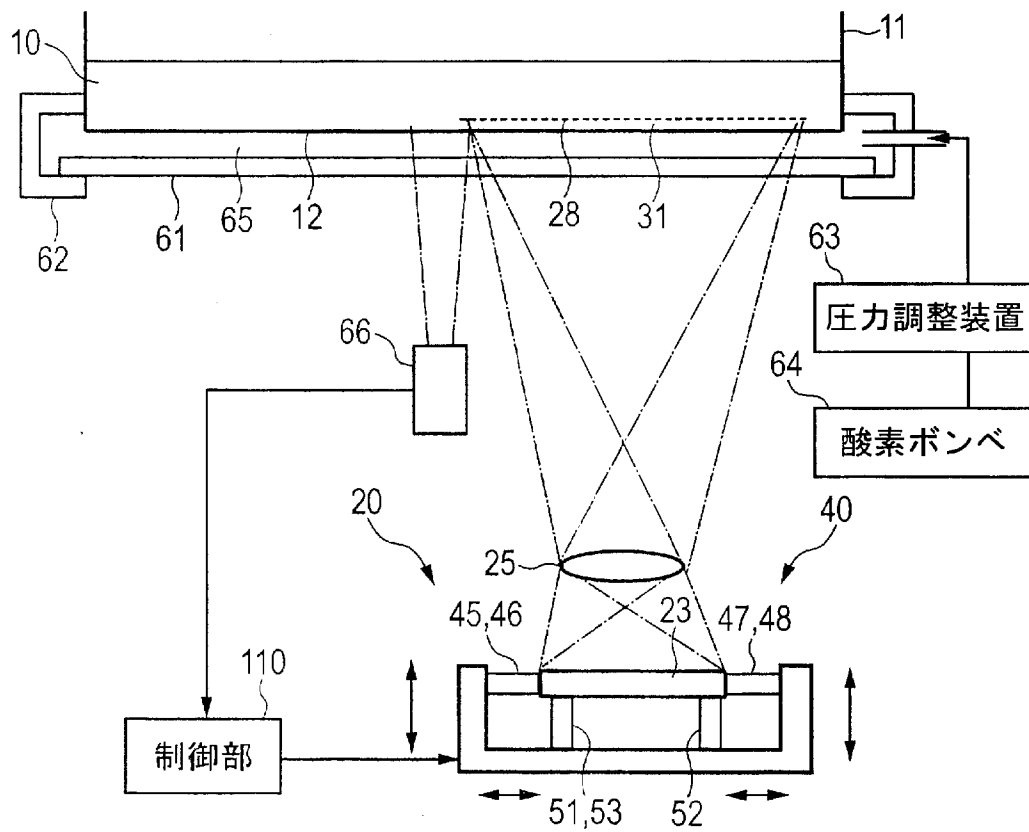
[図15]



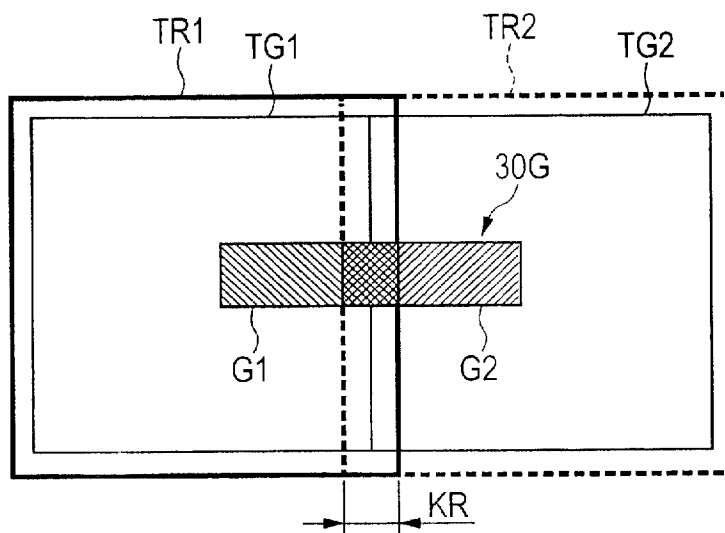
[図16A]



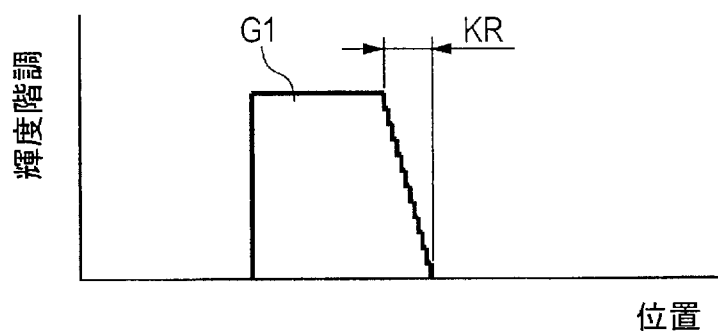
[図16B]



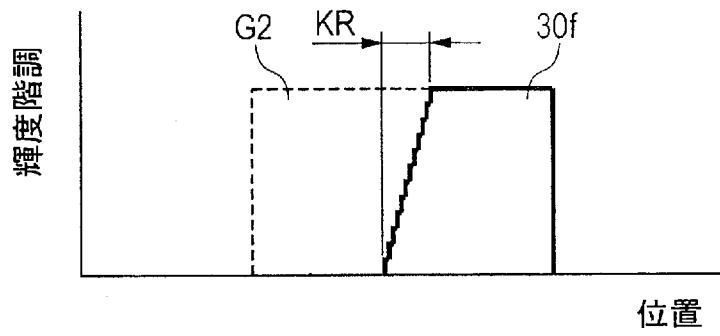
[図17A]



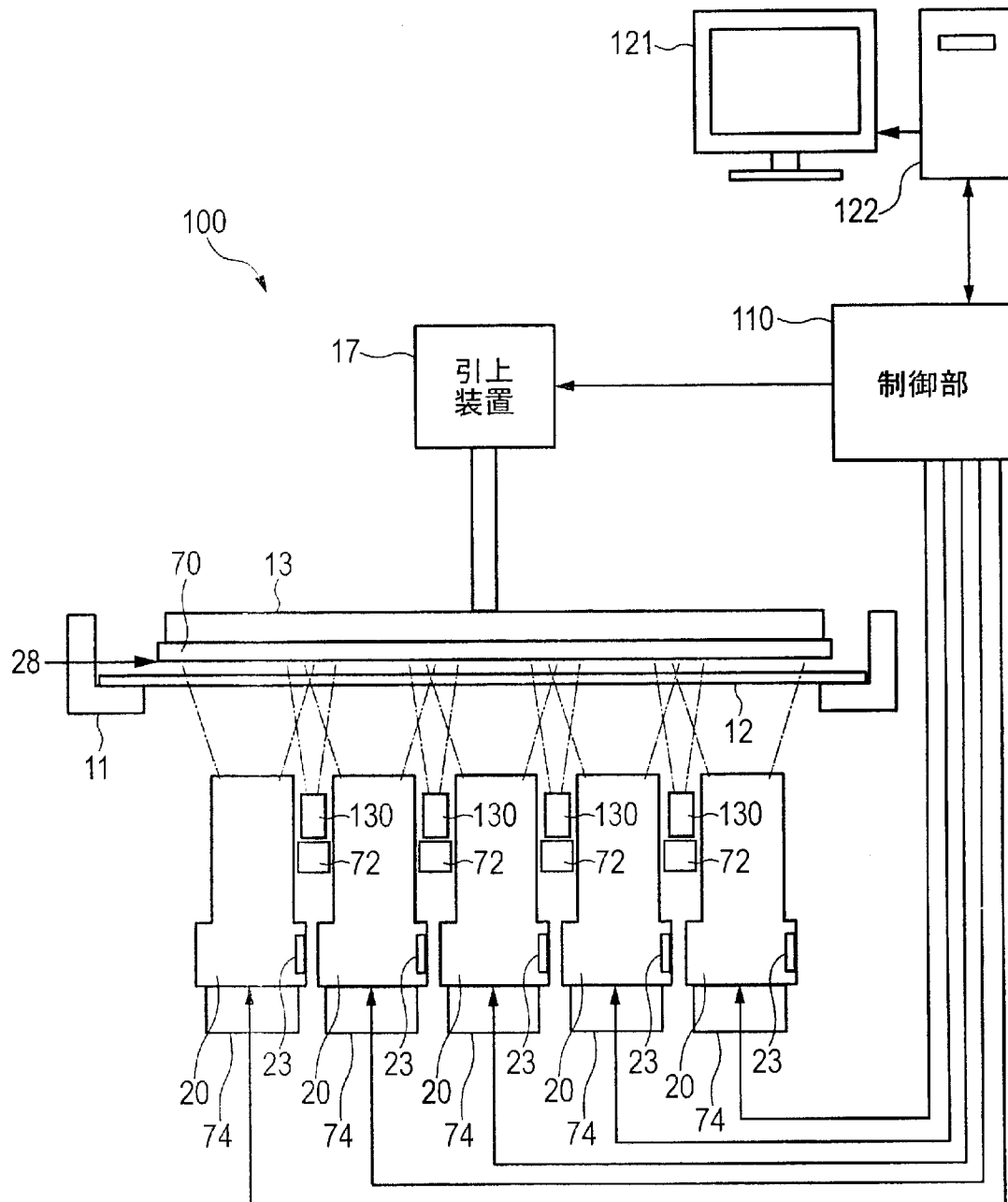
[図17B]



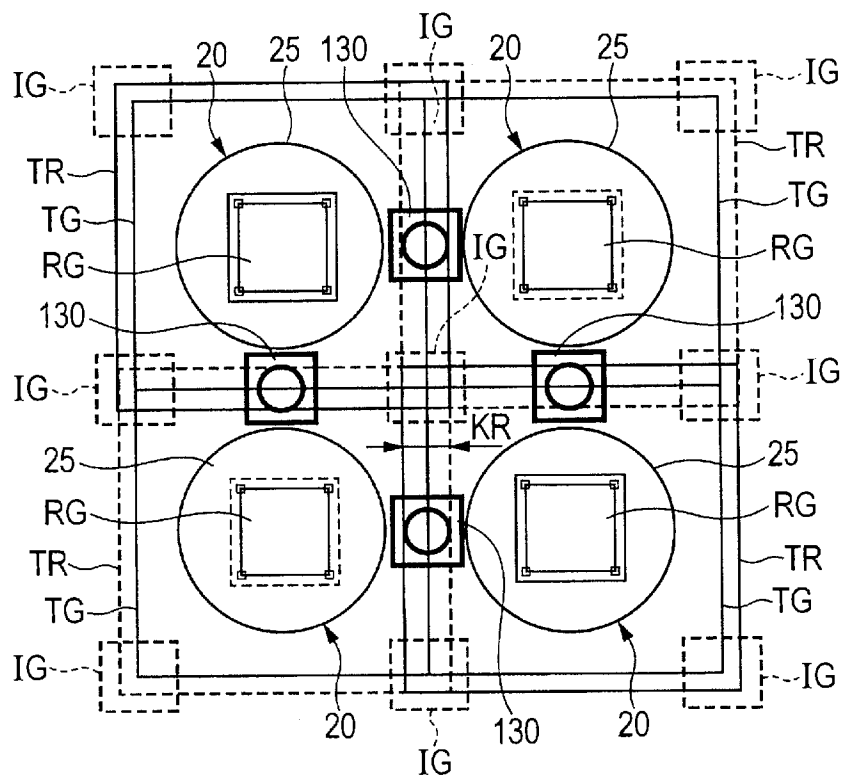
[図17C]



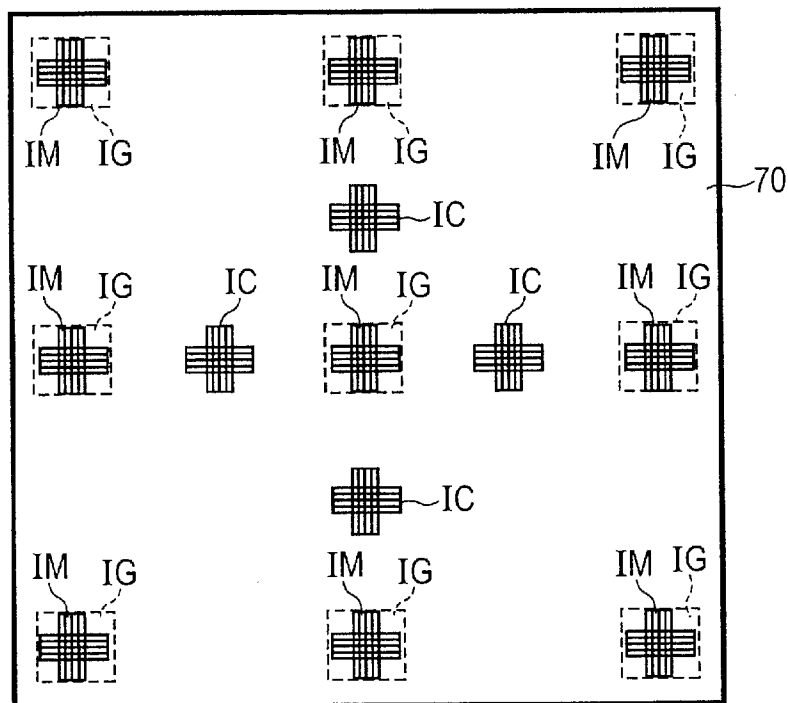
[図18]



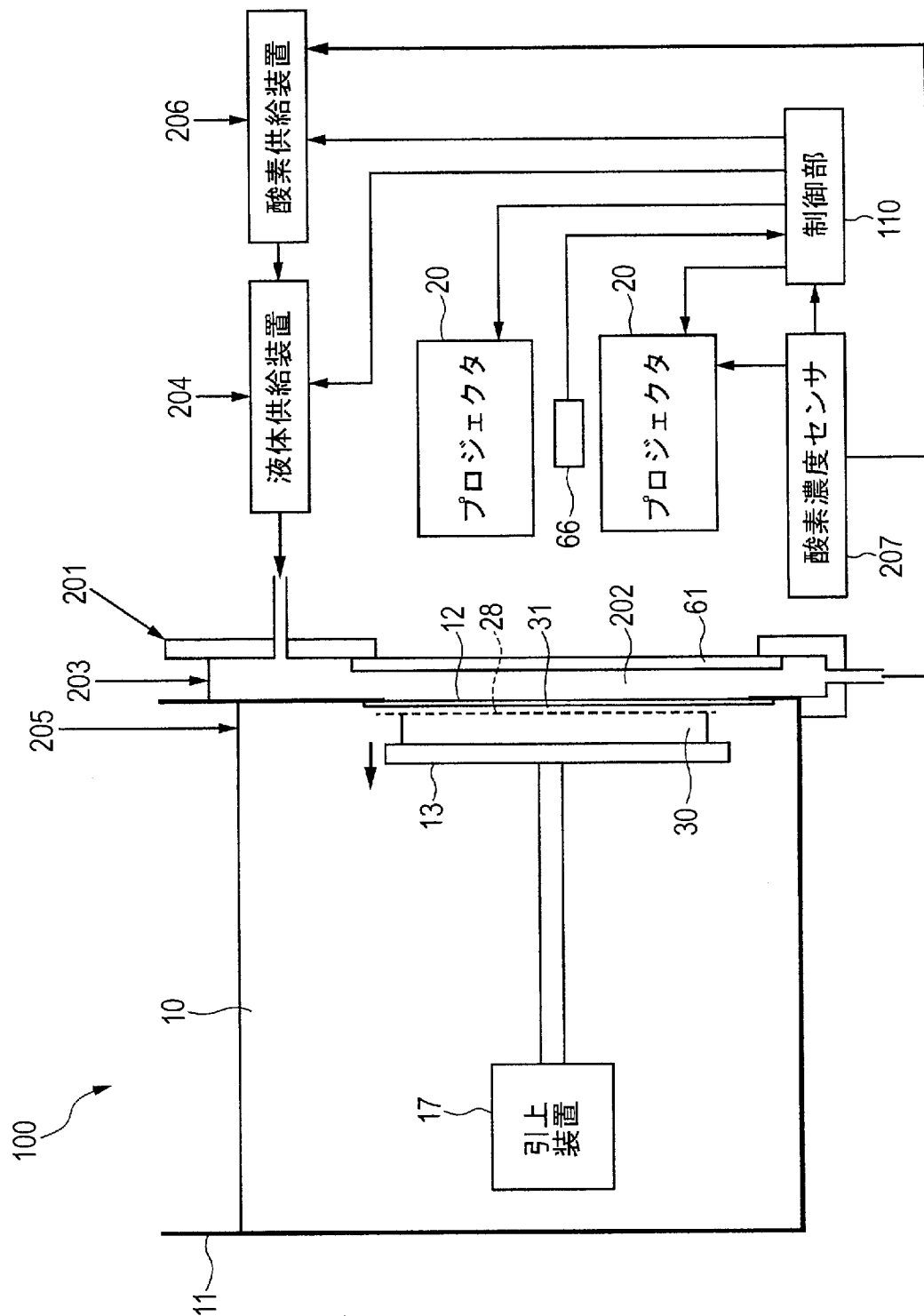
[図19A]



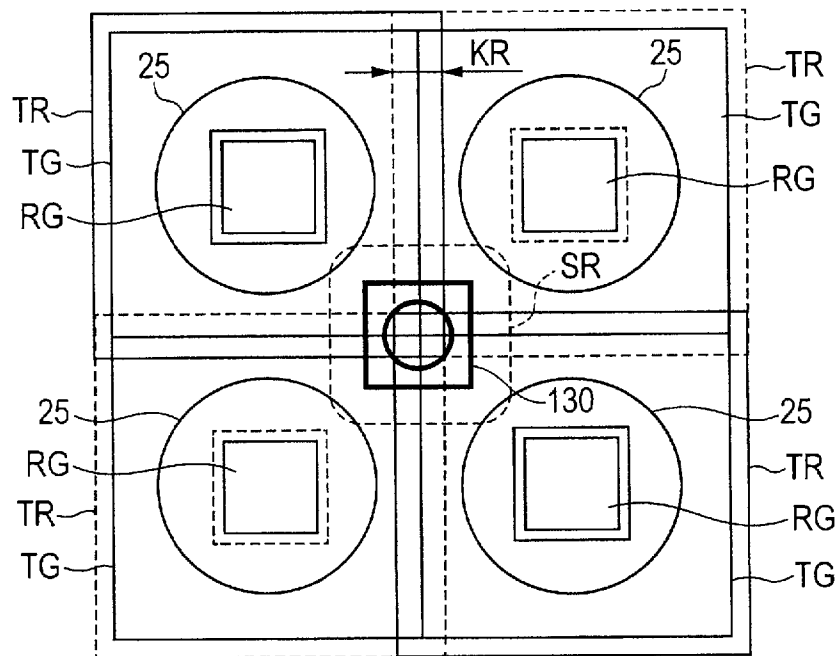
[図19B]



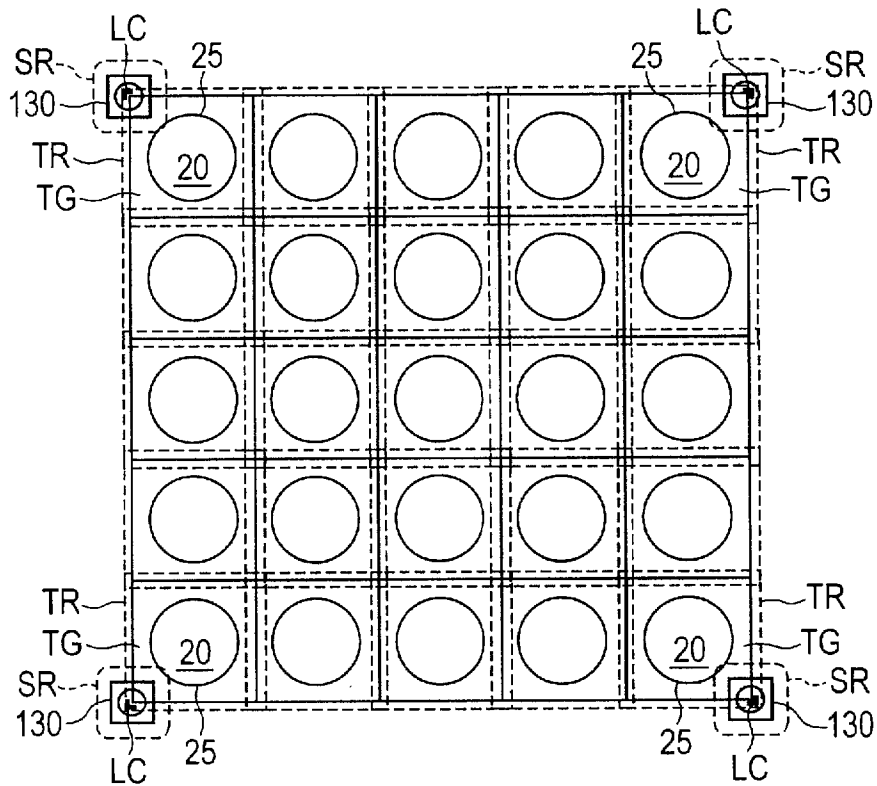
[図21]



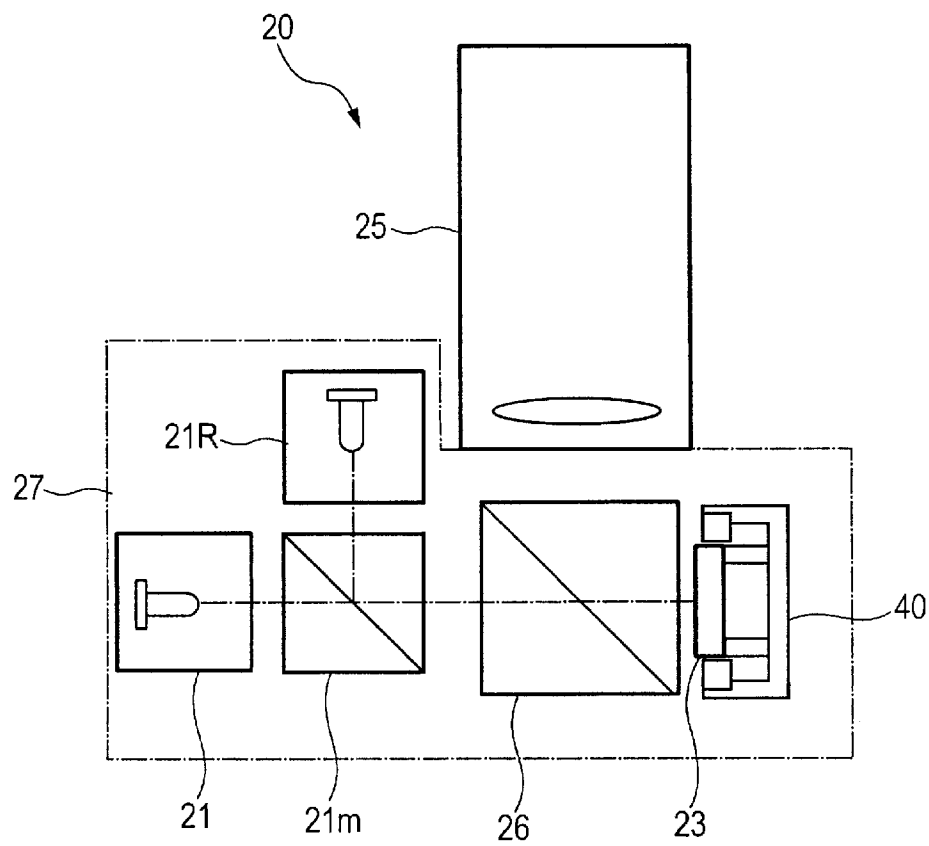
[図22A]



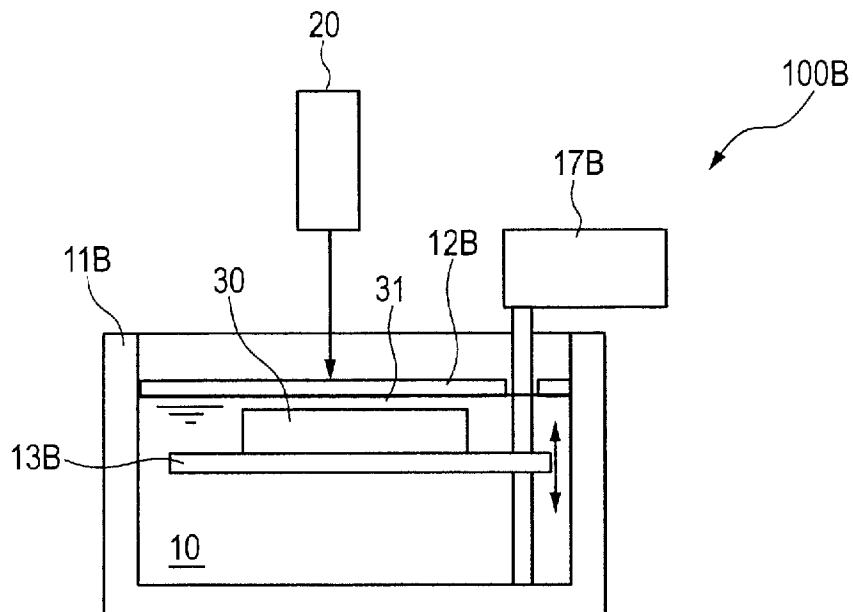
[図22B]



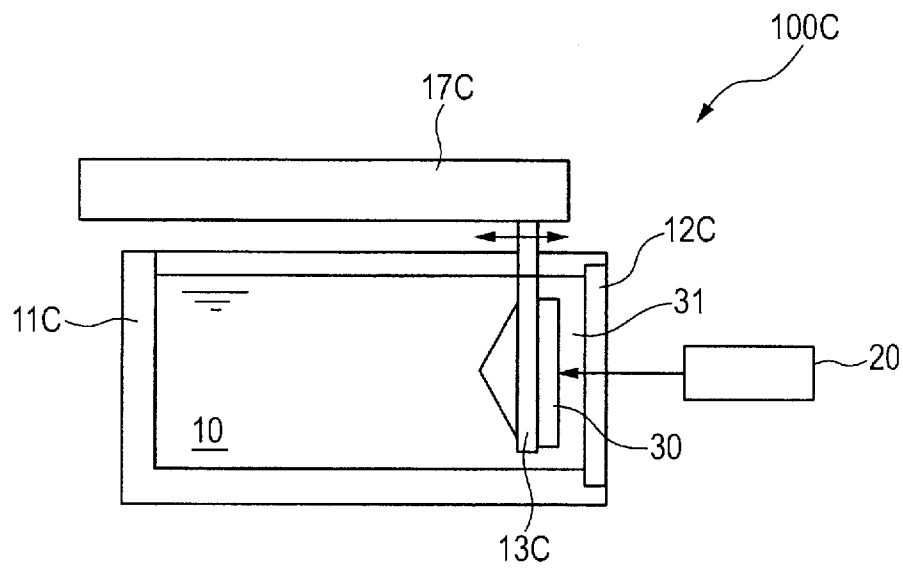
[図23]



[図24A]



[図24B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/006458

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B29C67/00(2017.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, B33Y30/00(2015.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B29C67/00, B33Y10/00, B33Y30/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2014-37148 A (3D Systems, Inc.), 27 February 2014 (27.02.2014), paragraphs [0002] to [0003], [0114] to [0122] & US 2008/0169586 A1 paragraphs [0002] to [0003], [0152] to [0160]	1-15, 24 16-23

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28 March 2017 (28.03.17)

Date of mailing of the international search report
04 April 2017 (04.04.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B29C67/00(2017.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, B33Y30/00(2015.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B29C67/00, B33Y10/00, B33Y30/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2014-37148 A（スリーディー システムズ インコーポレーテッド）2014.02.27, 段落【0002】乃至段落【0003】、段落【0114】乃至段落【0122】 & US 2008/0169586 A1 Paragraphs [0002]-[0003], [0152]-[0160]	1-15, 24 16-23

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28.03.2017

国際調査報告の発送日

04.04.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

田代 吉成

4 R

9448

電話番号 03-3581-1101 内線 3471

EXHIBIT 2



(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM),
European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), (OAPI) (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Attached Publications:

- International Search Report

SPECIFICATION

Title of Invention: THREE-DIMENSIONAL SHAPING DEVICE

Technical Field

[0001] The present invention relates to a three-dimensional shaping device that manufactures three-dimensional shaped objects by projecting exposure images into a photocuring liquid resin material.

Background Art

[0002] In recent years, the development of three-dimensional shaping devices that manufacture three-dimensional shaped objects by laminating solidified layers formed by exposing photocuring liquid resin materials has been progressing. In three-dimensional shaping devices that laminate by moving a solidified layer formed by exposing a surface layer of a resin material downward, shaping speed in the lamination direction being low is a problem (Patent Document 1).

[0003] In contrast, Patent Document 2 proposes a three-dimensional shaping device that can relatively quickly shape three-dimensional products by projecting exposure images that solidify the resin material through a bottom surface of a container while pulling up a solidified layer solidified by an exposure image.

Prior Art Literature

Patent Documents

[0004] Patent Document 1: US Patent Application Publication No. 2015/54198 Specification

Patent Document 2: US Patent No. 9216546

Summary of Invention

Problem to Be Solved by Invention

[0005] A three-dimensional shaping device that projects an exposure image into a resin material has image projection means (a so-called projector) that project the exposure image formed by an image forming element into a resin material through projection optical system. In such a three-dimensional shaping device, a range of a cross-section perpendicular to a shaping direction of the shaped product is limited to a surface area where the exposure image can be projected by the projection optical system.

[0006] Here, when a projection magnification of the projection optical system is increased, the shaping surface area also increases, but pixels of the projection image become larger, resulting in a decrease in shaping resolution of the shaped product. However, when attempting to expand the shaping surface area without increasing the projection magnification of the projection optical system, a large and high-resolution image forming element and a large-diameter projection optical system are required, which increases manufacturing costs of the three-dimensional shaping device.

[0007] Therefore, it has been proposed to arrange a plurality of image projection means facing a bottom surface of a container and connect their respective projection regions to secure a large shaping surface area. However, when performing three-dimensional shaping using multiple image projection means by dividing the exposure image of the shaped product, it has been found that streak patterns or slits in the shaping direction are formed on the surface of the shaped object in a boundary region of the projection images of adjacent image projection means.

Means for Solving Problem

[0008] An object of the present invention is to provide a three-dimensional shaping device that does not readily form streak patterns or slits in a shaping direction on a surface of a shaped product in a boundary region of a projection region of an exposure image.

[0009] The three-dimensional shaping device of the present invention is provided with a container holding a photocuring liquid resin material and having an incident surface on which incident exposure images that solidify the resin material are caused to be incident, first image projection

means for projecting a first exposure image into the resin material from the incident surface, second image projection means for projecting a second exposure image continuous with the first exposure image into the resin material from the incident surface, moving means for moving a shaped layer formed by solidifying the resin material with the first exposure image and the second exposure image away from the incident surface, and control means for adjusting a boundary region between the first projection image formed by projecting the first exposure image into the resin material via the first image projection means and the second projection image formed by projecting the second exposure image into the resin material via the second image projection means.

Effect of Invention

[0010] According to the present invention it is possible to provide a three-dimensional shaping device that does not readily form streak patterns or slits in a shaping direction on a surface of a shaped product in a boundary region of a projection region of an exposure image.

Brief Description of Drawings

[0011] [FIG. 1] A descriptive diagram of the configuration of the three-dimensional shaping device of embodiment 1.

[FIG. 2] A descriptive diagram of the configuration of the projector.

[FIG. 3] A flowchart of shaping processing program creation.

[FIG. 4A] A descriptive diagram of an alignment mechanism of the image forming element. FIG. 4A is a side view.

[FIG. 4B] A descriptive diagram of the alignment mechanism of the image forming element. FIG. 4B is a plan view.

[FIG. 4C] A descriptive diagram of the alignment mechanism of the image forming element. FIG. 4C is a front view.

[FIG. 5] A schematic diagram of the projection region of the projector.

[FIG. 6] A descriptive diagram of the boundary region of the projection image.

[FIG. 7] A flowchart for displacement correction control of the projection image of embodiment 1.

[FIG. 8A] A descriptive diagram of movement of the projection region. FIG. 8A illustrates before correction.

[FIG. 8B] A descriptive diagram of movement of the projection region. FIG. 8B illustrates after correction.

[FIG. 9] A flowchart for displacement correction control of the projection image of embodiment 2.

[FIG. 10A] A descriptive diagram of correction of the exposure image. FIG. 10A illustrates before correction.

[FIG. 10B] A descriptive diagram of correction of the exposure image. FIG. 10B illustrates after correction.

[FIG. 11] A flowchart for brightness correction control of the projection image of embodiment 3.

[FIG. 12A] A descriptive diagram of correction of the exposure image. FIG. 12A illustrates before correction.

[FIG. 12B] A descriptive diagram of correction of the exposure image. FIG. 12B illustrates after correction.

[FIG. 12C] A descriptive diagram of correction of the exposure image. FIG. 12C illustrates after correction.

[FIG. 13A] A descriptive diagram of deflection of the projection plane. FIG. 13A illustrates the projection plane.

[FIG. 13B] A descriptive diagram of deflection of the projection plane. FIG. 13B illustrates deflection of the transmissive member.

[FIG. 14] A descriptive diagram of the tilt adjustment mechanism for the projection plane of the exposure image.

[FIG. 15] A flowchart of angle correction control of the projection plane of embodiment 4.

[FIG. 16A] A descriptive diagram of an oxygen supply chamber. FIG. 16A illustrates a deflection state of the transmissive member.

[FIG. 16B] A descriptive diagram of an oxygen supply chamber. FIG. 16B illustrates an oxygen supply system.

[FIG. 17A] A descriptive diagram of image processing of the exposure image of the shaped product. FIG. 17A illustrates the exposure image of the shaped product.

[FIG. 17B] A descriptive diagram of image processing of the exposure image of the shaped product. FIG. 17B illustrates the exposure image of one of the projection regions.

[FIG. 17C] A descriptive diagram of image processing of the exposure image of the shaped product. FIG. 17C illustrates the exposure image of the other projection region.

[FIG. 18] A descriptive diagram of calibration.

[FIG. 19A] A descriptive diagram of an alignment reference plate. FIG. 19A illustrates a positioning image.

[FIG. 19B] A descriptive diagram of the alignment reference plate. FIG. 19B illustrates an alignment plate.

[FIG. 20] A descriptive diagram of the liquid tank of embodiment 8.

[FIG. 21] A descriptive diagram of the liquid tank of embodiment 9.

[FIG. 22A] A descriptive diagram of another example of a camera arrangement. FIG. 22A illustrates an intermediate position of the projection optical system.

[FIG. 22B] A descriptive diagram of another example of a camera arrangement. FIG. 22B illustrates an outer side of the shaping region.

[FIG. 23] A descriptive diagram of another example of a light source.

[FIG. 24A] A descriptive diagram of another example of the shaping direction of the shaped product. FIG. 24A illustrates an embodiment that shapes downward.

[FIG. 24B] A descriptive diagram of another example of the shaping direction of the shaped product. FIG. 24B illustrates an embodiment that shapes in the horizontal direction.

Embodiments of Invention

[0012] Embodiments of the present invention will be described in detail below with reference to the attached drawings.

[0013]

<Embodiment 1>

As illustrated in FIG. 1, in embodiment 1, projectors arranged in a 5×5 configuration ensure a shaping surface area of 500 mm × 500 mm. A boundary region of adjacent projection regions is captured by a camera 130, and overlap of the projection regions in the boundary region is mechanically adjusted based on the captured image.

[0014]

(Three-Dimensional Shaping Device)

FIG. 1 is a descriptive diagram of the configuration of the three-dimensional shaping device of embodiment 1. FIG. 2 is a descriptive diagram of the configuration of the projector. As illustrated in FIG. 1, a three-dimensional shaping device 100 projects an exposure image into a resin material in a container 11 using projectors 20 arranged in a 5×5 configuration to create a shaped product 30, which is one example of a three-dimensional shaped object.

[0015] As illustrated in FIG. 2, the container 11, which is one example of a container, holds a photocuring liquid resin material 10 and has an incident surface that allows the exposure image to become incident into the resin material. The container 11 has a transmissive portion 11a, which is an opening for projecting the exposure image into the container. A transmissive member 12 is attached to the transmissive portion 11a to hold the photocuring liquid resin material 10 so as not to leak.

[0016] A lifting member 13, which is one example of moving means, and a lifting device 17 move a shaped layer formed by solidifying the resin material by projectors 20a and 20b away from an incident surface 12a. The lifting member 13 is lifted upward by the lifting device 17 at a speed set as desired or a pitch and time interval set as desired, which operates by a pulse motor and a ball screw. The lifting member 13 is made of a material that allows the cured resin material 10 to be attached and removed, and has been given a surface shape that allows easy removal.

[0017] Projectors 20 project exposure images RG formed on the surface of an image forming element 23 into the resin material 10 in the container 11. The exposure images RG are focused at an image formation position 28. The projector 20a, which is one example of the first image projection means, causes a first exposure image (RGa: FIG. 6) so be incident via the incident surface 12a to project such into the resin material. The projector 20b, which is one example of the second image projection means, causes a second exposure image (RGb: FIG. 6) continuous with the first exposure image so be incident via the incident surface 12a to project such into the resin material 10. As will be described later, the projector 20a can be remotely operated individually to move in a plane, to adjust the projection magnification, and to adjust the focal position.

[0018]

(Image Forming Element)

The image forming element 23 forms the exposure image illuminated by a light source 21, which is one example of illumination means. The light source 21 generates ultraviolet light using an ultraviolet LED to illuminate the image forming element 23. A projection optical system 25 projects the exposure image formed by the image forming element 23 through the incident surface 12a into the resin material 10.

[0019] The image forming element 23 is a light modulation element that forms an image on a surface according to image data. The image forming element 23 is formed by arranging minute movable mirrors corresponding to individual pixels in a grid pattern, and a reflected image of the illumination light is output from the light source 21. In consideration of the high utilization efficiency of ultraviolet light, the image forming element 23 employs a DMD element DLP9000 from Texas Instruments.

[0020] The projection optical system 25 project the binary image formed on the surface of the image forming element 23 to the image formation position 28, which is a conjugate position of the exposure image RG on the projection optical path of the exposure image. The projection optical system 25 have a projection magnification of 10 times, displaying one 7.6 μm square pixel formed on the image forming element 23 enlarged to a pixel of 76 μm square in the projection image.

[0021] The mirror of each pixel of the image forming element 23 may simply be turned ON/OFF in synchronization with switching of the exposure image RG. However, it is also possible to set a brightness gradation (intensity modulation amount) for each pixel constituting the exposure image. The image forming element 23 can turn the mirror of each pixel ON/OFF (change of reflection angle) 250 times per second within a duty ratio range of 0 to 100%. By individually setting an ON duty ratio for the mirror of each pixel, it is also possible to output intermediate tones (grayscale) of the pixels.

[0022]

(Transmissive Member)

The transmissive member 12 is a fluororesin material allowing oxygen and ultraviolet light to pass through and having a 2 mm thick substantially transmissive appearance. Specifically, this is Teflon (registered trademark) AF2400 made by Mitsui DuPont and has a transmittance of 88% for ultraviolet light from the light source 21.

[0023] The transmissive member 12 allows oxygen in the air to pass through, forms an oxygen-rich atmosphere at the interface with the resin material 10, and hinders a radical polymerization reaction of the resin material 10 caused by ultraviolet light. As a result, a thin liquid layer of the resin material 10 (a so-called dead zone) 31 is formed between the shaped product 30 and the transmissive member 12, allowing the shaped product 30 to be pulled upward without adhering to the transmissive member 12.

[0024] That is, the resin material 10 used in embodiment 1 solidifies by undergoing a radical polymerization reaction due to ultraviolet light, and is a resin material whose radical polymerization reaction is hindered in an oxygen-rich environment. For example, this includes photocuring polyurethane, photocuring epoxy resin, photocuring urethane, photocuring silicone rubber, or the like.

[0025]

(Control Unit)

A control unit 110 is a computer that holds in a RAM 112 a processing program and data recorded in a ROM 113 and executes calculations and processing necessary for a CPU 111. The control unit 110 is a three-dimensional shaping controller that operates the three-dimensional shaping device 100 by executing a shaping processing program generated by an external computer 122.

[0026] The control unit 110 outputs a moving image arranged in chronological order of images of each layer of the shaped product 30 to the image forming element 23, while continuously or intermittently lifting the lifting member 13 at a speed linked to a playback speed of the moving image by the lifting device 17. As a result, the shaped product 30, whose upper end is fixed to the lifting member 13, is three-dimensionally shaped to grow upward.

[0027]

(Molding Processing Program)

FIG. 3 is a flowchart of shaping processing program creation. As illustrated in FIG. 2, the external computer 121 inputs design data of the shaped product 30 to the control unit 110 and inputs commands to the control unit 110, such as to start or interrupt the shaping of the shaped product 30. The control unit 110 has installed therein software that automatically creates a shaping program for the shaped product 30 based on the design data of the shaped product 30.

[0028] As illustrated in FIG. 3, the CPU 111 acquires the design data (CAD data) of the shaped product 30 from the external computer 121 (S11). The CPU 111 sets a shaping region of a predetermined height increment of the shaped product 30 based on the design data of the shaped product 30 and divides such into shaping regions of each projector 20 (S12).

[0029] The CPU 111 sets the exposure images of the photocuring resin material for each shaping region of the predetermined height increment of the projectors 20 (S13). The CPU 111 sets a switching interval of the exposure images of the image forming element 23 (that is, a video playback speed) and a lifting plan of the lifting member 13 by the lifting device 17 (S14). The CPU 111 combines the switching plan of the exposure images of the image forming element 23 and the lifting plan of the lifting member 13 to create the shaping processing program for the shaped product 30 and saves such in the RAM 112 (S15). The shaping processing program and associated data are transmitted to the external computer 121 and stored in a recording medium.

[0030] The process of dividing the projection image according to the projection region (TR: FIG. 6) for each projector 20 may also be executed by the external computer 121.

[0031]

(Projector)

As illustrated in FIG. 2, the projector 20 projects the exposure image formed by the image forming element 23 through the projection optical system 25 into the resin material 10. In the case of one projector 20, the range of the cross-section perpendicular to the shaping direction of the shaped product 30 in which an exposure image can be projected by the projection optical system 25 is the shaping surface area.

[0032] When the projection magnification of the projection optical system 25 is increased, the shaping surface area increases, but pixels of the projection image become larger, resulting in a decrease in shaping resolution of the shaped product 30. To expand the shaping surface area without increasing the projection magnification of the projection optical system 25, a large high-definition image forming element 23 corresponding to the large shaping region and a large-diameter projection optical system 25 are required, which significantly increases manufacturing costs of the three-dimensional shaping device 100.

[0033] Therefore, in the three-dimensional shaping device 100, as illustrated in FIG. 1, 25 projectors 20 arranged in a 5×5 configuration are positioned facing the bottom surface of the container 11, ensuring a large shaping surface area by connecting the 25 projection regions in a grid pattern. However, when the 25 divided exposure images are simply projected by the 25 projectors 20 to perform three-dimensional shaping, streaks or slits in the shaping direction corresponding to the boundary regions of the divided projection images will be formed at the position of the shaped product 30.

[0034] Therefore, in embodiment 1, the boundary region of the divided projection images is captured by a camera 130, and position adjustment of the individual image forming elements 23 is performed based on the captured image. This adjusts the boundary region of adjacent projection images where split exposure images are projected, reducing displacement between the pixels of adjacent projection images.

[0035] In other words, when increasing the magnification of the projection optical system 25 to form a large shaped product 30, the resolution inevitably decreases. Therefore, to form a large and high-resolution shaped product 30, it is necessary to use multiple projection optical systems 25 and stitch together each projection image during shaping. However, when stitching together the projection images from multiple projection optical systems 25, there may be displacement of the projection images at the boundaries between adjacent projection images, differences in exposure amounts, or the like, which can prevent the projection images from connecting smoothly. When the projection images do not connect smoothly, shapes such as steps, grooves, and slits that were not present in the design data (three-dimensional structure data) of the shaped product 30 appear in the portions of the shaped product 30 corresponding to the boundaries of the projection images, and shape accuracy decreases. Therefore, to ensure that the seams of the projection image TG on the projection plane TM (= shaping plane) are not visible, it is necessary to correct positional displacement between adjacent projection images and to make the light distribution uniform.

[0036] When using multiple projectors 20 to project individual exposure images RG formed by dividing the overall exposure image, when there is a positional displacement of the image pattern at the interface of the adjacent projection images TG, the following causes can be conceivable: (1) displacement of the projection position, (2) differences in image magnification, and (3) distortion of the image itself. Also, in embodiment 1, (1) an object is to reduce displacement of

the position where the image is projected, and (2) the difference in the magnification of the image and (3) the distortion of the image itself will be described later.

[0037] As illustrated in FIG. 6, referring to FIG. 2, the camera 130, which is one example of an image information acquisition unit, is provided between adjacent projection optical systems 25 to acquire the captured image of the boundary region KR of the projection images TG. In embodiment 1, the amount of positional displacement of the exposure image RG for each projector 20 is measured based on the captured image obtained by the camera 130. In embodiment 1, a positioning image IG, which is one example of an alignment mark provided outside the shaping region of the projection plane TM, is used during actual exposure. The positioning image IG projected onto the interface between the resin material 10 and the transmissive member 12 is captured by the camera 130 to obtain imaging data. The transmissive member 12 is a window having a different refractive index from the resin material (monomer material) 10 inside the container 11, on which the projection image from the projection optical system 25 becomes incident.

[0038]

(Alignment Mechanism)

FIGS. 4A to 4C are descriptive diagrams of the alignment mechanism of the image forming element 23. FIG. 4A is a side view, FIG. 4B is a plan view, and FIG. 4C is a front view. As illustrated in FIGS. 4A to 4C, an image display unit 40 holds the image forming element 23 on an inner side of a box-shaped housing 40f so as to be movable by actuators 41 to 48 and 51 to 53 using piezoelectric elements. The actuators 41 to 48 and 51 to 53 expand and contract according to an applied direct current voltage.

[0039] The actuators 41 to 48, which are one example of adjustment means, can adjust the position of the image forming element 23 in a plane that intersects the projection optical axis of the exposure image. The control unit 110 can adjust the relative position at the boundary region KR of the two adjacent projection images TG by controlling the actuators 41 to 48. The actuators 41, 42, 43, and 44 can move the image forming element 23 in a Y direction by combining their respective expansions and contractions. The actuators 45, 46, 47, and 48 can move the image forming element 23 in an X direction by combining their respective expansions and contractions. The actuators 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, and 48 can rotate the image forming element 23 in a XY plane to adjust the angle, by combining their respective expansions and contractions.

[0040] The actuators 51, 52, and 53 can move the image forming element 23 in a Z direction by expanding and contracting together. The actuators 51, 52, and 53 can adjust an angle of the image forming element 23 in an XZ plane and a YZ plane by combining their respective expansions and contractions.

[0041] The control unit (110: FIG. 2), which is one example of control means, processes the captured image taken by the camera 130 to calculate the amount of pixel displacement in two adjacent projection images and operates the actuators 41 to 48 to offset the displacement amount.

[0042]

(Alignment Control)

FIG. 5 is a schematic diagram of the projection region of the projector. FIG. 6 is a descriptive diagram of the boundary region of the projection image. As illustrated in FIG. 2, the camera 130, which is one example of imaging means, captures the boundary region KR from the outer side of the container 11. The control unit 110 adjusts the boundary region (KR: FIG. 6) between the first projection image (TGa: FIG. 6) projected by the projector 20a with the first exposure image (RG_a: FIG. 6) and the second projection image (TGb: FIG. 6) projected by the projector 20b with the second exposure image.

[0043] A description is given by taking four adjacent projectors 20 out from the three-dimensional shaping device 100 illustrated in FIG. 1. As illustrated in FIG. 5, the four projectors 20 project the exposure image RG divided into four to form the projection image TG at the image formation position 28. The projection image TG is set on the inner side of the projection region TR of the projector 20.

[0044] As illustrated in FIG. 6, the projection regions TR of the four projectors 20 overlap in the boundary region KR. Adjacent projection images TG are connected, each containing half of the boundary region KR. The control unit (110: FIG. 2) adjusts the position, tilt angle, illuminance, and the like of the adjacent projection images TG in the boundary region KR based on the captured image of the boundary region KR by the camera 130. Note that in FIG. 6, the width of the boundary region KR is displayed in an exaggerated manner, but in reality, this is only about 10 pixels (0.75 mm) of overlap.

[0045] The camera 130 is positioned to face the boundary region KR of the adjacent projection regions TR, so that two positioning images IG projected in the projection region TR can fit within the field of view. Before the start of shaping, the camera 130 captures the positioning image IG in the projection region, and after the start of shaping, captures the image projected in the projection region TR of the exposure image RG of the shaped product 30.

[0046] The camera 130 is for measuring projection images. The camera 130 acquires image data of the projection image TG at a sampling rate of twice the frame rate of an image forming element 27 or more, synchronized with the frame rate of the image forming element 27. The camera 130 obtains position information and illumination information of the image pattern of the projection image TG located in the boundary region KR.

[0047] In embodiment 1, the camera 130 has an imaging element sensitive to ultraviolet light and captures images of reflected light based on a refractive index difference of ultraviolet light at the interface between the resin material 10 and the transmissive member 12, and in the shaped product 30. However, it is also possible to use a camera 130 having an imaging element sensitive to visible light. To do this, as described later, the light source 21 is temporarily switched to a visible light source at the imaging timing, or visible light is superimposed on ultraviolet light. Additionally, by mixing a fluorescent agent into the resin material, ultraviolet light can be converted to visible light, making the projection image TG observable in visible light. As described later, the camera 130 can be remotely operated individually, allowing for positional adjustment in the plane direction and focus position adjustment.

[0048] As illustrated in FIG. 4B, by moving the image forming element 23 in the XY plane, the projection image TG moves in the plane of the image formation position 28. By tilting the image forming element 23 in the XY plane, the projection image TG is adjusted for tilt angle in the plane of the image formation position 28. As illustrated in FIG. 2, the CPU 111 divides the overall projection image of each layer to be formed from the design data of the shaped product 30 into projection images TG for each projector 20. The CPU 111 prepares a large number of captured images (a so-called FLIPBOOK) that are time-sequentially grouped for each projector 20 to which the divided exposure images are assigned, and waits for the start of shaping.

[0049] Here, in a modification of embodiment 1, a camera 130 sensitive to infrared light is used instead of a camera 130 sensitive to ultraviolet light. The radical polymerization reaction of resin monomers is a highly exothermic reaction, and thus the shaping region of the shaped product 30, where the curing of the resin material is progressing within the projection image TG, acts as an infrared source. By using a camera 130 sensitive to the infrared region and focusing on the image formation position 28, an image of a shaping contour of the shaped product 30 with high contrast that highlights the illumination of the shaping region against the non-shaping region is obtained.

This allows for high-resolution detection of displacement and gaps between adjacent projection images TG in the boundary region KR.

[0050]

(Flowchart)

FIG. 7 is a flowchart for displacement correction control of the projection image of embodiment 1. FIGS. 8A and 8B are descriptive diagrams of movement of the projection region. FIG. 8A illustrates before correction, and FIG. 8B after correction. The CPU 111 executes an imaging process during the shaping of the shaped product 30 and captures the boundary region KR via the camera 130. In the adjustment process following the imaging process, the CPU 111 captures the boundary region KR during the shaping of the shaped product 30 to adjust the alignment of the boundary region KR.

[0051] As illustrated in FIG. 7, when the CPU 111 receives a command to start the shaping from the external computer 121, it begins displacement correction control of the projection image TG. The CPU 111 displays a positioning mark on the image forming element 23 to form a positioning image IG at the image formation position 28, as illustrated in FIG. 6. Then, the positioning image IG is captured by the camera 130 to acquire the captured image (S21).

[0052]

The positioning image IG solidifies the resin material 10 on the lifting member 13, but this is before the shaping of the shaped product 30, so it is not a problem. However, for the positioning image IG, by lowering the brightness gradation (ON duty) of the pixels in the image forming element 23 and completing such in a short time, it is also possible to avoid unnecessary polymerization reactions of the resin material 10.

[0053]

The CPU 111 processes the captured image of the positioning image IG to calculate correction amounts for the positional displacement and tilt of the individual projection regions TR (S22). The CPU 111 operates the actuators 41 to 48 to correct the positional displacement and tilt of the individual projection regions TR (S22). After correcting the positional displacement and tilt of the projection region TR, the CPU 111 starts the shaping (S23).

[0054] As illustrated in FIG. 8A, after the start of shaping, image processing comparing the captured image to the exposure image of the boundary region detects breaks of the exposure image of the shaped product 30 in the boundary region KR of a product projection image 30G projected in the projection region TR. When a break is detected, the actuators 41 to 48 are operated to adjust the position of the projection region, as indicated by the white arrow in FIG. 8B.

[0055] After the start of shaping, the CPU 111 captures the projection image of the exposure image projected onto the boundary region KR at an imaging timing every predetermined period of time (1 second) (YES in S26) using the camera 130 to acquire the captured image (S27).

[0056] The CPU 111 compares the captured product projection image 30G with the exposure image RG projected onto the boundary region KR to determine whether a gap GP has occurred in the product projection image 30G. When a gap GP has occurred, correction amounts for the positional displacement and tilt of the projection region TR are calculated based on the number of pixels of the gap GP and the number of pixels of the positional displacement along the direction of the gap (S28).

[0057] The CPU 111 operates the actuators 41 to 48 to correct the positional displacement and tilt of the projection region TR (S29). When the shaping of the shaped product 30 is completed (YES in S25), the CPU 111 ends the displacement correction control of the projection image TG.

[0058]

(Effect of Embodiment 1)

As illustrated in FIG. 6, in embodiment 1, the boundary region KR between a first projection image TGa formed by projecting the first exposure image RGa and a second projection image TGb formed by projecting the second exposure image RGb is adjusted. As a result, it is possible to reduce continuous patterns, bulges, depressions, deformations, slits, and the like formed in the direction of the shaped product 30.

[0059] In embodiment 1, the camera 130 captures the boundary region KR from the outer side of the container 11. Then, the relative position, tilt angle, illumination, and the like of the two adjacent projection images TG are adjusted based on the captured image of the boundary region KR from the camera 130. Therefore, control can be initiated to accurately determine and resolve the pattern and slits in the shaping direction that are to be formed on the shaped product 30 at an early stage. Additionally, imaging optics of the camera 130 can be configured simply.

[0060] In embodiment 1, the actuators 41 to 48 can adjust the position of the image forming element 23 in a plane that intersects the projection optical axis of the exposure image. Thus, the control unit 110 can move the projection image TG of the exposure image RG along a projection plane TM to perform alignment of the two adjacent exposure images RGa and RGb.

[0061]

<Embodiment 2>

In embodiment 1, the position and tilt of the image forming element 23 were mechanically adjusted to adjust the boundary region of the adjacent projection regions. In contrast, in embodiment 2, the image forming element 23 is not moved, and the position of the shaped product 30 on the exposure image on the image forming element 23 is corrected. The mechanical configuration and shaping process of the three-dimensional shaping device 100 are the same as in embodiment 1, and thus duplicate description is omitted.

[0062] As described above, when using multiple projectors 20 to project individual exposure images RG formed by dividing the overall exposure image, when there is a positional displacement of the image pattern at the interface of the adjacent projection images TG, the following causes can be conceivable: (1) displacement of the projection position, (2) differences in image magnification, and (3) distortion of the image itself. Even when the cause itself cannot be resolved, the displacement of the image pattern at the boundary of the adjacent projection images TG can be resolved by correcting or deforming the individual exposure images RG.

[0063] As illustrated in FIG. 6, in embodiment 2, similarly to embodiment 1, measurement of the position of the image pattern included in the projection image TG in the projection plane TM is performed. Then, the amount of difference between the measured position and the designed position of the image pattern is calculated. Then, the image data of the exposure image RG is corrected so that the position of the image pattern on the projection image TG in the projection plane TM matches the designed position.

[0064]

(Correction of Exposure Image)

FIG. 9 is a flowchart for displacement correction control of the projection image of embodiment 2. FIGS. 10A and 10B are descriptive diagrams of correction of the exposure image. FIG. 10A illustrates before correction, and FIG. 10B illustrates after correction. As illustrated in FIG. 6, in embodiment 2, the image data of the first exposure image RGa or the second exposure image RGb corresponding to the boundary region KR is adjusted to align the adjacent projection images TGa and TGb.

[0065] As illustrated in FIG. 9, after the start of shaping, the CPU 111 captures the projection images TGa and TGb of the exposure images RGa and RGb projected onto the boundary region KR at an imaging timing every predetermined period of time (1 second) (YES in S32) using the

camera 130 to acquire the captured image (S33).

[0066] The CPU 111 compares the images located in the boundary region KR among the captured product projection images 30G to the exposure image RG before division projected in the boundary region KR to determine whether a gap GP has occurred. When a gap GP has occurred, correction amounts for the positional displacement and tilt of the projection region TR are calculated based on the number of pixels of the gap GP and the number of pixels of the positional displacement along the direction of the gap (S34).

[0067] As illustrated in FIG. 10A, when a displacement occurs between adjacent projection regions TR, the gap GP may occur in the product projection image 30G. At this time, in embodiment 2, as illustrated in FIG. 10B, the individual projection regions TR are not moved, and the projection image TG of the exposure image RG is moved within the projection region TR as indicated by the arrows to eliminate the gap GP. The contour position of the shaped product 30 displayed in the exposure image RG on the image forming element 23 is moved by the positional correction amount and tilted by the tilt correction amount.

[0068] The CPU 111 modifies the exposure images RG for each layer used for the subsequent shaping of the shaped product 30 by moving the contour position of the shaped product in the original exposure image RG by the positional correction amount and tilting it by the tilt correction amount (S35). When the shaping of the shaped product 30 is completed (YES in S31), the CPU 111 ends the displacement correction control of the projection images.

[0069] As illustrated in FIG. 6, in embodiment 2, the image data of at least one of the two exposure images RGa and RGb located in the boundary region KR where the gap GP has occurred is adjusted. Therefore, there is no need to provide a mechanism to move the image forming element 23. This does not cause vibrations or noise due to the mechanical movement of the image forming element 23.

[0070]

<Embodiment 3>

When the illumination of the product projection image differs across the boundary of adjacent projection images, streaks in the shaping direction are formed at the boundary position of the shaped product 30. Therefore, in embodiment 3, adjustments are made to eliminate the brightness difference between adjacent projection images.

[0071] That is, when there is an illuminance difference between images at the boundary of adjacent projection images TG, the following are conceivable: (1) performance differences of the projection optical system 25 and (2) performance differences of the light source 21. Thus, in embodiment 3, measurements of the illumination distribution on the projection plane TM of the projection image TG are performed, and the brightness gradation (duty ratio) of each pixel in the plane of the image forming element 23 is controlled to make the illumination distribution uniform. Furthermore, to ensure that the illuminance difference between adjacent projection images TG across the boundary is eliminated, the brightness gradation (duty ratio) of each pixel in the plane of the image forming element 23 is controlled to be the same.

[0072] As described above, even when the boundary region KR is about 10 pixels, when overlapping of the optical images of the pattern occurs, regions set for ultraviolet light incidence overlap, resulting in a local exposure amount that is doubled. Therefore, the degree of polymerization of the resin material 10 in that part increases, or pattern dimensions become thicker, causing streak patterns in the shaping direction. Consequently, for regions where the pattern is projected to overlap in regions set for ultraviolet light incidence, it is necessary to lower the illumination of the ultraviolet light so that the total irradiation amount from both adjacent regions equals that of the non-overlapping region. It is necessary to control the amount of

ultraviolet light irradiation, such as by performing duty control at the pixel unit of the image forming element 23.

[0073]

(Illuminance Correction)

FIG. 11 is a flowchart for illuminance correction control of the projection image of embodiment 3. FIGS. 12A to 12C are descriptive diagrams of the correction of the exposure image. FIG. 12A illustrates before correction, FIG. 12B illustrates brightness correction, and FIG. 12C illustrates after correction. The light source 21, which is one example of adjustment means, can adjust the output of the light source 21 for each projector 20. The control unit 110 adjusts an illuminance difference in the boundary region KR by controlling the light source 21.

[0074] As illustrated in FIG. 11, after the start of shaping, the CPU 111 captures the projection image of the exposure image projected onto the boundary region KR at an imaging timing every predetermined period of time (1 second) (YES in S42) using the camera 130 to acquire the captured image (S43).

[0075] In embodiment 3, the portion located in the boundary region KR of the product projection image spanning two projection images is detected, and the illuminance correction amount of the two projection images is determined (S44).

[0076] For example, as illustrated in FIG. 12A, when there is an illuminance difference between product projection images 30G and 30G', and when the illuminance difference is detected as illustrated in FIG. 12B, the illuminance difference of the product projection images 30G and 30G' is corrected as indicated by the dashed line. As a result, as illustrated in FIG. 12C, the illuminance of the product projection images 30G and 30G' across the boundary is made equal.

[0077] The CPU 111 extracts the portions located in the boundary region KR of the product projection images 30G and 30G' of adjacent projection images TG and TG'. Then, the average illuminance of the product projection image 30G in this portion is compared to the average illuminance of the product projection image 30G' to determine the illuminance correction amount (S44).

[0078] The CPU 111 modifies the exposure images RG of each layer used for subsequent shaping of the shaped product 30 so that the brightness gradation of the shaped product in the original exposure image RG changes by exactly the illuminance correction amount (S45). When the shaping of the shaped product 30 is completed (YES in S41), the CPU 111 ends the illuminance correction control of the projection images.

[0079] In embodiment 3, the brightness information of the first exposure image or the second exposure image corresponding to the boundary region KR is adjusted. Therefore, it is possible to suppress streaks in the shaping direction (variations in shaping length in the direction along the boundary) caused by the illuminance difference in the boundary region.

[0080] In the three-dimensional shaping device 100, it is also possible to adjust the illuminance of the entire projection image TG by changing the output of the light source 21. Therefore, the control unit 110 can also adjust the illuminance difference in the boundary region KR by controlling the light source 21. By controlling the light source 21 to reduce the illuminance difference in the boundary region KR, it is possible to suppress streaks in the shaping direction (variations in shaping length in the direction along the boundary) caused by the illuminance difference.

[0081]

<Embodiment 4>

In embodiment 4, the tilt of the image forming element 27 is adjusted according to the tilt of the transmissive member 12, ensuring an appropriate thickness of the liquid layer 31 between the

transmissive member 12 and the shaped product 30.

[0082]

(Deflection of Projection Plane)

FIGS. 13A and 13B are descriptive diagrams of deflection of the projection plane. FIG. 14 is a descriptive diagram of the tilt adjustment mechanism for the projection plane of the exposure image. FIG. 13A illustrates the projection plane, and FIG. 13B illustrates deflection of the transmissive member. As illustrated in FIG. 13A, the transmissive member 12 is disposed on the bottom surface of the container 11, and the resin material 10 is stored above the transmissive member 12. As described above, the projection optical system 25 projects the exposure image RG formed on the image forming element 23 onto the projection plane TM formed at the image formation position 28.

[0083] As illustrated in FIG. 4A, the image display unit 40 holds the image forming element 23 inside the housing 40f so that the tilt angle can be adjusted in the XZ plane and the YZ plane by the actuators 51 to 53. The actuators 51 to 53 can adjust the tilt of the image forming element 23 with respect to the projection optical axis of the exposure image. The actuators 51 to 53 can expand and contract according to an applied direct current voltage, to rotate the image forming element 23 in the XZ plane. Therefore, the control unit 110 can adjust the tilt of the projection plane TM as desired.

[0084] In the three-dimensional shaping device 100, when the transmissive member 12 is made thicker, it is not possible to supply sufficient oxygen to the interface with the resin material 10, making it impossible to form the liquid layer 31. On the other hand, the three-dimensional shaping device 100 has a large shaping region to be able to shape large shaped products 30. Therefore, as illustrated in FIG. 13B, when the resin material 10 is injected into the container 11, rigidity of the transmissive member 12 is insufficient, causing the center of the transmissive member 12 to bend downward due to gravity.

[0085] As a result, an appropriate thickness of the liquid layer 31 cannot be ensured between the transmissive member 12 and the shaped product 30, making accurate shaping at the image formation position 28 impossible. Also, the transmissive member 12 under the projection plane TM tilts so that the center is lower and the surroundings are higher, and thus the projection plane TM of the exposure image RG by the projection optical system 25 is greatly separated from the transmissive member 12 at the center of the transmissive member 12. In this case, the exposure image is projected onto the surface of the transmissive member 12, which ensures an appropriate thickness of the liquid layer 31, in a unfocused state. Thus, the shaping resolution of the three-dimensional shaping device 100 decreases.

[0086] Therefore, the control unit 110 processes the captured image from the camera 130 to determine the tilt amount of the transmissive member 12. Then, by tilting the image forming element 23 in the XZ plane and YZ plane using the actuators 51 to 53, a projection plane TM that is substantially parallel to the transmissive member 12 is formed, as illustrated in FIG. 14.

[0087]

(Angle Correction Control of Projection Plane)

FIG. 15 is a flowchart of angle correction control of the projection plane of embodiment 4. As illustrated in FIGS. 4A to 4C, the actuators 51 to 53, which are one example of adjustment means, can adjust the tilt of the image forming element 23 with respect to the projection optical axis of the exposure image. The control unit (110: FIG. 2) adjusts the tilt of the projection plane TM of the projection image TG by controlling the actuators 51 to 53.

[0088] As illustrated in FIG. 15, when commanded to start the angle correction control, the CPU 111 displays a positioning mark on the image forming element 23 and forms a positioning image

IG at the interface between the resin material 10 and the transmissive member 12, as illustrated in FIG. 6. Then, the positioning image IG is captured by the camera 130 to acquire the captured image (S51).

[0089] The CPU 111 detects a difference in blur amount of a pair of positioning images IG along the boundary of a pair of projection images TG and attempts to measure a distance difference to the pair of positioning images IG (S52). When the distance difference to the pair of positioning images IG is obtained (YES in S53), the actuators 51 to 53 are operated to set the projection plane TM to a tilt that is substantially parallel to the transmissive member 12 (S55).

[0090] That is, when the blur amount of one of the pair of positioning images IG is low and is detected clearly, the distance difference to the pair of positioning images IG can be measured by evaluating the blur amount of the other image. The tilt of the interface of the transmissive member 12 can be determined from the measured distance difference using the principle of so-called autofocus.

[0091] When the distance difference to the pair of positioning images IG cannot be obtained, the CPU 111 operates the actuators 51 to 53 to tilt the image forming element 23 by a predetermined amount in the direction in which the transmissive member 12 deflects to tilt (S54). Then, until the distance difference to the pair of positioning images IG is obtained (NO in S53), the projection and imaging of the positioning image IG are repeated (S51, S52).

[0092] In embodiment 4, the tilt amount or central deflection amount of the transmissive member 12 is estimated by evaluating the captured image of the positioning image IG using the camera 130. However, a vertical distance sensor such as an ultrasonic sensor may be disposed at the center of the transmissive member 12 to measure the amount of sagging at the center of the transmissive member 12, and the tilt amount of the transmissive member 12 may be estimated based on the sagging amount.

[0093]

<Embodiment 5>

In the three-dimensional shaping device 100, when there is deflection in the transmissive member 12, that itself becomes a factor for displacement of the projection image TG, a factor for differences in magnification, and a factor for distortion of the image itself. Therefore, when dealing with this by correction of the image of the exposure image RG, the correction becomes complicated. In addition, when the container 11 is enlarged to shape large shaped products 30, the deflection of the transmissive member 12 increases. Therefore, in embodiment 5, pressure of an oxygen chamber 62 is adjusted according to the tilt of the transmissive member 12 to reduce distortion of the transmissive member 12. This ensures that a liquid layer 31 of appropriate thickness is ensured between the transmissive member 12 and the shaped product 30.

[0094] As illustrated in FIG. 2, in embodiment 5, the container 11 is a resin tank (= monomer material tank) of the three-dimensional shaping device 100, which houses the monomer material on the projection plane (= shaping plane) and has a transmissive member 12 permeable to ultraviolet light, for irradiating with ultraviolet light. Also, as illustrated in FIG. 16B, a sealed space is provided on the outer side of the transmissive member 12 of the container 11. Also, pressurizing means have an adjustment mechanism that introduces gas into the sealed space to adjust the gas pressure in the sealed space. Also, the control means control the adjustment mechanism to suppress the (gravity-induced) deformation of the transmissive member 12 caused by introducing the resin material 10 into the container 11 by controlling the air pressure in the sealed space. The control means detect the position of the surface of the transmissive member 12 and performs air pressure control in the sealed space according to the detected position value to keep the position of the surface of the transmissive member 12 within a desired range. The

transmissive member 12 is permeable to oxygen. The space between the transmissive member 12 and the quartz glass plate 61 is filled with a gas containing oxygen, at a pressure higher than atmospheric pressure.

[0095]

(Oxygen Supply Chamber)

FIGS. 16A and 16B are descriptive diagrams of an oxygen supply chamber. FIG. 16A illustrates the deflection state of the transmissive member, and FIG. 16B is a descriptive diagram of the oxygen supply system. As illustrated in FIG. 2, the transmissive member 12, which is one example of the first transmissive member, is permeable to oxygen and forms an oxygen-rich liquid layer 31 at the interface with the resin material 10 by allowing oxygen to pass through. The transmissive member 12 holds the resin material 10 and transmits the exposure image that solidifies the resin material 10 into the resin material from below. A quartz glass plate 61, which is one example of the second transmissive member, forms an oxygen supply chamber 65, which is one example of a space between it and the transmissive member 12. The projection optical system 25 project the exposure image into the resin material by transmitting through the quartz glass plate 61 and the transmissive member 12.

[0096] Also, as illustrated in FIG. 16A, it is desirable to form the transmissive member 12 thinly so as not to impair its oxygen permeability and ultraviolet transmissivity. When the transmissive member 12 becomes thin and lacks rigidity as a plate material, when the resin material 10 is stored in the container 11, the center tends to sag due to the weight of the resin material 10, deforming in an inverted dome shape. When a large surface area (for example, 100 mm square or more) of the projection surface area is ensured in the transmissive member 12, the thickness of the resin material 10 under the shaped object may differ by more than 100 μm between the center and the periphery of the transmissive member 12. As a result, an appropriate thickness of the liquid layer 31 cannot be ensured between the transmissive member 12 and the shaped product 30, making accurate shaping at the image formation position 28 impossible. Also, the transmissive member 12 under the projection plane TM tilts so that the center is lower and the surroundings are higher, and thus the projection plane TM of the exposure image RG by the projection optical system 25 is greatly separated from the transmissive member 12 at the center of the transmissive member 12. In this case, the exposure image is projected onto the surface of the transmissive member 12, which ensures an appropriate thickness of the liquid layer 31, in a unfocused state. Thus, the shaping resolution of the three-dimensional shaping device 100 decreases. Therefore, in embodiment 5, as illustrated in FIG. 16B, an oxygen chamber 62 is arranged outside the container 11, and a quartz glass plate 61 that transmits ultraviolet light is closely adhered to the bottom surface of the oxygen chamber 62, forming a gas-tight oxygen supply chamber 65. For the oxygen supply chamber 65, oxygen gas supplied from an oxygen cylinder 64 can be adjusted to any pressure by a pressure adjustment device 63 and supplied.

[0097] The pressure adjustment device 63, which is one example of pressurizing means, supplies oxygen to keep the gas pressure in the oxygen supply chamber 65 higher than atmospheric pressure. By adjusting the pressure adjustment device 63 to increase the pressure in the oxygen supply chamber 65, the weight of the resin material 10 is offset, pushing the transmissive member 12 back upward to a horizontal position. The gas supplied to the oxygen supply chamber 65 may be 100% oxygen, but it may also be a gas, such as nitrogen, containing oxygen. Atmospheric air is also acceptable. To suppress the deflection of the transmissive member 12, a given pressure must be applied. However, in that case, when pure oxygen gas is used, the oxygen inhibition effect in the transmissive member 12 may become too large. In that case, the oxygen supply can be controlled by lowering the partial pressure of oxygen in the supplied gas. That is, the pressure

adjustment device 63 can adjust the pressure of the supplied gas and the partial pressure of oxygen. The control unit 110 determines the pressure and partial pressure of oxygen in the oxygen supply chamber 65 that can correct the deflection of the transmissive member 12, finding the pressure of the supplied gas, the partial pressure of oxygen, and the oxygen permeability of the transmissive member 12 (that is, the material and thickness of the window) as three parameters. Then, the control unit 110 controls the pressure adjustment device 63 so that the determined pressure and partial pressure of oxygen are output, thereby achieving both an oxygen inhibition effect and a deflection correction effect of the transmissive member 12.

[0098] A distance sensor 66 projects a visible light marker into the resin material 10 and captures the marker image formed by a refractive index difference at the interface between the resin material 10 and the transmissive member 12. Also, by executing so-called autofocus control to adjust the focal length of the lens so that the marker image is focused on the imaging element of the distance sensor 66, the distance to the marker image is measured. The control unit 110 operates the pressure adjustment device 63 to match the distance to the marker image output by the distance sensor 66 to a reference value for which there is no distortion in the transmissive member 12. The control unit 110 automatically controls the pressure in the oxygen supply chamber 65 to offset the distortion of the transmissive member 12.

[0099]

<Embodiment 6>

As illustrated in FIG. 8A, when the center distance between two adjacent projection regions expands, a gap is formed in the product projection image 30G, causing the resin material located in the gap to not solidify. Therefore, in embodiment 6, the exposure image of the shaped product is processed so that even when the center distance between two adjacent projection regions expands, a gap is less likely to be formed in the product projection image 30G. When the exposure image is divided for each projector 20, the image range and illuminance gradation of the boundary region KR that spans the adjacent projection images TG of the shaped product 30 are adjusted.

[0100] The image processing in embodiment 6 is a process that deforms or adjusts the exposure image itself so that even when there is a positional displacement of the image pattern at the boundary of the adjacent projection images TG, the impact on the shaping quality of the shaped product 30 is minimized. That is, an overlap region is provided to display the same image data on both exposure images between the exposure images adjacent to the boundary region. Then, the duty ratio of each pixel in the overlap region is set so that the illuminance difference between the overlap region and the image adjacent to the overlap region is below a desired value.

[0101]

(Image Processing)

FIGS. 17A to 17C are descriptive diagrams of image processing of the exposure images of the shaped product. FIG. 17A illustrates the exposure image of the shaped product, FIG. 17B illustrates the exposure image of one projection region, and FIG. 17C illustrates the exposure image of another projection region. In embodiment 6, the illuminance of a first exposure image (G1) or the second exposure image (G2) corresponding to the boundary region KR is adjusted.

[0102] As illustrated in FIG. 17A, the product projection image 30G spans two projection regions TR1 and TR2.

[0103] As illustrated in FIG. 8A, in embodiment 1, the product projection image 30G was formed within the range of the projection image TG, and thus the gap of the projection image TG is the gap of the product projection image 30G as-is. In contrast, in embodiment 6, as illustrated in FIG. 17B, the projection image G1 is given an illuminance gradation that overflows into the projection image TG2 and decreases in a stepwise manner. Also, as illustrated in FIG. 17C, the projection

image G2 is given an illuminance gradation that overflows into the projection image TG1 and decreases in a stepwise manner.

[0104] As a result, the product projection image 30G located in the boundary region KR receives exposure from both the projection images TG1 and TG2. This allows the center distance between the adjacent projection regions TR1 and TR2 to expand, so that even when there is a gap between the adjacent projection images TG1 and TG2, no gap occurs in the boundary region KR of the product projection image 30G.

[0105] As illustrated in FIG. 2, the CPU 111 creates exposure images divided for each projector 20 by setting the exposure images of each layer of the shaped product 30. At this time, the CPU 111 extracts the shaping region of the shaped product 30 that spans adjacent exposure images and sets the shaping region that overflows into the adjacent exposure images. Then, the illuminance of the exposure image in the boundary region is set to gradually decrease within the range where the adjacent projection regions TR overlap.

[0106]

<Embodiment 7>

When projecting individual exposure images RG, which are divided from the overall exposure image by multiple projectors 20, a positional displacement of the image pattern may be detected at the boundary of adjacent projection images TG. At this time, as described above, the positional displacement of the image pattern may be caused by differences in magnification of the exposure images and distortion of the projection images. Therefore, when the correction amount of the image data of the exposure image RG is large in the three-dimensional shaping device 100, it is desirable to perform calibration of the projection optical system 25. Embodiment 7 describes the calibration of the three-dimensional shaping device 100.

[0107]

(Plane Position Adjustment Mechanism)

FIG. 18 is a descriptive diagram of calibration. As illustrated in FIG. 18, the camera 130 is individually equipped with an XY stage 72 that has a locking mechanism. The control unit 110 controls the XY stage 72 to allow the imaging region of the camera 130 to be rotated and translated within the X-Y plane. The projector 20 is individually equipped with an XY stage 74 that has a locking mechanism. The control unit 110 controls the XY stage 74 to allow the imaging region of the camera 130 to be rotated and translated within the X-Y plane. In calibration, the control unit 110 operates the XY stages 72 and 74 to adjust the positions of the camera 130 and projector 20 and then locks the XY stages 72 and 74. Calibration is performed through command operations and the display of calibration results and images via an external computer 122. In response to command operations, the control unit 110 automatically executes calibration and sends the calibration results and images to the external computer 122.

[0108]

(Alignment Reference Plate)

FIGS. 19A and 19B are descriptive diagrams of the alignment reference plate. FIG. 19A illustrates the positioning image, and FIG. 19B illustrates the alignment plate. In FIGS. 19A and 19B, the planar arrangement of the four adjacent projectors 20 from FIG. 18 is schematically illustrated. As illustrated in FIG. 18, calibration is performed by positioning the alignment reference plate 70 at the image formation position 28. By precisely positioning and fixing the alignment reference plate 70 to the lifting member 13 and operating the lifting device 17, the reference plate 70 can be reproducibly positioned at the image formation position 28 of multiple projection optical systems 25. As illustrated in FIG. 19B, the alignment reference plate 70 is a jig used during calibration. The lower surface of the alignment reference plate 70 is equipped with four indicators

IM for each projector 20, and one indicator IC is formed for each camera 130.

[0109] As illustrated in FIG. 19A, the control unit 110 first adjusts the position of the camera 130 so that the indicator IC can be captured at the center of the captured image directly below the corresponding indicator IC. The control unit 110 processes the captured image of the indicator IC by the camera 130, and when there is a positional displacement or tilt between the center position of the captured image and the indicator IC, determines that there is a positional displacement or tilt of the camera 130 and corrects such using the XY stage 72.

[0110] The control unit 110 then operates the projector 20 to project the positioning image IG onto the alignment reference plate 70 using the projection optical system 25, as illustrated in FIG. 19A. The positioning image IG is a pattern for alignment projected onto the projection plane TM that forms the shaping plane. The control unit 110 operates the camera 130 to capture the overlap between the positioning image IG and the indicators IM on the alignment reference plate 70. The control unit 110 reads the position information of the positioning image IG included in the imaging data of the camera 130 and the position information of the indicators IM on the alignment reference plate 70, and calculates the necessary adjustment amount for the projector 20.

[0111] The control unit 110 processes the captured image to determine the positional displacement amount and tilt amount between the positioning image IG and the indicators IM. Then, the XY stage 74 is operated to adjust the positional displacement amount and tilt amount, and to adjust the magnification of the projector 20. The control unit 110 adjusts the position and magnification of the projection optical system 25 so that the four positioning images IG for each projection optical system 25 are aligned with the corresponding four indicators IM on the alignment reference plate 70, and so that the positioning images IG of adjacent projectors 20 overlap each other.

[0112] Note that calibration is preferably performed, from the perspective of workability and mechanical adjustment accuracy, in a state where the resin material 10 is removed from the container 11, as illustrated in FIG. 18. However, the captured image of the camera 130 does not actually reflect the refractive index of the resin material 10, and thus it is necessary to perform the final confirmation with the resin material 10 introduced into the container 11. Alternatively, calibration may be performed by introducing a low-cost liquid that has the same refractive index as the resin material 10 and is not photosensitive.

[0113]

<Embodiment 8>

In embodiment 5, as illustrated in FIGS. 16A and 16B, an oxygen supply chamber 65 is provided on the lower surface of the transmissive member 12, and the gas pressure in the oxygen supply chamber 65 is increased by the pressure adjustment device 63 to offset the deflection of the transmissive member 12. In contrast, in embodiment 8, as illustrated in FIG. 20, a liquid tank 201 is provided on the lower surface of the transmissive member 12, and by filling the liquid tank 201 with an oxygen-dissolving liquid 202 to exert buoyancy, the deflection of the transmissive member 12 is offset.

[0114]

(Liquid Tank)

FIG. 20 is a descriptive diagram of the liquid tank of embodiment 8. As illustrated in FIG. 20, the transmissive member 12, which is one example of the first transmissive member, holds photocuring liquid resin material and transmits the exposure image that solidifies the resin material. The quartz glass plate 61, which is one example of the second transmissive member, forms a space between itself and the transmissive member 12. The projector 20, which is one example of image projection means, projects the exposure image into the resin material by

transmitting through the quartz glass plate 61 and the transmissive member 12. The lifting device 17, which is one example of moving means, moves an unillustrated shaped layer formed by solidifying the resin material due to the exposure image away from the transmissive member 12. The transmissive member 12 is a membrane material made of a fluororesin that is permeable to oxygen. The transmissive member 12 allows oxygen dissolved in the oxygen-dissolving liquid 202 to pass through to the resin material 10 side, forming an oxygen-rich liquid layer 31 at the interface between the transmissive member 12 and the resin material 10.

[0115] As described above, in the three-dimensional shaping device 100, when there is deflection in the transmissive member 12, that itself becomes a factor for displacement of the projection image (TG: FIG. 5), a factor for differences in magnification, and a factor for distortion of the image itself. Therefore, when dealing with this by correction of the image of the exposure image RG, the correction becomes complicated. Thus, in embodiment 8, a liquid tank 201 is provided outside the container 11, and the space between the transmissive member 12 and the liquid tank 201 is filled with the oxygen-dissolving liquid 202 to reduce the deflection of the transmissive member 12. In the space between the transmissive member 12 and the quartz glass plate 61, an oxygen-dissolving liquid in which oxygen with a molar fraction of 0.001 or more is dissolved is filled to ensure that there is no hindrance to the supply of oxygen to the transmissive member 12.

[0116] The container 11 is a resin tank (monomer material tank) of the three-dimensional shaping device 100, which houses the monomer material on the projection plane (shaping plane). A transmissive member 12 permeable to ultraviolet light for irradiating with ultraviolet light is provided on the lower surface of the container 11. The liquid supply device 204 introduces the oxygen-dissolving liquid 202 between the transmissive member 12 and the liquid tank 201, applying pressure from below to the transmissive member 12 to prevent deflection of the transmissive member 12. A liquid layer 31 of appropriate thickness is ensured between the transmissive member 12 and the shaped product 30. During the shaping of the shaped product 30, when moving the shaped product 30 away from the transmissive member 12, the oxygen-dissolving liquid 202 in contact with the transmissive member 12 acts as a damper, resisting upward deflection of the transmissive member 12.

[0117] A liquid supply device 204 adjusts the amount of liquid introduced to suppress the (gravity-induced) deformation of the transmissive member 12 caused by introducing the resin material 10 into the container 11 by introducing the oxygen-dissolving liquid 202 into the liquid tank 201. The liquid supply device 204, which is one example of liquid amount control means, controls the amount of the oxygen-dissolving liquid 202, that is, the height of the liquid surface 203, so that the projection plane of the transmissive member 12 remains flat.

[0118] Here, when specific gravities of the resin material 10 and the oxygen-dissolving liquid 202 are the same, simply adjusting the liquid surface 205 of the resin material 10 and the liquid surface 203 of the oxygen-dissolving liquid 202 to the same height makes the pressure applied to the transmissive member 12 by the resin material 10 equal to the pressure applied to the transmissive member 12 by the oxygen-dissolving liquid 202, preventing deflection of the transmissive member 12. However, in reality, the specific gravities of the resin material 10 and the transmissive member 12 and the oxygen-dissolving liquid 202 are different. Therefore, the control unit 110 detects the position of the surface of the transmissive member 12 using the distance sensor 66 and adjusts the supply amount of the oxygen-dissolving liquid 202 according to the detected position value, keeping the position of the surface of the transmissive member 12 within a desired range.

[0119] A distance sensor 66 projects a visible light marker into the resin material 10 and captures the marker image formed by a refractive index difference at the interface between the resin material 10 and the transmissive member 12. Also, by executing so-called autofocus control to

adjust the focal length of the lens so that the marker image is focused on the imaging element of the distance sensor 66, the distance to the marker image is measured. The control unit 110 operates the liquid supply device 204 to match the distance to the marker image output by the distance sensor 66 to a reference value while there is no deflection in the transmissive member 12. The control unit 110 automatically controls the supply amount of the oxygen-dissolving liquid 202 to the liquid tank 201 to offset the deflection of the transmissive member 12.

[0120] Alternatively, it is also possible to use a distance sensor of a type equipped with a light source unit 67 and a detection unit 68 instead of the distance sensor 66. This type obtains position information of the surface of the transmissive member 12 by detecting the position where the light beam emitted from the light source unit 67 reflects on the surface of the transmissive member 12 and enters the detection unit 68.

[0121] It is also possible to provide an oxygen supply device 206 in the path that circulates the oxygen-dissolving liquid 202 in the liquid supply device 204 to maintain the dissolved oxygen concentration in the oxygen-dissolving liquid 202 in the liquid tank 201 at a predetermined concentration. The oxygen supply device 206, which is one example of oxygen supply means, supplies oxygen into the oxygen-dissolving liquid 202. The oxygen concentration sensor 207 and the control unit 110, which are examples of measurement means, measure the oxygen concentration in the oxygen-dissolving liquid 202. The control unit 110 and the oxygen supply device 206, which are examples of adjustment means, operate the oxygen supply device 206 so that the oxygen-dissolving liquid 202 maintains a predetermined oxygen concentration based on the detection output of the oxygen concentration sensor 207. The oxygen supply device 206 may be configured to provide oxygen from a gas atmosphere containing oxygen, such as the atmosphere, to the oxygen-dissolving liquid 202 by providing an oxygen-permeable window material such as fluororesin to part or all of the liquid supply device 204. The control unit 110 adjusts the oxygen supply amount via the oxygen supply device 206 so that the oxygen concentration of the oxygen-dissolving liquid 202 measured by the oxygen concentration sensor 207 reaches a predetermined oxygen concentration.

[0122] A liquid capable of dissolving oxygen at a molar fraction of 0.001 or more, such as perfluorocarbons, may be used as the oxygen-dissolving liquid 202. When the oxygen concentration is less than a molar fraction of 0.001, it may not be possible to secure an effective liquid layer 31, and there is a possibility that the resin material 10 will solidify on the surface of the transmissive member 12. Preferred specific examples of the oxygen-dissolving liquid 202 include perfluorooctane, perfluorobutyl tetrahydrofuran, perfluoro-1-isopropoxyhexane, perfluoro-1,4-diisopropoxybutane, and the like. Among these, perfluorobutyl perfluorotetrahydrofuran is particularly preferred from the perspective of soluble oxygen concentration.

[0123] In addition, to prevent attenuation of the light amount used for exposure, it is necessary to use a substance having a high transmittance of light of the wavelength used for exposure in the oxygen-dissolving liquid 202. In the example of FIG. 20, a UV-LED having a wavelength of 350 to 400 nm is used as the light source for exposure. Therefore, it is desirable to use a liquid material for the oxygen-dissolving liquid 202 that has a light transmittance of 90% or more per cm for wavelengths of 350 to 400 nm. It is also desirable for the oxygen-dissolving liquid 202 to be a substance that has a light transmittance of 95% or more per cm for wavelengths of 350 to 400 nm. Furthermore, it is even more desirable when the substance transmits more than 99% per cm.

[0124] To precisely control the deflection of the transmissive member 12, it is preferable that the specific gravity of the oxygen-dissolving liquid 202 is equivalent to that of the resin material 10. The specific gravity of the oxygen-dissolving liquid 202 is preferably within $\pm 80\%$ of the specific

gravity of the resin material 10. The specific gravity of the oxygen-dissolving liquid 202 is further preferably within $\pm 20\%$ of the specific gravity of the resin material 10, and particularly preferably within $\pm 10\%$.

[0125] The control unit 110 controls the supply amount of the oxygen-dissolving liquid 202 to the liquid tank 201 by the liquid supply device 204, and/or the height of the liquid surface 203, according to the detected value of the surface position of the transmissive member 12. As a result, the state where the transmissive member 12 is pushed back upward to a horizontal position, offsetting the weight of the resin material 10, is maintained. The liquid supply device 204 can also reduce the deflection of the transmissive member 12 above the shaped product (30: FIG. 2) during shaping, keeping the transmissive member 12 in a substantially horizontal state. The control unit 110 controls the amount of oxygen that the oxygen supply device 206 dissolves in the oxygen-dissolving liquid 202 so that the oxygen inhibition effect of curing of the resin material 10 by the transmissive member 12 is appropriate.

[0126] In embodiment 8, the liquid amount of the oxygen-dissolving liquid 202 in the liquid tank 201 is adjusted to reduce the deflection of the transmissive member 12. However, as a modification of embodiment 8, the liquid tank 201 may be a sealed structure, and the pressure of the oxygen-dissolving liquid 202 may be adjusted to reduce the deflection of the transmissive member 12. That is, the liquid supply device 204, which is one example of pressure control means, controls the pressure of the oxygen-dissolving liquid 202 so that the projection plane of the transmissive member 12 is kept flat.

[0127]

<Embodiment 9>

In embodiment 8, as illustrated in FIG. 20, an embodiment has been described in which the liquid tank 201 is provided below the horizontal transmissive member 12 filled with the oxygen-dissolving liquid 202. In contrast, in embodiment 9, as illustrated in FIG. 21, an embodiment is described in which the liquid tank 201 is provided on the side of the vertical transmissive member filled with the oxygen-dissolving liquid 202.

[0128]

(Liquid Tank)

FIG. 21 is a descriptive diagram of the liquid tank in embodiment 9. Embodiment 9 is configured and controlled similarly to embodiment 8, except for the projection direction of the projection image (TG: FIG. 5) with respect to the resin material 10 and the shaping direction of the shaped product 30. Therefore, in FIG. 21, the components common to embodiment 8 are marked with the same reference numerals as in FIG. 20, and duplicate description is omitted. In addition, in FIG. 21, the configuration, alignment mechanism, and the like of the projector 20 are omitted from illustration.

[0129] As illustrated in FIG. 21, in the three-dimensional shaping device 100 of embodiment 3, when there is deflection in the transmissive member 12, that itself becomes a factor for displacement of the projection image (TG: FIG. 5), a factor for differences in magnification, and a factor for distortion of the image itself. In addition, when the container 11 is enlarged to shape large shaped products 30, the deflection of the transmissive member 12 increases. Additionally, in embodiment 9, the transmissive member 12 is disposed on the side surface of the container 11, and an exposure image is irradiated horizontally from the projector 20 to shape the shaped product 30 in the horizontal direction. When the transmissive member 12 is disposed on the side surface of the container 11, pressure on the transmissive member 12 due to gravity when introducing the resin material 10 into the container 11 becomes greater the lower the position of the transmissive member 12. Therefore, the lower part of the transmissive member 12 experiences stronger

pressure, causing it to bulge outward and resulting in greater deflection. At this time, the surface shape of the transmissive member 12 deforms complexly, making it difficult to correct the shape of the projection image during exposure. When dealing with this by correction of the image of the exposure image RG, the correction of the image becomes complicated.

[0130] Thus, in embodiment 9, the liquid tank 201 is provided outside the transmissive member 12 of the container 11, between the transmissive member 12 and the liquid tank 201 is filled with the oxygen-dissolving liquid 202. The oxygen-dissolving liquid 202 exerts greater pressure at lower positions of the transmissive member 12, which can offset the pressure exerted by the resin material 10 on the transmissive member 12, which is greater the lower the position of the transmissive member 12. Additionally, by adjusting the liquid volume of the oxygen-dissolving liquid 202, the deflection of the transmissive member 12 is reduced, ensuring an appropriate thickness of the liquid layer 31 between the transmissive member 12 and the shaped product 30.

[0131] In embodiment 9, a transmissive member 12 permeable to ultraviolet light, for irradiating ultraviolet light, is disposed on the side surface of the container 11. The projector 20 irradiates an exposure image that solidifies the resin material 10 from the side of the transmissive member 12 into the resin material 10. Then, the lifting device 17 moves the shaped product 30 horizontally to shape it.

[0132] In embodiment 9, the liquid tank 201 is provided outside the container 11, and the space between the container 11 and the liquid tank 201 is filled with the oxygen-dissolving liquid 202. A material having a low absorption rate for the wavelength of light used for exposure is used for the quartz glass plate 61 and the oxygen-dissolving liquid 202. The oxygen-dissolving liquid 202 is preferably a material that transmits more than 90% of the light used for exposure. The oxygen-dissolving liquid 202 applies pressure from the side to the transmissive member 12, offsetting the horizontal deflection of the transmissive member 12 caused by the pressure of the resin material 10. Here, when the specific gravities of the resin material 10, the transmissive member 12, and the oxygen-dissolving liquid 202 are the same, the pressure acting on both sides of the transmissive member 12 is offset by adjusting the liquid surfaces 205 of the resin material 10 and 203 of the oxygen-dissolving liquid 202 to the same height. However, in reality, the specific gravities of the resin material 10 and the transmissive member 12 and the oxygen-dissolving liquid 202 are different.

[0133] Therefore, the control unit 110 adjusts the amount of liquid supplied by the liquid supply device 204 to the liquid tank 201 to offset or suppress the deformation of the transmissive member 12 outward caused by the weight of the resin material 10 in the container 11, using the pressure of the oxygen-dissolving liquid 202. Similarly to embodiment 8, the control unit 110 detects the position of the surface of the transmissive member 12 from the outside of the liquid tank 201 using a distance sensor 66, and adjusts the supply amount of the oxygen-dissolving liquid 202 according to the detected position value. The control unit 110 controls the liquid supply device 204 according to the surface position of the transmissive member 12, adjusting the supply amount of the oxygen-dissolving liquid 202 to the liquid tank 201 and/or the height of the liquid surface 203. This allows the pressure distribution in the depth direction exerted by the resin material 10 on the transmissive member 12 to be offset, pushing the transmissive member 12 back to a vertical state and holding it there.

[0134] A distance sensor 66 projects a visible light marker into the resin material 10 and captures the marker image formed by a refractive index difference at the interface between the resin material 10 and the transmissive member 12. Also, so-called autofocus control to adjust the focal length of the lens so that the marker image is focused on the imaging element of the distance sensor 66 is executed to measure the distance to the marker image. The control unit 110 operates

the liquid supply device 204 to match the detected distance to the indicator image to a predetermined reference value. The control unit 110 automatically controls the supply amount of the oxygen-dissolving liquid 202 to the liquid tank 201 to offset the vertical deflection distribution of the transmissive member 12 and keep the transmissive member 12 in a substantially linear shape. The deflection of the transmissive member 12 caused by the movement of the shaped product 30 during shaping is also reduced by controlling the supply amount of the oxygen-dissolving liquid 202 to the liquid tank 201 and/or the height of the liquid surface 203.

[0135] However, when the specific gravities of the resin material 10 and the oxygen-dissolving liquid 202, which face each other, sandwiching the transmissive member 12, are different, the pressure distribution that is placed on the transmissive member 12 in the depth direction of the transmissive member 12 cannot be made uniform regardless of how the liquid amounts of both are adjusted. Therefore, it is desirable that the specific gravities of the resin material 10 and the oxygen-dissolving liquid 202 are substantially the same.

[0136] The oxygen supply device 206 dissolves a predetermined amount of oxygen in the oxygen-dissolving liquid 202 supplied by the liquid supply device 204 to the liquid tank 201. The control unit 110 controls the amount of oxygen that the oxygen supply device 206 dissolves in the oxygen-dissolving liquid 202 so that the oxygen inhibition effect by the transmissive member 12 is appropriate.

[0137] In embodiment 9, the liquid amount of the oxygen-dissolving liquid 202 in the liquid tank 201 is adjusted to reduce the deflection of the transmissive member 12. However, as a modification of embodiment 9, the liquid tank 201 may be a sealed structure, and the pressure of the oxygen-dissolving liquid 202 may be adjusted to reduce the deflection of the transmissive member 12. That is, the liquid supply device 204, which is one example of pressure control means, controls the pressure of the oxygen-dissolving liquid 202 so that the projection plane of the transmissive member 12 is kept flat.

[0138]

<Other Embodiments>

FIGS. 22A and 22B are descriptive diagrams of other examples of camera arrangements. FIG. 23 is a descriptive diagram of another example of a light source. FIGS. 24A and 24B are descriptive diagrams of other examples of shaping directions of the shaped product. FIG. 22A illustrates the intermediate position of the projection optical system, and FIG. 22B illustrates the outer side of the shaping region. FIG. 24A illustrates an embodiment that shapes downward, and FIG. 24B illustrates an embodiment that shapes in the horizontal direction.

[0139] The three-dimensional shaping device of the present invention is not limited to the specific configurations, component forms, properties of components, actual dimensions, and the like in embodiments 1 to 6. This can also be implemented in another embodiment that replaces part or all of the configurations of embodiments 1 to 6 with equivalent members.

[0140] In embodiment 1, as illustrated in FIG. 1, an embodiment has been described that enables shaping of 500 mm × 500 mm using projectors 20 arranged in a 5×5 configuration. However, embodiment 1 can be implemented in an embodiment using any number of projectors 20, such as two, three, four, or the like. The projection surface area of the projectors per projector is not limited to 100 mm × 100 mm. This may be 10 mm × 10 mm, 50 mm × 50 mm, or the like.

[0141] In embodiment 1, an embodiment has been described in which the exposure image is projected into the resin material to create each layer. However, the invention that adjusts the boundary regions of the divided exposure images can also be implemented in three-dimensional shaping devices that perform exposure by scanning line images and in three-dimensional shaping devices that draw images by scanning beam spots.

[0142] As illustrated in FIG. 22A, the camera 130 may be positioned at the intermediate position of the four projection optical systems 25. The camera 130 may be set to capture the corners of the four projection images TG simultaneously, including an imaging area (image extraction region) SR that contains the corners of the four projection images TG. That is, the arrangement of the camera 130 is not limited to the intermediate position of the two projection optical systems 25.

[0143] As illustrated in FIG. 22B, the camera 130 may be disposed to capture an indicator image LC projected outside the four corners of the 25 projection images TG. The shaping region formed by the five projectors 20 in a 5×5 arrangement is the range defined by the outer contour of the five projection images TG. The indicator image LC is outside such a shaping region, and the projectors 20 at the four corners can project the indicator image within the range.

[0144] As illustrated in FIG. 2, the control unit 110 captures the overlap between the alignment marks provided at four outer corners of the shaping region of the transmissive member 12 and the indicator image LC using the four cameras 130 illustrated in FIG. 22B during the shaping of the shaped product 30. It also monitors the reference position of the projection image TG in real time. To obtain alignment information outside the shaping region, the camera 130 is provided at an outer peripheral portion of the shaping region.

[0145] Alignment marks that protrude from the surface or light-shielding alignment marks may also be used, as long as they are outside the shaping region of the transmissive member 12. The irradiation of ultraviolet light will not cause curing of the resin that affects the shaping of the shaped product 30, as long as it is outside the shaping region of the transmissive member 12. Moreover, by using the ultraviolet light irradiation control in the image forming element 23, such as irradiating ultraviolet light only when detecting the positioning mark or reducing the irradiation amount, real-time monitoring of the alignment of the projection image is possible.

[0146] As illustrated in FIG. 23, a light source 21R that outputs visible light for alignment imaging may be provided for the camera (130: FIG. 2). The visible light output from the light source 21R may be superimposed on the ultraviolet light output from the light source 21 by a half mirror 21m. As an alignment light source, a broadband light source such as a halogen lamp may be used, selectively extracting the wavelength range favorable for alignment using a filter. HeNe laser light sources, blue LEDs, and the like may also be used. However, when using illumination light of a wavelength different from ultraviolet light, it is necessary to change aberration correction of the optics of the camera 130 according to the wavelength of the illumination light used, in addition to focus correction of the camera 130.

[0147] As illustrated in FIG. 24A, the shaped product 30 may be formed to grow downward. The container 11B is filled with a photocuring liquid resin material 10. A transmissive member 12B transmissive of ultraviolet light and permeable to oxygen is disposed in close contact with the resin material 10. The projector 20 projects an exposure image onto the layer of resin material 10 adjacent to a lowering member 13B to cure. A lowering device 17B gradually lowers the lowering member 13B in synchronization with switching of the exposure image in the projector 20, thereby forming the shaped product 30.

[0148] As illustrated in FIG. 24B, the shaped product 30 may be formed to grow in the horizontal direction. The container 11C is filled with a photocuring liquid resin material 10. A transmissive member 12C transmissive of ultraviolet light and permeable to oxygen is disposed in close contact with the resin material 10. The projector 20 projects an exposure image onto the layer of resin material 10 adjacent to a moving member 13C to cure. A moving device 17C gradually moves the moving member 13C in synchronization with the switching of the exposure image in the projector 20, thereby forming the shaped product 30.

[0149] In embodiments 1 to 6, a projector 20 that operates a mirror for each pixel to form an

exposure image is employed. However, a liquid crystal projector using a liquid crystal shutter as an image forming element may be employed to configure the three-dimensional shaping device. [0150] In embodiments 1 to 6, the image forming element 23 is moved by deforming one pair (41, 42) and another pair (43, 44) of the actuators 41 to 44 disposed sandwiching the image forming element 23 in opposite directions. However, the other pair (43, 44) of the actuators 41 to 44 may be replaced with spring members, and the one pair (41, 42) may be configured to expand and contract against a biasing force of the spring members.

[0151] In embodiment 1, alignment of the projection image TG adjacent in the boundary region KR is achieved by the mechanical movement of the image forming element 23, and in embodiment 2, alignment of the projection image TG adjacent in the boundary region KR is executed by data processing of the adjacent exposure images. However, alignment of the projection image TG adjacent in the boundary region KR may also be executed by combining the mechanical movement of the image forming element 23 and data processing of the exposure images.

[0152] In embodiment 2, the image data of the exposure image is processed to move the entire projection image TG within the projection region TR. However, the image data of the exposure image may be locally deformed to perform correction. It is also possible to adopt image processing that assigns illuminance gradation to the pixels of the exposure image corresponding to the gaps detected in the captured image or smooths out differences detected in the captured image.

[0153] The present invention can also be realized by supplying a program that achieves one or more functions of the embodiments described above to a system or device via a network or storage medium and reading and executing the program by one or more processors in a computer of that system or device. This can also be realized by a circuit that achieves one or more functions (for example, an ASIC).

[0154] This application claims priority from Japanese Patent Application No. 2016-046345 filed on March 9, 2016 and Japanese Patent Application No. 2017-016261 filed on January 31, 2017, and the contents thereof are incorporated as part of this application by reference.

Description of Reference Numerals

[0155] 10: Resin material, 11: container, 11a: opening, 12: transmissive member (first transmissive member), 12a: incident surface, 13: lifting member (moving means), 17: lifting device (moving means), 20: projector (image projection means), 21: light source, 22: image forming unit, 23: image forming element, 25: projection optical system, 26: mirror, 28: image formation position, 30: shaped product, 31: liquid layer (reaction regulation layer), 40: image display unit, 41 to 48: actuators, 51 to 53: actuators, 61: quartz glass plate (second transmissive member), 63: pressure adjustment device, 65: oxygen supply chamber (space), 70: alignment reference plate, 72, 74: XY stage (position adjustment means), 110: control unit (control means), 111: CPU, 112: RAM, 113: ROM, 120: external computer, 121: display unit, 122: recording medium, 130: camera (imaging means), 201: liquid tank, 202: oxygen-dissolving liquid, 203: liquid surface, 204: liquid supply device (pressure control means, liquid amount control means), 205: liquid surface, 206: oxygen supply device (oxygen supply means), 207: oxygen concentration sensor (detection means), RG: exposure image, TG: projection image, TM: projection plane, TR: projection region

Scope of Patent Claims

[Claim 1] A three-dimensional shaping device, comprising

a container holding a photocuring liquid resin material and having an incident surface on which incident exposure images that solidify the resin material are caused to be incident, first image projection means for projecting a first exposure image into the resin material from the incident surface,

second image projection means for projecting a second exposure image continuous with the first exposure image into the resin material from the incident surface,

moving means for moving a shaped layer formed by solidifying the resin material with the first exposure image and the second exposure image away from the incident surface, and

control means for adjusting a boundary region between the first projection image formed by projecting the first exposure image into the resin material via the first image projection means and the second projection image formed by projecting the second exposure image into the resin material via the second image projection means.

[Claim 2] The three-dimensional shaping device according to claim 1, further comprising

imaging means for imaging the boundary region from outside of the container, wherein the control means adjust the boundary region based on a captured image of the boundary region by the imaging means.

[Claim 3] The three-dimensional shaping device according to claim 2, wherein the control means adjust the first exposure image or the second exposure image corresponding to the boundary region.

[Claim 4] The three-dimensional shaping device according to claim 3, wherein the control means measure a position of an image pattern included in the first projection image on the projection plane of the first projection image and change image data of the image pattern to cause the measured position of the image pattern to match a designed position of the image pattern.

[Claim 5] The three-dimensional shaping device according to claim 3, wherein the control means create image data of the first exposure image so that an image pattern continuous with the second projection image overlaps an image pattern of the second projection image in the boundary region of the first projection image.

[Claim 6] The three-dimensional shaping device according to claim 3, wherein the control means change image data of the first exposure image so that an illuminance of an image pattern continuous with the second projection image is equal to an illuminance of an image pattern of the second projection image in the boundary region of the first projection image.

[Claim 7] The three-dimensional shaping device according to claim 3, wherein the control means adjust an illuminance of the first exposure image or the second exposure image corresponding to the boundary region.

[Claim 8] The three-dimensional shaping device according to claim 7, wherein the control means change image data of the first exposure image so that an illuminance of an image pattern in the first projection image becomes equal.

[Claim 9] The three-dimensional shaping device according to claim 8, wherein the control means change the image data of the first projection image or the second exposure image so that the illuminance of the image pattern in the first projection image is equal to an illuminance of an image pattern in the second projection image.

[Claim 10] The three-dimensional shaping device according to claim 2, wherein the image projection means include illumination means, an image forming element that forms the exposure image illuminated by the illumination means, a projection optical system that projects the exposure image formed by the image forming element through the incident surface into the resin

material, and adjustment means capable of adjusting a position of the image forming element in a plane that intersects a projection optical axis of the exposure image, and

the control means adjust the boundary region by controlling the adjustment means.

[Claim 11] The three-dimensional shaping device according to claim 2, wherein the image projection means include illumination means, an image forming element that forms the exposure image illuminated by the illumination means, a projection optical system that projects the exposure image formed by the image forming element through the incident surface into the resin material, and adjustment means capable of adjusting a tilt of the image forming element relative to a projection optical axis of the exposure image, and

the control means adjust the boundary region by controlling the adjustment means.

[Claim 12] The three-dimensional shaping device according to claim 2, further comprising

position adjustment means to which an alignment reference plate in which an indicator is formed can be mounted so that the first image projection means project a positioning image onto the indicator, and which are capable of adjusting a position of the first image projection means to move the positioning image projected by the first image projection means on the reference plate, wherein

the control means use the imaging means to image an overlap between the indicator and the positioning image projected by the first image projection means, and control the position adjustment means based on the captured image of the overlap.

[Claim 13] The three-dimensional shaping device according to claim 2, wherein

the image projection means include illumination means, an image forming element that forms the exposure image illuminated by the illumination means, a projection optical system that projects the exposure image formed by the image forming element through the incident surface into the resin material, and adjustment means capable of adjusting an output of the illumination means, and the control means adjust the boundary region by controlling the adjustment means.

[Claim 14] A three-dimensional shaping device, comprising

a container holding a photocuring liquid resin material and having an incident surface on which incident exposure images that solidify the resin material are caused to be incident, illumination means,

an image forming element that forms the exposure image illuminated by the illumination means,

a projection optical system that projects the exposure image formed by the image forming element through the incident surface into the resin material,

moving means for moving a shaped layer formed by solidifying the resin material with the exposure image away from the incident surface, and

adjustment means capable of adjusting a position of the image forming element in a plane that intersects a projection optical axis of the exposure image.

[Claim 15] A three-dimensional shaping device, comprising

a container holding a photocuring liquid resin material and having an incident surface on which incident exposure images that solidify the resin material are caused to be incident, illumination means,

an image forming element that forms the exposure image illuminated by the illumination means,

a projection optical system that projects the exposure image formed by the image forming element through the incident surface into the resin material,

moving means for moving a shaped layer formed by solidifying the resin material with the exposure image away from the incident surface, and

adjustment means capable of adjusting a tilt of the image forming element relative to a projection optical axis of the exposure image.

[Claim 16] A three-dimensional shaping device, comprising

a first transmissive member for holding a photocuring liquid resin material and transmitting an exposure image for solidifying the resin material so as to cause such to become incident in the resin material,

a second transmissive member for forming a space between itself and the first transmissive member,

image projection means for transmitting the exposure image through the second transmissive member and the first transmissive member so as to project such into the resin material, and

moving means for moving a shaped layer formed by solidifying the resin material away from the first transmissive member, wherein

the first transmissive member is permeable to oxygen, and the space between the first transmissive member and the second transmissive member is filled with a gas containing oxygen, at a pressure higher than atmospheric pressure.

[Claim 17] A three-dimensional shaping device, comprising

a first transmissive member for holding a photocuring liquid resin material and transmitting an exposure image for solidifying the resin material so as to cause such to become incident in the resin material,

a second transmissive member for forming a space between itself and the first transmissive member,

image projection means for transmitting the exposure image through the second transmissive member and the first transmissive member so as to project such into the resin material, and

moving means for moving a shaped layer formed by solidifying the resin material away from the first transmissive member, wherein

the first transmissive member is permeable to oxygen, and

the space between the first transmissive member and the second transmissive member is filled with an oxygen-dissolving liquid containing oxygen at a molar fraction of 0.001 or more.

[Claim 18] The three-dimensional shaping device according to claim 16 or 17, wherein the first transmissive member is a fluororesin.

[Claim 19] The three-dimensional shaping device according to claim 17, further comprising pressure control means for controlling a pressure of the oxygen-dissolving liquid so that the projection plane of the first transmissive member is kept flat.

[Claim 20] The three-dimensional shaping device according to claim 17, further comprising liquid amount control means for controlling a liquid amount of the oxygen-dissolving liquid so that the projection plane of the first transmissive member is kept flat.

[Claim 21] The three-dimensional shaping device according to claim 17, wherein the oxygen-dissolving liquid is a perfluorocarbon.

[Claim 22] The three-dimensional shaping device according to claim 17, wherein the oxygen-dissolving liquid contains at least one selected from perfluorooctane, perfluorobutyl tetrahydrofuran, perfluoro-1-isopropoxyhexane, and perfluoro-1,4-diisopropoxybutane.

[Claim 23] The three-dimensional shaping device according to claim 17, further comprising oxygen

supply means for supplying oxygen into the oxygen-dissolving liquid,

measuring means for measuring an oxygen concentration in the oxygen-dissolving liquid,

and

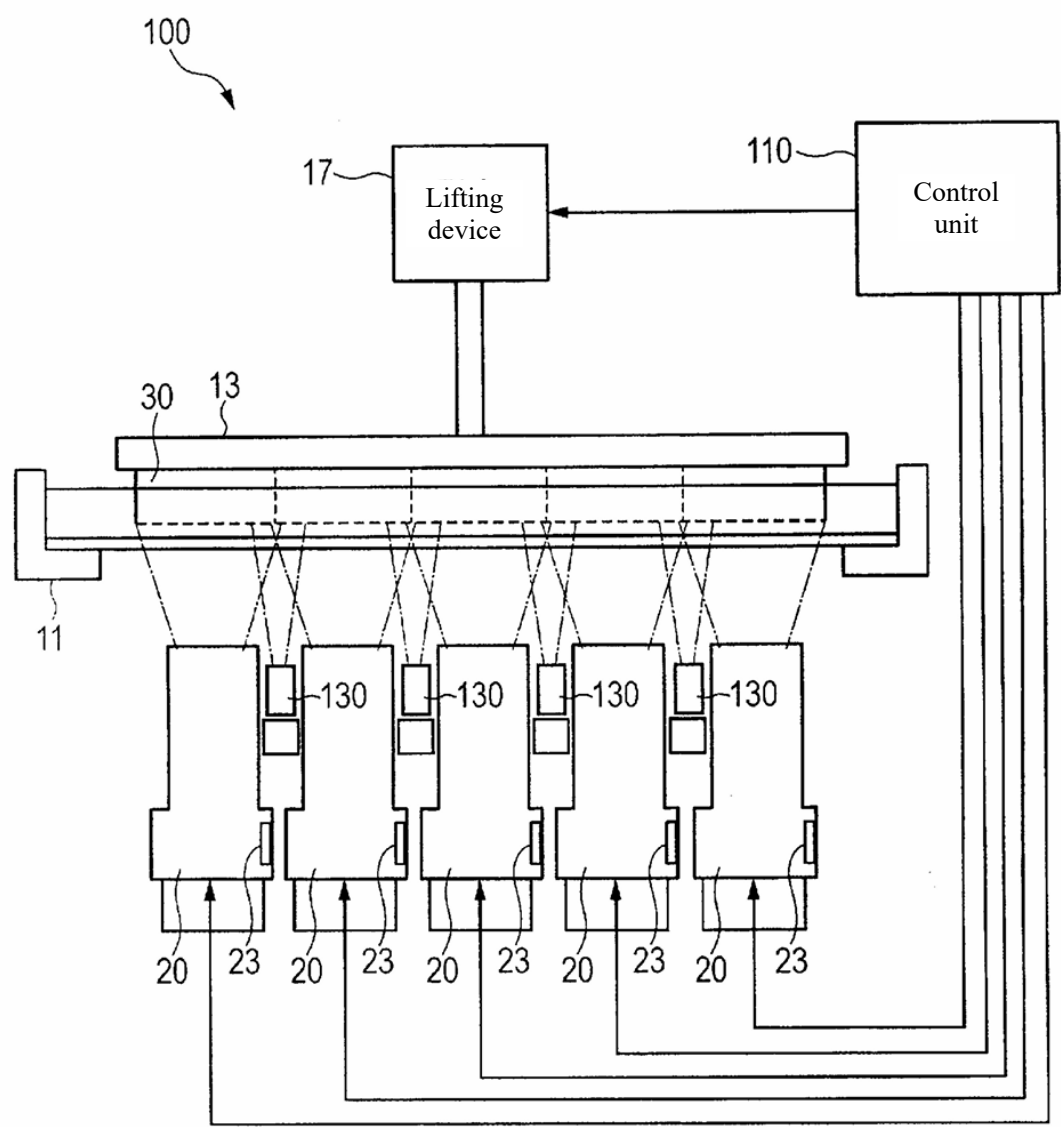
adjustment means for adjusting the oxygen concentration in the oxygen-dissolving liquid.

[Claim 24] A method for producing a three-dimensional shaped object in the three-dimensional shaping device according to any one of claims 2 to 13, the method comprising

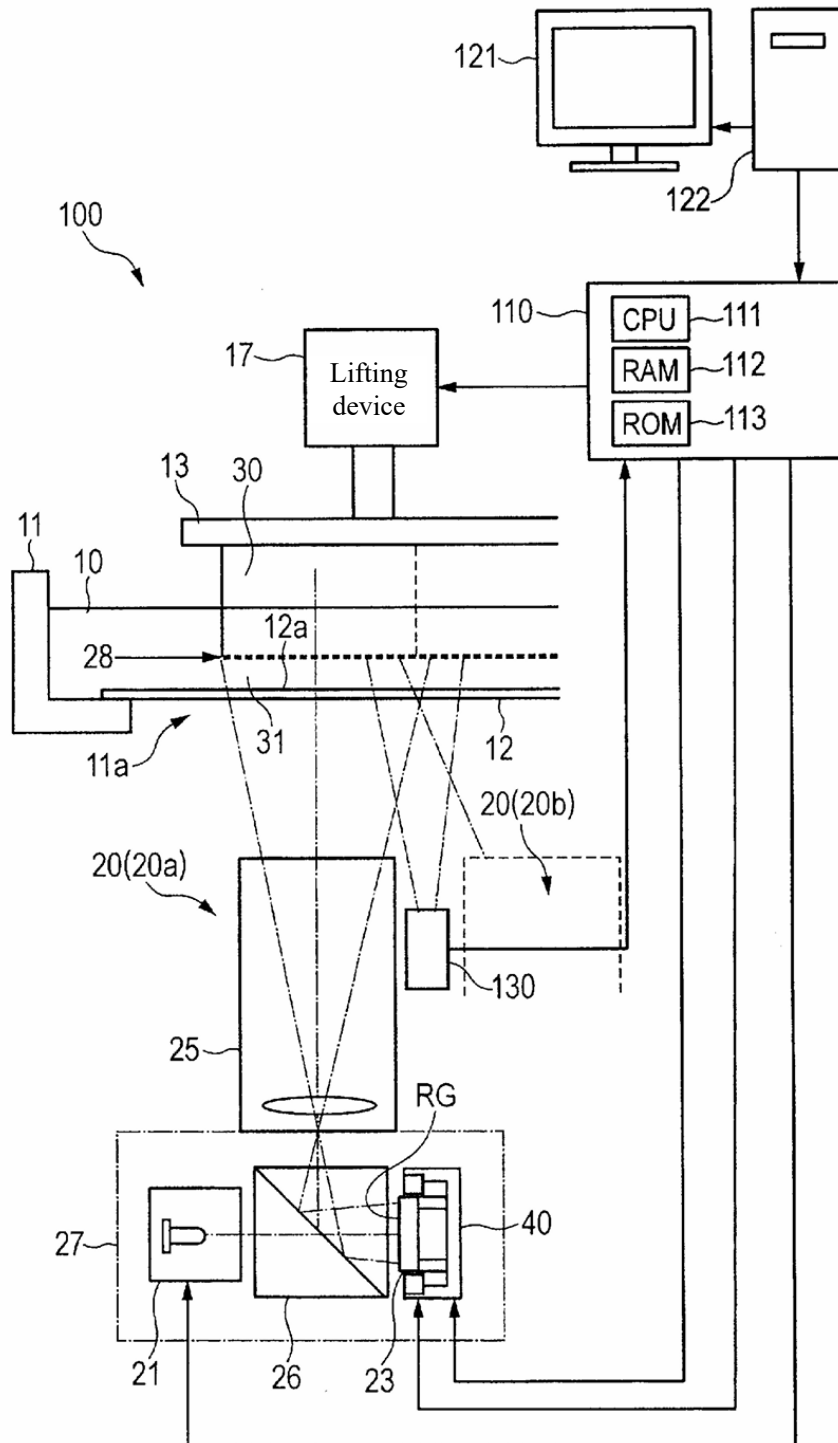
an imaging step for using the imaging means to image the boundary region during the shaping of the three-dimensional shaped object and

an adjusting step for adjusting the boundary region during the shaping of the three-dimensional shaped object.

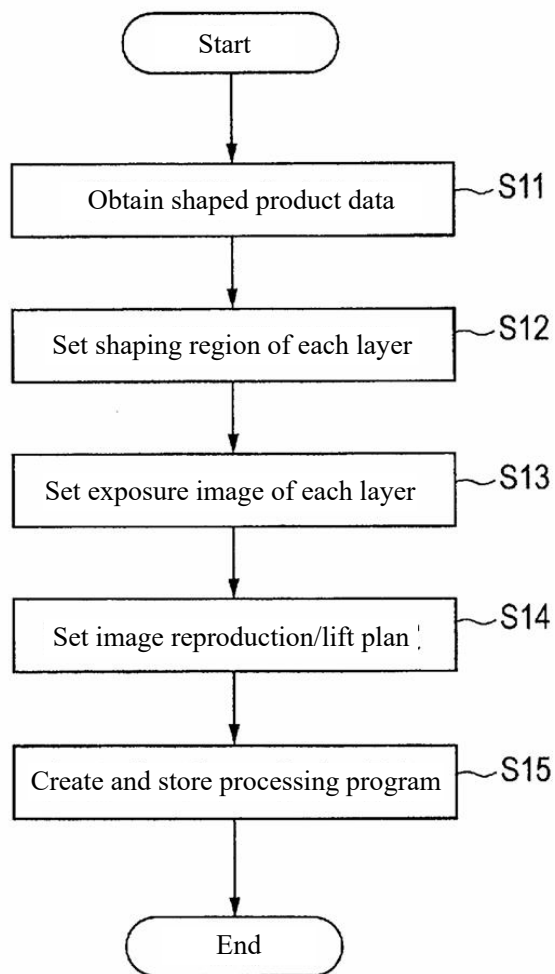
[FIG. 1]



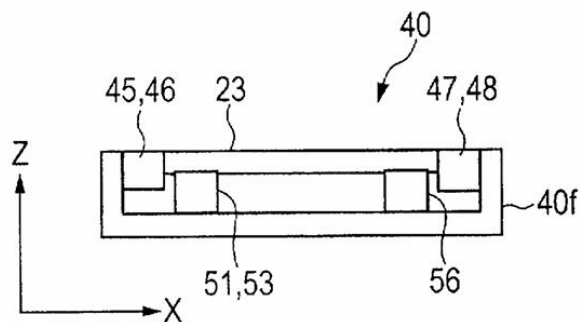
[FIG. 2]



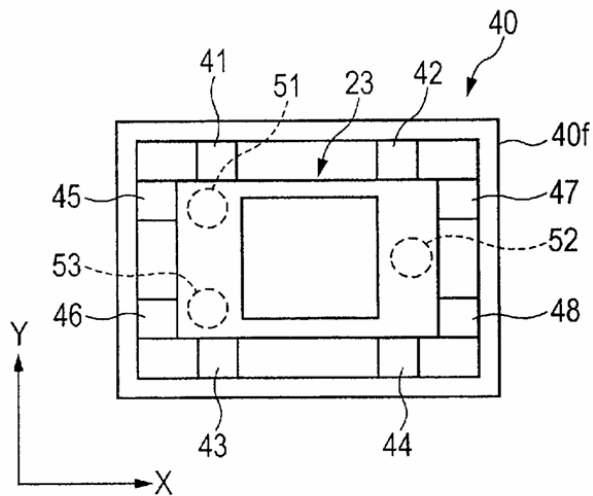
[FIG. 3]



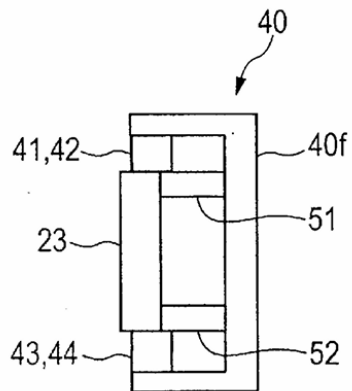
[FIG. 4A]



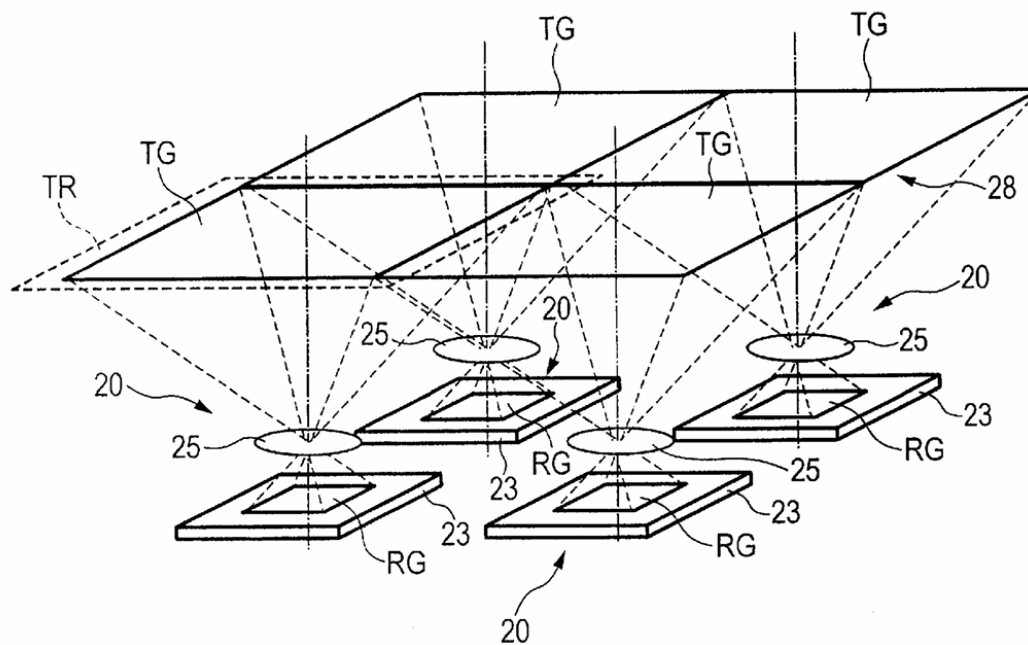
[FIG. 4B]



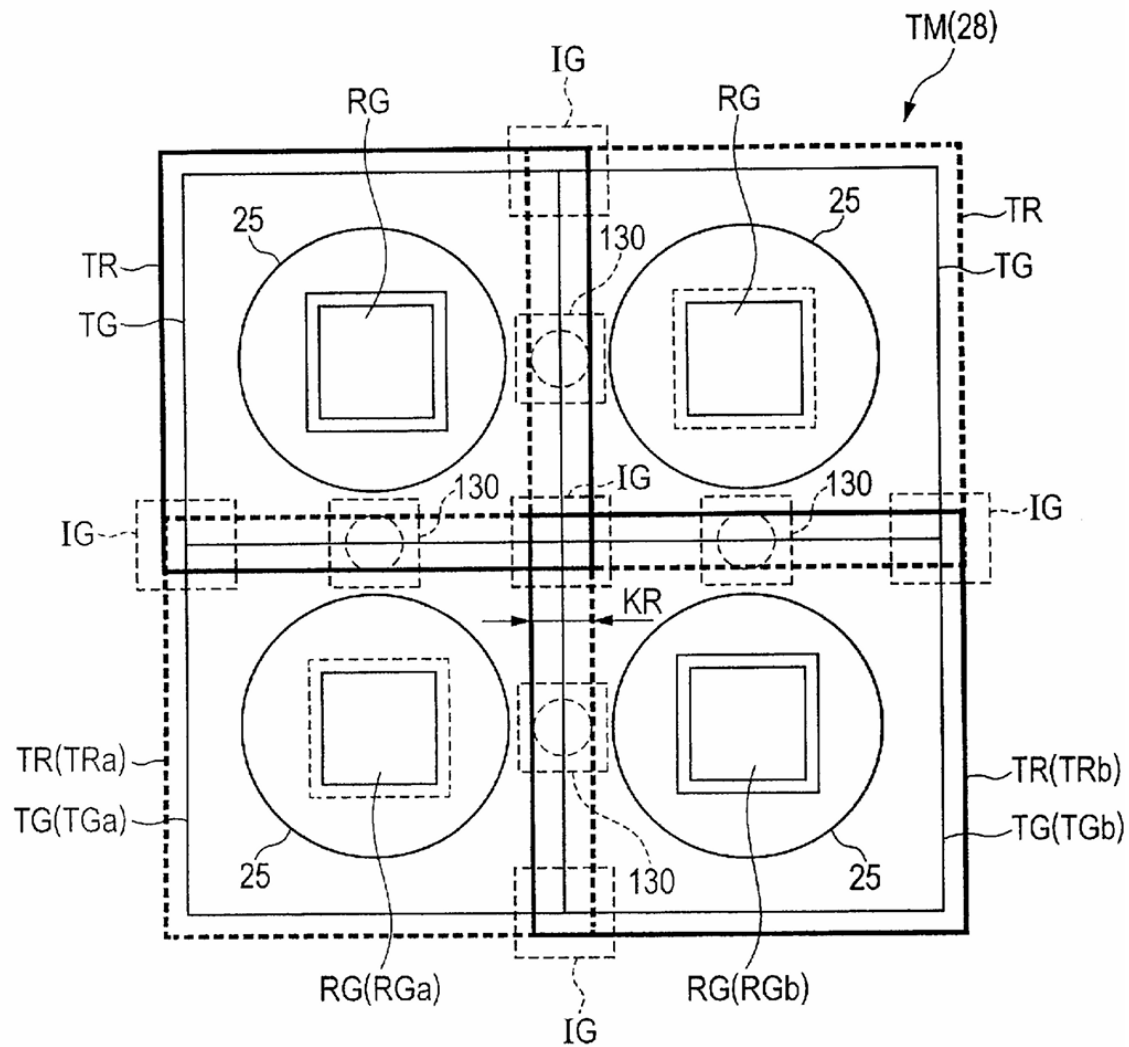
[FIG. 4C]



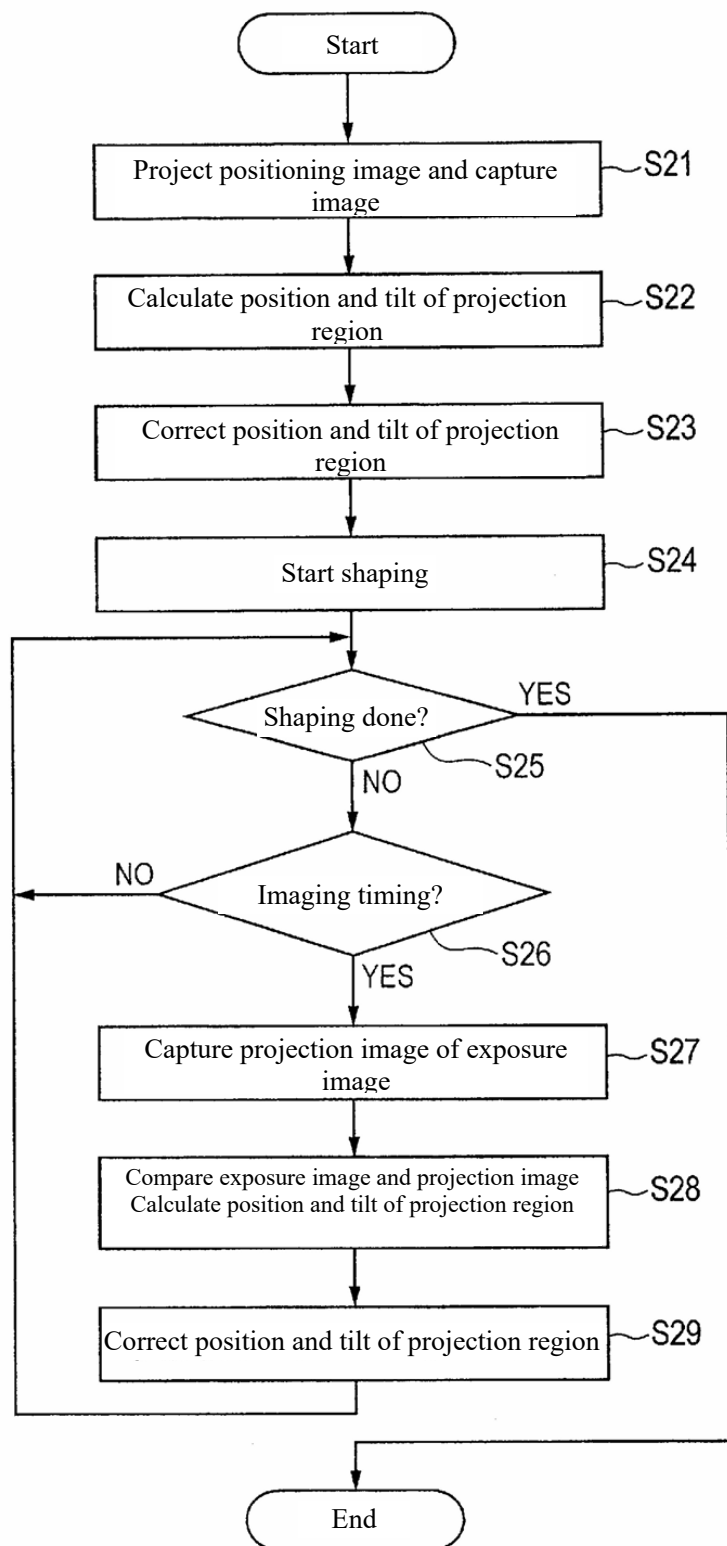
[FIG. 5]



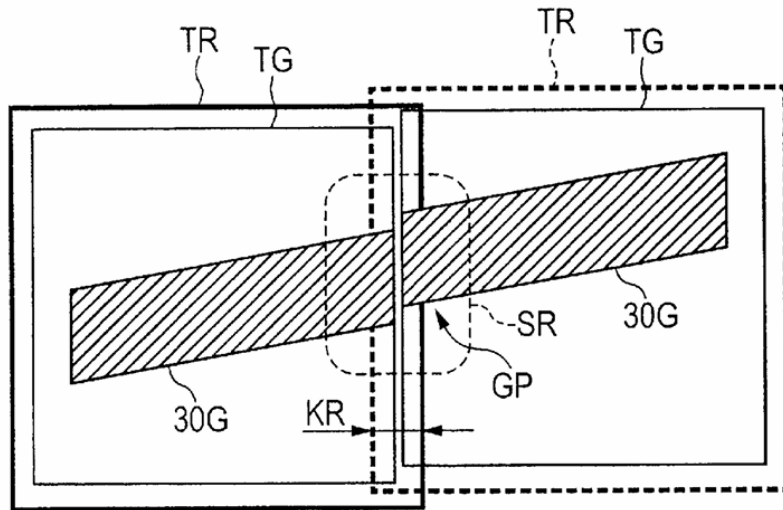
[FIG. 6]



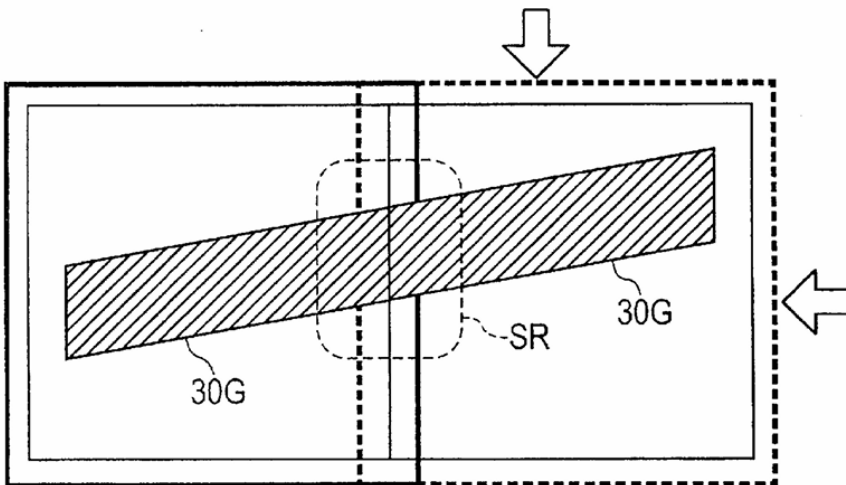
[FIG. 7]



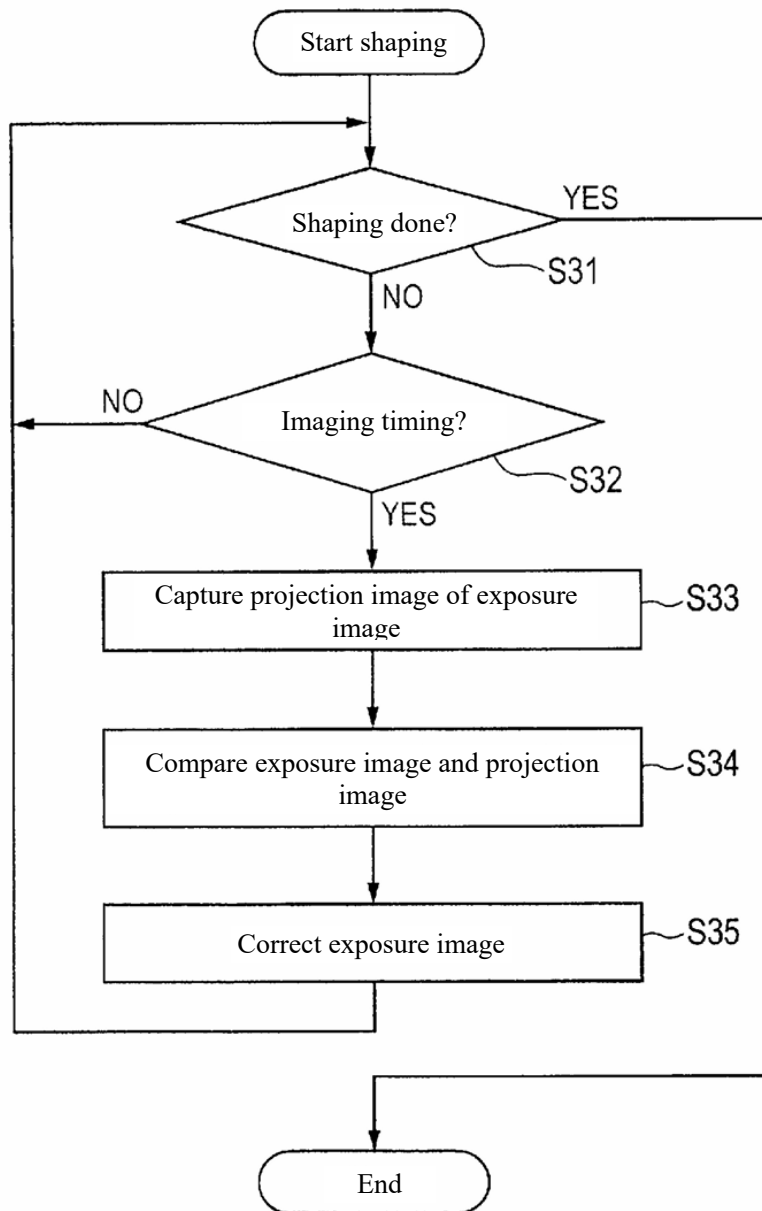
[FIG. 8A]



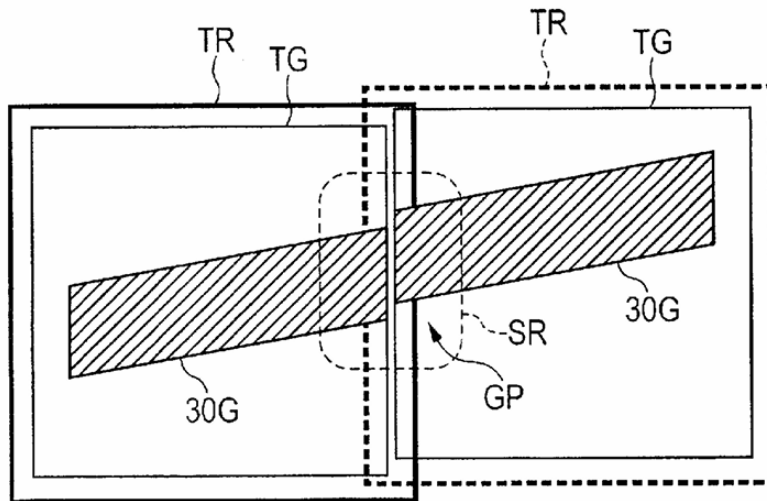
[FIG. 8B]



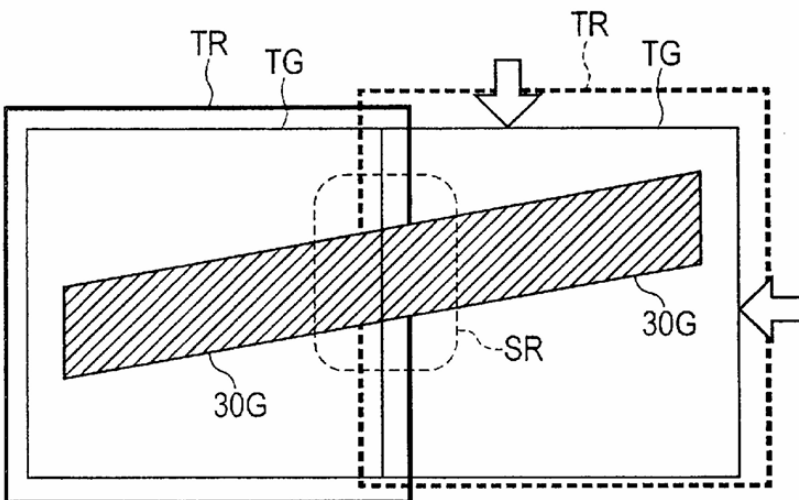
[FIG. 9]



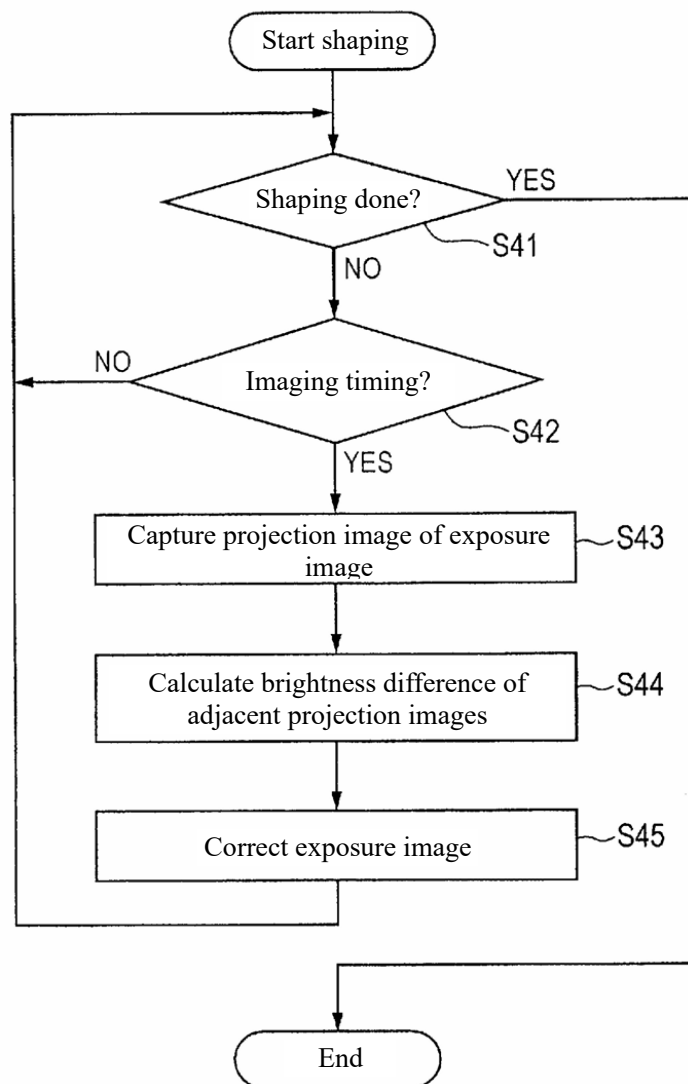
[FIG. 10A]



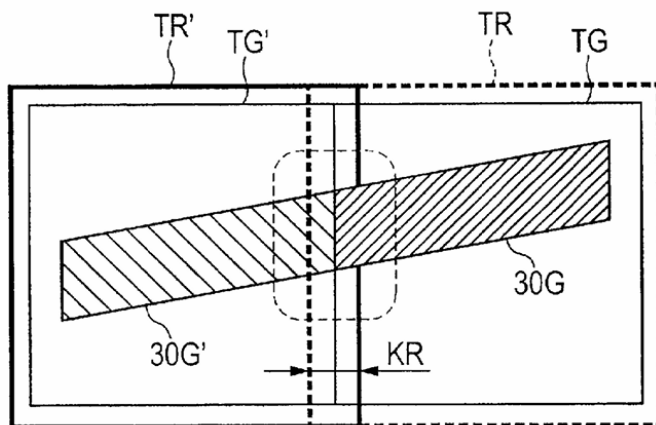
[FIG. 10B]



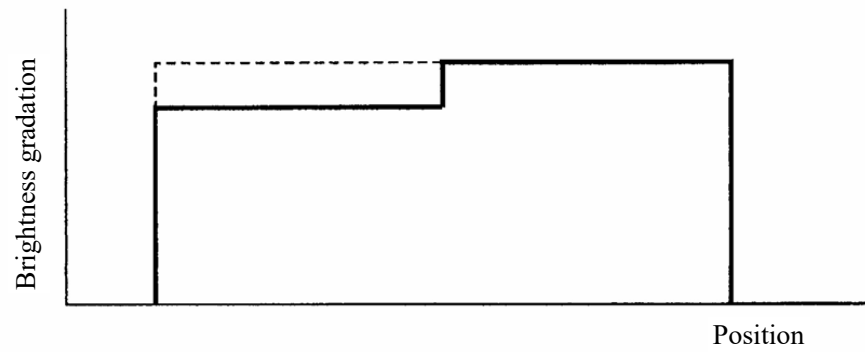
[FIG. 11]



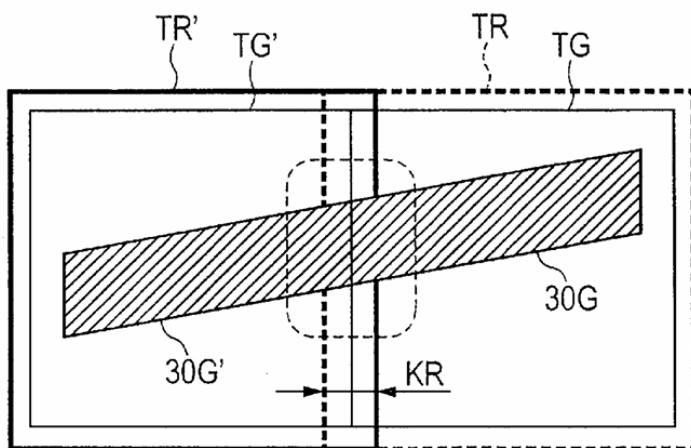
[FIG. 12A]



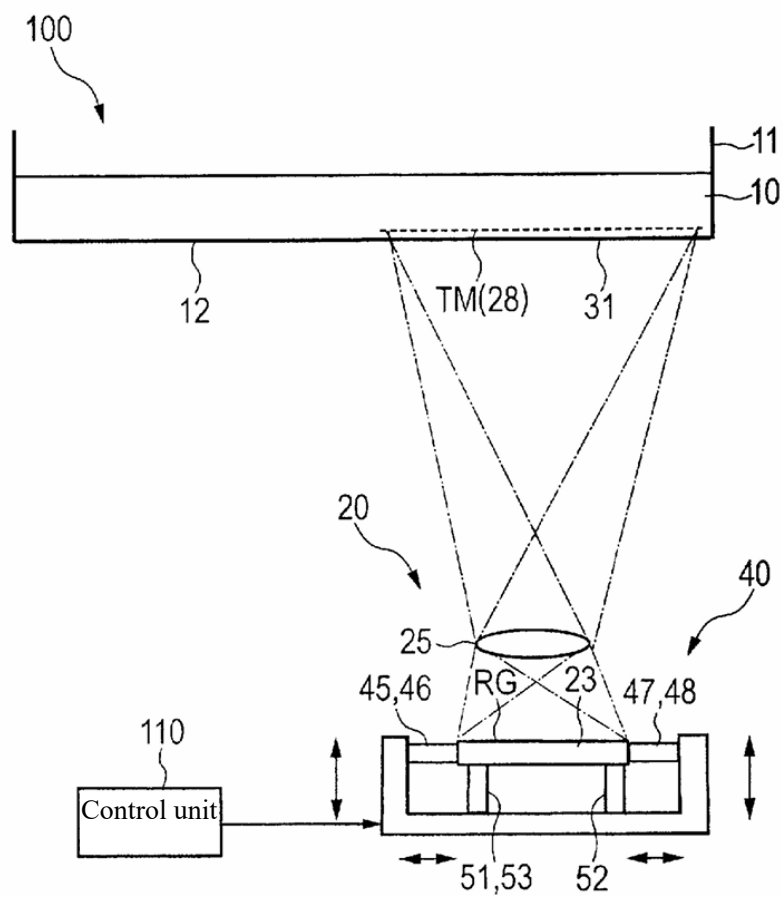
[FIG. 12B]



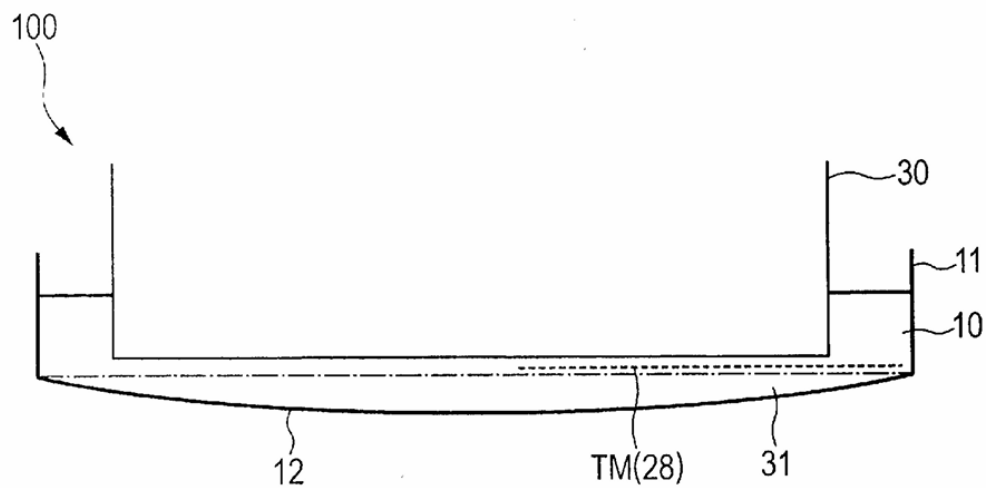
[FIG. 12C]



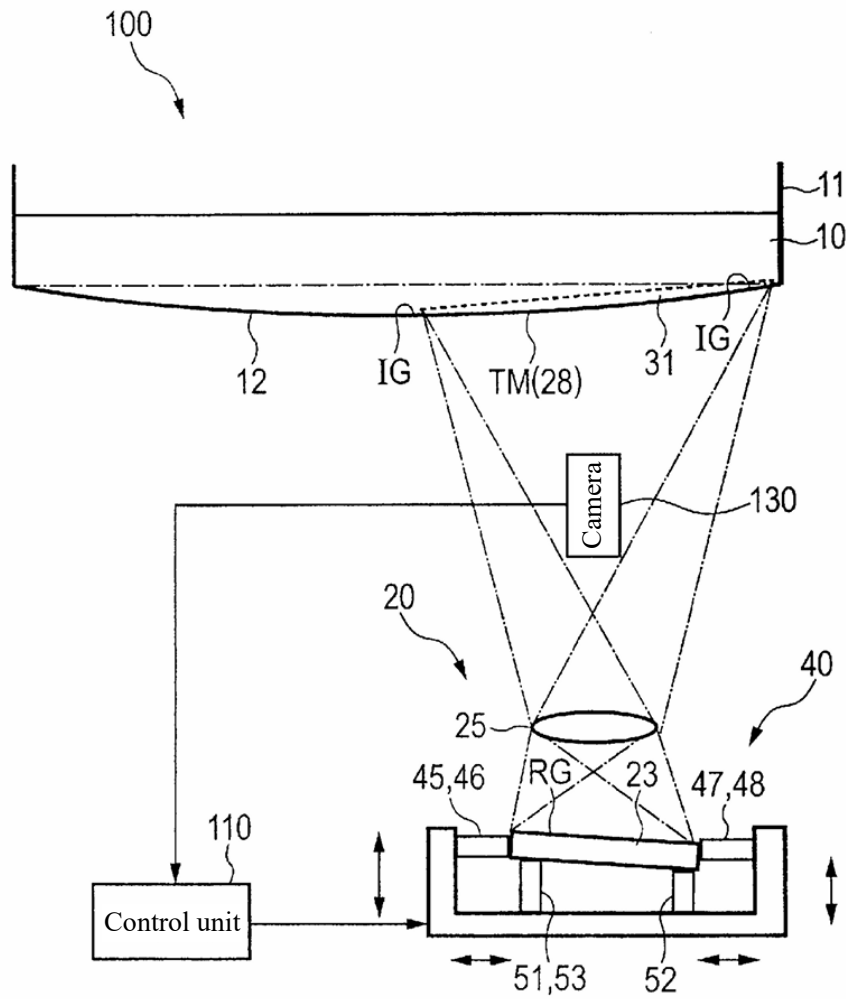
[FIG. 13A]



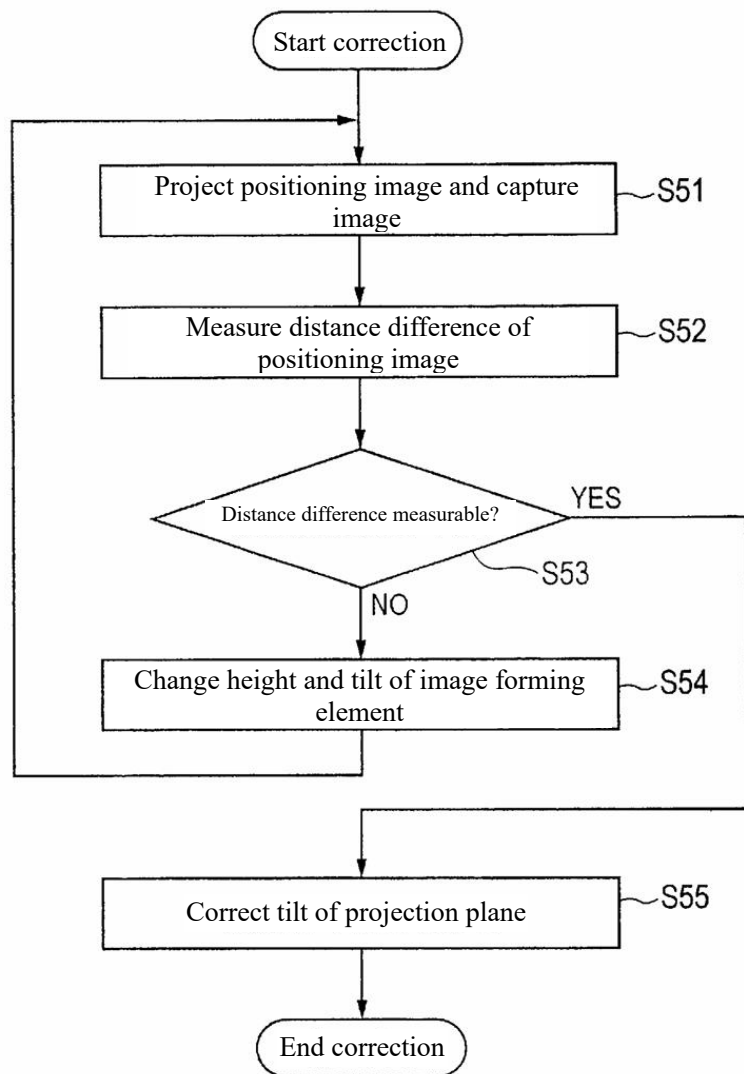
[FIG. 13B]



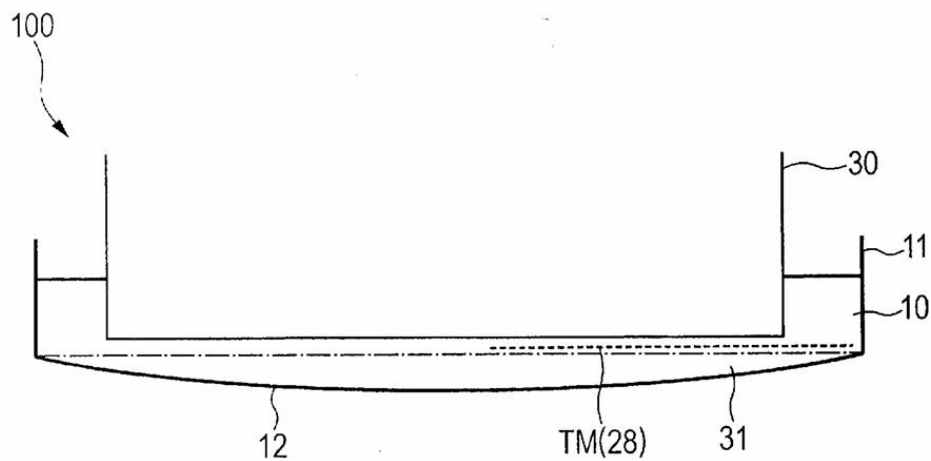
[FIG. 14]



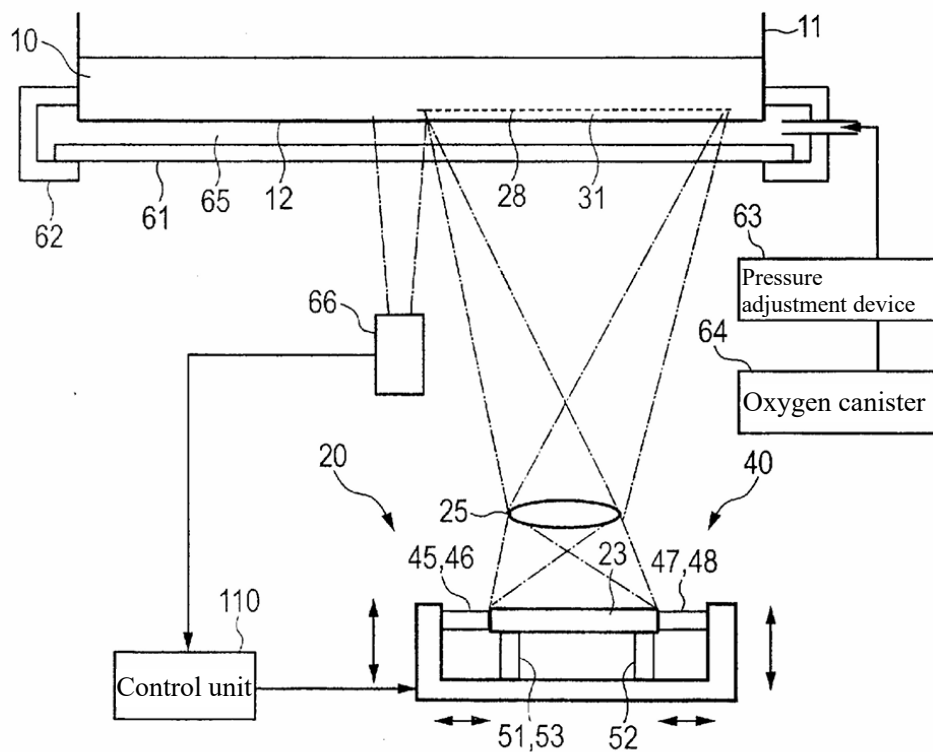
[FIG. 15]



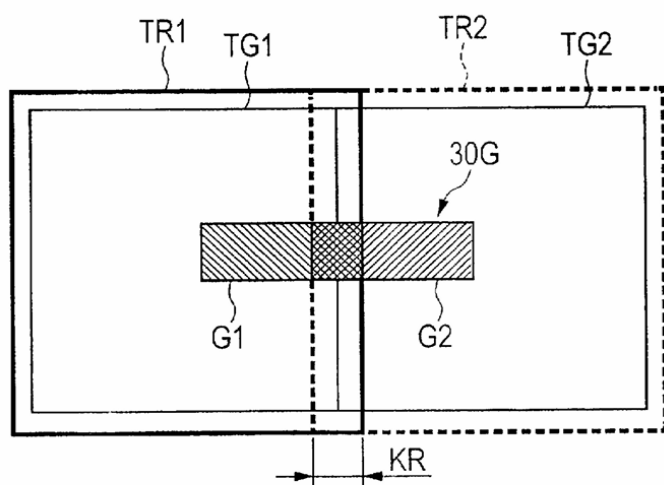
[FIG. 16A]



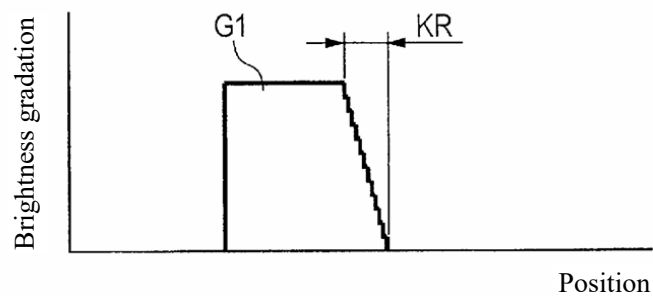
[FIG. 16B]



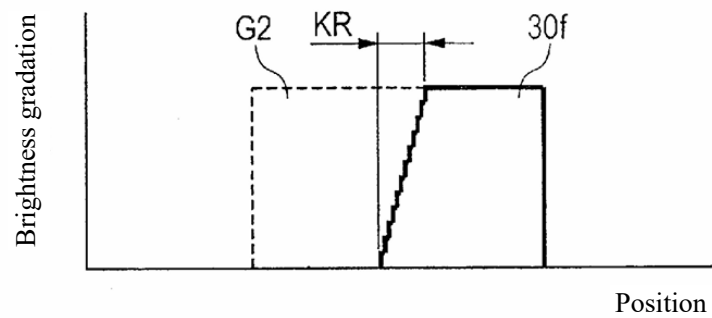
[FIG. 17A]



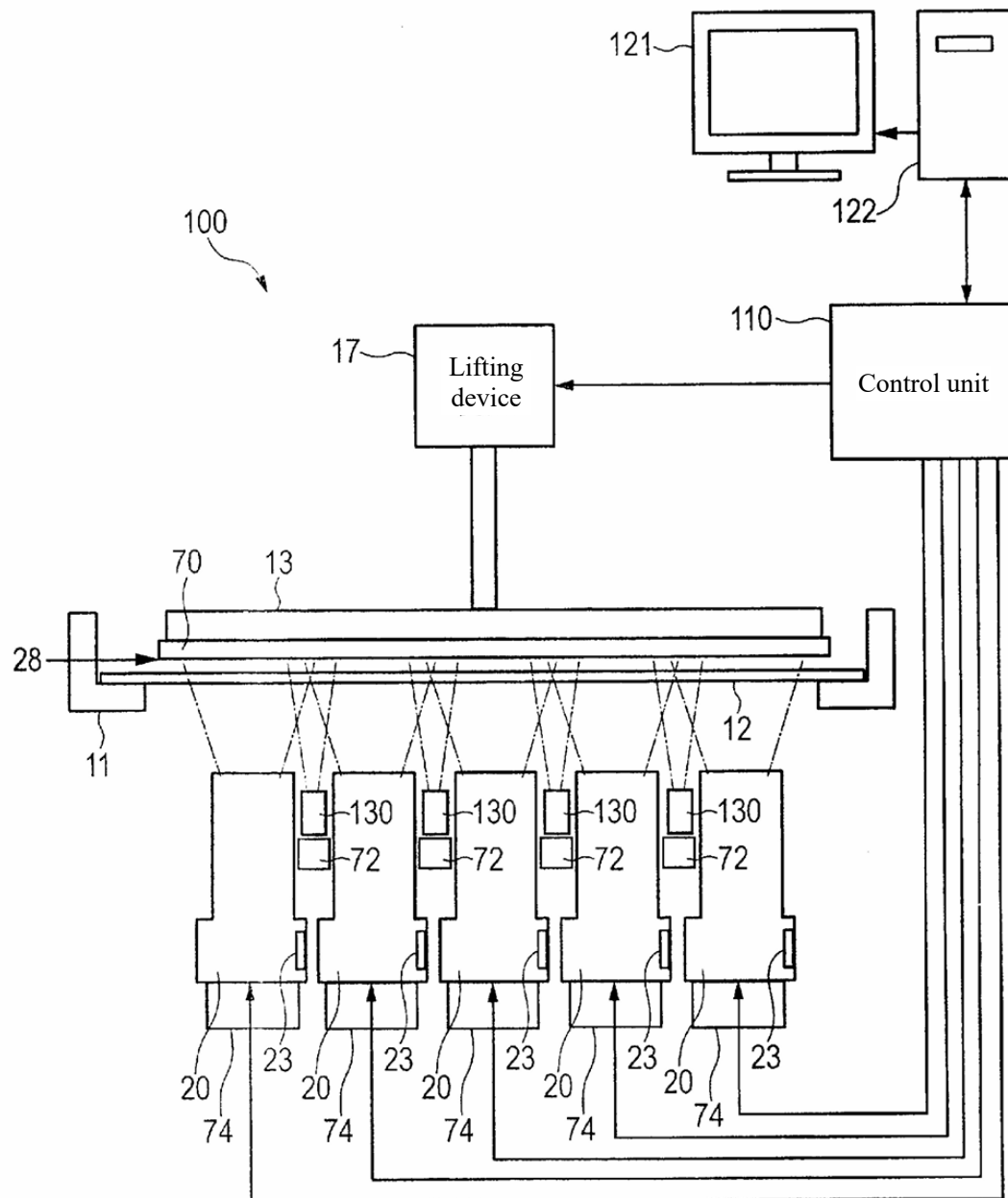
[FIG. 17B]



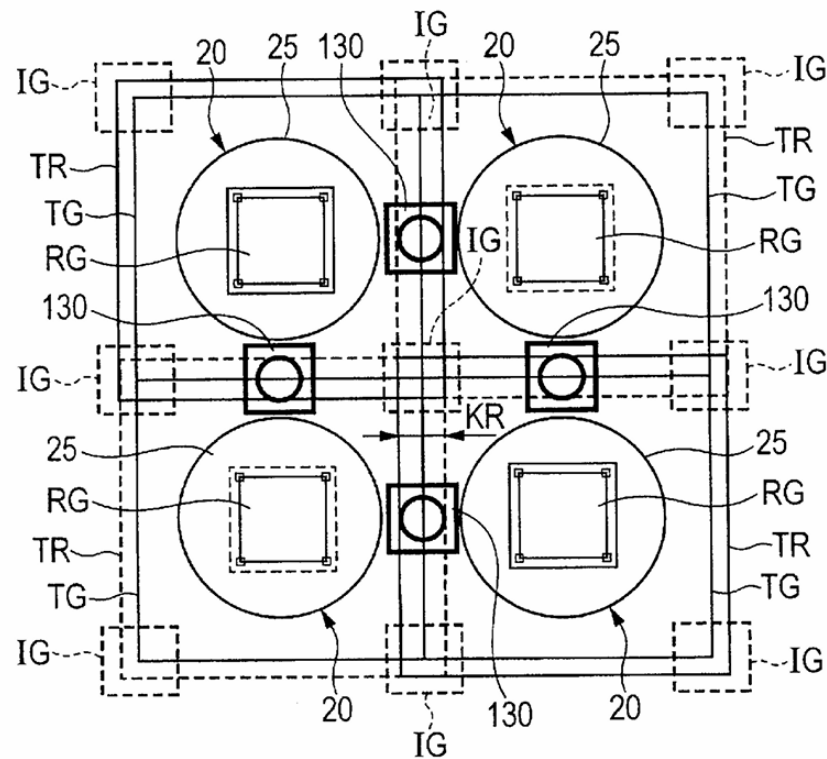
[FIG. 17C]



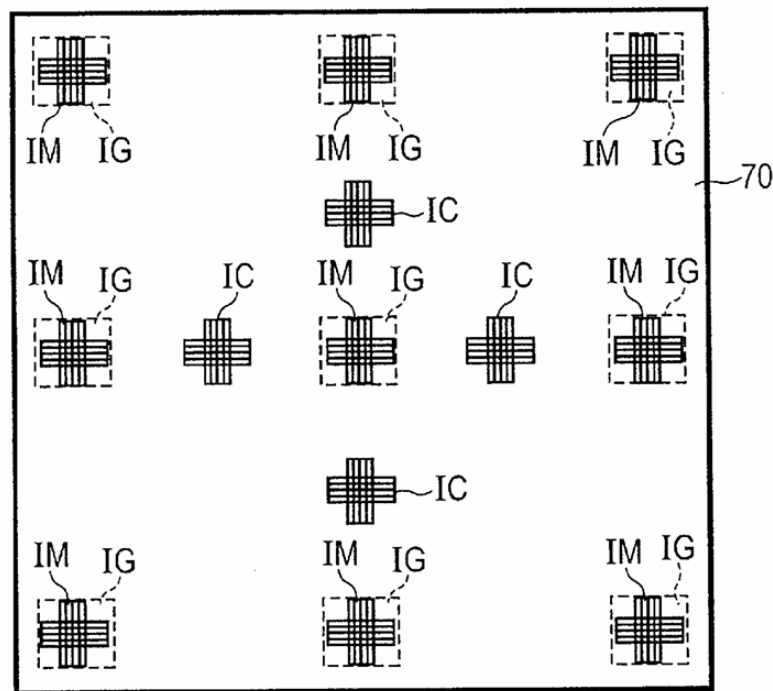
[FIG. 18]



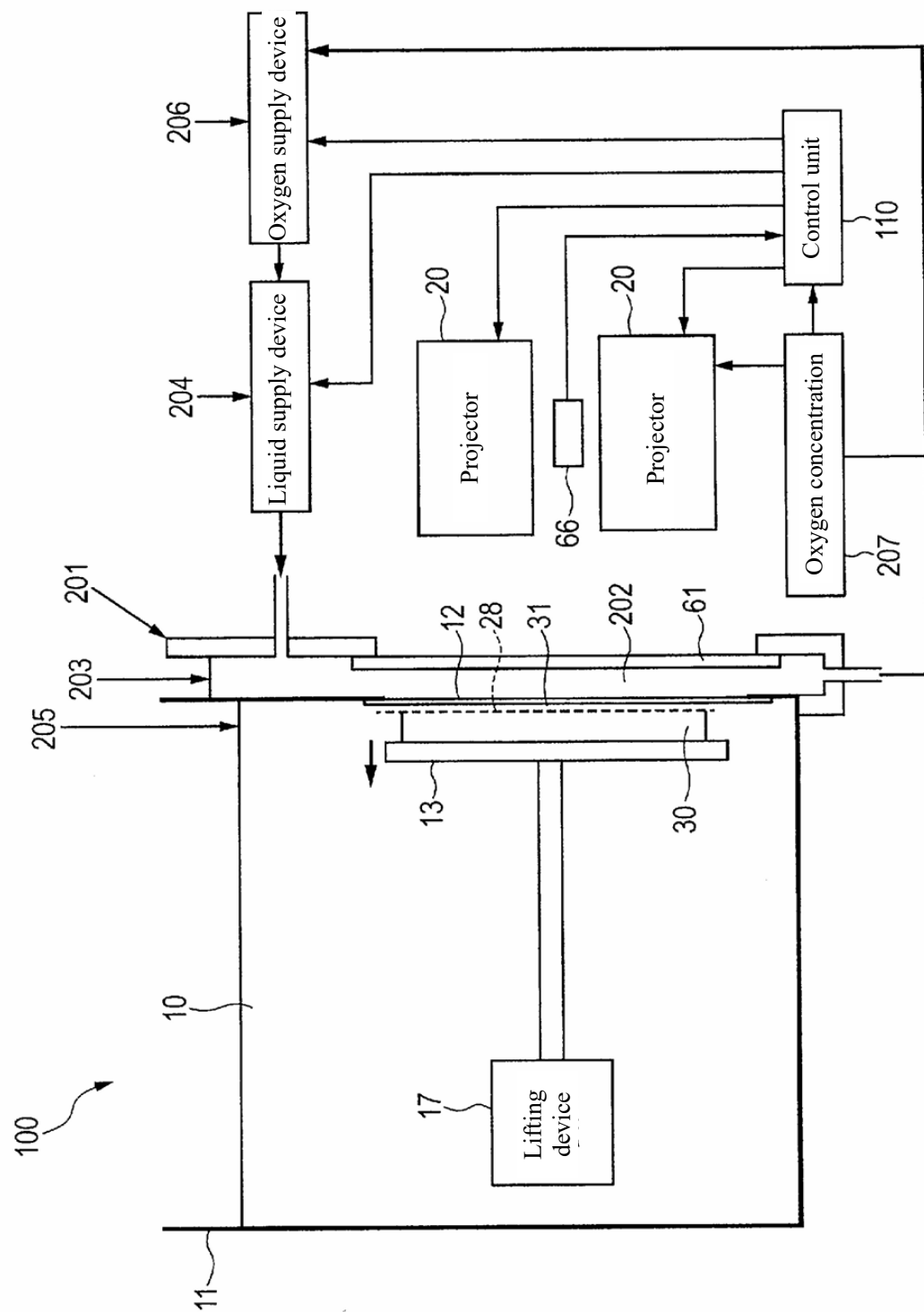
[FIG. 19A]



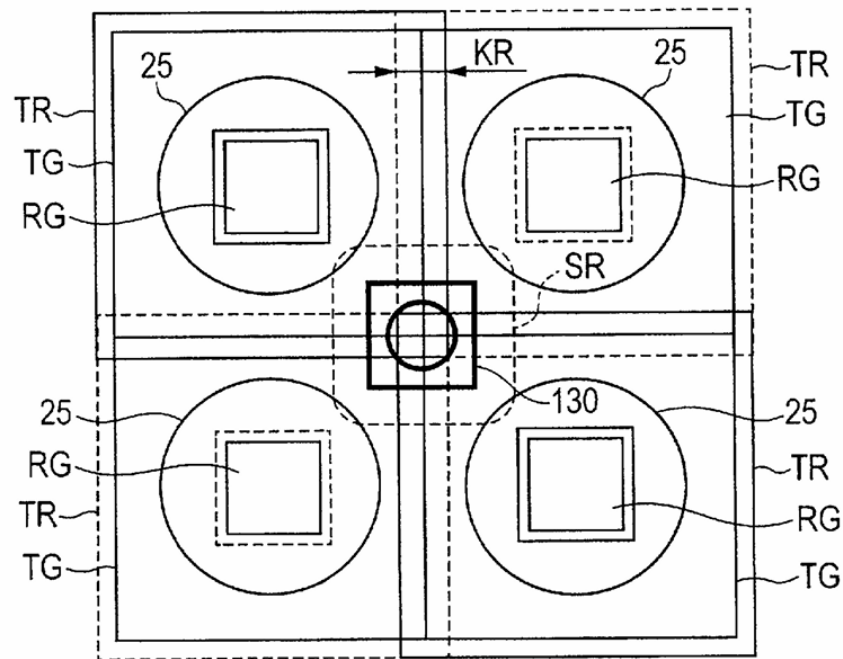
[FIG. 19B]



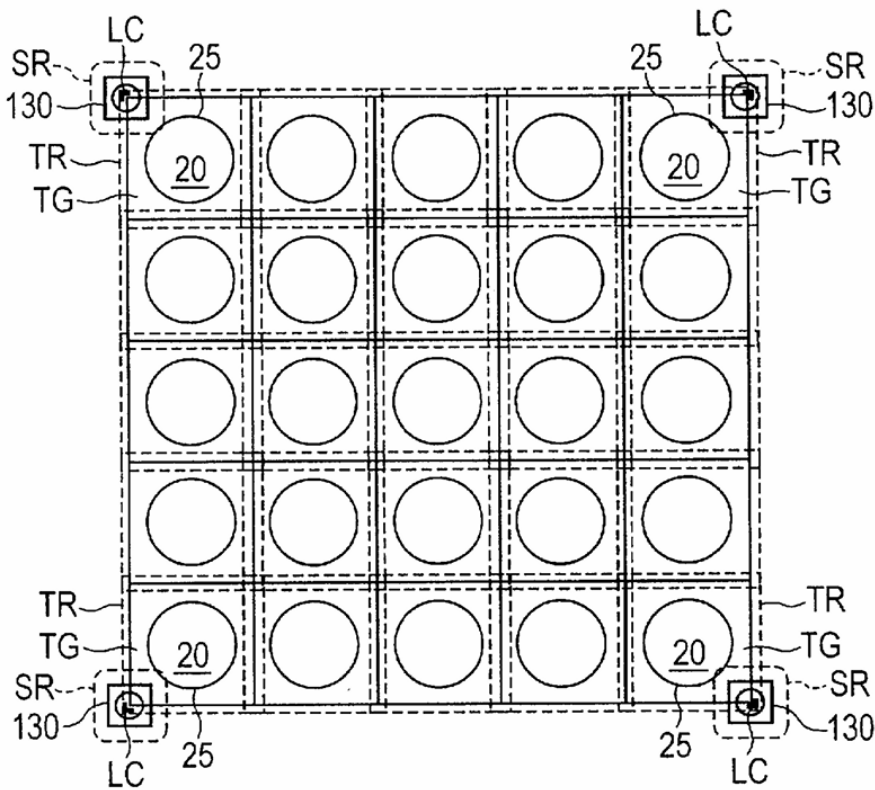
[FIG. 21]



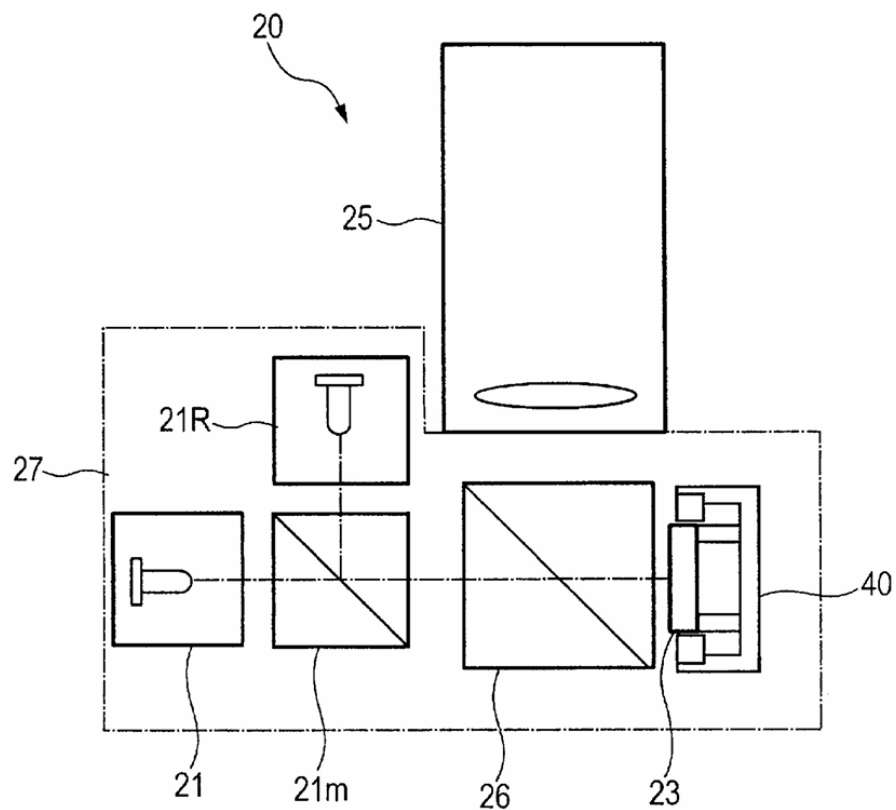
[FIG. 22A]



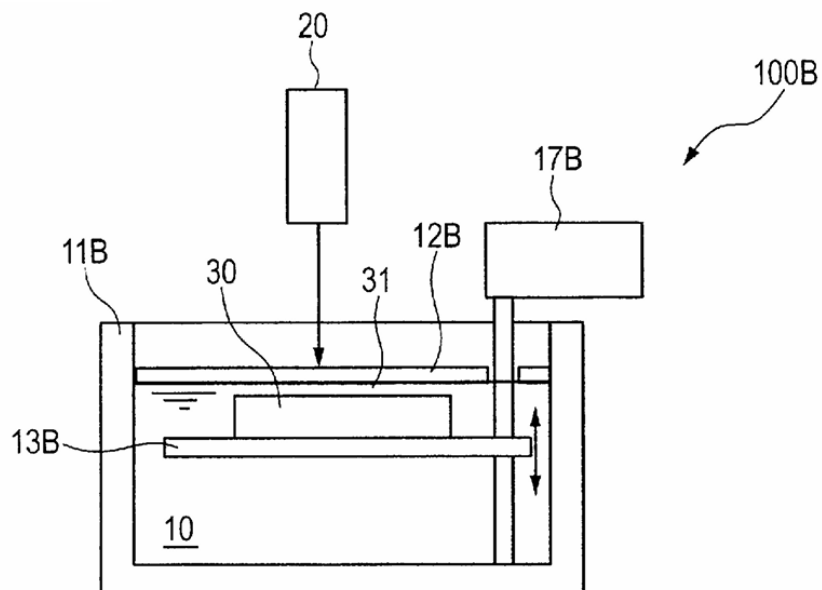
[FIG. 22B]



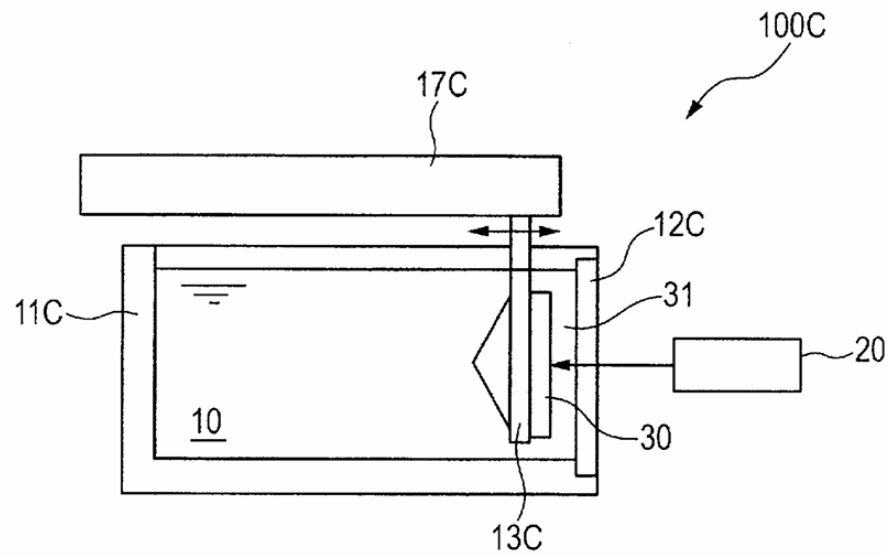
[FIG. 23]



[FIG. 24A]



[FIG. 24B]



A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B29C67/00(2017.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, B33Y30/00(2015.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B29C67/00, B33Y10/00, B33Y30/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2014-37148 A (3D Systems, Inc.), 27 February 2014 (27.02.2014), paragraphs [0002] to [0003], [0114] to [0122] & US 2008/0169586 A1 paragraphs [0002] to [0003], [0152] to [0160]	1-15, 24 16-23

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28 March 2017 (28.03.17)Date of mailing of the international search report
04 April 2017 (04.04.17)Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

3D Systems-Exhibit 1005-Page 129 of 130
Telephone No.

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER International Patent Classification (IPC)
 B29C67/00(2017.01) i, B33Y10/00(2015.01) i, B33Y30/00(2015.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched International Patent Classification (IPC)
 B29C67/00, B33Y10/00, B33Y30/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2017
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2017 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2014-37148 A (3D Systems, Inc.), 27 February 2014 (27.02.2014), paragraphs [0002] to [0003], [0114] to [0122] & US 2008/0169586 A1 paragraphs [0002] to [0003], [0152] to [0160]	1-15, 24 16-23

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
 28 March 2017 (28.03.17)

Date of mailing of the international search report
 04 April 2017 (04.04.17)

Name and mailing address of the ISA/
 Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
 Tokyo 100-8915, Japan

JPO Examiner (Authorized officer)

4R 9448

3D Systems-Exhibit 1005-Page 130 of 130
 Yoshiya Tashiro
 Telephone No. 03-3581-1101 Ext. 3471