

(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2012-58860

(P2012-58860A)

(43) 公開日 平成24年3月22日(2012.3.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 6 F 12/06 (2006.01)	G 0 6 F 12/06 5 2 5 A	5 B 0 6 0
G 1 1 C 16/02 (2006.01)	G 1 1 C 17/00 6 0 1 D	5 B 1 2 5
G 0 6 F 12/00 (2006.01)	G 1 1 C 17/00 6 1 1 A	
	G 1 1 C 17/00 6 1 3	
	G 1 1 C 17/00 6 1 1 E	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 24 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2010-199381 (P2010-199381)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成22年9月6日 (2010.9.6)		株式会社東芝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100095441
			弁理士 白根 俊郎
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 メモリシステム

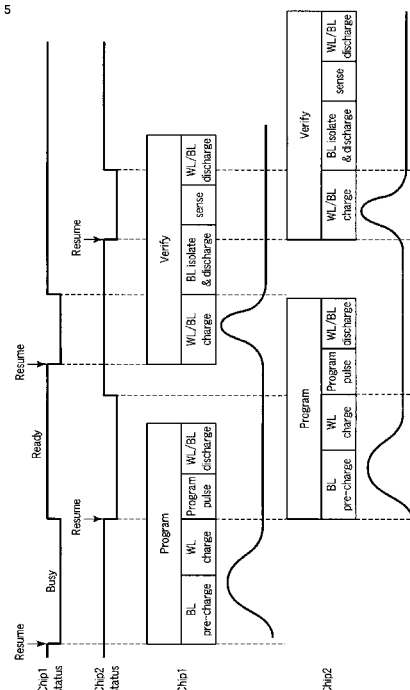
(57) 【要約】

【課題】複数の不揮発性半導体メモリを有するメモリシステムで発生する消費電力のピークを低く抑えることができる。

【解決手段】チップ1は、コントローラ20から第1制御信号を受け取ると、第1動作のうちの第1サブ動作を実行して、第1動作を中断する。コントローラ20は第1動作が中断されると、第2制御信号をチップ2に送信する。第2制御信号を受け取ると、チップ2は第2動作のうちの第3サブ動作を実行して、第2動作を中断する。コントローラ20は第2動作が中断されると、第3制御信号をチップ1に送信する。第3制御信号を受け取ると、チップ1は第1動作を再開し、第2サブ動作を実行する。コントローラ20は第2サブ動作が終了すると、第4制御信号をチップ2に送信する。第4制御信号を受け取ると、チップ2は第2動作を再開し、第4サブ動作を実行する。

【選択図】 図5

図 5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数のメモリセルを有し、前記複数のメモリセルに対して書き込み、読み出し及び消去の少なくともいずれか 1 つの第 1 動作を行う第 1 の不揮発性半導体メモリと、

複数のメモリセルを有し、前記複数のメモリセルに対して書き込み、読み出し及び消去の少なくともいずれか 1 つの第 2 動作を行う第 2 の不揮発性半導体メモリと、

前記第 1 の不揮発性半導体メモリ及び前記第 2 の不揮発性半導体メモリの前記第 1 動作及び前記第 2 動作を制御するコントローラとを具備し、

前記第 1 動作は、所定電流以上の電流を消費する第 1 サブ動作及び第 2 サブ動作を含み、

前記第 2 動作は、所定電流以上の電流を消費する第 3 サブ動作及び第 4 サブ動作を含み、

前記第 1 の不揮発性半導体メモリは、前記コントローラから第 1 制御信号を受け取ると、前記第 1 動作の前記第 1 サブ動作を実行した後、前記第 1 動作を中断し、

前記コントローラは前記第 1 動作が中断されたことを認知すると、第 2 制御信号を前記第 2 の不揮発性半導体メモリに送信し、

前記第 2 の不揮発性半導体メモリは、前記コントローラから前記第 2 制御信号を受け取ると、前記第 2 動作の前記第 3 サブ動作を実行した後、前記第 2 動作を中断し、

前記コントローラは前記第 2 動作が中断されたことを認知すると、第 3 制御信号を前記第 1 の不揮発性半導体メモリに送信し、

前記第 1 の不揮発性半導体メモリは、前記コントローラから前記第 3 制御信号を受け取ると、前記第 1 動作を再開して前記第 2 サブ動作を実行し、

前記コントローラは前記第 2 サブ動作が実行されたことを認知すると、第 4 制御信号を前記第 2 の不揮発性半導体メモリに送信し、

前記第 2 の不揮発性半導体メモリは、前記コントローラから前記第 4 制御信号を受け取ると、前記第 2 動作を再開して前記第 4 サブ動作を実行することを特徴とするメモリシステム。

【請求項 2】

前記第 1 サブ動作は前記所定電流以上の電流を消費する第 1 高電流動作と前記第 1 高電流動作より小さい電流を消費する第 1 低電流動作とを含み、前記第 2 サブ動作は前記所定電流以上の電流を消費する第 2 高電流動作と前記第 2 高電流動作より小さい電流を消費する第 2 低電流動作とを含み、

前記第 3 サブ動作は前記所定電流以上の電流を消費する第 3 高電流動作と前記第 3 高電流動作より小さい電流を消費する第 3 低電流動作とを含み、前記第 4 サブ動作は前記所定電流以上の電流を消費する第 4 高電流動作と前記第 4 高電流動作より小さい電流を消費する第 4 低電流動作とを含み、

前記第 2 高電流動作と前記第 1 低電流動作とが並行して実行され、前記第 3 高電流動作と前記第 2 低電流動作とが並行して実行され、前記第 4 高電流動作と前記第 3 低電流動作とが並行して実行されることを特徴とする請求項 1 に記載のメモリシステム。

【請求項 3】

前記第 1 動作及び第 2 動作は書き込みであり、前記第 1 サブ動作及び前記第 3 サブ動作はメモリセルにデータを書き込むプログラムであり、前記第 2 サブ動作及び前記第 4 サブ動作は前記プログラムが正常に行われたか否かを検証するプログラムベリファイであることを特徴とする請求項 1 に記載のメモリシステム。

【請求項 4】

前記第 1 動作及び前記第 2 動作は読み出しであり、前記第 1 サブ動作及び前記第 3 サブ動作は第 1 ワード線に接続されたメモリセルの読み出しであり、前記第 2 サブ動作及び前記第 4 サブ動作は前記第 1 ワード線に隣接する第 2 ワード線に接続されたメモリセルの読み出しであることを特徴とする請求項 1 に記載のメモリシステム。

【請求項 5】

複数のメモリセルを有するメモリセルアレイと、
前記メモリセルアレイに対して書き込み、読み出し及び消去の少なくともいずれか１つの第１動作を行う第１制御回路とを備える第１の不揮発性半導体メモリと、
複数のメモリセルを有するメモリセルアレイと、
前記メモリセルアレイに対して書き込み、読み出し及び消去の少なくともいずれか１つの第２動作を行う第２制御回路とを備える第２の不揮発性半導体メモリと、
前記第１の不揮発性半導体メモリ及び前記第２の不揮発性半導体メモリにそれぞれ設けられ、前記第１の不揮発性半導体メモリ及び前記第２の不揮発性半導体メモリが共にレディ状態であるか否かを検出する検出回路とを具備し、
前記検出回路が前記第１の不揮発性半導体メモリ及び前記第２の不揮発性半導体メモリが共にレディ状態であることを検出したとき、
前記第１制御回路は、第１待機時間の経過後に前記第１動作を開始し、
前記第２制御回路は、前記第１待機時間と異なる第２待機時間の経過後に前記第２動作を開始することを特徴とするメモリシステム。

10

20

30

40

50

【請求項 6】

前記第１動作は所定電流以上の電流を消費する第１高電流動作と前記第１高電流動作より小さい電流を消費する第１低電流動作とを含み、
前記第２動作は所定電流以上の電流を消費する第２高電流動作と前記第２高電流動作より小さい電流を消費する第２低電流動作とを含み、
前記第２待機時間は、前記第１動作が含む前記第１高電流動作が終了する時間に設定され、前記第１低電流動作と前記第２高電流動作とが並行して実行されることを特徴とする請求項 5 に記載のメモリシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、複数の不揮発性半導体メモリを有するメモリシステムに関し、例えば複数の NAND 型フラッシュメモリを有するメモリシステムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、微細化の進行と共に、NAND 型フラッシュメモリの書き込みスピードは遅くなっている。一方、複数の NAND 型フラッシュメモリチップを有するメモリシステムが扱うデータ量は増加傾向にあるため、メモリシステムは複数の NAND 型フラッシュメモリチップに対し同時に書き込みを実行することにより、書き込み性能の向上を図っている。

【0003】

しかしこの場合、複数の NAND 型フラッシュメモリチップを同時に動作させるため、消費電流が増大する。特に、複数の NAND 型フラッシュメモリチップにおける消費電流のピークが重なり、大きなピーク電流が流れることが懸念される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 11 - 242632 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

複数の不揮発性半導体メモリを有するメモリシステムで発生する消費電力のピークを低く抑えることができるメモリシステムを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

一実施態様のメモリシステムは、複数のメモリセルを有し、前記複数のメモリセルに対して書き込み、読み出し及び消去の少なくともいずれか１つの第１動作を行う第１の不揮

発性半導体メモリと、複数のメモリセルを有し、前記複数のメモリセルに対して書き込み、読み出し及び消去の少なくともいずれか１つの第２動作を行う第２の不揮発性半導体メモリと、前記第１の不揮発性半導体メモリ及び前記第２の不揮発性半導体メモリの前記第１動作及び前記第２動作を制御するコントローラとを具備する。前記第１動作は、所定電流以上の電流を消費する第１サブ動作及び第２サブ動作を含み、前記第２動作は、所定電流以上の電流を消費する第３サブ動作及び第４サブ動作を含む。前記第１の不揮発性半導体メモリは、前記コントローラから第１制御信号を受け取ると、前記第１動作の前記第１サブ動作を実行した後、前記第１動作を中断し、前記コントローラは前記第１動作が中断されたことを認知すると、第２制御信号を前記第２の不揮発性半導体メモリに送信する。前記第２の不揮発性半導体メモリは、前記コントローラから前記第２制御信号を受け取ると、前記第２動作の前記第３サブ動作を実行した後、前記第２動作を中断し、前記コントローラは前記第２動作が中断されたことを認知すると、第３制御信号を前記第１の不揮発性半導体メモリに送信する。前記第１の不揮発性半導体メモリは、前記コントローラから前記第３制御信号を受け取ると、前記第１動作を再開して前記第２サブ動作を実行し、前記コントローラは前記第２サブ動作が実行されたことを認知すると、第４制御信号を前記第２の不揮発性半導体メモリに送信する。前記第２の不揮発性半導体メモリは、前記コントローラから前記第４制御信号を受け取ると、前記第２動作を再開して前記第４サブ動作を実行することを特徴とする。

10

【図面の簡単な説明】

20

【０００７】

【図１】プログラムとプログラムベリファイ時のタイミングと消費電流を模式的に示す図である。

【図２】多値ＮＡＮＤ型フラッシュメモリにおけるプログラムとプログラムベリファイのフロー図である。

【図３】第１実施形態のメモリシステムの構成を示すブロック図である。

【図４】第１実施形態のＮＡＮＤ型フラッシュメモリにおける書き込み時のフローチャートである。

【図５】第１実施形態のＮＡＮＤ型フラッシュメモリにおける書き込み時のタイミングチャートである。

【図６】第１実施形態のＮＡＮＤ型フラッシュメモリにおける書き込み時のタイミングチャートを示す第１例である。

30

【図７】第１実施形態のＮＡＮＤ型フラッシュメモリにおける書き込み時のタイミングチャートを示す第２例である。

【図８】第１実施形態のＮＡＮＤ型フラッシュメモリにおける書き込み時のタイミングチャートを示す第３例である。

【図９】第１実施形態のＮＡＮＤ型フラッシュメモリにおける読み出し時のフローチャートである。

【図１０】第１実施形態のＮＡＮＤ型フラッシュメモリにおける読み出し時のタイミングチャートである。

【図１１】第２実施形態のメモリシステムの構成を示すブロック図である。

40

【図１２】第２実施形態のＮＡＮＤ型フラッシュメモリにおけるMCMBUSY制御回路の構成を示す回路図である。

【図１３】第２実施形態のＮＡＮＤ型フラッシュメモリにおける書き込み時のフローチャートである。

【図１４】第２実施形態のＮＡＮＤ型フラッシュメモリにおける書き込み時のタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【０００８】

実施形態を説明する前に、本出願を提案するに至った経緯について説明する。

【０００９】

50

複数の不揮発性半導体メモリチップを同時に動作させる場合、消費電流が増大する可能性がある。例えば、複数のNAND型フラッシュメモリチップ（以下、メモリチップ）に対し、同時に書き込みを実行すると、各メモリチップにおいて消費されるピーク電流が重なり、大きな消費電力のピークが発生することが懸念される。なお、以降の説明において、書き込みはプログラムとプログラムベリファイを含むものとする。

【0010】

図1に、プログラム(図中「program」と表記、以下同様)とプログラムベリファイ(「Verify」)時のタイミングとその際の消費電流を模式的に示す。プログラムもプログラムベリファイも大きく、ワード線/ビット線のセットアップ(A、C)書き込みもしくはリード・センス動作ワード線/ビット線電位のディスチャージ(リカバリ動作)(B、D)といった個々の動作に大別される。なお、図1中、Aは「BL pre-charge」ビット線プリチャージ及び「WL charge」ワード線チャージの意、Bは「program pulse」プログラムパルス及び「WL/BL discharge」ワード線/ビット線ディスチャージの意、Cは「WL/BL charge」ワード線/ビット線チャージの意、Dは「BL isolate & discharge」ビット線のセル電流による放電、「sense」リード・センス動作及び「WL/BL discharge」ワード/ビット線ディスチャージの意を示す。

【0011】

個々の動作の所要時間は、メモリチップ内部であらかじめ決められたタイマで決まる。メモリチップの消費電流は一定ではなく、ある特定の動作で大きなピーク電流が発生する。

【0012】

複数のメモリチップで同時に書き込みを実行したときにも、このピーク電流がメモリチップ間で重ならないようにできればよい。例えば、書き込み実行のタイミングをずらすといった方法が考えられるが、実際にはそれだけでは重なりを防ぐのは困難である。以下に、その例を示す。

【0013】

図2に、多値NAND型フラッシュメモリにおけるプログラム(「program」)とプログラムベリファイ(「Verify」)のフローを示す。

【0014】

多値のNAND型フラッシュメモリでは、しきい値電圧のレベルごとにベリファイを行っているが、レベルごとにプログラムが完了すると、以降該当レベルのベリファイは実施する必要はない。ここでは、3つのレベル($A < B < C$)のベリファイを行っている。

【0015】

また、一般にNAND型フラッシュメモリのメモリセルはしきい値電圧の低いレベルから書き上げて行くので、書き込み開始直後はB、Cレベルのベリファイをある回数実行しないことも、書き込み性能改善のために行われている。

【0016】

つまり、メモリチップごとにピーク電流が流れるタイミングは異なり、しかもそのタイミングはメモリセルのセル特性に起因する。このため、ピーク電流が流れるタイミングを制御することは困難である。

【0017】

他の要因として、NAND型フラッシュメモリは、コマンド入力を受けてメモリチップ内に備えたオシレータで、例えば100ns周期のクロックを生成している。このクロックに同期して制御回路(ステートマシン)が動作する。

【0018】

タイマ設定が複数のメモリチップで同じ場合でも、このクロック周期にはばらつきが生じる。NAND型フラッシュメモリの書き込みや読み出し時間は数十 μ s～数msであるため、クロック周期のばらつきは決して無視できず、どこかでメモリチップ間のピーク電流が重なる可能性がある。

【0019】

10

20

30

40

50

このように、複数のNAND型フラッシュメモリで同時に書き込みシーケンスが実行されている場合に、それぞれのNAND型フラッシュメモリで発生するピーク電流が重なり、メモリシステムとして非常に大きな消費電流となる懸念があった。このため、メモリシステムはこの最大のピーク電流に対応する電源システムを組み込む必要があった。

【0020】

そこで、本実施形態では、複数の不揮発性半導体メモリを有するメモリシステムで発生する消費電力のピークを低く抑えることができるメモリシステムを提供する。

【0021】

以下に、図面を参照して実施形態について説明する。なお、以下の説明において、同一の機能及び構成を有する要素については、同一符号を付し、重複説明は必要な場合にのみ行う。

10

【0022】

[1] 第1実施形態

第1実施形態のメモリシステムについて説明する。

【0023】

図3は、第1実施形態のメモリシステムの構成を示すブロック図である。

【0024】

図示するように、メモリシステム10は、複数の不揮発性半導体メモリチップ、例えばNAND型フラッシュメモリチップ(以下、メモリチップ)10-1, 10-2, 10-3, 10-4、コントローラ20を備える。コントローラ20は、メモリチップ10-1, 10-2, 10-3, 10-4の動作を制御する。

20

【0025】

メモリチップの各々は、メモリセルアレイ11、主制御部12、ブロック制御回路13、ロウ制御回路14、選択回路15、センスアンプ16、カラム制御回路17、データ入出力バッファ18、入出力制御回路19を備える。

【0026】

主制御部12は、コントローラ20から出力された制御信号を入出力制御回路19及びデータ入出力バッファ18を介して受け取り、制御信号に基づいてブロック制御回路13、ロウ制御回路14、選択回路15、センスアンプ16及びカラム制御回路17を制御して、メモリセルアレイ11に対するデータの書き込み、読み出し及び消去を行う。

30

【0027】

ブロック制御回路13は、メモリセルアレイ11に含まれるブロックの選択を制御する。ロウ制御回路14は、メモリセルアレイ11に対するデータの書き込み、読み出し及び消去時にメモリセルアレイ11内のワード線に対して印加する電圧の制御を行う。

【0028】

カラム制御回路17は、カラムアドレスに基づいてメモリセルアレイ11内のビット線の選択を制御する。センスアンプ16は、選択されたビット線に接続されたメモリセルから選択回路15を介してデータを読み出す。

【0029】

メモリセルアレイ11は複数のブロックを備え、ブロックの各々は複数のNAND列を有する。NAND列の各々は直列に接続された複数のメモリセルを有し、メモリセルの各々は、浮遊ゲートと、浮遊ゲート上にゲート間絶縁膜を介して配置された制御ゲートとを持つ不揮発性のメモリセルトランジスタからなる。

40

【0030】

次に、第1実施形態のメモリシステムにおける書き込み時の動作を説明する。ここでは、2個のNAND型フラッシュメモリチップ10-1, 10-2における書き込み動作を述べるが、メモリチップが3個以上の場合も同様の手法で書き込み動作を行うことができる。

【0031】

図4は、第1実施形態のNAND型フラッシュメモリチップ10-1, 10-2におけ

50

る書き込み時のフローチャートである。図 5 は、第 1 実施形態における書き込み時のタイミングチャートである。

【0032】

まず、メモリチップ 10 - 1, 10 - 2 内の主制御部 12 は、コントローラ 20 からレジュームコマンドが入力されるまで待機する ((「Wait Resume Command」)ステップ S 1)。主制御部 12 は、コントローラ 20 からレジュームコマンドを受け取ると、プログラムをスタートさせ ((「Program start」)ステップ S 2)、プログラムを実行する ((「Program」)ステップ S 3)。プログラムは、図 5 に示すように、ビット線のプリチャージ、ワード線のチャージ、プログラムパルスの印加、及びワード線 / ビット線電位のディスチャージといった順序で行われる。

10

【0033】

プログラムが終了すると ((「program end」)ステップ S 4)、主制御部 12 はメモリチップをサスペンド状態 (一時中断状態) とし、再び、コントローラ 20 からレジュームコマンドが入力されるまで待機する ((「Wait Resume Command」)ステップ S 5)。

【0034】

次に、主制御部 12 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムベリファイをスタートさせ ((「Verify start」)ステップ S 6)、プログラムベリファイを実行する ((「Verify」)ステップ S 7)。プログラムベリファイは、図 5 に示すように、ワード線 / ビット線のチャージ、ビット線のセル電流による放電、リード・センス動作、及びワード線 / ビット線電位のディスチャージといった順序で行われる。

20

【0035】

プログラムベリファイが終了すると ((「Verify end」)ステップ S 8)、主制御部 12 はメモリセルに対してベリファイがパスしたか否かを判定する ((「Verify Pass」)ステップ S 9)。ベリファイをパスしているとき、書き込み動作を終了する ((「End」)ステップ S 10)。

【0036】

一方、ベリファイをパスしていないとき、主制御部 12 はメモリチップをサスペンド状態とし、再び、コントローラ 20 からレジュームコマンドが入力されるまで待機する ((「Wait Resume Command」)ステップ S 11)。そして、主制御部 12 は、コントローラ 20 からレジュームコマンドを受け取ると、ステップ S 2 に戻り、ステップ S 2 以降の処理を繰り返す。

30

【0037】

図 5 を用いて、書き込み時の動作を述べる。なお、図 5 以降の図では、NAND 型フラッシュメモリチップ 10 - 1 をチップ 1 とし、NAND 型フラッシュメモリチップ 10 - 2 をチップ 2 とする。チップステータスは、“H” がレディ状態、“L” がビジー状態であることを表す。このレディまたはビジーの出力はメモリチップに出力ピンを設けてもよいし、メモリチップからステータスコマンドを出力してもよい。

【0038】

まず、コントローラ 20 は、チップ 1 がレディ状態であるとき、レジュームコマンド (「Resume」) をチップ 1 に出力する。チップ 1 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラム (「program」) をスタートさせる。そして、チップ 1 は、ビット線のプリチャージ (「BL pre-charge」) を行い、続いてワード線のチャージ (「WL charge」) を行う。ワード線のチャージが終了すると、すなわち高い電流を必要とする期間が終了すると、チップ 1 はレディ状態であることをコントローラ 20 に通知する。

40

【0039】

チップ 1 は、ワード線のチャージが終了した後、続いてプログラムパルスの印加 (「program pulse」)、及びワード線 / ビット線電位のディスチャージ (「WL/BL discharge」) を行い、プログラムを終了する。プログラムを終了した後、チップ 1 はサスペンド状態となる。プログラムのうち、ビット線のプリチャージとワード線のチャージを行う期間が高い電流を必要とする期間 (高電流期間) であり、プログラムパルスの印加とワード線 / ビッ

50

ト線電位のディスチャージを行う期間が低い電流を必要とする期間（低電流期間）である。

【 0 0 4 0 】

コントローラ 2 0 は、チップ 1 がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ 2 に出力する。チップ 2 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムをスタートさせる。そして、チップ 2 は、ビット線のプリチャージを行い、続いてワード線のチャージを行う。このとき、チップ 2 のこれら高電流期間の動作と並行して、チップ 1 では、前述したように、低電流期間の動作、すなわちプログラムパルスの印加、及びワード線 / ビット線のディスチャージが行われる。ワード線のチャージが終了すると、すなわち高電流期間が終了すると、チップ 2 はレディ状態であることをコントローラ 2 0 に通知する。

10

【 0 0 4 1 】

チップ 2 は、ワード線のチャージが終了した後、続いてプログラムパルスの印加、及びワード線 / ビット線電位のディスチャージを行い、プログラムを終了する。プログラムを終了した後、チップ 2 はサスペンド状態となる。

【 0 0 4 2 】

コントローラ 2 0 は、チップ 2 がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ 1 に出力する。チップ 1 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムベリファイ(「Verify」)をスタートさせる。そして、チップ 1 は、ワード線 / ビット線のチャージ(「WL/BL charge」)を行う。このとき、チップ 1 のこの高電流期間の動作と並行して、チップ 2 では、前述したように、低電流期間の動作、すなわちプログラムパルスの印加、及びワード線 / ビット線のディスチャージが行われる。チップ 1 のワード線 / ビット線のチャージが終了すると、すなわち高い電流を必要とする期間が終了すると、チップ 1 はレディ状態であることをコントローラ 2 0 に通知する。

20

【 0 0 4 3 】

チップ 1 は、ワード線 / ビット線のチャージが終了した後、続いてビット線のセル電流による放電(「BL isolate & discharge」)、リード・センス動作(「sense」)、及びワード線 / ビット線電位のディスチャージ(「WL/BL discharge」)を行い、プログラムベリファイを終了する。プログラムベリファイを終了した後、チップ 1 はサスペンド状態となる。プログラムベリファイのうち、ワード線 / ビット線のチャージを行う期間が高い電流を必要とする期間（高電流期間）であり、ビット線のセル電流による放電、リード・センス動作、及びワード線 / ビット線電位のディスチャージを行う期間が低い電流を必要とする期間（低電流期間）である。

30

【 0 0 4 4 】

コントローラ 2 0 は、チップ 1 がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ 2 に出力する。チップ 2 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムベリファイをスタートさせる。そして、チップ 2 は、ワード線 / ビット線のチャージを行う。このとき、チップ 2 のこの高電流期間の動作と並行して、チップ 1 では低電流期間の動作、すなわちビット線のセル電流による放電、リード・センス動作、及びワード線 / ビット線電位のディスチャージが行われる。チップ 2 のワード線 / ビット線のチャージが終了すると、チップ 2 はレディ状態であることをコントローラ 2 0 に通知する。

40

【 0 0 4 5 】

チップ 2 は、ワード線 / ビット線のチャージが終了した後、続いてビット線のセル電流による放電、リード・センス動作、及びワード線 / ビット線電位のディスチャージを行い、プログラムベリファイを終了する。プログラムベリファイを終了した後、チップ 2 はサスペンド状態となる。

【 0 0 4 6 】

このように、NAND型フラッシュメモリチップは、ピーク電流が発生する動作中はビジー状態となり、ビジー状態を示す信号をコントローラ 2 0 に出力する。そして、次のピーク電流が発生する動作の前に、サスペンド状態に移行してレジュームコマンドの入力を

50

待つ。

【 0 0 4 7 】

コントローラ 20 は、メモリチップごとにピーク電流が発生する動作をレディ / ビジーとして把握し、複数のメモリチップ間でビジーが重ならないようにレジュームコマンドを発行することにより、複数のメモリチップ間でピーク電流が発生する動作が重なるのを回避する。すなわち、コントローラ 20 は、レジュームコマンドの発行タイミングを制御することにより、各々のメモリチップで発生するピーク電流をずらすことができる。これにより、複数のメモリチップを有するメモリシステムにおいて発生する消費電力のピークを低減することが可能である。

【 0 0 4 8 】

次に、第 1 実施形態のメモリシステムにおける書き込み時の動作を 3 つの例を挙げて詳細に説明する。

【 0 0 4 9 】

図 6 は、第 1 実施形態の NAND 型フラッシュメモリチップ 10 - 1 , 10 - 2 における書き込み時のタイミングチャートを示す第 1 例である。

【 0 0 5 0 】

この第 1 例は、プログラムとプログラムベリファイの動作を分離し、レジュームコマンドの入力に応答して、プログラムとプログラムベリファイがそれぞれ動作をスタートするようにしたものである。なお、ピーク電流が流れる高電流期間を “ High Icc ”、ピーク電流が流れない低電流期間を “ Low Icc ” で示している。

【 0 0 5 1 】

チップ 1 , 2 において、プログラムの高電流期間、プログラムベリファイの高電流期間がそれぞれ重ならないようにする。プログラムベリファイは、しきい値電圧のレベルごとにベリファイを行っており、ここでは 3 つのレベル ($A < B < C$) のベリファイを行うものとする。なお、チップ 1 におけるプログラムベリファイの高電流期間は、先頭の A ベリファイの高電流期間のみとする。また、チップ 2 では、A ベリファイは以前に既にパスしているものとし、チップ 2 におけるプログラムベリファイの高電流期間は、先頭の B ベリファイの高電流期間のみとする。

【 0 0 5 2 】

以下に、図 6 に示す書き込み時の動作を詳述する。

【 0 0 5 3 】

まず、コントローラ 20 は、チップ 1 がレディ状態であるとき、レジュームコマンド (「 Resume 」) をチップ 1 に出力する (T 1)。チップ 1 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラム (「 Program 」) をスタートさせる。そして、チップ 1 は、ピーク電流が流れる高電流期間 (High Icc) の動作を行う。高電流期間が終了すると、すなわち高い電流を消費する動作が終了すると、チップ 1 はレディ状態であることをコントローラ 20 に通知する (T 2)。

【 0 0 5 4 】

チップ 1 は、高電流期間が終了した後、続いてピーク電流が流れない低電流期間 (Low Icc) の動作を行い、プログラムを終了する。プログラムを終了した後、チップ 1 はサスペンド状態となる。前述したように、プログラムのうち、ビット線のプリチャージとワード線のチャージを行う期間が高電流期間であり、プログラムパルスの印加とワード線 / ビット線電位のディスチャージを行う期間が低電流期間である。

【 0 0 5 5 】

コントローラ 20 は、チップ 1 がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ 2 に出力する (T 3)。チップ 2 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムをスタートさせる。そして、チップ 2 は、高電流期間の動作を行う。このとき、チップ 2 の高電流期間の動作と並行して、チップ 1 では低電流期間の動作が行われる。チップ 2 の高電流期間が終了すると、チップ 2 はレディ状態であることをコントローラ 20 に通知する (T 4)。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

チップ 2 は、高電流期間が終了した後、続いて低電流期間の動作を行い、プログラムを終了する。プログラムを終了した後、チップ 2 はサスペンド状態となる。

【 0 0 5 7 】

コントローラ 2 0 は、チップ 2 がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ 1 に出力する (T 5)。チップ 1 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムベリファイをスタートさせる。そして、チップ 1 は、A ベリファイ (「A Verify」) の高電流期間の動作を行う。高電流期間が終了すると、チップ 1 はレディ状態であることをコントローラ 2 0 に通知する (T 6)。

【 0 0 5 8 】

チップ 1 は、高電流期間が終了した後、続いて低電流期間の動作を行う、すなわち A ベリファイの低電流期間の動作を行い、さらに B ベリファイ (「B Verify」)、C ベリファイ (「C Verify」) を行う。そして、プログラムベリファイを終了する。前述したように、プログラムベリファイのうち、ワード線 / ビット線のチャージを行う期間が高い電流を必要とする高電流期間であり、ビット線のセル電流による放電、リード・センス動作、及びワード線 / ビット線電位のディスチャージを行う期間が低い電流を必要とする低電流期間である。

【 0 0 5 9 】

コントローラ 2 0 は、チップ 1 がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ 2 に出力する (T 7)。チップ 2 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムベリファイをスタートさせる。そして、チップ 2 は、B ベリファイの高電流期間の動作を行う。このとき、チップ 2 のこの高電流期間の動作と並行して、チップ 1 では低電流期間の動作が行われる。チップ 2 の高電流期間が終了すると、チップ 2 はレディ状態であることをコントローラ 2 0 に通知する (T 8)。

【 0 0 6 0 】

チップ 2 は、高電流期間が終了した後、続いて低電流期間の動作を行う、すなわち B ベリファイの低電流期間の動作を行い、さらに C ベリファイを行う。そして、プログラムベリファイを終了する。プログラムベリファイを終了した後、チップ 2 はサスペンド状態となる。

【 0 0 6 1 】

コントローラ 2 0 は、チップ 2 がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ 1 に出力する (T 9)。チップ 1 は、レジュームコマンドを受け取り、かつ C ベリファイが終了したとき、次のプログラムをスタートさせる (T 1 0)。そして、チップ 1 は、高電流期間の動作を行う。高電流期間が終了すると、チップ 1 はレディ状態であることをコントローラ 2 0 に通知する (T 1 1)。

【 0 0 6 2 】

チップ 1 は、高電流期間が終了した後、続いて低電流期間の動作を行い、プログラムを終了する。プログラムを終了した後、チップ 1 はサスペンド状態となる。

【 0 0 6 3 】

コントローラ 2 0 は、チップ 1 がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ 2 に出力する (T 1 2)。チップ 2 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムをスタートさせる。そして、チップ 2 は、高電流期間の動作を行う。高電流期間が終了すると、チップ 2 はレディ状態であることをコントローラ 2 0 に通知する (T 1 3)。

【 0 0 6 4 】

チップ 2 は、高電流期間が終了した後、続いて低電流期間の動作を行い、プログラムを終了する。プログラムを終了した後、チップ 2 はサスペンド状態となる。

【 0 0 6 5 】

以上のような動作が繰り返される。

【 0 0 6 6 】

図7は、第1実施形態のNAND型フラッシュメモリチップ10-1, 10-2における書き込み時のタイミングチャートを示す第2例である。

【0067】

第1例では、プログラムとプログラムベリファイの動作を分離し、レジュームコマンドの入力によってプログラムとプログラムベリファイの動作をそれぞれスタートさせた。この第2例では、プログラムとプログラムベリファイを連続して行われる1つのシーケンスとし、レジュームコマンドの入力に応答して、プログラムとプログラムベリファイの動作が連続して実行される。

【0068】

チップ1, 2において、プログラムの高電流期間(High Icc)のみが重ならないようにする。すなわち、プログラムの先頭のピーク電流が流れる動作が、チップ1とチップ2とで重ならないようにする。プログラムベリファイは、しきい値電圧のレベルごとにベリファイを行っており、ここでは3つのレベル($A < B < C$)のベリファイを行うものとする。なお、チップ1, 2におけるプログラムベリファイの高電流期間(High Icc)は、プログラムの高電流期間(High Icc)に比べてピーク電流が少ないものとする。このため、プログラムベリファイの高電流期間は、完全にずれなくてもよい。また、チップ2では、Aベリファイは以前に既にパスしているものとする。

【0069】

以下に、図7に示す書き込み時の動作を詳述する。

【0070】

まず、コントローラ20は、チップ1がレディ状態であるとき、レジュームコマンド(「Resume」)をチップ1に出力する(T21)。チップ1は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラム(「Program」)をスタートさせる。そして、チップ1は、ピーク電流が流れる高電流期間(High Icc)の動作を行う。高電流期間が終了すると、すなわち高い電流を消費する動作が終了すると、チップ1はレディ状態であることをコントローラ20に通知する(T22)。

【0071】

チップ1は、高電流期間が終了した後、続いてピーク電流が流れない低電流期間(Low Icc)の動作を行い、プログラムを終了する。さらに、プログラムを終了した後、プログラムベリファイをスタートさせる。そして、チップ1は、Aベリファイ(「A Verify」)、Bベリファイ(「B Verify」)、Cベリファイ(「C Verify」)を行う。

【0072】

コントローラ20は、チップ1がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ2に出力する(T23)。チップ2は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムをスタートさせる。そして、チップ2は、高電流期間の動作を行う。このとき、チップ2の高電流期間の動作と並行して、チップ1では、前述したように、低電流期間の動作が行われる。チップ2の高電流期間が終了すると、チップ2はレディ状態であることをコントローラ20に通知する(T24)。

【0073】

チップ2は、高電流期間が終了した後、続いて低電流期間の動作を行い、プログラムを終了する。さらに、プログラムを終了した後、プログラムベリファイをスタートさせる。そして、チップ1は、Bベリファイ、Cベリファイを行う。プログラムベリファイを終了した後、チップ2はサスペンド状態となる。

【0074】

コントローラ20は、チップ2がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ1に出力する(T25)。チップ1は、レジュームコマンドを受け取り、かつCベリファイが終了したとき、次のプログラムをスタートさせる(T26)。そして、チップ1は、高電流期間の動作を行う。高電流期間が終了すると、チップ1はレディ状態であることをコントローラ20に通知する(T27)。

【0075】

10

20

30

40

50

チップ 1 は、高電流期間が終了した後、続いて低電流期間の動作を行い、プログラムを終了する。さらに、プログラムを終了した後、プログラムベリファイをスタートさせる。

【 0 0 7 6 】

コントローラ 2 0 は、チップ 1 がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ 2 に出力する (T 2 8)。チップ 2 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムをスタートさせる。そして、チップ 2 は、高電流期間の動作を行う。高電流期間が終了すると、チップ 2 はレディ状態であることをコントローラ 2 0 に通知する (T 2 9)。

【 0 0 7 7 】

チップ 2 は、高電流期間が終了した後、続いて低電流期間の動作を行い、プログラムを終了する。さらに、プログラムを終了した後、プログラムベリファイをスタートさせる。

【 0 0 7 8 】

以上のような動作が繰り返される。

【 0 0 7 9 】

図 8 は、第 1 実施形態の N A N D 型フラッシュメモリチップ 1 0 - 1 , 1 0 - 2 における書き込み時のタイミングチャートを示す第 3 例である。

【 0 0 8 0 】

この第 3 例では、プログラム、プログラムベリファイにおける A ベリファイ、B ベリファイ、C ベリファイの動作をそれぞれ分離し、レジュームコマンドの入力に応答して、プログラム、A ベリファイ、B ベリファイ、C ベリファイの動作をそれぞれスタートさせる。

【 0 0 8 1 】

チップ 1 , 2 において、プログラムの高電流期間、プログラムベリファイの高電流期間がそれぞれ重ならないようにする。プログラムベリファイは、しきい値電圧のレベルごとにベリファイを行っており、ここでは 3 つのレベル ($A < B < C$) のベリファイを行う。なお、チップ 1 におけるプログラムベリファイの高電流期間は、A ベリファイ、B ベリファイ、C ベリファイにそれぞれ存在するものとする。また、チップ 2 では、A ベリファイは以前に既にパスしており、チップ 2 におけるプログラムベリファイの高電流期間は、B ベリファイ、C ベリファイにそれぞれ存在するものとする。

【 0 0 8 2 】

以下に、図 8 に示す書き込み時の動作を詳述する。

【 0 0 8 3 】

まず、コントローラ 2 0 は、チップ 1 がレディ状態であるとき、レジュームコマンド (「Resume」) をチップ 1 に出力する (T 3 1)。チップ 1 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラム (「Program」) をスタートさせる。そして、チップ 1 は、ピーク電流が流れる高電流期間 (High Icc) の動作を行う。高電流期間が終了すると、すなわち高い電流を消費する動作が終了すると、チップ 1 はレディ状態であることをコントローラ 2 0 に通知する (T 3 2)。

【 0 0 8 4 】

チップ 1 は、高電流期間が終了した後、続いてピーク電流が流れない低電流期間 (Low Icc) の動作を行い、プログラムを終了する。プログラムを終了した後、チップ 1 はサスペンド状態となる。

【 0 0 8 5 】

コントローラ 2 0 は、チップ 1 がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ 2 に出力する (T 3 3)。チップ 2 は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムをスタートさせる。そして、チップ 2 は、高電流期間の動作を行う。このとき、チップ 2 の高電流期間の動作と並行して、チップ 1 では、前述したように、低電流期間の動作が行われる。チップ 2 の高電流期間が終了すると、チップ 2 はレディ状態であることをコントローラ 2 0 に通知する (T 3 4)。

【 0 0 8 6 】

チップ2は、高電流期間が終了した後、続いて低電流期間の動作を行い、プログラムを終了する。プログラムを終了した後、チップ2はサスペンド状態となる。

【0087】

コントローラ20は、チップ2がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ1に出力する(T35)。チップ1は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムベリファイをスタートさせる。そして、チップ1は、Aベリファイ(「A Verify」)の高電流期間の動作を行う。高電流期間が終了すると、チップ1はレディ状態であることをコントローラ20に通知する(T36)。

【0088】

チップ1は、高電流期間が終了した後、続いてAベリファイの低電流期間の動作を行い、Aベリファイを終了する。Aベリファイを終了した後、チップ1はサスペンド状態となる。

10

【0089】

コントローラ20は、チップ1がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ2に出力する(T37)。チップ2は、レジュームコマンドを受け取ると、プログラムベリファイをスタートさせる。そして、チップ2は、Bベリファイ(「B Verify」)の高電流期間の動作を行う。このとき、チップ2のこの高電流期間の動作と並行して、チップ1では、前述したように、低電流期間の動作が行われる。チップ2の高電流期間が終了すると、チップ2はレディ状態であることをコントローラ20に通知する(T38)。

20

【0090】

チップ2は、高電流期間が終了した後、続いてBベリファイの低電流期間の動作を行い、Bベリファイを終了する。Bベリファイを終了した後、チップ2はサスペンド状態となる。

【0091】

コントローラ20は、チップ2がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ1に出力する(T39)。チップ1は、レジュームコマンドを受け取ると、Bベリファイをスタートさせる。そして、チップ1は、Bベリファイの高電流期間の動作を行う。高電流期間が終了すると、チップ1はレディ状態であることをコントローラ20に通知する(T40)。

30

【0092】

チップ1は、高電流期間が終了した後、続いてBベリファイの低電流期間の動作を行い、Bベリファイを終了する。Bベリファイを終了した後、チップ1はサスペンド状態となる。

【0093】

コントローラ20は、チップ1がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ2に出力する(T41)。チップ2は、レジュームコマンドを受け取ると、Cベリファイ(「C Verify」)をスタートさせる。そして、チップ2は、Cベリファイの高電流期間の動作を行う。このとき、チップ2のこの高電流期間の動作と並行して、チップ1では、前述したように、低電流期間の動作が行われる。チップ2の高電流期間が終了すると、チップ2はレディ状態であることをコントローラ20に通知する(T42)。

40

【0094】

チップ2は、高電流期間が終了した後、続いてCベリファイの低電流期間の動作を行い、Cベリファイを終了する。Cベリファイを終了した後、チップ2はサスペンド状態となる。

【0095】

コントローラ20は、チップ2がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ1に出力する(T43)。チップ1は、レジュームコマンドを受け取ると、Cベリファイをスタートさせる。そして、チップ1は、Cベリファイの高電流期間の動作を行う。高電流期間が終了すると、チップ1はレディ状態であることをコントローラ20

50

に通知する (T 4 4)。

【 0 0 9 6 】

チップ 1 は、高電流期間が終了した後、続いて C ベリファイの低電流期間の動作を行い、C ベリファイを終了する。C ベリファイを終了した後、チップ 1 はサスペンド状態となる。

【 0 0 9 7 】

コントローラ 2 0 は、チップ 1 がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ 2 に出力する (T 4 5)。チップ 2 は、レジュームコマンドを受け取ると、次のプログラムをスタートさせる。そして、チップ 2 は、高電流期間の動作を行う。このとき、チップ 2 の高電流期間の動作と並行して、チップ 1 では、前述したように、低電流期間の動作が行われる。チップ 2 の高電流期間が終了すると、チップ 2 はレディ状態であることをコントローラ 2 0 に通知する (T 4 6)。

【 0 0 9 8 】

チップ 2 は、高電流期間が終了した後、続いてプログラムの低電流期間の動作を行い、プログラムを終了する。プログラムを終了した後、チップ 2 はサスペンド状態となる。

【 0 0 9 9 】

以上のような動作が繰り返される。

【 0 1 0 0 】

次に、第 1 実施形態のメモリシステムにおける読み出し時の動作を詳細に説明する。

【 0 1 0 1 】

図 9 は、第 1 実施形態の N A N D 型フラッシュメモリチップ 1 0 - 1 , 1 0 - 2 における読み出し時のフローチャートである。図 1 0 は、N A N D 型フラッシュメモリチップ 1 0 - 1 , 1 0 - 2 における読み出し時のタイミングチャートである。

【 0 1 0 2 】

隣接するワード線 $W L n$ とワード線 $W L n + 1$ の干渉を補正する読み出しにおいて、ワード線 $W L n + 1$ における読み出しを行った後にワード線 $W L n$ における読み出しを行い、ワード線 $W L n + 1$ の読み出し結果に応じてワード線 $W L n$ の読み出しを補正する。なお、 n は 1 以上の自然数を表す。前記読み出しは、しきい値電圧のレベルごとに読み出しを行っており、ここでは 3 つのレベル ($A < B < C$) の読み出しを行うものとする。

【 0 1 0 3 】

図 9 に示すように、メモリチップ 1 0 - 1 , 1 0 - 2 内の主制御部 1 2 は、読み出し動作をスタートすると (ステップ S 2 1)、まず、ワード線 $W L n + 1$ に接続されたメモリセルに対してしきい値電圧 A , B , C の読み出しを行う (ステップ S 2 2)。続いて、主制御部 1 2 は、ワード線 $W L n + 1$ で読み出したページが、下位 (Lower) ページか上位 (Upper) ページかを判定する (ステップ S 2 3)。

【 0 1 0 4 】

ワード線 $W L n + 1$ で読み出したページが上位ページするとき、主制御部 1 2 は、ワード線 $W L n$ に接続されたメモリセルに対してしきい値電圧 A , C の読み出しを行い (ステップ S 2 4)、読み出し動作を終了する (ステップ S 2 5)。一方、ワード線 $W L n + 1$ で読み出したページが下位ページするとき、主制御部 1 2 は、ワード線 $W L n$ に接続されたメモリセルに対してしきい値電圧 B の読み出しを行う (ステップ S 2 6)。その後、読み出し動作を終了する (ステップ S 2 5)。

【 0 1 0 5 】

次に、図 1 0 を用いて読み出し時の動作を述べる。

【 0 1 0 6 】

この例は、ワード線 $W L n + 1$ とワード線 $W L n$ における読み出し動作を分離し、レジュームコマンドの入力に応答して、ワード線 $W L n + 1$ とワード線 $W L n$ における読み出し動作がそれぞれスタートするようにしたものである。なお同様に、ピーク電流が流れる高電流期間を “ High I_{cc} ”、ピーク電流が流れない低電流期間を “ Low I_{cc} ” で示している。

10

20

30

40

50

【0107】

チップ1, 2において、ワード線WL_{n+1}における読み出し時の高電流期間と、ワード線WL_nにおける読み出し時の高電流期間がそれぞれ重ならないようにする。なお、チップ1では、ワード線WL_{n+1}で読み出したページが上位ページであり、ワード線WL_nにおける読み出し時の高電流期間は、先頭のAの読み出し時の高電流期間のみとする。また、チップ2では、ワード線WL_{n+1}で読み出したページが下位ページであり、ワード線WL_nにおける読み出し時の高電流期間は、先頭のBの読み出し時の高電流期間のみとする。

【0108】

まず、コントローラ20は、チップ1がレディ状態であるとき、リードコマンド(「Read Command」)をチップ1に出力する(T51)。チップ1は、リードコマンドを受け取ると、ワード線WL_{n+1}における読み出し動作をスタートさせる。そして、チップ1は、ピーク電流が流れる高電流期間(High I_{cc})の動作を行う。高電流期間が終了すると、すなわち高い電流を消費する動作が終了すると、チップ1はレディ状態であることをコントローラ20に通知する(T52)。 10

【0109】

チップ1は、高電流期間が終了した後、続いてピーク電流が流れない低電流期間(Low I_{cc})の動作を行い、ワード線WL_{n+1}における読み出し動作を終了する。読み出し動作を終了した後、チップ1はサスペンド状態となる。 20

【0110】

コントローラ20は、チップ1がレディ状態であることを認知すると、リードコマンドをチップ2に出力する(T53)。チップ2は、リードコマンドを受け取ると、ワード線WL_{n+1}における読み出し動作をスタートさせる。そして、チップ2は、高電流期間の動作を行う。このとき、チップ2の高電流期間の動作と並行して、チップ1では、前述したように、低電流期間の動作が行われる。チップ2の高電流期間が終了すると、チップ2はレディ状態であることをコントローラ20に通知する(T54)。

【0111】

チップ2は、高電流期間が終了した後、続いて低電流期間の動作を行い、ワード線WL_{n+1}における読み出し動作を終了する。読み出し動作を終了した後、チップ2はサスペンド状態となる。 30

【0112】

コントローラ20は、チップ2がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンド(「Resume」)をチップ1に出力する(T55)。チップ1は、レジュームコマンドを受け取ると、ワード線WL_nにおけるAの読み出しをスタートさせる。そして、チップ1は、Aの読み出しの高電流期間の動作を行う。高電流期間が終了すると、チップ1はレディ状態であることをコントローラ20に通知する(T56)。

【0113】

チップ1は、高電流期間が終了した後、続いて低電流期間の動作を行う、すなわちAの読み出しの低電流期間の動作を行い、さらにCの読み出しを行う。そして、ワード線WL_nにおける読み出し動作を終了する。読み出し動作を終了した後、チップ1はサスペンド状態となる。 40

【0114】

コントローラ20は、チップ1がレディ状態であることを認知すると、レジュームコマンドをチップ2に出力する(T57)。チップ2は、レジュームコマンドを受け取ると、ワード線WL_nにおけるBの読み出しをスタートさせる。そして、チップ2は、Bの読み出しの高電流期間の動作を行う。このとき、チップ2のこの高電流期間の動作と並行して、チップ1では低電流期間の動作が行われる。高電流期間が終了すると、チップ2はレディ状態であることをコントローラ20に通知する(T58)。

【0115】

チップ2は、高電流期間が終了した後、続いて低電流期間の動作を行う、すなわちBの 50

読み出しの低電流期間の動作を行う。そして、ワード線 WLn における読み出し動作を終了する。読み出し動作を終了した後、チップ 2 はサスペンド状態となる。

【0116】

以上のような動作が繰り返される。

【0117】

以上説明したように第 1 実施形態では、NAND 型フラッシュメモリチップの各々は、ピーク電流が発生する動作中はビジー状態となり、ビジーを示す信号をコントローラ 20 に出し、ピーク電流が発生しない動作中はレディ状態となり、レディを示す信号をコントローラ 20 に出し、すなわち、メモリチップはピーク電流が発生する動作中はビジー状態となり、ビジー状態が終了するとレディ状態に移行し、次のピーク電流が発生する動作の前にサスペンド状態に移行して、レジュームコマンドの入力を待つ。

10

【0118】

コントローラ 20 は、メモリチップごとに、ピーク電流が発生しない動作をレディとして、またピーク電流が発生する動作をビジーとして把握し、メモリチップ間でビジーが重ならないように、レジュームコマンドを発行して複数のメモリチップ間でピーク電流が発生する動作の重なりを回避する。すなわち、コントローラ 20 は、レジュームコマンドの発行タイミングを制御することにより、各々のメモリチップでピーク電流が発生する期間をずらすことができる。これにより、複数のメモリチップを有するメモリシステムにおいて発生する消費電力のピークを低減することが可能である。

【0119】

20

なお、第 1 実施形態では、書き込み及び読み出しの動作の一例について説明したが、その他の書き込み及び読み出しや、消去についても同様に適用可能である。また、2 個の NAND 型フラッシュメモリチップにおける書き込み及び読み出しの動作を述べたが、メモリチップが 3 個以上の場合も同様の手法で動作させることができる。

【0120】

さらに、例えば、書き込み動作においてメモリチップがレディ状態のときに、別のメモリチップで読み出し動作を実行したり、コントローラ側でピーク電流が発生する動作（例えば、ECC のエラー訂正など）を実行することも可能である。

【0121】

[2] 第 2 実施形態

30

次に、第 2 実施形態のメモリシステムについて説明する。

【0122】

前述した第 1 実施形態では複数のメモリチップを制御するコントローラを備え、コントローラからレジュームコマンドを各々のメモリチップに出し、各々のメモリチップにおいてピーク電流が発生する動作が重ならないようにした。この第 2 実施形態では、複数のメモリチップがレディ状態になったときに、複数のメモリチップの各々が異なる待機時間を空けてピーク電流が発生する動作をそれぞれスタートさせる。これにより、複数のメモリチップ間でピーク電流が発生する動作が重ならないようにする。

【0123】

図 11 は、第 2 実施形態のメモリシステムの構成を示すブロック図である。

40

【0124】

図示するように、メモリシステム 30 は、複数の半導体メモリチップ $30-n$ (n は 1 以上の自然数)、例えば NAND 型フラッシュメモリチップ (メモリチップ) $30-1$ 、 $30-2$ を備える。

【0125】

メモリチップ $30-n$ は、メモリセルアレイ 31、ロウデコーダ 32、センスアンプ 33、MCMBUSY 制御回路 $34-n$ 、チップアドレスレジスタ $35-n$ 、内部電源生成回路 36、アドレス / データ制御回路 37、制御回路 38、及び入出力インターフェース 39 を備える。

【0126】

50

複数のメモリチップ 30 - n のMCMBUSY制御回路 34 - n には出力パッド（あるいはピン）がそれぞれ設けられ、複数のメモリチップ間で出力ピンが接続されている。そして、複数のメモリチップのMCMBUSY制御回路 34 - n 間において、ビジー信号MCMBUSYが共有されている。

【0127】

また、複数のメモリチップ 30 - n は、メモリチップ毎にチップアドレスレジスタ 35 - n を有している。チップアドレスレジスタには、そのメモリチップを識別するためのチップアドレスが記憶されている、すなわちメモリチップ毎にユニークなアドレスが割り付けられている。割り付け手段としては、フラッシュメモリによく用いられるROMヒューズに記憶する方法、あるいはチップアドレスパッドを用意し、そのパッドへのボンディング時にメモリチップ毎に電源電圧 V_{cc} もしくは接地電圧 V_{ss} への接続パターンを変えて、ユニークなチップアドレスを定義する方法などがある。

【0128】

制御回路 38 は、MCMBUSY制御回路 34 - n、内部電源生成回路 36、アドレス/データ制御回路 37、入出力インターフェース 39 の動作を制御する。内部電源生成回路 36 は、メモリチップ内で用いられる電圧を生成する。アドレス/データ制御回路 37 は、アドレス及びデータなどの信号を制御回路 38、ロウデコーダ 32、及びセンスアンプに入出力する。入出力インターフェース 39 は、外部と制御回路 38 及びアドレス/データ制御回路 37 との間のインターフェース処理を行う。

【0129】

ロウデコーダ 32 は、ロウアドレスに基づいてメモリセルアレイ 31 内のワード線を選択する。センスアンプ 33 は、選択されたビット線に接続されたメモリセルからデータを読み出す。

【0130】

メモリセルアレイ 31 は複数のブロックを備え、ブロックの各々は複数のNAND列を有する。NAND列の各々は直列に接続された複数のメモリセルを有し、メモリセルの各々は、浮遊ゲートと、浮遊ゲート上にゲート間絶縁膜を介して配置された制御ゲートとを持つ不揮発性のメモリセルトランジスタからなる。

【0131】

次に、メモリチップ 30 - n 内のMCMBUSY制御回路 34 - n について説明する。

【0132】

図12は、第2実施形態におけるMCMBUSY制御回路の構成を示す回路図である。

【0133】

図示するように、出力パッドTOは、プルアップ抵抗R1及びpチャネルMOSトランジスタTR1を介して電源電圧 V_{cc} に接続されている。また、出力パッドTOは、nチャネルMOSトランジスタTR2を介して基準電圧（例えば、接地電圧） V_{ss} に接続されている。さらに、出力パッドTOは入力バッファ、例えばインバータIV1に接続されている。

【0134】

トランジスタTR2のゲートにはインバータIV2が接続され、インバータIV2の入力端子にはチップビジー信号CHIPBUSYnが入力される。トランジスタTR1のゲートには、イネーブル信号ENABLEnが入力される。

【0135】

ビジー信号MCMBUSYは出力パッドTOから出力され、インバータIV1の出力端子から制御信号ALLREADYnが制御回路38に出力される。ビジー信号MCMBUSYは、複数のメモリチップ 30 - n 間で共有されており、メモリチップ 30 - n 内でいずれかのメモリチップがピーク電流を発生する高電流期間にあるとき“L”となり、全メモリチップがピーク電流を発生しない低電流期間のとき、“H”となる。ビジー信号MCMBUSYは、入力バッファを介して制御信号ALLREADYn（レジュームトリガ信号）として、各メモリチップ 30 - n の制御回路38に入力される。

10

20

30

40

50

【0136】

チップビジー信号CHIPBUSY_nは、メモリチップ30 - nがピーク電流を発生する高電流期間にあるとき“L”となり、ピーク電流を発生しない低電流期間のとき“H”となる。すなわち、チップビジー信号CHIPBUSY_nは、メモリチップ30 - n間においてずらしたい動作中に“L”となる。

【0137】

次に、第2実施形態のメモリシステムにおける書き込み時の動作を説明する。ここでは、2個のNAND型フラッシュメモリチップ30 - 1, 30 - 2における書き込み動作を述べるが、メモリチップが3個以上の場合も同様の手法で書き込み動作を行うことができる。

10

【0138】

図13は、第2実施形態のNAND型フラッシュメモリチップ30 - 1, 30 - 2における書き込み時のフローチャートである。図14は、第2実施形態における書き込み時のタイミングチャートである。

【0139】

メモリチップ30 - 1内の制御回路38は、全てのメモリチップ30 - 1, 30 - 2がピーク電流を発生しない低電流期間(レディ状態)となり、レジュームトリガ信号として制御信号ALLREADY_nが入力されるまで待機する((「Wait Resume signal」)ステップS21)。制御回路38は、レジュームトリガ信号を受け取ると、メモリチップ30 - 1に設定された待機時間が経過するのを待つ((「Wait chip-dependent time」)ステップS22)。そして、待機時間が経過すると、制御回路38はプログラムをスタートさせ((「Program start」)ステップS23)、プログラムを実行する((「program」)ステップS24)。プログラムは、図14に示すように、ビット線のプリチャージ、ワード線のチャージ、プログラムパルスの印加、及びワード線/ビット線電位のディスチャージといった順序で行われる。

20

【0140】

プログラムが終了すると((「Program end」)ステップS25)、メモリチップ30 - 1はサスペンド状態になり、レジュームトリガ信号が入力されるまで待機する((「Wait Resume signal」)ステップS26)。制御回路38は、レジュームトリガ信号を受け取ると、メモリチップ30 - 1に設定された待機時間が経過するのを待つ((「Wait chip-dependent time」)ステップS27)。そして、待機時間が経過すると、制御回路38はプログラムベリファイをスタートさせ((「Verify Start」)ステップS28)、プログラムベリファイを実行する((「Verify」)ステップS29)。

30

【0141】

プログラムベリファイが終了すると((「Verify end」)ステップS30)、制御回路38はメモリセルに対してベリファイがパスしたか否かを判定する((「Verify Pass」)ステップS31)。ベリファイをパスしているとき、書き込み動作を終了する((「End」)ステップS32)。

【0142】

一方、ベリファイをパスしていないとき、制御回路38はメモリチップ30 - 1をサスペンド状態とし、再び、レジュームトリガ信号が入力されるまで待機する((「Wait Resume signal」)ステップS33)。制御回路38は、レジュームトリガ信号を受け取ると、メモリチップ30 - 1に設定された待機時間が経過するのを待つ((「Wait chip-dependent time」)ステップS34)。そして、待機時間が経過すると、制御回路38はステップS23に戻り、ステップS23以降の処理を繰り返す。

40

【0143】

図14を用いて、書き込み時の動作を説明する。なお、NAND型フラッシュメモリチップ30 - 1をチップ1とし、NAND型フラッシュメモリチップ30 - 2をチップ2とする。

【0144】

50

ビジー信号MCMBUSYは、チップ1, 2間で共有されており、チップ1, 2のうち少なくともいずれかのチップがピーク電流を発生する高電流期間にあるとき“L”となり、チップ1, 2が共にピーク電流を発生しない低電流期間のとき、“H”となる。ビジー信号MCMBUSYは、入力バッファを介して制御信号ALLREADY_nとして、チップ1, 2の制御回路38に入力される。

【0145】

チップビジー信号CHIPBUSY_nは、チップがピーク電流を発生する高電流期間にあるとき“L”となり、ピーク電流を発生しない低電流期間のとき“H”となる。すなわち、チップビジー信号CHIPBUSY_nは、チップ1, 2間においてずらしたい動作中に“L”となる。

【0146】

まず、チップ1, 2がピーク電流を発生しない低電流期間のとき、信号MCMBUSYが“H”となる。チップ1は、信号MCMBUSYが“H”になると、チップ1に設定された待機時間T₁だけ待ち、プログラムをスタートする。

【0147】

プログラムでは、ビット線のプリチャージ、ワード線のチャージ、プログラムパルスの印加、及びワード線/ビット線電位のディスチャージといった順序で行われる。ここで、ビット線のプリチャージとワード線のチャージが行われている高電流期間に、チップビジー信号CHIPBUSY₁が“L”となり、ワード線のチャージが終了すると、すなわち高電流期間が終了すると、チップ1のチップビジー信号CHIPBUSY₁が“H”となる。

【0148】

チップ2は、信号MCMBUSYが“H”になると、チップ2に設定された待機時間T₂だけ待ち、プログラムをスタートする。ビット線のプリチャージとワード線のチャージが行われている高電流期間に、チップ2のチップビジー信号CHIPBUSY₂が“L”となり、ワード線のチャージが終了すると、すなわち高電流期間が終了すると、チップビジー信号CHIPBUSY₂が“H”となる。

【0149】

ここで、待機時間T₂は、チップ1においてピーク電流を発生する高電流期間が終了するのに必要な時間に設定されている。このため、チップ2は、待機時間T₂が経過した後にプログラムをスタートすることにより、チップ1, 2においてピーク電流が発生する期間が重なるのを防止することができる。

【0150】

すなわち、ビジー信号MCMBUSYが“H”になってからプログラムをスタートさせるまでの待ち時間がメモリチップ毎に設定されており、各メモリチップはビジー信号MCMBUSYが“H”になってから、設定された所定の待機時間が経過するのを待ち、待機時間の経過後にそれぞれプログラムをスタートさせる。これにより、ピーク電流が発生する動作が各メモリチップ間で重なるのを回避することができる。

【0151】

第2実施形態では、各メモリチップの制御回路は、第1実施形態と同様に、ピーク電流が発生する動作の直前でサスペンド状態に移行する。そして、全メモリチップがピーク電流を発生しない期間になったとき、つまり信号ALLREADY_n（レジュームトリガ信号）が“L”になったとき、これをトリガとして各メモリチップが書き込み動作を再開する。このとき、各メモリチップはチップ毎に設定された待機時間を持っている。この待機時間は、メモリチップ毎に異なるタイマで定義され、チップアドレスごとに異なっている。これにより、各メモリチップに設定された待機時間によって、動作開始時間をずらすことができ、複数のメモリチップ間でピーク電流が発生する期間をずらすことが可能である。

【0152】

以上説明したように実施形態によれば、複数の不揮発性半導体メモリを有するメモリシステムにおいて発生する消費電力のピークを低く抑えることができる。

【0153】

実施形態では、書き込み動作と読み出し動作について、ピーク電流が重ならない制御に

10

20

30

40

50

について説明したが、消去動作についても同様の制御が可能である。また、チップ間で書き込みと書き込み、あるいは読み出しと読み出しの同種動作を行う場合だけでなく、チップ 1 で書き込み動作、チップ 2 で読み出し動作のような異種動作を行う場合にもピーク電流をずらすことが可能である。

【 0 1 5 4 】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

10

【 符号の説明 】

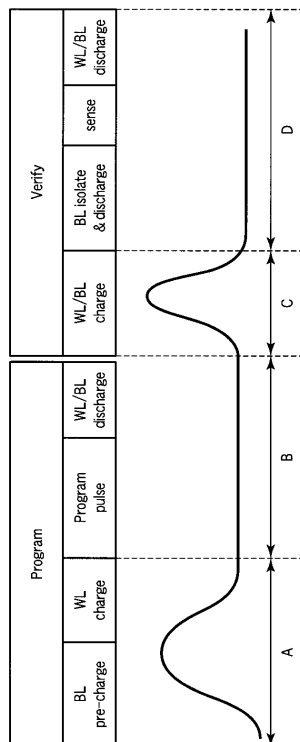
【 0 1 5 5 】

1 0 ... メモリシステム、1 0 - 1 , 1 0 - 2 , 1 0 - 3 , 1 0 - 4 ... N A N D 型フラッシュメモリチップ (メモリチップ)、1 1 ... メモリセルアレイ、1 2 ... 主制御部、1 3 ... ブロック制御回路、1 4 ... ロウ制御回路、1 5 ... 選択回路、1 6 ... センスアンプ、1 7 ... カラム制御回路、1 8 ... データ入出力バッファ、1 9 ... 入出力制御回路、2 0 ... コントローラ、3 0 ... メモリシステム、3 0 - 1 , 3 0 - 2 , 3 0 - n ... N A N D 型フラッシュメモリチップ (メモリチップ)、3 1 ... メモリセルアレイ、3 2 ... ロウデコーダ、3 3 ... センスアンプ、3 4 - 1 , 3 4 - 2 , 3 4 - n ... M C M B U S Y 制御回路、3 5 - 1 , 3 5 - 2 , 3 5 - n ... チップアドレスレジスタ、3 6 ... 内部電源生成回路、3 7 ... アドレス / データ制御回路、3 8 ... 制御回路、3 9 ... 入出力インターフェース。

20

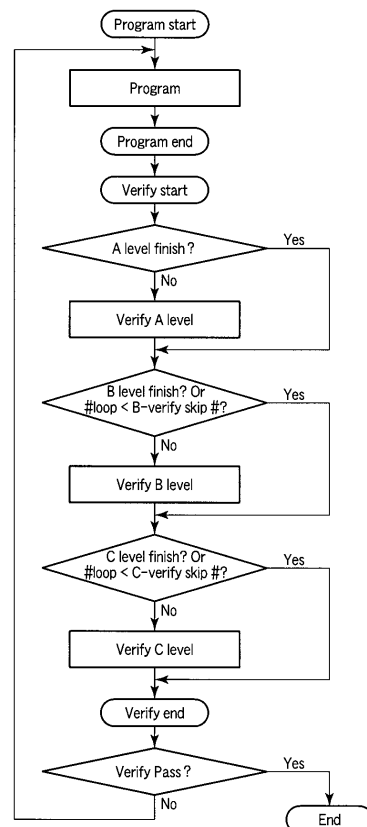
【 図 1 】

図 1

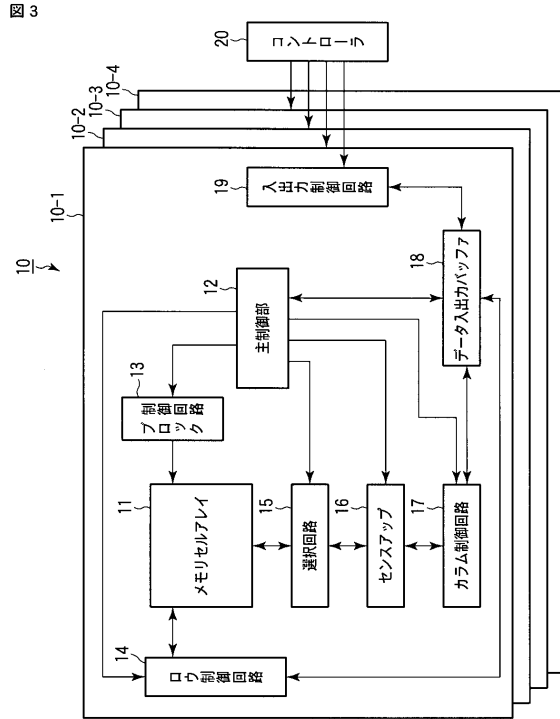


【 図 2 】

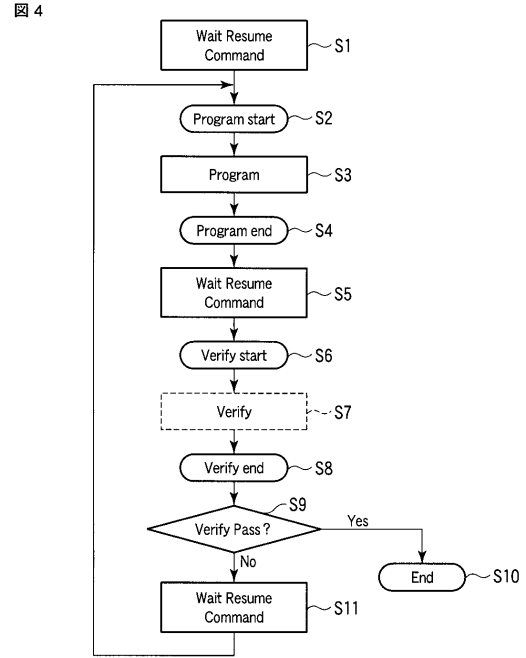
図 2



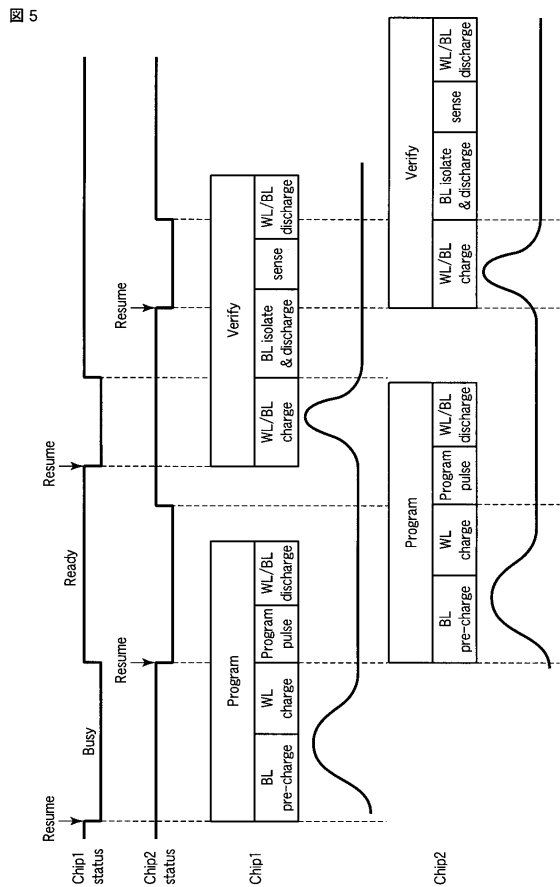
【図 3】



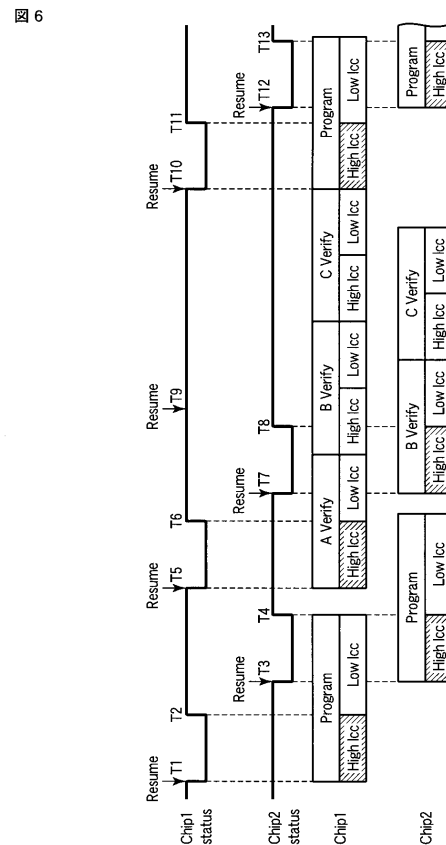
【図 4】



【図 5】

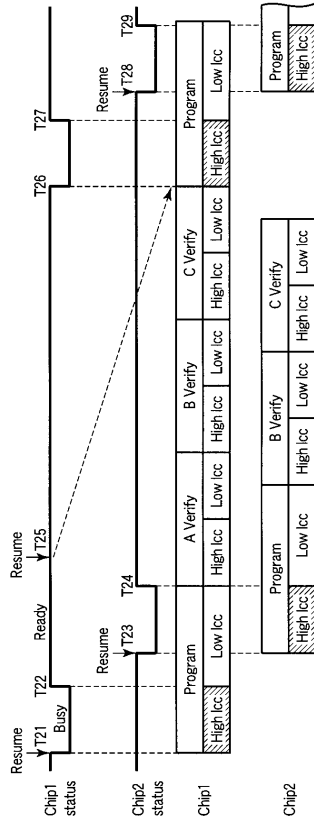


【図 6】



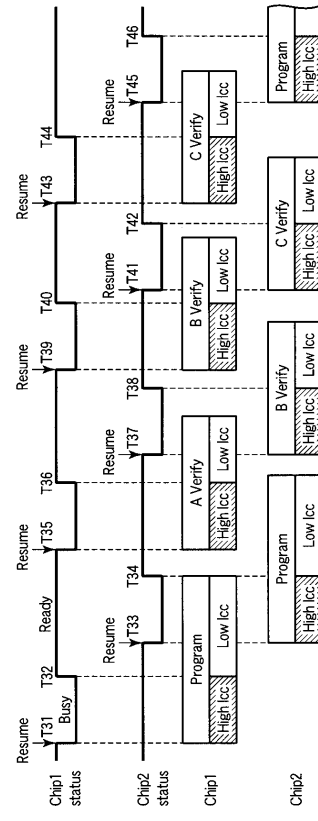
【 図 7 】

図 7



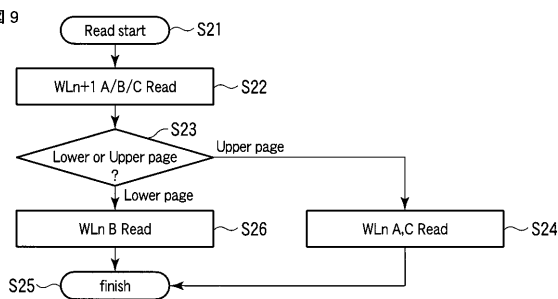
【 図 8 】

図 8



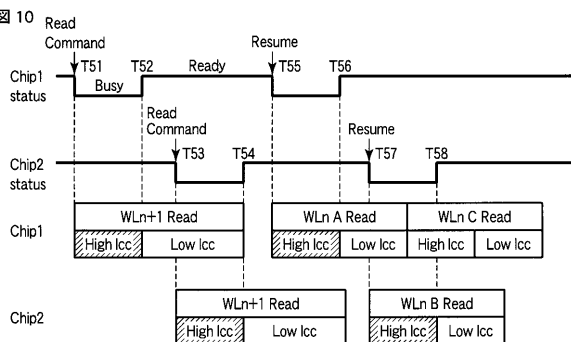
【 図 9 】

図 9



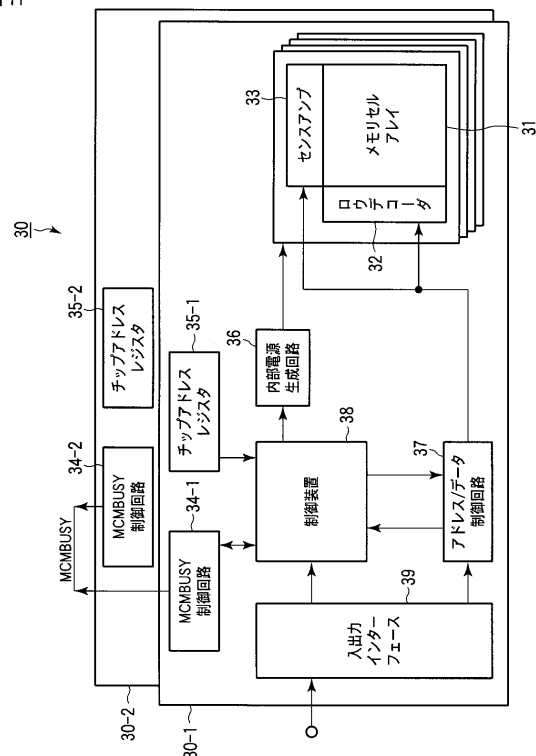
【 図 10 】

図 10



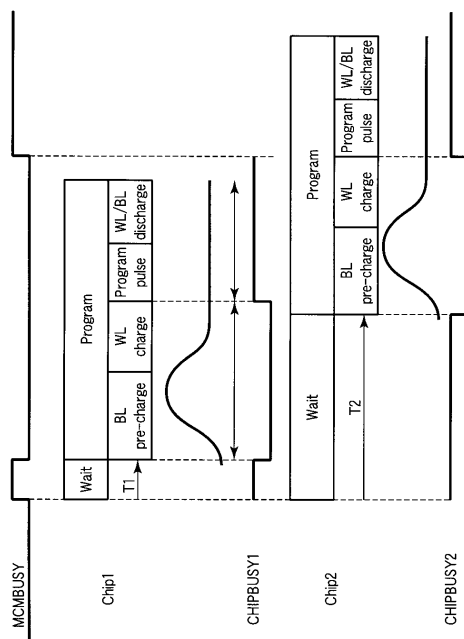
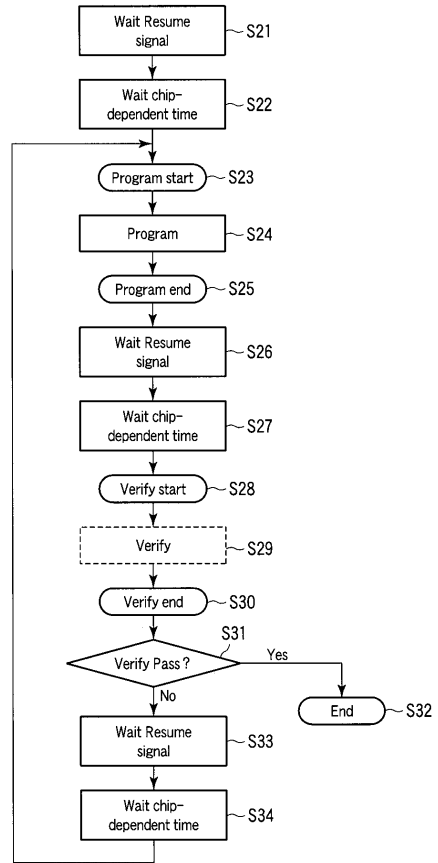
【 図 11 】

図 11



【 図 1 3 】

图 13



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
	G 0 6 F 12/00	5 5 0 E
	G 0 6 F 12/00	5 9 7 U
	G 0 6 F 12/06	5 2 3 C

(74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久

(74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎

(74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹

(74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克

(74)代理人 100101812
弁理士 勝村 紘

(74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志

(74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志

(74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子

(74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓

(74)代理人 100127144
弁理士 市原 卓三

(74)代理人 100141933
弁理士 山下 元

(72)発明者 志賀 仁
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 吉原 正浩
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

F ターム(参考) 5B060 CA03 CA15

5B125	BA02	BA14	BA19	CA25	CA26	DA01	DA09	DB03	DB08	DB18
	DB19	DD06	DE06	EA05	EA07	EC05	ED09	EF10	EG10	EJ03
	EK07	FA01	FA02							