

(19) 日本国特許庁(JP) (12) 公開特許公報(A) (11) 特許出願公開番号
特開2011-166663
(P2011-166663A)
(43) 公開日 平成23年8月25日(2011.8.25)

(51) Int. Cl. F 1 テーマコード (参考)
H03K 17/693 (2006.01) H03K 17/693 A 5J055
H04B 1/44 (2006.01) H04B 1/44 5K011

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2010-30038 (P2010-30038)	(71) 出願人	302062931 ルネサスエレクトロニクス株式会社 神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地
(22) 出願日	平成22年2月15日 (2010. 2. 15)	(74) 代理人	100089071 弁理士 玉村 静世
		(72) 発明者	小川 貴史 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	小屋 茂樹 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	重野 靖 東京都千代田区大手町二丁目6番2号 株 式会社ルネサステクノロジ内

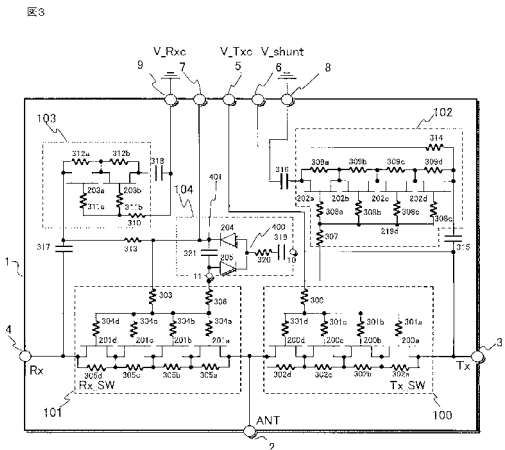
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アンテナスイッチおよびそれを内蔵した高周波モジュール

(57) 【要約】

【課題】 アンテナスイッチの高調波歪特性を改善する。
【解決手段】 アンテナスイッチのアンテナ端子2にアンテナが接続され、第1信号端子3とアンテナ端子2の間に第1転送スイッチ100が接続され、第2信号端子4とアンテナ端子2の間に第2転送スイッチ101が接続され、第1信号端子3と接地電位の間に第1シャントスイッチ102が接続され、第2信号端子4と接地電位の間に第2シャントスイッチ103が接続される。負電圧生成回路104の入力10は第1信号端子3に供給される送信信号にตอบสนองとされ、出力端子11に生成される負電圧にตอบสนองして第2転送スイッチ101と第1シャントスイッチ102とはオフ状態に制御される。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 信号端子と第 2 信号端子と第 1 制御端子と第 2 制御端子とアンテナ端子とを具備するアンテナスイッチであって、

前記アンテナ端子にはアンテナが接続可能とされ、前記第 1 信号端子と前記第 2 信号端子には前記アンテナによって受信される受信信号と前記アンテナによって送信される送信信号とのいずれかが供給可能かまたは生成可能とされ、

前記第 1 信号端子と前記アンテナ端子との間には第 1 転送スイッチの信号経路が接続され、前記第 1 転送スイッチの前記信号経路のオン・オフ制御は前記第 1 制御端子に供給される第 1 制御電圧のレベルによって制御可能とされ、

10

前記第 2 信号端子と前記アンテナ端子との間には第 2 転送スイッチの信号経路が接続され、前記第 2 転送スイッチの前記信号経路のオン・オフ制御は前記第 2 制御端子に供給される第 2 制御電圧のレベルによって制御可能とされ、

前記第 1 信号端子と接地電位との間に第 1 シャントスイッチの信号経路が接続され、前記第 1 シャントスイッチの前記信号経路のオン・オフ制御は前記第 1 転送スイッチの前記信号経路の前記オン・オフ制御と反対のオン・オフ状態に制御可能とされ、

前記第 2 信号端子と前記接地電位との間に第 2 シャントスイッチの信号経路が接続され、前記第 2 シャントスイッチの前記信号経路のオン・オフ制御は前記第 2 転送スイッチの前記信号経路の前記オン・オフ制御と反対のオン・オフ状態に制御可能とされ、

20

前記アンテナスイッチは、負電圧生成回路を更に具備して、

前記負電圧生成回路の入力端子は前記第 1 信号端子に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧に応答して前記第 2 転送スイッチの前記信号経路と前記第 1 シャントスイッチの前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされる

ことを特徴とするアンテナスイッチ。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記第 1 転送スイッチの前記信号経路がオン状態に制御され前記第 2 転送スイッチの前記信号経路がオフ状態に制御される際に、前記負電圧生成回路の前記入力端子は前記第 1 信号端子に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記負電圧生成回路の前記出力端子に生成される負電圧に応答して前記第 2 転送スイッチの前記信号経路と前記第 1 シャントスイッチの前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされる

30

ことを特徴とするアンテナスイッチ。

【請求項 3】

請求項 2 において、

前記第 1 転送スイッチはソース・ドレイン経路が直列接続された第 1 の複数の転送電界効果トランジスタを含み、前記第 1 の複数の転送電界効果トランジスタの直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第 1 転送スイッチの前記信号経路が形成され、前記第 1 の複数の転送電界効果トランジスタの複数のゲートには前記第 1 制御端子に供給される前記第 1 制御電圧が供給可能とされ、

40

前記第 2 転送スイッチはソース・ドレイン経路が直列接続された第 2 の複数の転送電界効果トランジスタを含み、前記第 2 の複数の転送電界効果トランジスタの直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第 2 転送スイッチの前記信号経路が形成され、前記第 2 の複数の転送電界効果トランジスタの複数のゲートには前記第 2 制御端子に供給される前記第 2 制御電圧が供給可能とされ、

前記第 1 シャントスイッチはソース・ドレイン経路が直列接続された第 1 の複数のシャント電界効果トランジスタを含み、前記第 1 の複数のシャント電界効果トランジスタの直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第 1 シャントスイッチの前記信号経路が形成され、前記第 1 の複数のシャント電界効果トランジスタの複数のゲートには前記負電圧生成回路の前記出力端子に生成される前記負電圧が供給可能とされ、

50

前記第2シャントスイッチはソース・ドレイン経路が直列接続された第2の複数のシャント電界効果トランジスタを含み、前記第2の複数のシャント電界効果トランジスタの直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第2シャントスイッチの前記信号経路が形成される

ことを特徴とするアンテナスイッチ。

【請求項4】

請求項3において、

前記第1シャントスイッチの前記信号経路の一端と他端とは、第1容量と第2容量とを介して前記第1信号端子と前記接地電位とにそれぞれ接続されたものであり、

前記第2シャントスイッチの前記信号経路の一端と他端とは、第3容量と第4容量とを介して前記第2信号端子と前記接地電位とにそれぞれ接続されたものである

ことを特徴とするアンテナスイッチ。

【請求項5】

請求項4において、

前記アンテナスイッチは、他の負電圧生成回路を更に具備して、

前記他の負電圧生成回路の入力端子は前記第2信号端子に供給される前記送信信号にตอบสนอง可能とされ、前記他の負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧にตอบสนองして前記第1転送スイッチの前記信号経路と前記第2シャントスイッチの前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされる

ことを特徴とするアンテナスイッチ。

【請求項6】

請求項4において、

前記負電圧生成回路は、第1負電圧生成回路と第2負電圧生成回路とを含み、

前記第1負電圧生成回路の入力端子は前記第1信号端子に供給される前記送信信号にตอบสนอง可能とされ、前記第1負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧にตอบสนองして前記第1シャントスイッチの前記信号経路はオフ状態に制御可能とされ、

前記第2負電圧生成回路の入力端子は前記第2転送スイッチの前記信号経路で直列接続された前記第2の複数の転送電界効果トランジスタの段間接続点に生成される段間送信信号にตอบสนอง可能とされ、前記第2負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧にตอบสนองして前記第2転送スイッチの前記信号経路はオフ状態に制御可能とされる

ことを特徴とするアンテナスイッチ。

【請求項7】

請求項4において、

前記アンテナスイッチは、第3信号端子と第4信号端子と第3制御端子と第4制御端子と第3負電圧生成回路と第4負電圧生成回路と第5負電圧生成回路とを更に具備して、

前記第3負電圧生成回路の入力端子は前記第2信号端子に供給される前記送信信号にตอบสนอง可能とされ、前記第3負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧にตอบสนองして前記第1転送スイッチの前記信号経路と前記第2シャントスイッチの前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされ、

前記第3信号端子と前記アンテナ端子との間には第3転送スイッチの信号経路が接続され、前記第3転送スイッチの前記信号経路のオン・オフ制御は前記第3制御端子に供給される第3制御電圧のレベルによって制御可能とされ、

前記第4信号端子と前記アンテナ端子との間には第4転送スイッチの信号経路が接続され、前記第4転送スイッチの前記信号経路のオン・オフ制御は前記第4制御端子に供給される第4制御電圧のレベルによって制御可能とされ、

前記第3転送スイッチはソース・ドレイン経路が直列接続された第3の複数の転送電界効果トランジスタを含み、前記第3の複数の転送電界効果トランジスタの直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第3転送スイッチの前記信号経路が形成され、前記第3の複数の転送電界効果トランジスタの複数のゲートには前記第3制御端子に供給される前記第3制御電圧が供給可能とされ、

前記第4転送スイッチはソース・ドレイン経路が直列接続された第4の複数の転送電界効果トランジスタを含み、前記第4の複数の転送電界効果トランジスタの直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第4転送スイッチの前記信号経路が形成され、前記第4の複数の転送電界効果トランジスタの複数のゲートには前記第4制御端子に供給される第4制御電圧が供給可能とされ、

前記第4負電圧生成回路の入力端子は前記第3転送スイッチの前記信号経路で直列接続された前記第3の複数の転送電界効果トランジスタの段間接続点に生成される段間送信信号に応答可能とされ、前記第4負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧に応答して前記第3転送スイッチの前記信号経路はオフ状態に制御可能とされ、

前記第5負電圧生成回路の入力端子は前記第4転送スイッチの前記信号経路で直列接続された前記第4の複数の転送電界効果トランジスタの段間接続点に生成される段間送信信号に応答可能とされ、前記第5負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧に応答して前記第4転送スイッチの前記信号経路はオフ状態に制御可能とされることを特徴とするアンテナスイッチ。

【請求項8】

請求項7において、

前記第4負電圧生成回路の前記入力端子と前記第3転送スイッチの前記第3の複数の転送電界効果トランジスタの前記段間接続点との間および前記第5負電圧生成回路の前記入力端子と前記第4転送スイッチの前記第4の複数の転送電界効果トランジスタの前記段間接続点には可変減衰器が接続され、

ローバンドの第1送信信号が第1信号端子に供給される場合には、前記可変減衰器は大きな減衰量に制御され、前記ローバンドの周波数よりも高い周波数のハイバンドの第2送信信号が第2信号端子に供給される場合には、前記可変減衰器は小さな減衰量に制御されることを特徴とするアンテナスイッチ。

【請求項9】

RF電力増幅器とアンテナスイッチを具備する高周波モジュールであって、

前記アンテナスイッチは、第1信号端子と第2信号端子と第1制御端子と第2制御端子とアンテナ端子とを具備して、

前記アンテナ端子にはアンテナが接続可能とされ、前記第1信号端子と前記第2信号端子には前記アンテナによって受信される受信信号と前記アンテナによって送信される送信信号とのいずれかが供給可能または生成可能とされ、

前記第1信号端子と前記アンテナ端子との間には第1転送スイッチの信号経路が接続され、前記第1転送スイッチの前記信号経路のオン・オフ制御は前記第1制御端子に供給される第1制御電圧のレベルによって制御可能とされ、

前記第2信号端子と前記アンテナ端子との間には第2転送スイッチの信号経路が接続され、前記第2転送スイッチの前記信号経路のオン・オフ制御は前記第2制御端子に供給される第2制御電圧のレベルによって制御可能とされ、

前記第1信号端子と接地電位との間に第1シャントスイッチの信号経路が接続され、前記第1シャントスイッチの前記信号経路のオン・オフ制御は前記第1転送スイッチの前記信号経路の前記オン・オフ制御と反対のオン・オフ状態に制御可能とされ、

前記第2信号端子と前記接地電位との間に第2シャントスイッチの信号経路が接続され、前記第2シャントスイッチの前記信号経路のオン・オフ制御は前記第2転送スイッチの前記信号経路の前記オン・オフ制御と反対のオン・オフ状態に制御可能とされ、

前記アンテナスイッチは、負電圧生成回路を更に具備して、

前記負電圧生成回路の入力端子は前記第1信号端子に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧に応答して前記第2転送スイッチの前記信号経路と前記第1シャントスイッチの前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされる

ことを特徴とする高周波モジュール。

【請求項 10】

請求項 9 において、

前記第 1 転送スイッチの前記信号経路がオン状態に制御され前記第 2 転送スイッチの前記信号経路がオフ状態に制御される際に、前記負電圧生成回路の前記入力端子は前記第 1 信号端子に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記負電圧生成回路の前記出力端子に生成される負電圧に応答して前記第 2 転送スイッチの前記信号経路と前記第 1 シャントスイッチの前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされることを特徴とする高周波モジュール。

【請求項 11】

請求項 10 において、

前記第 1 転送スイッチはソース・ドレイン経路が直列接続された第 1 の複数の転送電界効果トランジスタを含み、前記第 1 の複数の転送電界効果トランジスタの直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第 1 転送スイッチの前記信号経路が形成され、前記第 1 の複数の転送電界効果トランジスタの複数のゲートには前記第 1 制御端子に供給される前記第 1 制御電圧が供給可能とされ、

前記第 2 転送スイッチはソース・ドレイン経路が直列接続された第 2 の複数の転送電界効果トランジスタを含み、前記第 2 の複数の転送電界効果トランジスタの直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第 2 転送スイッチの前記信号経路が形成され、前記第 2 の複数の転送電界効果トランジスタの複数のゲートには前記第 2 制御端子に供給される前記第 2 制御電圧が供給可能とされ、

前記第 1 シャントスイッチはソース・ドレイン経路が直列接続された第 1 の複数のシャント電界効果トランジスタを含み、前記第 1 の複数のシャント電界効果トランジスタの直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第 1 シャントスイッチの前記信号経路が形成され、前記第 1 の複数のシャント電界効果トランジスタの複数のゲートには前記負電圧生成回路の前記出力端子に生成される前記負電圧が供給可能とされ、

前記第 2 シャントスイッチはソース・ドレイン経路が直列接続された第 2 の複数のシャント電界効果トランジスタを含み、前記第 2 の複数のシャント電界効果トランジスタの直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第 2 シャントスイッチの前記信号経路が形成される

ことを特徴とする高周波モジュール。

【請求項 12】

請求項 11 において、

前記第 1 シャントスイッチの前記信号経路の一端と他端とは、第 1 容量と第 2 容量とを介して前記第 1 信号端子と前記接地電位とにそれぞれ接続されたものであり、

前記第 2 シャントスイッチの前記信号経路の一端と他端とは、第 3 容量と第 4 容量とを介して前記第 2 信号端子と前記接地電位とにそれぞれ接続される

ことを特徴とする高周波モジュール。

【請求項 13】

請求項 12 において、

前記アンテナスイッチは、他の負電圧生成回路を更に具備して、

前記他の負電圧生成回路の入力端子は前記第 2 信号端子に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記他の負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧に応答して前記第 1 転送スイッチの前記信号経路と前記第 2 シャントスイッチの前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされる

ことを特徴とする高周波モジュール。

【請求項 14】

請求項 12 において、

前記負電圧生成回路は、第 1 負電圧生成回路と第 2 負電圧生成回路とを含み、

前記第 1 負電圧生成回路の入力端子は前記第 1 信号端子に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記第 1 負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧に応答して前記第

10

20

30

40

50

1 シャントスイッチの前記信号経路はオフ状態に制御可能とされ、

前記第2負電圧生成回路の入力端子は前記第2転送スイッチの前記信号経路で直列接続された前記第2の複数の転送電界効果トランジスタの段間接続点に生成される段間送信信号に応答可能とされ、前記第2負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧に応答して前記第2転送スイッチの前記信号経路はオフ状態に制御可能とされる

ことを特徴とする高周波モジュール。

【請求項15】

請求項12において、

前記アンテナスイッチは、第3信号端子と第4信号端子と第3制御端子と第4制御端子と第3負電圧生成回路と第4負電圧生成回路と第5負電圧生成回路とを更に具備して、

10

前記第3負電圧生成回路の入力端子は前記第2信号端子に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記第3負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧に応答して前記第1転送スイッチの前記信号経路と前記第2シャントスイッチの前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされ、

前記第3信号端子と前記アンテナ端子との間には第3転送スイッチの信号経路が接続され、前記第3転送スイッチの前記信号経路のオン・オフ制御は前記第3制御端子に供給される第3制御電圧のレベルによって制御可能とされ、

前記第4信号端子と前記アンテナ端子との間には第4転送スイッチの信号経路が接続され、前記第4転送スイッチの前記信号経路のオン・オフ制御は前記第4制御端子に供給される第4制御電圧のレベルによって制御可能とされ、

20

前記第3転送スイッチはソース・ドレイン経路が直列接続された第3の複数の転送電界効果トランジスタを含み、前記第3の複数の転送電界効果トランジスタの直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第3転送スイッチの前記信号経路が形成され、前記第3の複数の転送電界効果トランジスタの複数のゲートには前記第3制御端子に供給される前記第3制御電圧が供給可能とされ、

前記第4転送スイッチはソース・ドレイン経路が直列接続された第4の複数の転送電界効果トランジスタを含み、前記第4の複数の転送電界効果トランジスタの直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第4転送スイッチの前記信号経路が形成され、前記第4の複数の転送電界効果トランジスタの複数のゲートには前記第4制御端子に供給される第4制御電圧が供給可能とされ、

30

前記第4負電圧生成回路の入力端子は前記第3転送スイッチの前記信号経路で直列接続された前記第3の複数の転送電界効果トランジスタの段間接続点に生成される段間送信信号に応答可能とされ、前記第4負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧に応答して前記第3転送スイッチの前記信号経路はオフ状態に制御可能とされ、

前記第5負電圧生成回路の入力端子は前記第4転送スイッチの前記信号経路で直列接続された前記第4の複数の転送電界効果トランジスタの段間接続点に生成される段間送信信号に応答可能とされ、前記第5負電圧生成回路の出力端子に生成される負電圧に応答して前記第4転送スイッチの前記信号経路はオフ状態に制御可能とされる

ことを特徴とする高周波モジュール。

【請求項16】

40

請求項15において、

前記第4負電圧生成回路の前記入力端子と前記第3転送スイッチの前記第3の複数の転送電界効果トランジスタの前記段間接続点との間および前記第5負電圧生成回路の前記入力端子と前記第4転送スイッチの前記第4の複数の転送電界効果トランジスタの前記段間接続点には可変減衰器が接続され、

ローバンドの第1送信信号が第1信号端子に供給される場合には、前記可変減衰器は大きな減衰量に制御され、前記ローバンドの周波数よりも高い周波数のハイバンドの第2送信信号が第2信号端子に供給される場合には、前記可変減衰器は小さな減衰量に制御される

ことを特徴とする高周波モジュール。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アンテナスイッチを含む半導体集積回路およびそれを内蔵した高周波モジュールに関し、特に高調波歪特性を改善するのに有益な技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来では、PINダイオードを用いたアンテナスイッチ装置が一般的であったが、近年では、FET(Field Effect Transistor)、特に低いオン抵抗を持つヘテロ接合構造のHEMT(High Electron Mobility Transistor)がアンテナスイッチ装置に使用されている。また、FETを使用することによって、アンテナスイッチ装置は、モノリシックマイクロ波集積回路(MMIC: Monolithic Microwave Integrated Circuit)として集積化することも可能である。

【0003】

アンテナスイッチ装置にてHEMTデバイスのようなnチャンネルを有するディプレッション型FETを使用する場合には、オンとすべきFETのゲート・ソース間にしきい値電圧以上の高電位差を印加する一方、オフとすべきFETのゲート・ソース間にしきい値以下の低電位差を印加する。

【0004】

下記特許文献1には、アンテナスイッチ装置の受信側スイッチ部のディプレッション型電界効果トランジスタのゲート電極に送信時に印加する低電圧の制御信号として接地電位よりも低い低電圧を供給することによって、スイッチの挿入損失特性とアイソレーション特性を改善することが記載されている。

【0005】

下記特許文献2には、アンテナ端子と第1の入出力端子との間に第1のスルースwitchが接続され、第1の入出力端子と接地との間に第1のシャントスイッチが接続され、アンテナ端子と第2の入出力端子との間に第2のスルースwitchが接続され、第2の入出力端子と接地との間に第2のシャントスイッチが接続されたスイッチ回路が記載されている。第1のシャントスイッチは直列接続された4段のシャントFETにより構成され、この4段のシャントFETのうち最も第1の入出力端子側に接続されたシャントFET以外の3個のシャントFETの各ソースは電位固定抵抗を介して電位固定端子と接続され、4段のシャントFETのうち最も第1の入出力端子側に接続されたシャントFETのソースと電位固定端子との間には抵抗とダイオードとが直列に接続されている。第1の入出力端子に大電力の高周波信号が入力された場合に、ダイオードが導通して電位固定端子の電位が上昇して高調波歪の発生を抑制することが可能となる。

【0006】

下記特許文献3には、シリコンオンインシュレータ(SOI)技術で製造可能なRFスイッチが記載され、このRFスイッチでは、アンテナ端子と第1の入出力端子との間に第1のパススイッチングトランジスタが接続され、第1の入出力端子と接地との間に第1の分路トランジスタが接続され、アンテナ端子と第2の入出力端子との間に第2のパススイッチングトランジスタが接続され、第2の入出力端子と接地との間に第2の分路トランジスタが接続されている。更に下記特許文献3には、このRFスイッチと負電圧発生回路とを集積化することが記載され、この負電圧発生回路は発振器とクロック発生回路と電荷ポンプ回路とによって構成されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平9-200021号 公報

【特許文献2】特開2006-304013号 公報

【特許文献3】特表2005-515657号 公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明者等は本発明に先立って、アンテナスイッチを含む半導体集積回路を搭載した高周波モジュールの研究・開発に従事した。

【0009】

本発明に先立って本発明者等は、上記背景技術の上記特許文献1乃至上記特許文献3に記載された技術について検討を行った。

【0010】

上記特許文献1に記載された技術によれば、スイッチの挿入損失特性とアイソレーション特性を改善することが可能であるが、接地電位よりも低い低電圧を生成する負電圧発生回路が発振器とドライブ回路と負電圧変換チャージポンプ回路とレベル制御回路によって構成されているので、アンテナスイッチを含む半導体集積回路の小型化の障害となると言う問題が明らかとされた。また回路規模が大きいので消費電力が大きく、発振器からの雑音も問題となると言う問題が明らかとされた。

【0011】

上記特許文献2に記載された技術によれば、第1の入出力端子に大電力の高周波信号が入力された場合に、入力された高周波信号が第1のシャントスイッチを介して接地に漏洩されることが抑制されることが可能であるが、送受信の切り換え速度が遅延すると言う問題が明らかとされた。すなわち、上記特許文献2に記載されたスイッチ回路のアンテナ端子にはバイアス電圧が発生しているので直流成分遮断のためのDCカット容量をアンテナ端子と第1の入出力端子と第2の入出力端子に接続する必要がある。しかし、送受信の切り換えに際して、これらのDCカット容量の電荷充放電が必要なため送受信の切り換え速度が遅延すると言うものである。

【0012】

上記特許文献3に記載された技術によれば、挿入損失とスイッチ分離とが改善されることが可能であるが、負電圧発生回路が発振器とクロック発生回路と電荷ポンプ回路とによって構成されているのでRFスイッチを含む半導体集積回路の小型化の障害となると言う問題が明らかとされた。

【0013】

一方、本発明に先立って本発明者等は、電界効果トランジスタを使用したアンテナスイッチの大入力信号時の特性に関して検討を行った。

【0014】

図1は、本発明に先立って本発明者等によって検討された電界効果トランジスタを使用したアンテナスイッチの構成を示す図である。

【0015】

図1において、アンテナスイッチで使用される電界効果トランジスタQは、nチャンネル型で、ノーマリーオンのMES型電界効果トランジスタである。すなわち、しきい値電圧(V_{th})が負のデバイスであって、ゲート電圧が V_{th} 以上であれば、ドレインとソースとの間は低インピーダンスのオン状態となり、ゲート電圧が V_{th} 以下であれば、高インピーダンスのオフ状態となる。また、この電界効果トランジスタQは、ドレインとソースとを短絡することによって、ダイオードとして動作する。

【0016】

図1に示したアンテナスイッチにおいて、電界効果トランジスタQをスイッチとして使用する場合には、ドレインとソースとの間の導通(オン)と非導通(オフ)とをゲート電圧によって制御するため、図1に示すようにゲートGと制御端子Tcとの間に抵抗R1を接続して、ゲートGとドレインDとの間およびゲートGとソースSとの間に均等なバイアス電圧が供給されるように、抵抗R2によってドレインDとソースSとが接続される。ゲートGと制御端子Tcの間の抵抗R1は電圧降下を軽減するためスイッチオフ状態の挿入損失を損なわない程度の比較的小さな抵抗値に設定され、ドレインDとソースSと間の抵抗R

2の抵抗値もスイッチのオフ状態の挿入損失よりも大きな抵抗値に設定される。

【0017】

図2は、図1に示したアンテナスイッチの容量成分のゲート電圧の依存性を示す図である。

【0018】

図2の縦軸は容量成分C(単位：F)であり、図2の横軸はゲート電圧 V_g (単位：V)である。電界効果トランジスタQのしきい値電圧 $V_{th}(<0)$ とゲート電圧 V_g の関係において、 $V_g > V_{th}$ の場合には容量Cは急激に増加した後に大きな値で飽和する一方、 $V_g < V_{th}$ の場合には容量Cは次第に減少した後に小さな値で飽和する。図2に示したように、ゲート電圧 V_g がしきい値電圧 V_{th} 近辺では、容量Cの電圧依存性が大きいものとなる。

10

【0019】

図1に示したアンテナスイッチにおいて、制御端子 T_c の制御電圧 V_c によって電界効果トランジスタQがオフ状態にある場合にも、信号入力端子 T_1 に供給される入力信号の信号電圧値に応答して制御電圧 V_c をバイアス点として電界効果トランジスタQのゲート電圧 V_g は変動する。信号入力端子 T_1 に供給される入力信号は、電界効果トランジスタQのゲートG・ドレインD間の寄生容量とゲートG・ソースS間の寄生容量とによって分圧される。

【0020】

電界効果トランジスタQのゲートG・ドレインD間寄生容量とゲートG・ソースS間寄生容量は略等しいので、信号入力端子 T_1 の入力信号の信号振幅電圧 V_{max} の半分 $V_{max}/2$ が制御端子 T_c の制御電圧 V_c に重畳される。従って、信号入力端子 T_1 の入力信号の信号振幅電圧 V_{max} が増大することによって重畳電圧 $|V_c| + |V_{max}|/2$ がしきい値電圧 $|V_{th}|$ と略等しくなると、電界効果トランジスタQの非導通(オフ)から導通(オン)への変化が開始され、容量Cの急激な増加が開始される。この変化点は、図1のアンテナスイッチで、理想的にはオフ状態にあるべき電界効果トランジスタQが信号振幅電圧 V_{max} の増大によってオン状態となると言う誤動作の開始点となる。この変化点の信号入力端子 T_1 の入力信号の信号振幅電圧 V_{max} を、アンテナスイッチにおけるオフ耐圧と呼ぶ。この変化点でのオフ耐圧は、下記の(1)式によって与えられる。

20

【0021】

【数1】

数1

$$V_{max} = 2 \cdot (|V_c| - |V_{th}|) \quad \dots(1) \text{式}$$

30

【0022】

図1に示すアンテナスイッチでは、上記(1)式で与えられるオフ耐圧 V_{max} を改善することによって、容量Cの急激な増加による高調波歪特性を改善可能となる一方、電界効果トランジスタのオン誤動作による信号損失を改善可能とすることが可能となる。

【0023】

本発明は、以上のような本発明に先立った本発明者等による検討の結果、なされたものである。

40

【0024】

従って、本発明の目的とするところは、電界効果トランジスタを使用するアンテナスイッチの高調波歪特性を改善することにある。

【0025】

また、本発明の他の目的とするところは、アンテナスイッチの回路規模を削減することにある。

【0026】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面か

50

ら明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0027】

本願において開示される発明のうちの代表的なものについて簡単に説明すれば下記のとおりである。

【0028】

すなわち、本発明の代表的な実施の形態は、第1信号端子(3)と第2信号端子(4)と第1制御端子(5)と第2制御端子(7)とアンテナ端子(2)とを具備するアンテナスイッチである。

【0029】

前記アンテナ端子(2)にアンテナが接続され、前記第1信号端子(3)と前記第2信号端子(4)には前記アンテナの受信信号と送信信号とのいずれかが供給または生成される。

【0030】

前記第1信号端子(3)と前記アンテナ端子(2)との間には第1転送スイッチ(100)の信号経路が接続され、前記第1転送スイッチ(100)のオン・オフ制御は前記第1制御端子(5)の第1制御電圧(V_{Txc})のレベルによって制御される。

【0031】

前記第2信号端子(4)と前記アンテナ端子(2)との間には第2転送スイッチ(101)の信号経路が接続され、前記第2転送スイッチ(101)のオン・オフ制御は前記第2制御端子(7)の第2制御電圧(V_{Rxc})のレベルによって制御可能とされる。

【0032】

前記第1信号端子(3)と接地電位との間に第1シャントスイッチ(102)の信号経路が接続され、前記第1シャントスイッチ(102)のオン・オフ制御は前記第1転送スイッチ(100)の前記信号経路の前記オン・オフ制御と反対のオン・オフ状態に制御可能とされる。

【0033】

前記第2信号端子(4)と前記接地電位との間に第2シャントスイッチ(103)の信号経路が接続され、前記第2シャントスイッチ(103)のオン・オフ制御は前記第2転送スイッチ(101)の前記信号経路の前記オン・オフ制御と反対のオン・オフ状態に制御可能とされる。

【0034】

前記アンテナスイッチは、負電圧生成回路(104)を更に具備する。

【0035】

前記負電圧生成回路(104)の前記入力端子(10)は前記第1信号端子(3)に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記負電圧生成回路(104)の前記出力端子(11)に生成される負電圧に응答して前記第2転送スイッチ(101)の前記信号経路と前記第1シャントスイッチ(102)の前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされたことを特徴とする(図3参照)。

【発明の効果】

【0036】

本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば下記の通りである。

【0037】

すなわち、本発明によれば、アンテナスイッチの高調波歪特性を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】 図1は、本発明に先立って本発明者等によって検討された電界効果トランジスタを使用したアンテナスイッチの構成を示す図である。

【図2】 図2は、図1に示したアンテナスイッチの容量成分の制御電圧の依存性を示す図

である。

【図 3】図 3 は、本発明の実施の形態 1 によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路の構成を示す図である。

【図 4】図 4 は、本発明の実施の形態 2 によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路の構成を示す図である。

【図 5】図 5 は、本発明の実施の形態 3 によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路の構成を示す図である。

【図 6】図 6 は、本発明の実施の形態 4 によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路の構成を示す図である。

【図 7】図 7 は、図 6 の本発明の実施の形態 4 によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路 1 を内蔵した本発明の実施の形態 5 による高周波モジュールの構成を示す図である。

10

【図 8】図 8 は、低レベルの送信信号が図 3 の本発明の実施の形態 1 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの送信端子 3 に供給される際に各スイッチ 100、101、102、103 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【図 9】図 9 は、高レベルの送信信号が図 3 の本発明の実施の形態 1 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの送信端子 3 に供給される際に各スイッチ 100、101、102、103 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【図 10】図 10 は、受信信号が図 3 に示した本発明の実施の形態 1 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの受信端子 4 に供給される際に各スイッチ 100、101、102、103 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

20

【図 11】図 11 は、低レベルの第 1 の送信信号が図 4 の本発明の実施の形態 2 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの第 1 の送信端子 31 に供給される際に各スイッチ 100、105、102、106 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【図 12】図 12 は、高レベルの第 1 の送信信号が図 4 の本発明の実施の形態 2 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの第 1 の送信端子 31 に供給される際に各スイッチ 100、105、102、106 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【図 13】図 13 は、低レベルの第 2 の送信信号が図 4 の本発明の実施の形態 2 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの第 2 の送信端子 32 に供給される際に各スイッチ 100、105、102、106 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【図 14】図 14 は、高レベルの第 2 の送信信号が図 4 の本発明の実施の形態 2 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの第 2 の送信端子 32 に供給される際に各スイッチ 100、105、102、106 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

30

【図 15】図 15 は、低レベルの送信信号が図 5 に示した本発明の実施の形態 3 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの送信端子 3 に供給される際に各スイッチ 100、101、102、103 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【図 16】図 16 は、高レベルの送信信号が図 5 に示した本発明の実施の形態 3 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの送信端子 3 に供給される際に各スイッチ 100、101、102、103 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【図 17】図 17 は、受信信号が図 5 に示した本発明の実施の形態 3 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの受信端子 4 に供給される際に各スイッチ 100、101、102、103 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

40

【図 18】図 18 は、低レベルの第 1 の送信信号が図 6 の本発明の実施の形態 4 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの第 1 の送信端子 31 から供給される際に各スイッチ 100、105、102、106、101、110、103、スイッチ 111 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【図 19】図 19 は、高レベルの第 1 の送信信号が図 6 の本発明の実施の形態 4 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの第 1 の送信端子 31 から供給される際に各スイッチ 100、105、102、106、101、110、103、スイッチ 111 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【図 20】図 20 は、低レベルの第 1 の送信信号が図 6 の本発明の実施の形態 4 による半

50

導体集積回路 1 のアンテナスイッチの第 2 の送信端子 3 2 から供給される際に各スイッチ 1 0 0、1 0 5、1 0 2、1 0 6、1 0 1、1 1 0、1 0 3、スイッチ 1 1 1 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【図 2 1】図 2 1 は、高レベルの第 2 の送信信号が図 6 の本発明の実施の形態 4 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの第 2 の送信端子 3 2 から供給される際に各スイッチ 1 0 0、1 0 5、1 0 2、1 0 6、1 0 1、1 1 0、1 0 3、スイッチ 1 1 1 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【図 2 2】図 2 2 は、図 6 の本発明の実施の形態 4 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチが受信動作を行う際に、各スイッチ 1 0 0、1 0 5、1 0 2、1 0 6、1 0 1、1 1 0、1 0 3、スイッチ 1 1 1 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0 0 3 9】

1. 実施の形態の概要

まず、本願において開示される発明の代表的な実施の形態について概要を説明する。代表的な実施の形態についての概要説明で括弧を付して参照する図面の参照符号はそれが付された構成要素の概念に含まれるものを例示するに過ぎない。

【0 0 4 0】

[1] 本発明の代表的な実施の形態は、第 1 信号端子(3)と第 2 信号端子(4)と第 1 制御端子(5)と第 2 制御端子(7)とアンテナ端子(2)とを具備するアンテナスイッチである。

20

【0 0 4 1】

前記アンテナ端子(2)にはアンテナが接続可能とされ、前記第 1 信号端子(3)と前記第 2 信号端子(4)には前記アンテナによって受信される受信信号と前記アンテナによって送信される送信信号とのいずれかが供給可能または生成可能とされる。

【0 0 4 2】

前記第 1 信号端子(3)と前記アンテナ端子(2)との間には第 1 転送スイッチ(1 0 0)の信号経路が接続され、前記第 1 転送スイッチ(1 0 0)の前記信号経路のオン・オフ制御は前記第 1 制御端子(5)に供給される第 1 制御電圧(V_{Tx})のレベルによって制御可能とされる。

【0 0 4 3】

前記第 2 信号端子(4)と前記アンテナ端子(2)との間には第 2 転送スイッチ(1 0 1)の信号経路が接続され、前記第 2 転送スイッチ(1 0 1)の前記信号経路のオン・オフ制御は前記第 2 制御端子(7)に供給される第 2 制御電圧(V_{Rx})のレベルによって制御可能とされる。

30

【0 0 4 4】

前記第 1 信号端子(3)と接地電位との間に第 1 シャントスイッチ(1 0 2)の信号経路が接続され、前記第 1 シャントスイッチ(1 0 2)の前記信号経路のオン・オフ制御は前記第 1 転送スイッチ(1 0 0)の前記信号経路の前記オン・オフ制御と反対のオン・オフ状態に制御可能とされる。

【0 0 4 5】

前記第 2 信号端子(4)と前記接地電位との間に第 2 シャントスイッチ(1 0 3)の信号経路が接続され、前記第 2 シャントスイッチ(1 0 3)の前記信号経路のオン・オフ制御は前記第 2 転送スイッチ(1 0 1)の前記信号経路の前記オン・オフ制御と反対のオン・オフ状態に制御可能とされる。

40

【0 0 4 6】

前記アンテナスイッチは、負電圧生成回路(1 0 4)を更に具備する。

【0 0 4 7】

前記負電圧生成回路(1 0 4)の前記入力端子(1 0)は前記第 1 信号端子(3)に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記負電圧生成回路(1 0 4)の前記出力端子(1 1)に生成される負電圧に응答して前記第 2 転送スイッチ(1 0 1)の前記信号経路と前記第 1 シ

50

ャントスイッチ(102)の前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされたことを特徴とする(図3参照)。

【0048】

前記実施の形態によれば、アンテナスイッチの高調波歪特性を改善することができる。

【0049】

好適な実施の形態では、前記第1転送スイッチ(100)の前記信号経路がオン状態に制御され前記第2転送スイッチ(101)の前記信号経路がオフ状態に制御される際に、前記負電圧生成回路(104)の前記入力端子(10)は前記第1信号端子(3)に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記負電圧生成回路(104)の前記出力端子(11)に生成される負電圧に応答して前記第2転送スイッチ(101)の前記信号経路と前記第1シャントスイッチ(102)の前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされたことを特徴とする(図3参照)。

10

【0050】

他の好適な実施の形態では、前記第1転送スイッチ(100)はソース・ドレイン経路が直列接続された第1の複数の転送電界効果トランジスタ(200a～d)を含み、前記第1の複数の転送電界効果トランジスタ(200a～d)の直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第1転送スイッチ(100)の前記信号経路が形成され、前記第1の複数の転送電界効果トランジスタ(200a～d)の複数のゲートには前記第1制御端子(5)に供給される前記第1制御電圧(V_{Txc})が供給可能とされる。

【0051】

20

前記第2転送スイッチ(101)はソース・ドレイン経路が直列接続された第2の複数の転送電界効果トランジスタ(201a～d)を含み、前記第2の複数の転送電界効果トランジスタ(201a～d)の直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第2転送スイッチ(101)の前記信号経路が形成され、前記第2の複数の転送電界効果トランジスタ(201a～d)の複数のゲートには前記第2制御端子(7)に供給される前記第2制御電圧(V_{Rxc})が供給可能とされる。

【0052】

前記第1シャントスイッチ(102)はソース・ドレイン経路が直列接続された第1の複数のシャント電界効果トランジスタ(202a～d)を含み、前記第1の複数のシャント電界効果トランジスタ(202a～d)の直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第1シャントスイッチ(102)の前記信号経路が形成され、前記第1の複数のシャント電界効果トランジスタ(202a～d)の複数のゲートには前記負電圧生成回路(104)の前記出力端子(11)に生成される前記負電圧が供給可能とされる。

30

【0053】

前記第2シャントスイッチ(103)はソース・ドレイン経路が直列接続された第2の複数のシャント電界効果トランジスタ(203a～b)を含み、前記第2の複数のシャント電界効果トランジスタ(203a～b)の直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第2シャントスイッチ(103)の前記信号経路が形成されたことを特徴とする(図3参照)。

【0054】

40

より好適な実施の形態では、前記第1シャントスイッチ(102)の前記信号経路の一端と他端とは、第1容量(315)と第2容量(316)とを介して前記第1信号端子(3)と前記接地電位とにそれぞれ接続されたものである。

【0055】

前記第2シャントスイッチ(103)の前記信号経路の一端と他端とは、第3容量(317)と第4容量(318)とを介して前記第2信号端子(4)と前記接地電位とにそれぞれ接続されたことを特徴とするものである(図3参照)。

【0056】

他のより好適な実施の形態によるアンテナスイッチは、他の負電圧生成回路(108)を更に具備する。

50

【0057】

前記他の負電圧生成回路(108)の入力端子(17)は前記第2信号端子(32)に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記他の負電圧生成回路(108)の出力端子(18)に生成される負電圧に応答して前記第1転送スイッチ(100)の前記信号経路と前記第2シャントスイッチ(106)の前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされたことを特徴とする(図4参照)。

【0058】

また他のより好適な実施の形態によるアンテナスイッチでは、前記負電圧生成回路は第1負電圧生成回路(107)と第2負電圧生成回路(109)とを含む。

【0059】

前記第1負電圧生成回路(107)の入力端子(20)は前記第1信号端子(3)に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記第1負電圧生成回路(107)の出力端子(21)に生成される負電圧に応答して前記第1シャントスイッチ(102)の前記信号経路はオフ状態に制御可能とされる。

10

【0060】

前記第2負電圧生成回路(109)の入力端子(22)は前記第2転送スイッチ(101)の前記信号経路で直列接続された前記第2の複数の転送電界効果トランジスタ(201a～d)の段間接続点(410)に生成される段間送信信号に応答可能とされ、前記第2負電圧生成回路(109)の出力端子(23)に生成される負電圧に応答して前記第2転送スイッチ(101)の前記信号経路はオフ状態に制御可能とされたことを特徴とする(図5参照)。

20

【0061】

具体的な実施の形態によるアンテナスイッチは、第3信号端子(41)と第4信号端子(42)と第3制御端子(7)と第4制御端子(25)と第3負電圧生成回路(108)と第4負電圧生成回路(109)と第5負電圧生成回路(112)とを更に具備する(図6参照)。

【0062】

前記第3負電圧生成回路(108)の入力端子(17)は前記第2信号端子(32)に供給される前記送信信号に応答可能とされ、前記第3負電圧生成回路(108)の出力端子(18)に生成される負電圧に応答して前記第1転送スイッチ(100)の前記信号経路と前記第2シャントスイッチ(106)の前記信号経路とはオフ状態に制御可能とされる。

【0063】

前記第3信号端子(41)と前記アンテナ端子(2)との間には第3転送スイッチ(101)の信号経路が接続され、前記第3転送スイッチ(101)の前記信号経路のオン・オフ制御は前記第3制御端子(7)に供給される第3制御電圧(V_{Rx1c})のレベルによって制御可能とされる。

30

【0064】

前記第4信号端子(42)と前記アンテナ端子(2)との間には第4転送スイッチ(110)の信号経路が接続され、前記第4転送スイッチ(110)の前記信号経路のオン・オフ制御は前記第4制御端子(25)に供給される第4制御電圧(V_{Rx2c})のレベルによって制御可能とされる。

【0065】

前記第3転送スイッチ(101)はソース・ドレイン経路が直列接続された第3の複数の転送電界効果トランジスタ(201a～d)を含み、前記第3の複数の転送電界効果トランジスタ(201a～d)の直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第3転送スイッチ(101)の前記信号経路が形成され、前記第3の複数の転送電界効果トランジスタ(201a～d)の複数のゲートには前記第3制御端子(7)に供給される前記第3制御電圧(V_{Rx1c})が供給可能とされる。

40

【0066】

前記第4転送スイッチ(110)はソース・ドレイン経路が直列接続された第4の複数の転送電界効果トランジスタ(214a～d)を含み、前記第4の複数の転送電界効果トランジスタ(214a～d)の直列接続された前記ソース・ドレイン経路によって前記第4転送

50

スイッチ(110)の前記信号経路が形成され、前記第4の複数の転送電界効果トランジスタ(214a～d)の複数のゲートには前記第4制御端子(25)に供給される第4制御電圧(V_{Rx2c})が供給可能とされる。

【0067】

前記第4負電圧生成回路(109)の入力端子(22)は前記第3転送スイッチ(101)の前記信号経路で直列接続された前記第3の複数の転送電界効果トランジスタ(201a～d)の段間接続点(410)に生成される段間送信信号に応答可能とされ、前記第4負電圧生成回路(109)の出力端子(23)に生成される負電圧に応答して前記第3転送スイッチ(101)の前記信号経路はオフ状態に制御可能とされる。

【0068】

前記第5負電圧生成回路(112)の入力端子(27)は前記第4転送スイッチ(110)の前記信号経路で直列接続された前記第4の複数の転送電界効果トランジスタ(214a～d)の段間接続点(413)に生成される段間送信信号に応答可能とされ、前記第5負電圧生成回路(110)の出力端子(28)に生成される負電圧に応答して前記第4転送スイッチ(110)の前記信号経路はオフ状態に制御可能とされたことを特徴とするものである(図6参照)。

【0069】

最も具体的な実施の形態では、前記第4負電圧生成回路(109)の前記入力端子(22)と前記第3転送スイッチ(101)の前記第3の複数の転送電界効果トランジスタ(201a～d)の前記段間接続点(410)との間および前記第5負電圧生成回路(110)の前記入力端子(27)と前記第4転送スイッチ(110)の前記第4の複数の転送電界効果トランジスタ(214a～d)の前記段間接続点(413)には可変減衰器(218a～b、219a～b、360、361a～b、362a～b、363a～b、364a～b)が接続される。

【0070】

ローバンドの第1送信信号が第1信号端子(31)に供給される場合には、前記可変減衰器は大きな減衰量に制御され、前記ローバンドの周波数よりも高い周波数のハイバンドの第2送信信号が第2信号端子(32)に供給される場合には、前記可変減衰器は小さな減衰量に制御されることを特徴とする(図6参照)。

【0071】

〔2〕本発明の別の観点の代表的な実施の形態は、RF電力増幅器(70)とアンテナスイッチ(73)を具備する高周波モジュール(RFMD)である。

【0072】

前記アンテナスイッチ(73)は、上記〔1〕の本発明のいずれかの実施の形態で構成されたことを特徴とする(図7参照)。

【0073】

前記実施の形態によれば、アンテナスイッチの高調波歪特性を改善することができる。

【0074】

2. 実施の形態の詳細

次に、実施の形態について更に詳述する。尚、発明を実施するための最良の形態を説明するための全図において、前記の図と同一の機能を有する部品には同一の符号を付して、その繰り返しの説明は省略する。

【0075】

〔実施の形態1〕

《送受信用SPDT型アンテナスイッチ》

図3は、本発明の実施の形態1によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路の構成を示す図である。

【0076】

図3に示す本発明の実施の形態1による半導体集積回路1は、送信用トランスファークロストスイッチ100と受信用トランスファークロストスイッチ101と送信側シャントゲー

トスイッチ102と受信側シャントゲートスイッチ103と降圧回路104とを有するアンテナスイッチを少なくとも1個またはそれ以上を含むものである。従って、図3に示す半導体集積回路1は、送信用SPDT型アンテナスイッチとして機能するものである。尚、SPDTは、Single-Pole Double-Throughの略である。

【0077】

また図3に示す本発明の実施の形態1による半導体集積回路1は、ガリウム砒素等の化合物半導体基板によって構成されている。更に、図3に示す本発明の実施の形態1による半導体集積回路1に含まれるアンテナスイッチで使用される電界効果トランジスタは、図1の本発明に先立って本発明者によって検討されたアンテナスイッチと同様にnチャンネル型でノーマリーオンのMES型電界効果トランジスタである。すなわち、しきい値電圧 V_{th} が負のデバイスであってゲート・ソース間電圧がしきい値電圧 V_{th} 以上であれば、ドレインとソースとの間は低インピーダンスのオン状態となり、ゲート・ソース間電圧がしきい値電圧 V_{th} 以下であれば、高インピーダンスのオフ状態となる。最近ではオン時の挿入損失低減から、高電子移動度トランジスタを使うことが多い。またこの電界効果トランジスタQは、ドレインとソースとを短絡することによって、ダイオードとして動作する。これは、図3に示す本発明の実施の形態1だけではなく、図4に示す本発明の実施の形態2から図6に示す本発明の実施の形態4においても同様に適応するものである。

【0078】

《送信用スイッチ》

送信用トランスファergeートスイッチ100は送信端子3とアンテナ端子2との間に接続され、この送信用トランスファergeートスイッチ100の4個直列接続された電界効果トランジスタ200a～dのオン・オフ制御は送信制御端子5に供給される送信制御電圧 V_{Tx} のレベルによって制御可能である。

【0079】

《受信用スイッチ》

受信用トランスファergeートスイッチ101は受信端子4とアンテナ端子2との間に接続され、この受信用トランスファergeートスイッチ101の4個直列接続された電界効果トランジスタ201a～dのオン・オフ制御は受信制御端子7に供給される受信制御電圧 V_{Rx} のレベルによって制御可能である。

【0080】

《送信側シャントスイッチ》

送信側シャントゲートスイッチ102の一端は容量315を介して送信端子3に接続される一方、他端は容量316を介して接地端子8に接続される。送信側シャントゲートスイッチ102の4個直列接続された電界効果トランジスタ202a～dのドレインとソースとにシャント制御端子6の制御電圧が抵抗314、309a～dを介して供給され、そのオン・オフ制御は受信制御端子7に供給される受信制御電圧 V_{Rx} のレベルによって制御可能である。

【0081】

《受信側シャントスイッチ》

受信側シャントゲートスイッチ103の一端は容量317を介して受信端子4に接続される一方、他端は容量318を介して接地端子9に接続される。受信側シャントゲートスイッチ103の2個直列接続された電界効果トランジスタ203a～bのゲート端子は抵抗310、311a～bを介して接地端子9に接続され、そのオン・オフ制御は受信制御端子7に供給される受信制御電圧 V_{Rx} のレベルによって制御可能である。

【0082】

《負電圧生成降圧回路》

降圧回路104の入力端子10は送信端子3と接続され、出力端子11に生成される負の直流電圧が受信用トランスファergeートスイッチ101の電界効果トランジスタ201a～dと送信側シャントゲートスイッチ102の電界効果トランジスタ202a～dのゲートに供給可能とされている。

【0083】

図3に示す本発明の実施の形態1による半導体集積回路1の送信用トランスファークロスタスイッチ100と受信用トランスファークロスタスイッチ101と送信側シャントゲートスイッチ102と受信側シャントゲートスイッチ103の各スイッチで直列接続される電界効果トランジスタの個数は、送信端子3に供給される送信信号の電圧レベルとオフ耐圧とから設定される。

【0084】

《低レベル送信動作》

送信時には、例えば、送信制御端子5とシャント制御端子6に3.0Vの電圧が供給され、受信制御端子7には0Vの電圧が供給される。この時には、送信用トランスファークロスタスイッチ100の4個直列接続された電界効果トランジスタ200a～dの各トランジスタのゲート・ソース間とゲート・ドレイン間とに、それぞれダイオード順方向特性が現れている。このダイオードの順方向電圧降下を0.6Vとすると、アンテナ端子2と送信端子3と受信端子4とのアンテナスイッチの信号経路の直流電圧(=以後、アンテナ電圧と言う)は2.4Vである。従って、送信用トランスファークロスタスイッチ100はオン状態となる一方、受信用トランスファークロスタスイッチ101の電界効果トランジスタ201a～dのゲート・ソース間電圧とゲート・ドレイン間電圧とは-2.4Vとなり電界効果トランジスタ201a～dはオフ状態となる。

10

【0085】

送信側シャントゲートスイッチ102はその両端の2個の容量315、316によりアンテナ電圧の影響を受けることがなくシャント制御端子6に供給された3.0Vと受信制御端子7に供給された0Vとの電位差が-3Vとなるため、送信側シャントゲートスイッチ102はオフ状態となる。

20

【0086】

受信側シャントゲートスイッチ103はその両端の2個の容量317、318によりアンテナ電圧の影響を受けることがなく受信制御端子7に供給された0Vと接地端子9の接地電位との電位差が0Vとなるため、受信側シャントゲートスイッチ103はオン状態となる。

【0087】

この時に、受信端子4に漏洩する送信信号成分はオフ状態の受信用トランスファークロスタスイッチ101によって減衰され、また更にオン状態の受信側シャントゲートスイッチ103により接地電位にバイパスされる。従って、受信端子4に漏洩する送信信号成分のレベルは、十分低減されることが可能となる。

30

【0088】

送信端子3に供給された送信信号が降圧回路104の入力端子10に供給され、ダイオード204、205の入力接続点400に発生する入力電圧がダイオード204、205のしきい値電圧より小さい場合には、降圧回路104の出力端子11に負電圧は発生しない。

【0089】

図8は、低レベルの送信信号が図3の本発明の実施の形態1による半導体集積回路1のアンテナスイッチの送信端子3に供給される際に各スイッチ100、101、102、103の電圧と動作状態の関係を示す図である。

40

【0090】

図8に示すように、送信端子3とアンテナ端子2の間に接続された送信用トランスファークロスタスイッチ100がオン状態に制御されるので、送信端子3に供給される送信信号がアンテナ端子2に伝達される。

【0091】

《高レベル送信動作》

送信端子3と降圧回路104の入力端子10とに供給される送信信号の電圧レベルが増大してダイオード204、205の入力接続点400に発生する電圧と基準電位点401

50

との間の電位差 V_{in} がダイオード 204、205 のしきい値電圧 V_f よりも大きくなるとダイオード 204、205 は整流動作を開始するので、降圧回路 104 の出力端子 11 には下記(2)式に従った負電圧 V_{out} が生成される。

【0092】

【数2】

数2

$$V_{out} \doteq -2 \cdot (V_{in} - V_f) - V_{ss} \quad \cdots (2) \text{式}$$

【0093】

10

上記(2)式で V_{ss} は接地電圧レベルであり、また上記(2)式によって与えられる負電圧 V_{out} の電圧値は、負電圧 V_{out} を生成する降圧回路 104 の回路形式が変更されると異なる値に変化するものである。従って、負電圧 V_{out} を生成する降圧回路 104 の回路形式は、図3に示す本発明の実施の形態1による半導体集積回路1の降圧回路104の回路以外の回路を採用することが可能である。例えば、 $V_{in}=1.6V$ 、 $V_f=0.6V$ とすると、上記(2)式に従って、 $-2.0V$ の負電圧 V_{out} が降圧回路 104 の出力端子 11 に生成される。

【0094】

図9は、高レベルの送信信号が図3の本発明の実施の形態1による半導体集積回路1のアンテナスイッチの送信端子3に供給される際に各スイッチ100、101、102、103の電圧と動作状態の関係とを示す図である。すなわち、図9では、高レベルの送信信号がアンテナスイッチの送信端子3に供給されることによって、ダイオード204、205の入力接続点400に発生する電圧と基準電位点401との間の電位差 V_{in} が $1.6V$ となっているものである。

20

【0095】

図9に示すように、図8と同様に、送信端子3とアンテナ端子2の間に接続された送信用トランスファークロスタスイッチ100がオン状態に制御されるので、送信端子3に供給される送信信号がアンテナ端子2に伝達される。また図9では、上記(2)式に従った $-2.0V$ の負電圧 V_{out} によって、オフ状態とされるスイッチ101、102の電界効果トランジスタのゲート・ソース間電圧が深い逆方向電圧とされている。その結果、アンテナスイッチのオフ耐圧を改善することが可能となり、またアンテナスイッチの容量の急激な増加による高調波歪特性を改善可能となる。

30

【0096】

《受信動作》

受信時には、図3に示した本発明の実施の形態1による半導体集積回路1のアンテナスイッチにおいて、送信制御端子5に $0V$ の電圧が供給され、シャント制御端子6と受信制御端子7とに $3.0V$ の電圧が供給される。この時には、受信用トランスファークロスタスイッチ101の4個直列接続された電界効果トランジスタは201a～dの各トランジスタのゲート・ソース間とゲート・ドレイン間とに、それぞれダイオード順方向特性が現れている。

40

【0097】

このダイオードの順方向電圧降下を $0.6V$ とすると、アンテナ電圧は $2.4V$ となり、受信用トランスファークロスタスイッチ101はオン状態に制御される一方、送信用トランスファークロスタスイッチ100の電界効果トランジスタ200a～dのゲート・ソース間電圧とゲート・ドレイン間電圧は $-2.4V$ となり送信用トランスファークロスタスイッチ100はオフ状態に制御される。

【0098】

受信側シャントゲートスイッチ103はその両端の2個の容量317、318によりアンテナ電圧の影響を受けることなく、また受信制御端子7に供給された $3.0V$ と接地端子9のゲート接地電位との電位差が $-3.0V$ となるため、受信側シャントゲートスイッ

50

チ 1 0 3 はオフ状態となる。

【0 0 9 9】

送信側シャントゲートスイッチ 1 0 2 はその両端の 2 個の容量 3 1 5、3 1 6 によりアンテナ電圧の影響を受けることなく、またシャント制御端子 6 に供給された 3. 0 V と受信制御端子 7 に供給された 3. 0 V との電位差が 0 V となるため、送信側シャントゲートスイッチ 1 0 2 はオン状態となる。

【0 1 0 0】

この時に、送信端子 3 に漏洩する受信信号成分はオフ状態の送信用トランスファークロスイッチ 1 0 0 によって減衰され、また更にオン状態の送信側シャントゲートスイッチ 1 0 2 によって接地電位にバイパスされる。従って、送信端子 3 に漏洩する受信信号成分のレベルは、十分低減されることが可能となる。

10

【0 1 0 1】

図 1 0 は、受信信号が図 3 に示した本発明の実施の形態 1 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの受信端子 4 に供給される際に各スイッチ 1 0 0、1 0 1、1 0 2、1 0 3 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【0 1 0 2】

図 1 0 に示すように受信端子 4 とアンテナ端子 2 の間に接続された受信用トランスファークロスイッチ 1 0 1 がオン状態に制御されるので、アンテナ端子 2 に供給される受信信号が受信端子 4 に伝達される。

【0 1 0 3】

この受信時には、上述のように送信側シャントゲートスイッチ 1 0 2 はオン状態に制御されるので、送信端子 3 と降圧回路 1 0 4 の入力端子 1 0 とに供給される信号成分は送信側シャントゲートスイッチ 1 0 2 と 2 個の容量 3 1 5、3 1 6 を介して接地電位にバイパスされるので、降圧回路 1 0 4 による負電圧 V_{out} の生成機能が停止され、受信端子 4 とアンテナ端子 2 との間に接続された受信用トランスファークロスイッチ 1 0 1 が不所望にオフ状態に制御されることが防止されることが可能となる。

20

【0 1 0 4】

〔実施の形態 2〕

《送信用 S P D T 型アンテナスイッチ》

図 4 は、本発明の実施の形態 2 によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路の構成を示す図である。

30

【0 1 0 5】

図 4 に示す本発明の実施の形態 2 による半導体集積回路 1 は、第 1 の送信用トランスファークロスイッチ 1 0 0 と第 2 の送信用トランスファークロスイッチ 1 0 5 と第 1 の送信側シャントゲートスイッチ 1 0 2 と第 2 の送信側シャントゲートスイッチ 1 0 6 と第 1 と第 2 の降圧回路 1 0 7、1 0 8 とを有するアンテナスイッチを少なくとも 1 個またはそれ以上を含むものである。従って、図 4 に示す半導体集積回路 1 は、送信用 S P D T 型アンテナスイッチとして機能するものである。

【0 1 0 6】

《第 1 の送信用スイッチ》

第 1 の送信用トランスファークロスイッチ 1 0 0 は第 1 の送信端子 3 1 とアンテナ端子 2 との間に接続され、第 1 の送信用トランスファークロスイッチ 1 0 0 の電界効果トランジスタ 2 0 0 a ~ d のオン・オフ制御は第 1 の送信制御端子 5 に供給される送信制御電圧 V_{Tx1c} のレベルによって制御可能である。

40

【0 1 0 7】

《第 2 の送信用スイッチ》

第 2 の送信用トランスファークロスイッチ 1 0 5 は第 2 の送信端子 3 2 とアンテナ端子 2 との間に接続され、第 2 の送信用トランスファークロスイッチ 1 0 5 の電界効果トランジスタ 2 0 6 a ~ d のオン・オフ制御は第 2 の送信制御端子 1 3 に供給される受信制御電圧 V_{Tx2c} のレベルによって制御可能である。

50

【0108】

《第1の送信側シャントスイッチ》

第1の送信側シャントゲートスイッチ102の一端は容量315を介して第1の送信端子31に接続され、他端は容量316を介して接地端子8に接続され、第1の送信側シャントゲートスイッチ102の電界効果トランジスタ202a～dのドレインとソースとにシャント制御端子6の制御電圧 V_{shunt} が抵抗341、314、309a～dを介して供給され、第1の送信側シャントゲートスイッチ102のオン・オフ制御は第2の送信制御端子13に供給される第2の送信制御電圧 V_{Tx2c} のレベルによって制御可能である。

【0109】

10

《第2の送信側シャントスイッチ》

第2の送信側シャントゲートスイッチ106の一端は容量330を介して第2の送信端子32に接続され、他端は容量331を介して接地端子14に接続され、第2の送信側シャントゲートスイッチ106の電界効果トランジスタ207a～dのドレインとソースとにシャント制御端子6の制御電圧 V_{shunt} が抵抗341、340、329a～dを介して供給され、第2の送信側シャントゲートスイッチ106のオン・オフ制御は第1の送信制御端子5に供給される第1の送信制御電圧 V_{Tx1c} のレベルによって制御可能である。

【0110】

20

《第1の負電圧生成降圧回路》

第1の降圧回路107の入力端子15は第1の送信端子31と接続され、出力端子16に生成される負の直流電圧が第2の送信用トランスファージゲートスイッチ105の電界効果トランジスタ206a～dのゲートと第1の送信側シャントゲートスイッチ102の電界効果トランジスタ202a～dのゲートに供給可能とされている。

【0111】

《第2の負電圧生成降圧回路》

第2の降圧回路108の入力端子17は第2の送信端子32と接続され、出力端子18に生成される負の直流電圧が第1のトランスファージゲートスイッチ100の電界効果トランジスタ200a～dのゲートと第2の送信側シャントゲートスイッチ106の電界効果トランジスタ207a～dのゲートに供給可能とされている。

30

【0112】

図4に示す本発明の実施の形態2による半導体集積回路1の第1の送信用トランスファージゲートスイッチ100と第2の送信用トランスファージゲートスイッチ105と第1の送信側シャントゲートスイッチ102と第2の送信側シャントゲートスイッチ106の各スイッチで直列接続される電界効果トランジスタの個数は第1の送信端子31と第2の送信端子32とにそれぞれ供給される第1の送信信号と第2の送信信号の電圧レベルとオフ耐圧とから設定される。

【0113】

《低レベルの第1送信動作》

低レベルの第1の送信信号の送信時、すなわち低レベルの第1の送信信号を第1の送信端子31から供給して、アンテナ端子2に出力する場合には、例えば第1の送信制御端子5とシャント制御端子6とに3.0Vの電圧を供給して、第2の送信制御端子13に0Vの電圧を供給する。この時には、送信用トランスファージゲートスイッチ100の4個直列接続された電界効果トランジスタ200a～dの各トランジスタのゲート・ソース間とゲート・ドレイン間とに、それぞれダイオード順方向特性が現れている。このダイオードの順方向電圧降下を0.6Vとすると、アンテナ端子2と第1の送信端子31と第2の送信端子32とのアンテナスイッチの信号経路の直流電圧(=以後、アンテナ電圧と言う)は2.4Vである。従って、第1の送信用トランスファージゲートスイッチ100はオン状態となる一方、第2の送信用トランスファージゲートスイッチ105の電界効果トランジスタ206a～dのゲート・ソース間電圧とゲート・ドレイン間電圧とは-2.4Vとなり電界効

40

50

果トランジスタ206a～dはオフ状態となる。

【0114】

第1の送信側シャントゲートスイッチ102はその両端の2個の容量315、316によりアンテナ電圧の影響を受けることなくシャント制御端子6に供給された3.0Vと第2の送信制御端子13に供給された0Vとの電位差が-3Vとなるため、第1の送信側シャントゲートスイッチ102はオフ状態となる。

【0115】

第2の送信側シャントゲートスイッチ106はその両端の2個の容量330、331によりアンテナ電圧の影響を受けることなくシャント制御端子6に供給された3.0Vと第1の送信制御端子5に供給された3.0Vとの電位差が0Vとなるため、第2の送信側シャントゲートスイッチ106はオン状態となる。

10

【0116】

この時、第2の送信端子32に漏洩する第1の送信信号はオフ状態の第2の送信用トランスファゲートスイッチ105によって減衰され、また更にオン状態の第2の送信側シャントゲートスイッチ106により接地電位にバイパスされる。その結果、第2の送信端子32に漏洩する第1の送信信号成分は、十分に低減されることが可能となる。

【0117】

第1の送信端子31に供給された第1の送信信号が第1の降圧回路107の入力端子15に供給され、ダイオード208、209の入力接続点403に発生する入力電圧と基準電位点402の電位差 V_{in} がダイオード208、209のしきい値電圧 V_f よりも小さい場合には、第1の降圧回路107の出力端子16に負電圧は発生しない。

20

【0118】

図11は、低レベルの第1の送信信号が図4の本発明の実施の形態2による半導体集積回路1のアンテナスイッチの第1の送信端子31に供給される際に各スイッチ100、105、102、106の電圧と動作状態の関係とを示す図である。尚、この際のオフスイッチのしきい値電圧は、-1.0Vとしている。

【0119】

図11に示すように、第1の送信端子31とアンテナ端子2との間の第1の送信用トランスファゲートスイッチ100がオン状態に制御されるので、第1の送信端子31に供給される低レベルの第1の送信信号がアンテナ端子2に伝達される。

30

【0120】

《高レベルの第1送信動作》

第1の送信端子31と第1の降圧回路107の入力端子15とに供給される第1の送信信号の電圧レベルが増大して、ダイオード208、209の入力接続点403に発生する入力電圧と基準電位点402との間の電位差 V_{in} がダイオード208、209のしきい値電圧 V_f より大きくなるとダイオード204、205は整流動作を開始するので、上記(2)式に従った負電圧 V_{out} が生成される。また上記(2)式によって与えられる負電圧 V_{out} の電圧値は、負電圧 V_{out} を生成する第1の降圧回路107の回路形式が変更されると異なる値に変化するものである。従って、負電圧 V_{out} を生成する第1の降圧回路107の回路形式は、図4に示した本発明の実施の形態2による半導体集積回路1の第1の降圧回路107以外の回路を採用することが可能である。例えば、 $V_{in}=1.6V$ 、 $V_f=0.6V$ とすると、上記(2)式に従って、-2.0Vの負電圧 V_{out} が第1の降圧回路107の出力端子16に生成される。

40

【0121】

図12は、高レベルの第1の送信信号が図4の本発明の実施の形態2による半導体集積回路1のアンテナスイッチの第1の送信端子31に供給される際に各スイッチ100、105、102、106の電圧と動作状態の関係とを示す図である。すなわち、図12では、高レベルの第1の送信信号がアンテナスイッチの第1の送信端子31に供給されることによって、ダイオード208、209の入力接続点403に発生する入力電圧と基準電位点402との間の電位差 V_{in} が1.6Vとなっているものである。

50

【0122】

図12に示すように、第1の送信端子31とアンテナ端子2との間に接続された第1の送信用トランスファークロスタスイッチ100がオン状態に制御されるので、第1の送信端子31に供給される第1の送信信号がアンテナ端子2に伝達される。また図12では上記(2)式に従った $-2.0V$ の負電圧 V_{out} によってオフ状態とされるスイッチ105、102の電界効果トランジスタのゲート・ソース間電圧が、深い逆方向電圧とされている。従って、アンテナスイッチのオフ耐圧を改善することが可能となり、またアンテナスイッチの容量の急激な増加による高調波歪特性を改善可能となる。

【0123】

《低レベルの第2送信動作》

低レベルの第2の送信信号の送信時、すなわち低レベルの第2の送信信号を第2の送信端子32から供給して、アンテナ端子2に出力する場合には、例えば第1の送信制御端子5に $0V$ の電圧が供給され、シャント制御端子6と第2の送信制御端子13とに $3.0V$ の電圧が供給される。第2の送信用トランスファークロスタスイッチ105の4個直列接続された電界効果トランジスタ206a~dの各トランジスタのゲート・ソース間とゲート・ドレイン間に、それぞれダイオード順方向特性が現れている。このダイオードの順方向電圧降下を $0.6V$ とすると、アンテナ電圧は $2.4V$ である。従って、第2の送信用トランスファークロスタスイッチ105はオン状態となる一方、第1の送信用トランスファークロスタスイッチ100は電界効果トランジスタ200a~dのゲート・ソース間電圧とゲート・ドレイン間電圧とは $-2.4V$ となり電界効果トランジスタ200a~dオフ状態となる。

【0124】

第2の送信側シャントゲートスイッチ106はその両端の2個の容量330、331によりアンテナ電圧の影響を受けることがなくシャント制御端子6に供給された $3.0V$ と第1の送信制御端子5に供給された $0V$ との電位差が $-3.0V$ となるため、第2の送信側シャントゲートスイッチ106はオフ状態となる。

【0125】

第1の送信側シャントゲートスイッチ102はその両端の2個の容量315、316によりアンテナ電圧の影響を受けることがなくシャント制御端子6に供給された $3.0V$ と第2の送信制御端子13に供給された $3.0V$ との電位差が $0V$ となるため、第1の送信側シャントゲートスイッチ102はオン状態となる。

【0126】

この時に、第1の送信端子31に漏洩する第2の送信信号成分はオフ状態の第1の送信用トランスファークロスタスイッチ100によって減衰され、また更にオン状態の第1の送信側シャントゲートスイッチ102により接地電位にバイパスされる。従って、第1の送信端子31に漏洩する第2の送信信号成分のレベルは、十分低減されることが可能である。

【0127】

第2の送信端子32に入力された送信信号が第2の降圧回路108の入力端子17に入力され、ダイオード210、211の入力接続点405に発生する入力電圧と基準電位点404との間の電位差 V_{in} がダイオード210、211のしきい値電圧 V_f より小さい場合には、第2の降圧回路108の出力端子18に負電圧は発生しない。

【0128】

図13は、低レベルの第2の送信信号が図4の本発明の実施の形態2による半導体集積回路1のアンテナスイッチの第2の送信端子32に供給される際に各スイッチ100、105、102、106の電圧と動作状態の関係を示す図である。尚、この際のオフスイッチのしきい値電圧は、 $-1.0V$ としている。

【0129】

図13に示すように、第2の送信端子32とアンテナ端子2との間の第2の送信用トランスファークロスタスイッチ105がオン状態に制御されるので、第2の送信端子32に供

10

20

30

40

50

給される低レベルの第2の送信信号がアンテナ端子2に伝達される。

【0130】

《高レベルの第2送信動作》

第2の送信端子32と第2の降圧回路108の入力端子17とに供給される第2の送信信号の電圧レベルが増大して、ダイオード210、211の入力接続点405に発生する入力電圧と基準電位点404との間の電位差 V_{in} がダイオード210、211のしきい値電圧 V_f よりも大きくなるとダイオード210、211は整流動作を開始するので、上記(2)式に従った負電圧 V_{out} が生成される。また上記(2)式によって与えられる負電圧 V_{out} の電圧値は、負電圧 V_{out} を生成する第2の降圧回路108の回路形式が変更されると異なる値に変化するものである。従って、負電圧 V_{out} を生成する第2の降圧回路108の回路形式は、図4に示した本発明の実施の形態2による半導体集積回路1の第2の降圧回路108以外の回路を採用することが可能である。例えば、 $V_{in}=1.6V$ 、 $V_f=0.6V$ とすると、上記(2)式に従って、 $-2.0V$ の負電圧 V_{out} が第2の降圧回路108の出力端子18に生成される。

10

【0131】

図14は、高レベルの第2の送信信号が図4の本発明の実施の形態2による半導体集積回路1のアンテナスイッチの第2の送信端子32に供給される際に各スイッチ100、105、102、106の電圧と動作状態の関係を示す図である。すなわち、図14では、高レベルの第2の送信信号がアンテナスイッチの第2の送信端子32に供給されることによって、ダイオード210、211の入力接続点405に発生する入力電圧と基準電位点404との間の電位差 V_{in} が $1.6V$ となっているものである。

20

【0132】

図14に示すように、第2の送信端子32とアンテナ端子2との間に接続された第2の送信用トランスファークロスタスイッチ105がオン状態に制御されるので、第2の送信端子32に供給される第2の送信信号がアンテナ端子2に伝達される。また図14では上記(2)式に従った $-2.0V$ の負電圧 V_{out} によってオフ状態とされるスイッチ100、106の電界効果トランジスタのゲート・ソース間電圧が、深い逆方向電圧とされている。従って、アンテナスイッチのオフ耐圧を改善することが可能となり、またアンテナスイッチの容量の急激な増加による高調波歪特性を改善可能となる。

30

【0133】

[実施の形態3]

《送受信SPDT型アンテナスイッチ》

図5は、本発明の実施の形態3によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路の構成を示す図である。

【0134】

図5に示す本発明の実施の形態3による半導体集積回路1は、送信用トランスファークロスタスイッチ100と受信用トランスファークロスタスイッチ101と送信側シャントゲートスイッチ102と受信側シャントゲートスイッチ103と第1と第2の降圧回路107、109とを有するアンテナスイッチを少なくとも1個またはそれ以上を含むものである。従って、図5に示す半導体集積回路1は、図3に示した半導体集積回路1と同様に、送受信SPDT型アンテナスイッチとして機能するものである。

40

【0135】

送受信SPDT型アンテナスイッチとして機能する図5に示す半導体集積回路1が図3に示した半導体集積回路1と相違するのは、下記の点である。

【0136】

まず、図3に示す半導体集積回路1では単一の降圧回路104の出力端子11に生成される負電圧が受信用トランスファークロスタスイッチ101の電界効果トランジスタ201a～dのゲートと送信側シャントゲートスイッチ102の電界効果トランジスタ202a～dのゲートに供給されていたのに対して、図5に示す半導体集積回路1では第1の降圧回路107の出力端子21に生成される負電圧が送信側シャントゲートスイッチ102の

50

電界効果トランジスタ202a～dのゲートに供給され第2の降圧回路109の出力端子23に生成される負電圧が受信用トランスファークロスタッチ101の電界効果トランジスタ201a～dのゲートに供給される。その結果、図5に示す半導体集積回路1では、送信側シャントゲートクロスタッチ102の負電圧駆動と受信用トランスファークロスタッチ101の負電圧駆動とで駆動能力を増大することが可能となる。

【0137】

また、図5に示す半導体集積回路1では第1の降圧回路107の入力端子20と第2の降圧回路109の入力端子22を送信端子3に共通接続することも可能であるが、その場合には送信端子3の負荷容量が増大する。従って、図5に示す半導体集積回路1で、第1の降圧回路107の入力端子20を送信端子3に接続して、第2の降圧回路109の入力端子22をアンテナ端子2に接続することも検討された。しかし、第2の降圧回路109の入力端子22をアンテナ端子2に接続すると、アンテナ端子2の歪率が劣化することが判明した。その結果、図5に示す半導体集積回路1では、第2の降圧回路109の入力端子22は、受信用トランスファークロスタッチ101の電界効果トランジスタ202a～dの段間接続点410に接続されている。

10

【0138】

《送信用スイッチ》

送信用トランスファークロスタッチ100は送信端子3とアンテナ端子2との間に接続され、この送信用トランスファークロスタッチ100の4個直列接続された電界効果トランジスタ200a～dのオン・オフ制御は送信制御端子5に供給される送信制御電圧V_{Txc}のレベルによって制御可能である。

20

【0139】

《受信用スイッチ》

受信用トランスファークロスタッチ101は受信端子4とアンテナ端子2との間に接続され、この受信用トランスファークロスタッチ101の4個直列接続された電界効果トランジスタ201a～dのオン・オフ制御は受信制御端子7に供給される受信制御電圧V_{Rxc}のレベルによって制御可能である。

【0140】

《送信側シャントスイッチ》

送信側シャントゲートクロスタッチ102の一端は容量315を介して送信端子3に接続される一方、他端は容量316を介して接地端子8に接続される。送信側シャントゲートクロスタッチ102の4個直列接続された電界効果トランジスタ202a～dのゲートは抵抗335、346を介して接地端子19に接続され、ドレインとソースとは抵抗347、300を介して送信制御端子5に接続され、そのオン・オフ制御は送信制御端子5に供給される送信制御電圧V_{Tx1c}のレベルによって制御可能である。

30

【0141】

《受信側シャントスイッチ》

受信側シャントゲートクロスタッチ103の一端は容量317を介して受信端子4に接続される一方、他端は容量318を介して接地端子9に接続される。受信側シャントゲートクロスタッチ103の2個直列接続された電界効果トランジスタ203a～bのゲート端子は抵抗310と抵抗311a～bとを介して接地端子9に接続され、ドレインとソースは抵抗342を介して受信制御端子7に接続され、そのオン・オフ制御は受信制御端子7に供給される受信制御電圧V_{Rxc}のレベルによって制御可能である。

40

【0142】

《第1の負電圧生成降圧回路》

第1の降圧回路107の入力端子20は送信端子3と接続され、出力端子21に生成される負の直流電圧が送信側シャントゲートクロスタッチ102の4個直列接続された電界効果トランジスタ202a～dのゲートに供給可能とされる。

【0143】

《第2の負電圧生成降圧回路》

50

第2の降圧回路109の入力端子22は受信用トランスファークロスイッチ101の電界効果トランジスタ201a～dの段間接続点410と接続され、出力端子23に生成される負の直流電圧が受信用トランスファークロスイッチ101の電界効果トランジスタ201a～dのゲートに供給可能とされている。

【0144】

図5に示す本発明の実施の形態3による半導体集積回路1の送信用トランスファークロスイッチ100と受信用トランスファークロスイッチ101と送信側シャントゲートスイッチ102と受信側シャントゲートスイッチ103の各スイッチで直列接続される電界効果トランジスタの個数は、送信端子3に供給される送信信号の電圧レベルとオフ耐圧とから設定される。

10

【0145】

《低レベル送信動作》

送信時には、例えば、送信制御端子5に3.0Vの電圧が供給され、受信制御端子7に0Vの電圧が供給される。この時には、送信用トランスファークロスイッチ100の4個直列接続された電界効果トランジスタ200a～dの各トランジスタのゲート・ソース間とゲート・ドレイン間に、それぞれダイオード順方向特性が現れている。このダイオードの順方向電圧降下を0.6Vとすると、アンテナ端子2と送信端子3と受信端子4とのアンテナスイッチの信号経路のバイアス電圧(=以後、アンテナ電圧)は2.4Vである。従って、送信用トランスファークロスイッチ100はオン状態となる一方、受信用トランスファークロスイッチ101の電界効果トランジスタ201a～dのゲート・ソース間電圧とゲート・ドレイン間電圧とは-2.4Vとなり電界効果トランジスタ201a～dはオフ状態となる。

20

【0146】

送信側シャントゲートスイッチ102はその両端の2個の容量315、316によりアンテナ電位の影響を受けることなく電界効果トランジスタ202a～dのドレインとソースには抵抗347を介して送信制御端子5からの3.0Vの電圧が供給され、電界効果トランジスタ202a～dのゲートには抵抗346、334を介して接地端子19の接地電位(0V)が供給されるため、送信側シャントゲートスイッチ102はオフ状態となる。

【0147】

受信側シャントゲートスイッチ103はその両端の2個の容量317、318によりアンテナ電位の影響を受けることなく電界効果トランジスタ203a～bのドレインとソースには抵抗342を介して受信制御端子7に供給された0Vの電圧が供給され、電界効果トランジスタ203a～bのゲートには抵抗310、311a～bを介して接地端子9の接地電位(0V)が供給されるため、受信側シャントゲートスイッチ103はオン状態となる。

30

【0148】

この時に、受信端子4に漏洩する送信信号成分はオフ状態の受信用トランスファークロスイッチ101によって減衰され、また更にオン状態の受信側シャントゲートスイッチ103によって接地電位にバイパスされる。従って、受信端子4に漏洩する送信信号成分のレベルは、十分低減されることが可能となる。

40

【0149】

送信端子3に供給された送信信号が第1の降圧回路107の入力端子20に供給され、ダイオード208、209の入力接続点407に発生する入力電圧と基準電位点406との電位差がダイオード208、209のしきい値電圧より低い場合には、第1の降圧回路107の出力端子21に負電圧は発生しない。また受信用トランスファークロスイッチ101の電界効果トランジスタ202a～dの段間の接続点410に伝達される送信信号成分が第2の降圧回路109の入力端子22に供給され、ダイオード212、213の入力接続点409に発生する入力電圧と基準電位点408との間の電位差がダイオード212、213のしきい値電圧よりも低い場合には、第2の降圧回路109の出力端子23に負電圧は発生しない。

50

【0150】

図15は、低レベルの送信信号が図5に示した本発明の実施の形態3による半導体集積回路1のアンテナスイッチの送信端子3に供給される際に各スイッチ100、101、102、103の電圧と動作状態の関係とを示す図である。尚、この際のオフスイッチのしきい値電圧は、 -1.0V としている。

【0151】

図15に示すように送信端子3とアンテナ端子2の間に接続された送信用トランスファークラップスイッチ100がオン状態に制御されるので、送信端子3に供給される送信信号がアンテナ端子2に伝達される。

【0152】

10

《高レベル送信動作》

送信端子3と第1の降圧回路107の入力端子20に供給される送信信号の電圧レベルが増大して、ダイオード208、209の入力接続点407に発生する入力電圧と基準電位点406(V_{ss})との間の電位差 V_{in} がダイオード208、209のしきい値電圧 V_f より大きくなると、整流動作が開始される。従って、(2)式に従った負電圧 V_{out} が第1の降圧回路107の出力端子21から生成され、送信側シャントゲートスイッチ102の電界効果トランジスタ202a～dのゲートに供給される。例えば、 $V_{in}=1.6\text{V}$ 、 $V_f=0.6\text{V}$ とすると、上記(2)式に従って -2.0V の負電圧 V_{out} が第1の降圧回路107の出力端子21に生成される。

【0153】

20

また、第2の降圧回路109の入力端子22に供給される受信用トランスファークラップスイッチ101の段間接続点410の送信信号成分にตอบสนองしてダイオード212、213の入力接続点409に発生する電圧 V_{in3} と基準電位点408(V_{ss})との電位差がダイオード212、213のしきい値電圧 V_f よりも大きくなると、整流動作が開始される。その結果、第2の降圧回路109の出力端子23には、下記(3)式に従った負電圧 V_{out3} が生成される。

【0154】

【数3】

数3

30

$$V_{out3} = -2 \cdot (V_{in3} - V_f) - V_{ss} \quad \dots(3)\text{式}$$

【0155】

上記(3)式で V_{ss} は接地電圧レベルであり、また上記(3)式によって与えられる負電圧 V_{out3} の電圧値は、負電圧 V_{out3} を生成する第2の降圧回路109の回路形式が変更されると異なる値に変化するものである。第2の降圧回路109の出力端子23に生成される負電圧 V_{out3} は、受信用トランスファークラップスイッチ101の電界効果トランジスタ201a～dのゲートに供給される。例えば、 $V_{in3}=1.6\text{V}$ 、 $V_f=0.6\text{V}$ とすると、上記(3)式に従って -2.0V の負電圧 V_{out3} が、第2の降圧回路109の出力端子23に生成される。

40

【0156】

図16は、高レベルの送信信号が図5に示した本発明の実施の形態3による半導体集積回路1のアンテナスイッチの送信端子3に供給される際に各スイッチ100、101、102、103の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【0157】

図16に示すように送信端子3とアンテナ端子2の間に接続された送信用トランスファークラップスイッチ100がオン状態に制御されるので、送信端子3に供給される送信信号がアンテナ端子2に伝達される。

【0158】

また図16では、上記(2)式と上記(3)式とにそれぞれ従った -2.0V の負電圧 V_{ou}

50

t、負電圧 V_{out3} によって、オフ状態とされるスイッチ101、102の電界効果トランジスタのゲート・ソース間電圧が深い逆方向電圧とされている。従って、アンテナスイッチのオフ耐圧を改善することが可能となり、またアンテナスイッチの容量の急激な増加による高調波歪特性を改善可能となる。

【0159】

《受信動作》

受信時には、図5に示した本発明の実施の形態3による半導体集積回路1のアンテナスイッチにおいて、送信制御端子5に0Vの電圧が供給され、受信制御端子7には3.0Vの電圧が供給される。従って、受信用トランスファークロスタスイッチ101の4個直列接続の電界効果トランジスタ201a～dの各トランジスタのゲート・ソース間とゲート・ドレイン間とにそれぞれ0.6Vの順方向電圧が現れて、受信用トランスファークロスタスイッチ101はオン状態となり、アンテナ電圧は2.4Vとなる。その結果、送信用トランスファークロスタスイッチ100の4個直列接続の電界効果トランジスタ200a～dの各トランジスタのゲート・ソース間電圧とゲート・ドレイン間電圧とは-2.4Vとなるので、送信用トランスファークロスタスイッチ100はオフ状態となる。

【0160】

受信側シャントゲートスイッチ103はその両端の2個の容量317、318によりアンテナ電圧の影響を受けることなく、電界効果トランジスタ203a～bのドレインとソースは抵抗342を介して受信制御端子7の3.0Vの電圧と接地端子9のゲート接地電位との間の電位差が-3.0Vとなるため、受信側シャントゲートスイッチ103はオフ状態となる。

【0161】

送信側シャントゲートスイッチ102はその両端の2個の容量315、316によりアンテナ電圧の影響を受けることなく、電界効果トランジスタ202a～dのドレインとソースは抵抗300、347を介して送信制御端子5の0Vの電圧が供給され、ゲートには接地端子19の0Vが供給されるため、送信側シャントゲートスイッチ102はオン状態となる。

【0162】

この時に、送信端子3に漏洩する受信信号成分はオフ状態の送信用トランスファークロスタスイッチ100によって減衰され、また更にオン状態の送信側シャントゲートスイッチ102によって接地電位にバイパスされる。従って、送信端子3に漏洩する受信信号成分のレベルは、十分低減されることが可能となる。

【0163】

図17は、受信信号が図5に示した本発明の実施の形態3による半導体集積回路1のアンテナスイッチの受信端子4に供給される際に各スイッチ100、101、102、103の電圧と動作状態の関係をとを示す図である。

【0164】

図17に示すように受信端子4とアンテナ端子2の間に接続された受信用トランスファークロスタスイッチ101がオン状態に制御されるので、アンテナ端子2に供給される受信信号が受信端子4に伝達される。

【0165】

この受信時には、上述のように送信側シャントゲートスイッチ102はオン状態に制御されるので、送信端子3と第1の降圧回路107の入力端子20とに供給される信号成分は送信側シャントゲートスイッチ102と2個の容量315、316を介して接地電位にバイパスされるので、第2の降圧回路109による負電圧 V_{out3} の生成機能が停止され、受信端子4とアンテナ端子2との間に接続された受信用トランスファークロスタスイッチ101が不所望にオフ状態に制御されることが防止されることが可能となる。

【0166】

[実施の形態4]

《送受信用SP4T型アンテナスイッチ》

図6は、本発明の実施の形態4によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路の構成を示す図である。

【0167】

図6に示す本発明の実施の形態4による半導体集積回路1は、第1の送信用トランスファークロスタック100と第2の送信用トランスファークロスタック105と第1の送信側シャントクロスタック102と第2の送信側シャントクロスタック106と第1の受信用トランスファークロスタック101と第2の受信用トランスファークロスタック110と第1の受信側シャントクロスタック103と第2の受信側シャントクロスタック111と第1と第2の降圧回路107、108と第3と第4の降圧回路109、112とを有するアンテナスイッチを少なくとも1個またはそれ以上を含むものである。

10

【0168】

その結果、図6に示す半導体集積回路1は、送受信用SP4T型アンテナスイッチとして機能するものである。尚、SP4Tは、Single-Pole 4(Four)-Throughの略である。すなわち、図6に示す半導体集積回路1の半導体チップの上側には図4に示した本発明の実施の形態2による送信用SPDT型アンテナスイッチが配置される一方、図6に示す半導体集積回路1の半導体チップの下側には図5に示した本発明の実施の形態3による受信用SPDT型アンテナスイッチに含まれた受信用トランスファークロスタック101と受信用シャントクロスタック103と降圧回路109からなる受信スイッチが2個分、配置されている。

20

【0169】

更に図6に示す本発明の実施の形態4による半導体集積回路1の第1の送信端子31と第2の送信端子32には、略800MHz～1GHzの比較的低い周波数と約35dBmの比較的大きな送信電力を持つローバンドの第1のRF送信信号と略1.7GHz～2.0GHzの比較的高い周波数と約32dBmの比較的小さな送信電力を持つハイバンドの第2のRF送信信号とがそれぞれ供給される。従って、この第1と第2のRF送信信号の送信電力の相違に対応するために、図6に示す半導体集積回路1の半導体チップの下側には、電界効果トランジスタ218a～b、219a～bと抵抗360、361a～b、362a～b、363a～b、364a～bとから構成された可変減衰器が接続される。従って、ローバンドの第1のRF送信信号が第1の送信端子31に供給される場合には、可変減衰器の電界効果トランジスタ218a～b、219a～bはオフ状態に制御され、可変減衰器は大きな減衰量に制御される。逆に、ハイバンドの第2のRF送信信号が第2の送信端子32に供給される場合には、可変減衰器の電界効果トランジスタ218a～b、219a～bはオン状態に制御され、可変減衰器は小さな減衰量に制御される。

30

【0170】

《第1の送信用スイッチ》

第1の送信用トランスファークロスタック100は第1の送信端子31とアンテナ端子2との間に接続され、この第1の送信用トランスファークロスタック100の4個直列接続された電界効果トランジスタ200a～dのオン・オフ制御は第1の送信制御端子5に供給される第1の送信制御電圧V_{Tx1c}のレベルによって制御可能である。

40

【0171】

《第2の送信用スイッチ》

第2の送信用トランスファークロスタック105は第2の送信端子32とアンテナ端子2との間に接続され、この第2の送信用トランスファークロスタック105の4個直列接続された電界効果トランジスタ206a～dのオン・オフ制御は第2の送信制御端子13に供給される第2の受信制御電圧V_{Tx2c}のレベルによって制御可能である。

【0172】

《第1の送信側シャントスイッチ》

第1の送信側シャントクロスタック102の一端は容量315を介して第1の送信端子31に接続される一方、他端は容量316を介して接地端子8に接続される。第1の送

50

信側シャントゲートスイッチ102の4個直列接続された電界効果トランジスタ202a～dのドレインとソースにシャント制御端子6の制御電圧 $V_{_shunt}$ が抵抗341、314、309a～dを介して供給され、そのオン・オフ制御は第2の送信制御端子13に供給される第2の送信制御電圧 V_{Tx2c} のレベルによって制御可能である。

【0173】

《第2の送信側シャントスイッチ》

第2の送信側シャントゲートスイッチ106の一端は容量330を介して第2の送信端子32に接続される一方、他端は容量331を介して接地端子14に接続される。第2の送信側シャントゲートスイッチ106の4個直列接続された電界効果トランジスタ207a～dのドレインとソースとにシャント制御端子6の制御電圧 $V_{_shunt}$ が抵抗341、340、329a～dを介して供給され、そのオン・オフ制御は第1の送信制御端子5に供給される第1の送信制御電圧 V_{Tx1c} のレベルによって制御可能である。

【0174】

《第1の受信用スイッチ》

第1の受信用トランスファergeートスイッチ101は第1の受信端子41とアンテナ端子2との間に接続され、この受信用トランスファergeートスイッチ101の4個直列接続された電界効果トランジスタ201a～dのオン・オフ制御は第1の受信制御端子7に供給される第1の受信制御電圧 V_{Rx1c} のレベルによって制御可能である。

【0175】

《第2の受信用スイッチ》

第2の受信用トランスファergeートスイッチ110は第2の受信端子42とアンテナ端子2との間に接続され、この受信用トランスファergeートスイッチ110の4個直列接続された電界効果トランジスタ214a～dのオン・オフ制御は第2の受信制御端子25に供給される第2の受信制御電圧 V_{Rx2c} のレベルによって制御可能である。

【0176】

《第1の受信側シャントスイッチ》

第1の受信側シャントゲートスイッチ103の一端は容量317を介して第1の受信端子41に接続される一方、他端は容量318を介して接地端子9に接続される。第1の受信側シャントゲートスイッチ103の2個直列接続された電界効果トランジスタ203a～bのゲートは抵抗310、311a～bを介して接地端子9に接続され、ドレインとソースとは抵抗342を介して第1の受信制御端子7に接続され、オン・オフ制御は第1の受信制御端子7に供給される第1の受信制御電圧 V_{Rx1c} のレベルによって制御可能である。

【0177】

《第2の受信側シャントスイッチ》

第2の受信側シャントゲートスイッチ111の一端は容量355を介して第2の受信端子42に接続される一方、他端は容量356を介して接地端子26に接続される。第2の受信側シャントゲートスイッチ111の2個直列接続された電界効果トランジスタ215a～bはゲートを抵抗352、353a～bを介して接地端子26に接続され、ドレインとソースとは抵抗365を介して第2の受信制御端子25に接続され、オン・オフ制御は第2の受信制御端子25に供給される第2の受信制御電圧 V_{Rx2c} のレベルによって制御可能である。

【0178】

《第1と第2と第3と第4の負電圧生成降圧回路》

第1の降圧回路107の入力端子15は第1の送信端子31と接続され、出力端子16に生成される負の直流電圧が第2の受信用トランスファergeートスイッチ105の電界効果トランジスタ206a～dのゲートと第1の送信側シャントゲートスイッチ102の電界効果トランジスタ202a～dのゲートに供給可能とされる。

【0179】

第2の降圧回路108の入力端子17は第2の送信端子32と接続され、出力端子18

に生成される負の直流電圧が第1の送信用トランスファークロージングスイッチ100の電界効果トランジスタ200a～dのゲートと第2の送信側シャントゲートスイッチ106の電界効果トランジスタ207a～dのゲートに供給可能とされる。

【0180】

第3の降圧回路109の入力端子22は電界効果トランジスタ218a～bを介して第1の受信用トランスファークロージングスイッチ101の電界効果トランジスタ201a～dの段間接続点410と接続され、出力端子23に生成される負の直流電圧が第1の受信用トランスファークロージングスイッチ101の電界効果トランジスタ201a～dのゲートに供給可能とされる。

【0181】

第4の降圧回路112の入力端子27は電界効果トランジスタ219a～bを介して第2の受信用トランスファークロージングスイッチ110の電界効果トランジスタ214a～dの段間接続点413と接続され、出力端子28に生成される負の直流電圧が第2の受信用トランスファークロージングスイッチ110の電界効果トランジスタ214a～dのゲートに供給可能とされている。

【0182】

図6に示す本発明の実施の形態4による半導体集積回路1の第1の送信用トランスファークロージングスイッチ100と第2の送信用トランスファークロージングスイッチ105と第1の送信側シャントゲートスイッチ102と第2の送信側シャントゲートスイッチ106と第1の受信用トランスファークロージングスイッチ101と第2の受信用トランスファークロージングスイッチ110と第1の受信側シャントゲートスイッチ103と第2の受信側シャントゲートスイッチ111の各スイッチで直列接続される電界効果トランジスタの個数は、第1の送信端子31と第2の送信端子32にそれぞれ供給される第1の送信信号と第2の送信信号の電圧レベルとオフ耐圧とから設定される。

【0183】

《低レベルの第1送信動作》

低レベルの第1の送信信号の送信時、すなわち低レベルの第1の送信信号を第1の送信端子31から供給して、アンテナ端子2に出力する場合には、例えば第1の送信制御端子5とシャント制御端子6とに3.0Vの電圧を供給して、第2の送信制御端子13と第1の受信制御端子7と第2の受信制御端子25とに0Vの電圧を供給する。

【0184】

図18は、低レベルの第1の送信信号が図6の本発明の実施の形態4による半導体集積回路1のアンテナスイッチの第1の送信端子31から供給される際に各スイッチ100、105、102、106、101、110、103、スイッチ111の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【0185】

図18に示すように、第1の送信端子31とアンテナ端子2との間に接続された第1の送信用トランスファークロージングスイッチ100がオン状態に制御されるので、第1の送信端子31に供給される第1の送信信号がアンテナ端子2に伝達される。

【0186】

《高レベルの第1送信動作》

第1の送信端子31と第1の降圧回路107の入力端子15とに供給される第1の送信信号のレベルが増大すると、ダイオード208、209の入力接続点403に発生する電圧と基準電位点402との電位差 V_{in} がダイオード208、209のしきい値電圧 V_f よりも高くなりダイオード208、209により整流動作が開始され、(2)式に従った負電圧 V_{out} が出力端子16に生成され、第1の送信側シャントゲートスイッチ102の電界効果トランジスタ202a～dのゲートと第2の送信用トランスファークロージングスイッチ105の電界効果トランジスタ206a～dのゲートに供給される。

【0187】

一方、アンテナ電圧が2.4Vであり、第2の送信制御端子13が0Vであるため、第

3の降圧回路109の入力端子22に接続された電界効果トランジスタ218a～bと第4の降圧回路112の入力端子27に接続された電界効果トランジスタ219a～bとはオフ状態となる。その結果、第3の降圧回路109の入力接続点409に発生する電圧は3つの抵抗362a～b、344の抵抗値で決定され、第4の降圧回路112の入力接続点412に発生する電圧も3つの抵抗364a～b、358の抵抗値で決定される。すなわち、比較的大きな送信電力を持ったローバンドの第1のRF送信信号が第1の送信端子31に供給される場合には、電界効果トランジスタ218a～b、219a～bと抵抗360、361a～b、362a～b、363a～b、364a～bとから構成された可変減衰器は大きな減衰量に制御される。

【0188】

10

第3の降圧回路109の入力接続点409に発生する電圧を V_{in4} 、ダイオードのしきい値電圧を V_f 、基準電位408の接地電圧レベルを V_{ss} とすると、第3の降圧回路109の出力端子23には、下記(4)式に従った負電圧 V_{out4} が生成される。

【0189】

【数4】

数4

$$V_{out4} = -2 \cdot (V_{in4} - V_f) - V_{ss} \quad \dots(4)式$$

【0190】

また、上記(4)式によって与えられる負電圧 V_{out4} の電圧値は、負電圧 V_{out4} を生成する第3の降圧回路109の回路形式が変更されると異なる値に変化するものである。例えば、第3の降圧回路109の出力端子23に生成される負電圧 V_{out4} は、例えば、 $V_{in4} = 1.6V$ 、 $V_f = 0.6V$ とすると、上記(4)式に従って $-2.0V$ の負電圧 V_{out4} が、第3の降圧回路109の出力端子23に生成される。第4の降圧回路112の出力端子28に生成される負電圧も、第3の降圧回路109の出力端子23に生成される負電圧 V_{out4} と同様に計算されることができる。従って、第4の降圧回路112の回路形式が第3の降圧回路109と同一の場合には、上記(4)式に従って $-2.0V$ の負電圧 V_{out4} が、第4の降圧回路112の出力端子28に生成されることが可能である。

20

【0191】

30

図19は、高レベルの第1の送信信号が図6の本発明の実施の形態4による半導体集積回路1のアンテナスイッチの第1の送信端子31から供給される際に各スイッチ100、105、102、106、101、110、103、スイッチ111の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【0192】

図19に示すように、図18と同様に、第1の送信端子31とアンテナ端子2との間に接続された第1の送信用トランスファークロスタックスイッチ100がオン状態に制御されるので、第1の送信端子31に供給される第1の送信信号がアンテナ端子2に電圧される。また、図19では、 $-2.0V$ の負電圧によって、オフ状態とされるスイッチ101、102、105、110の電界効果トランジスタのゲート・ソース間電圧が深い逆方向電圧とされている。その結果、アンテナスイッチのオフ耐圧を改善することが可能となり、またアンテナスイッチの容量の急激な増加による高調波歪特性を改善可能となる。

40

【0193】

《低レベルの第2送信動作》

低レベルの第2の送信信号の送信時、すなわち低レベルの第2の送信信号を第2の送信端子32から供給して、アンテナ端子2に出力する場合には、例えば第2の送信制御端子13とシャント制御端子6とに $3.0V$ の電圧を供給して、第1の送信制御端子5と第1の受信制御端子7と第2の受信制御端子25とに $0V$ の電圧を供給する。

【0194】

図20は、低レベルの第2の送信信号が図6の本発明の実施の形態4による半導体集積

50

回路 1 のアンテナスイッチの第 2 の送信端子 3 2 から供給される際に各スイッチ 1 0 0、1 0 5、1 0 2、1 0 6、1 0 1、1 1 0、1 0 3、スイッチ 1 1 1 の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【0195】

図 20 に示すように、第 1 の送信端子 3 2 とアンテナ端子 2 との間に接続された第 2 の送信用トランスファークロスタックスイッチ 1 0 5 がオン状態に制御されるので、第 2 の送信端子 3 2 に供給される第 2 の送信信号がアンテナ端子 2 に伝達される。

【0196】

《高レベルの第 2 送信動作》

第 2 の送信端子 3 2 と第 2 の降圧回路 1 0 8 の入力端子 1 7 とに供給される第 1 の送信信号のレベルが増大すると、ダイオード 2 1 0、2 1 1 の入力接続点 4 0 5 に発生する電圧と基準電位点 4 0 4 との電位差 V_{in} がダイオード 2 1 0、2 1 1 のしきい値電圧 V_f よりも高くなりダイオード 2 1 0、2 1 1 により整流動作が開始され、(2)式に従った負電圧 V_{out} が出力端子 1 8 に生成され、第 2 の送信側シャントゲートスイッチ 1 0 6 の電界効果トランジスタ 2 0 7 a～d のゲートと第 1 の送信用トランスファークロスタックスイッチ 1 0 0 の電界効果トランジスタ 2 0 0 a～d のゲートに供給される。

【0197】

一方、アンテナ電圧が 2.4V であり、第 2 の送信制御端子 1 3 が 0V であるため、第 4 の降圧回路 1 1 2 の入力端子 2 7 に接続された電界効果トランジスタ 2 1 9 a～b と第 3 の降圧回路 1 0 9 の入力端子 2 2 に接続された電界効果トランジスタ 2 1 8 a～b はオフ状態となる。その結果、第 3 の降圧回路 1 0 9 の入力接続点 4 0 9 に発生する電圧は 3 つの抵抗 3 6 2 a～b、3 4 4 の抵抗値で決定され、第 4 の降圧回路 1 1 2 の入力接続点 4 1 2 に発生する電圧も 3 つの抵抗 3 6 4 a～b、3 5 8 の抵抗値で決定される。すなわち、比較的小さな送信電力を持ったハイバンドの第 2 の RF 送信信号が第 2 の送信端子 3 2 に供給される場合には、電界効果トランジスタ 2 1 8 a～b、2 1 9 a～b と抵抗 3 6 0、3 6 1 a～b、3 6 2 a～b、3 6 3 a～b、3 6 4 a～b とから構成された可変減衰器は小さな減衰量に制御される。

【0198】

第 4 の降圧回路 1 1 2 の入力接続点 4 1 2 に発生する電圧を V_{in5} 、ダイオードのしきい値電圧を V_f 、基準電位 4 1 1 の接地電圧レベルを V_{ss} とすると、第 4 の降圧回路 1 1 2 の出力端子 2 8 には、下記(5)式に従った負電圧 V_{out5} が生成される。

【0199】

【数 5】

数5

$$V_{out5} = -2 \cdot (V_{in5} - V_f) - V_{ss} \quad \cdots (5) \text{式}$$

【0200】

また、上記(5)式によって与えられる負電圧 V_{out5} の電圧値は、負電圧 V_{out5} を生成する第 4 の降圧回路 1 1 2 の回路形式が変更されると異なる値に変化するものである。例えば、第 4 の降圧回路 1 1 2 の出力端子 2 8 に生成される負電圧 V_{out5} は、例えば、 $V_{in5} = 1.6V$ 、 $V_f = 0.6V$ とすると、上記(5)式に従って $-2.0V$ の負電圧 V_{out5} が第 4 の降圧回路 1 1 2 の出力端子 2 8 に生成される。第 3 の降圧回路 1 0 9 の出力端子 2 3 に生成される負電圧も、第 4 の降圧回路 1 1 2 の出力端子 2 8 に生成される負電圧 V_{out5} と同様に計算されることができる。従って、第 3 の降圧回路 1 0 9 の回路形式が第 4 の降圧回路 1 1 2 と同一の場合には、上記(5)式に従って $-2.0V$ の負電圧 V_{out5} が、第 3 の降圧回路 1 0 9 の出力端子 2 3 に生成されることが可能である。

【0201】

図 21 は、高レベルの第 2 の送信信号が図 6 の本発明の実施の形態 4 による半導体集積回路 1 のアンテナスイッチの第 2 の送信端子 3 2 から供給される際に各スイッチ 1 0 0、

105、102、106、101、110、103、スイッチ111の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

【0202】

図21に示すように、図20と同様に、第2の送信端子32とアンテナ端子2との間に接続された第2の送信用トランスファークロスタックスイッチ105がオン状態に制御されるので、第2の送信端子32に供給される第2の送信信号がアンテナ端子2に電圧される。また、図21では、-2.0Vの負電圧によって、オフ状態とされるスイッチ100、101、110、106の電界効果トランジスタのゲート・ソース間電圧が深い逆方向電圧とされている。その結果、アンテナスイッチのオフ耐圧を改善することが可能となり、またアンテナスイッチの容量の急激な増加による高調波歪特性を改善可能となる。

10

【0203】

《第1受信動作》

第1のアンテナ受信信号の受信時、すなわちアンテナ端子2に供給される第1のアンテナ受信信号を第1の受信端子41に出力する場合には、例えば第1の送信制御端子5と第2送信制御端子13とシャント制御端子6と第2の受信制御端子25に0Vの電圧が供給され、第1の受信制御端子7に3.0Vの電圧が供給される。

【0204】

図22は、図6の本発明の実施の形態4による半導体集積回路1のアンテナスイッチが受信動作を行う際に、各スイッチ100、105、102、106、101、110、103、スイッチ111の電圧と動作状態の関係とを示す図である。

20

【0205】

図22の各エントリーの上側は、第1受信動作を示すものがある。図22の多数のエントリーの上側に示すように、第1受信動作では第1の送信用トランスファークロスタックスイッチ101がオン状態に制御されるので、アンテナ端子2に供給される第1のアンテナ受信信号は第1の送信用トランスファークロスタックスイッチ101を介して第1の受信端子41に伝達される。この時には、第1の送信側シャントスイッチ102がオン状態に制御されるので第1の送信端子31の漏洩信号成分は接地電位にバイパスされ、第2の送信側シャントスイッチ106がオン状態に制御されるので第2の送信端子32の漏洩信号成分は接地電位にバイパスされ、第2の受信側シャントスイッチ111がオン状態に制御されるので第2の受信端子42の漏洩信号成分は接地電位にバイパスされることが可能となる。

30

【0206】

《第2受信動作》

第2のアンテナ受信信号の受信時、すなわちアンテナ端子2に供給される第2のアンテナ受信信号を第2の受信端子42に出力する場合には、例えば第1の送信制御端子5と第2送信制御端子13とシャント制御端子6と第1の受信制御端子7に0Vの電圧が供給され、第2の受信制御端子25に3.0Vの電圧が供給される。

【0207】

図22の各エントリーの下側は、第2受信動作を示すものがある。図22の多数のエントリーの下側に示すように、第2受信動作では第2の送信用トランスファークロスタックスイッチ110がオン状態に制御されるので、アンテナ端子2に供給される第2のアンテナ受信信号は第2の送信用トランスファークロスタックスイッチ110を介して第2の受信端子42に伝達される。この時には、第1の送信側シャントスイッチ102がオン状態に制御されるので第1の送信端子31の漏洩信号成分は接地電位にバイパスされ、第2の送信側シャントスイッチ106がオン状態に制御されるので第2の送信端子32の漏洩信号成分は接地電位にバイパスされ、第1の受信側シャントスイッチ103がオン状態に制御されるので第1の送信端子41の漏洩信号成分は接地電位にバイパスされることが可能となる。

40

【0208】

この第1と第2の受信動作では、アンテナ端子2に供給される第1と第2のアンテナ受信信号は微弱な信号電圧レベルであるので、第3の降圧回路109と第4の降圧回路112は駆動されず、その出力端子23、28から負電圧は生成されない。

50

【0209】

[実施の形態5]

《高周波モジュールの構成》

図7は、図6の本発明の実施の形態4によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路1を内蔵した本発明の実施の形態5による高周波モジュールの構成を示す図である。

【0210】

図7に示す高周波モジュールRF_MDは携帯電話端末に搭載可能であり、RF電力増幅器70とローパスフィルタ71、72とアンテナスイッチ73とを含んでいる。アンテナスイッチ73は、図6の本発明の実施の形態4によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路1によって構成されている。すなわち、アンテナスイッチ73は、第1の送信端子31と第2の送信端子32と第1の受信端子41と第2の受信端子42と第1の送信制御端子5と第2の送信制御端子13と第1の受信制御端子5と第2の受信制御端子25とシャント制御端子6とアンテナ端子2を含み、アンテナ端子2は携帯電話端末に搭載される送受信アンテナANTに接続される。

10

【0211】

高周波モジュールRF_MDのRF電力増幅器70は、第1の電力増幅回路701と第2の電力増幅回路702と制御回路703とを含み、第1の電力増幅回路701の入力端子にはローバンドの周波数880～915MHzの第1の送信信号Tx1が供給可能とされ、第2の電力増幅回路702の入力端子にはハイバンドの周波数1710～1785MHzの第2の送信信号Tx2が供給可能とされる。第1の電力増幅回路701の出力端子に生成される第1の送信増幅信号はローパスフィルタ71を介してアンテナスイッチ73の第1の送信端子31に供給可能とされ、第2の電力増幅回路702の出力端子に生成される第2の送信増幅信号はローパスフィルタ72を介してアンテナスイッチ73の第2の送信端子32に供給可能とされる。また、制御回路703の出力ポートからは、アンテナスイッチ73の第1の送信制御端子5と第2の送信制御端子13と第1の受信制御端子5と第2の受信制御端子25とシャント制御端子6に供給される種々の制御信号が生成されるので、アンテナスイッチ73の送受信動作が制御される。

20

【0212】

アンテナスイッチ73による送信動作では、アンテナスイッチ73によって第1の電力増幅回路701の出力端子に生成されアンテナスイッチ73の第1の送信端子31に供給される第1の送信増幅信号と第2の電力増幅回路702の出力端子に生成されアンテナスイッチ73の第2の送信端子32に供給される第2の送信増幅信号とのいずれか一方が選択されて、選択されたRF送信増幅信号がアンテナ端子2に接続された送受信アンテナANTに供給される。

30

【0213】

アンテナスイッチ73による受信動作では、アンテナ端子2に接続された送受信アンテナANTによって受信されたローバンドの周波数925～960MHzの第1の受信信号とハイバンドの周波数1805～1880MHzの第2の受信信号とのいずれか一方がアンテナスイッチ73によって選択されて、選択されたRF受信信号が第1の受信端子41と第2の受信端子42のいずれか一方に供給される。アンテナスイッチ73の第1の受信端子41と第2の受信端子42は、携帯電話端末に搭載されるRF半導体集積回路の受信回路部に含まれるローバンドの低雑音増幅器の入力端子とハイバンドの低雑音増幅器の入力端子にそれぞれ接続される。

40

【0214】

このようにして図6の本発明の実施の形態4によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路1を搭載した図7に示す本発明の実施の形態5による高周波モジュールRF_MDによれば、ローバンドとハイバンドの複数の周波数を使用した送受信動作の切り換えが可能となる。

【0215】

以上、本発明者によってなされた発明を種々の実施の形態に基づいて具体的に説明した

50

が、本発明はそれに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは言うまでもない。

【0216】

例えば、図7に示した本発明の実施の形態5による高周波モジュールRF_MDで、ハイバンド側の第2の送信端子32と第2の受信端子42とが省略される場合には、図3に示した本発明の実施の形態1または図5に示した本発明の実施の形態3による送受信用SPDT型のアンテナスイッチの半導体集積回路1を使用することが可能である。

【0217】

また図7に示した本発明の実施の形態5による高周波モジュールRF_MDで、第1の受信端子41と第2の受信端子42とが省略される場合には、図4に示した本発明の実施の形態2による送信用SPDT型アンテナスイッチの半導体集積回路1を使用することが可能である。

10

【0218】

更に例えば、本発明によるアンテナスイッチを含む半導体集積回路1の半導体基板はガリウム砒素等の化合物半導体に限定されるものではなく、半導体集積回路1に含まれるアンテナスイッチで使用される電界効果トランジスタは化合物半導体基板表面上に形成されるnチャンネル型でノーマリーオン型のMES型電界効果トランジスタに限定されるものではない。例えば、アンテナスイッチの半導体集積回路1の半導体基板にシリコンを利用してnチャンネル型のショットキーゲート型のMES型電界効果トランジスタを利用することが可能である一方、シリコンオンインシュレータ(SOI)技術を利用した絶縁ゲート型のMOS型電界効果トランジスタを利用することが可能である。

20

【0219】

また本発明による半導体集積回路1のアンテナスイッチは、携帯電話端末に搭載可能な高周波モジュールに内蔵されるアンテナスイッチに限定されるものではなく、無線LAN(Local Area Network)に使用される高周波モジュールに内蔵されるアンテナスイッチに適用されることも可能である。

【符号の説明】

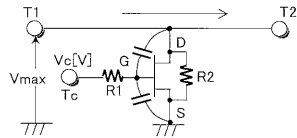
【0220】

- 1…半導体集積回路
- 2～28…回路の端子
- 100～112…降圧回路ブロック及びスイッチブロック
- 200～219…電界効果トランジスタ及びダイオード
- 300～364…抵抗及びコンデンサ
- 400～411…ノード端子

30

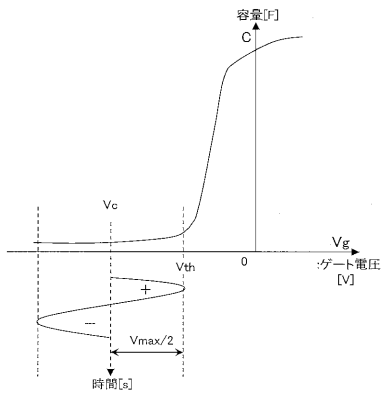
【図 1】

图 1



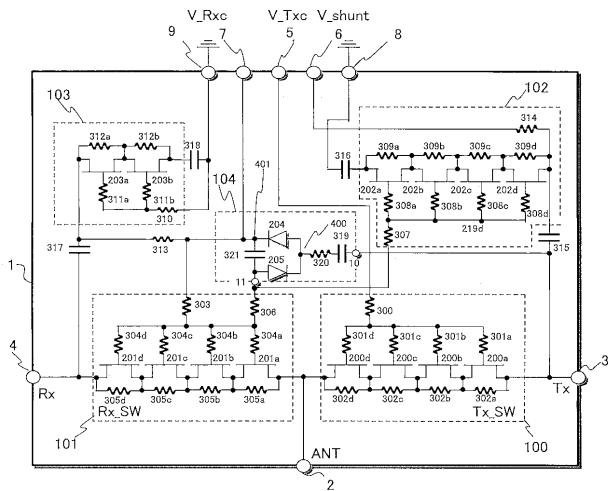
【 図 2 】

图2



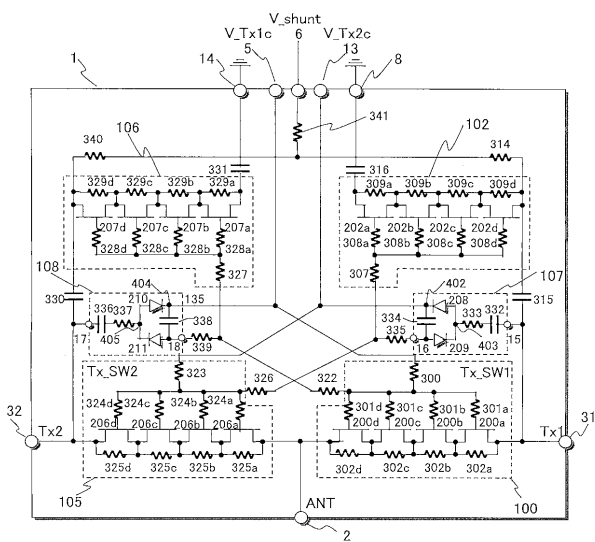
【図 3】

图3



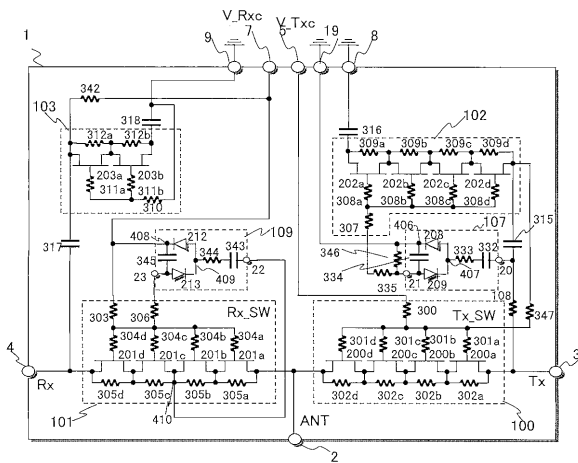
【 図 4 】

图4

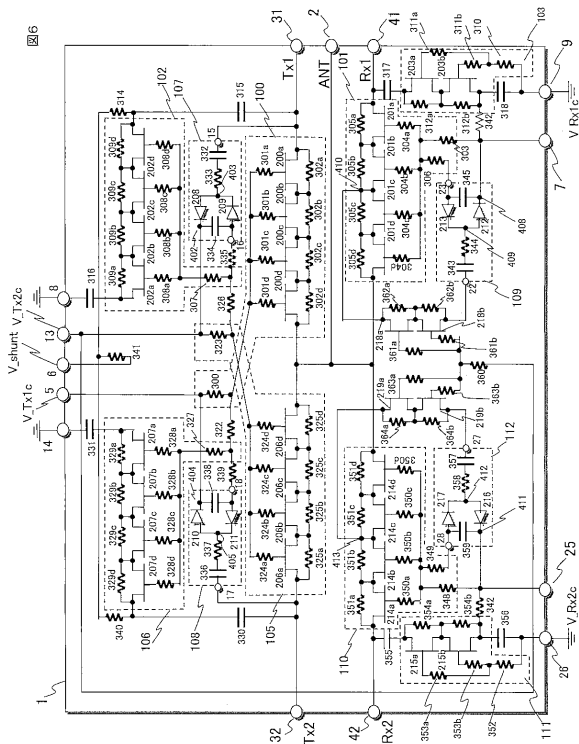


【図 5】

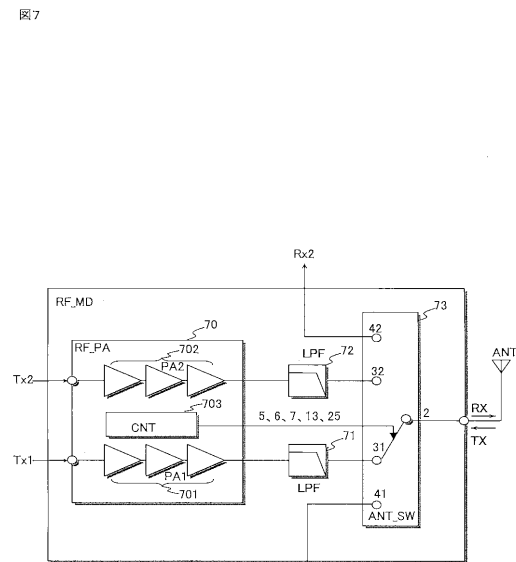
图5



【図 6】



【图 7】



【図 8】

スイッチ	100	101	102	103
ゲート・ソース間電圧 [V]	0.6	-2.4	-3.0	0
スイッチ動作状態	オン	オフ	オフ	オン
式(1)で求めたオフ耐圧[V]	-	2.8	4.0	-

【 図 1 1 】

スイッチ	100	105	102	106
ゲート・ソース間電圧 [V]	0.6	-2.4	-3.0	0
スイッチ動作状態	オン	オフ	オフ	オン
式(1)で求めたオフ耐圧[V]	-	2.8	4.0	-

【图 9】

スイッチ	100	101	102	103
ゲート・ソース間電圧 [V]	0. 6	-4. 4	-5. 0	0
スイッチ動作状態	オン	オフ	オフ	オン
式(1)で求めたオフ断圧[V]	-	6. 8	8. 0	-

【 図 1 2 】

スイッチ	100	105	102	106
ゲート・ソース間電圧 [V]	0.6	-4.4	-5.0	0
スイッチ動作状態	オン	オフ	オフ	オン
式(1)で求めたオフ耐圧[V]	-	6.8	8.0	-

【 义 1 0 】

スイッチ	100	101	102	103
ゲート・ソース間電圧[V]	-2.4	0.6	0	-3.0
スイッチ動作状態	オフ	オン	オン	オフ
式(1)で求めたオフ耐圧[V]	2.8	-	-	4.0

【图 1 3】

スイッチ	100	105	102	106
ゲートソース間電圧 [V]	-2.4	0.6	0	-3.0
スイッチ動作状態	オフ	オン	オン	オフ
式(1)で求めたオフ耐圧[V]	2.8	-	-	4.0

【图 14】

スイッチ	100	105	102	106
ゲート・ソース間電圧 [V]	-4.4	0.6	0	-5.0
スイッチ動作状態	オフ	オン	オン	オフ
式(1)で求めたオフ耐圧[V]	6.8	-	-	8.0

【図 15】

図15

スイッチ	100	101	102	103
ゲート・ソース間電圧 [V]	0.6	-2.4	-3.0	0
スイッチ動作状態	オン	オフ	オフ	オン
式(1)で求めたオフ耐圧[V]	-	2.8	4.0	-

【図 16】

図16

スイッチ	100	101	102	103
ゲート・ソース間電圧 [V]	0.6	-4.4	-5.0	0
スイッチ動作状態	オン	オフ	オフ	オン
式(1)で求めたオフ耐圧[V]	-	6.8	8.0	-

【図 17】

図17

スイッチ	100	101	102	103
ゲート・ソース間電圧 [V]	-2.4	0.6	0	-3.0
スイッチ動作状態	オフ	オン	オン	オフ
式(1)で求めたオフ耐圧[V]	2.8	-	-	4.0

【図 20】

図20

スイッチ	100	101	102	103	105	110	106	111
ゲート・ソース間電圧 [V]	-2.4	-2.4	0	0	0.6	-2.4	-3.0	0
スイッチ動作状態	オフ	オフ	オン	オン	オン	オフ	オフ	オン
式(1)で求めたオフ耐圧 [V]	2.8	2.8	-	-	2.8	4.0	-	-

【図 21】

図21

スイッチ	100	101	102	103	105	110	106	111
ゲート・ソース間電圧 [V]	-4.4	-4.4	0	0	0.6	-4.4	-5.0	0
スイッチ動作状態	オフ	オフ	オン	オン	オン	オフ	オフ	オン
式(1)で求めたオフ耐圧[V]	6.8	6.8	-	-	6.8	8.0	-	-

【図 22】

図22

スイッチ	100	101	102	103	105	110	106	111
ゲート・ソース間電圧 [V]	-2.4 (-2.4)	0.6 (-2.4)	0 (0)	-3.0 (0)	-2.4 (-2.4)	-2.4 (0.6)	0 (0)	0 (-3.0)
スイッチ動作状態	オフ (オフ)	オン (オフ)	オン (オン)	オフ (オン)	オフ (オフ)	オフ (オン)	オン (オン)	オン (オフ)
式(1)で求めたオフ耐圧[V]	2.8 (2.8)	- (2.8)	-	4.0 -	2.8 (2.8)	2.8 -	-	- 4.0

【図 18】

図18

スイッチ	100	101	102	103	105	110	106	111
ゲート・ソース間電圧 [V]	0.6	-2.4	-3.0	0	-2.4	-2.4	0	0
スイッチ動作状態	オン	オフ	オフ	オン	オフ	オフ	オン	オン
式(1)で求めたオフ耐圧[V]	-	2.8	4.0	-	2.8	2.8	-	-

【図 19】

図19

スイッチ	100	101	102	103	105	110	106	111
ゲート・ソース間電圧 [V]	0.6	-4.4	-5.0	0	-4.4	-4.4	0	0
スイッチ動作状態	オン	オフ	オフ	オン	オフ	オフ	オン	オン
式(1)で求めたオフ耐圧 [V]	-	6.8	8.0	-	6.8	6.8	-	-

フロントページの続き

(72)発明者 中島 秋重

東京都千代田区大手町二丁目6番2号 株式会社ルネサステクノロジ内

(72)発明者 佐藤 好三

東京都千代田区大手町二丁目6番2号 株式会社ルネサステクノロジ内

Fターム(参考) 5J055 AX05 BX03 BX04 CX03 CX24 DX12 DX61 DX62 DX72 DX73
DX83 EX02 EY01 EY03 EY10 EY12 EY21 EZ12 EZ13 EZ14
FX05 FX12 FX18 FX32 FX37 GX01 GX02
5K011 DA02 DA21 FA01