

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6160294号
(P6160294)

(45) 発行日 平成29年7月12日 (2017. 7. 12)

(24) 登録日 平成29年6月23日 (2017. 6. 23)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 6 F 3 / 0 6 (2006.01)

G 0 6 F 3 / 0 6 3 0 1 F

G 0 6 F 3 / 0 6 5 4 0

請求項の数 7 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2013-132124 (P2013-132124)
 (22) 出願日 平成25年6月24日 (2013. 6. 24)
 (65) 公開番号 特開2015-7843 (P2015-7843A)
 (43) 公開日 平成27年1月15日 (2015. 1. 15)
 審査請求日 平成28年3月10日 (2016. 3. 10)

(73) 特許権者 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号
 (74) 代理人 100089118
 弁理士 酒井 宏明
 (72) 発明者 風間 哲
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
 1号 富士通株式会社内
 審査官 桜井 茂行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ストレージシステム、ストレージ装置及びストレージシステムの制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

演算処理装置及び記憶装置を有するストレージシステムにおいて、
 前記記憶装置は、

データの格納領域及びデータの読み書きに際し一時的にデータを保持するためのレジスタをそれぞれが有し、発行された読み出し命令又は書き込み命令に基づく前記格納領域と前記レジスタとの間のデータの読み書きを含む処理をそれぞれ行う複数の記憶部と、

前記演算処理装置からの命令を、前記複数の記憶部のうち、読み出し命令又は書き込み命令で指定された記憶部に発行するとともに、発行した命令の発行完了通知を前記演算処理装置に送信する命令管理部と、

前記複数の記憶部の各々が前記格納領域と前記レジスタとの間のデータの読み書きの処理を行っているかに基づいて、発行された読み出し命令又は書き込み命令を各記憶部が受入可能であるかを示す受入可能通知を前記演算処理装置へ通知する通知部とを有し、

前記演算処理装置は、

前記命令管理部からの発行完了通知を受信した場合、前記通知部からの受入可能通知に基づき、前記複数の記憶部のうち、命令受入可能な記憶部を1つ選択し、他の記憶部による前記格納領域と前記レジスタとの間のデータの読み書きの処理に並行して選択した前記記憶部に処理を行わせるための読み出し命令又は書き込み命令を前記命令管理部へ送信するストレージ制御部とを有する

ことを特徴とするストレージシステム。

10

20

【請求項 2】

前記記憶装置は、

命令が読み出し命令の場合、前記演算処理装置からの読み出し命令に含まれるデータ転送開始要求を受けて、指定された記憶部から前記演算処理装置へのデータ転送を実行させ、データ転送が完了すると転送完了を前記演算処理装置へ通知するデータ転送管理部をさらに備え、

前記ストレージ制御部は、

前記データ転送管理部から前記転送完了の通知を受けて、前記通知部からの通知を基に、コマンド受入可能で且つデータ転送を実行していない記憶部に対するデータ転送開始要求を前記データ転送管理部へ送信する

10

ことを特徴とする請求項 1 に記載のストレージシステム。

【請求項 3】

前記記憶装置は、

データを格納する複数の一時格納部と、

命令が読み出し命令の場合、前記演算処理装置からのデータ転送開始要求を受けて、指定された記憶部から前記演算処理装置により指定された一時格納部へのデータ転送を実行させ、前記一時格納部へのデータ転送が完了すると転送完了を前記演算処理装置へ通知し、前記一時格納部に格納されたデータを前記演算処理装置に転送するデータ転送管理部とをさらに備え、

20

前記ストレージ制御部は、

前記データ転送管理部から前記転送完了の通知を受けて、前記通知部からの通知を基に、コマンド受入可能で且つ前記一時格納部へのデータ転送を実行していない記憶部に対するデータ転送開始要求を、一時格納部の指定とともに前記データ転送管理部へ送信する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のストレージシステム。

【請求項 4】

前記ストレージ制御部は、前記通知部からの通知を基に、所定時間以上経過しても命令受入可能とならない前記記憶部を故障と判定することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載のストレージシステム。

【請求項 5】

前記演算処理装置は、書き込むデータが複数の前記記憶部に分散して格納可能なデータパターンを有するか否かを判定し、前記書き込むデータが複数の前記記憶部に分散して格納可能なデータパターンを有する場合に、前記ストレージ制御部にデータの書き込み命令を送信する判定部をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載のストレージシステム。

30

【請求項 6】

データの格納領域及びデータの読み書きに際し一時的にデータを保持するためのレジスタをそれぞれが有し、発行された読み出し命令又は書き込み命令に基づく前記格納領域と前記レジスタとの間のデータの読み書きを含む処理をそれぞれ行う複数の記憶部と、

命令の発行完了通知を受信した場合、前記複数の記憶部のうち、命令受入可能な記憶部を 1 つ選択し、他の記憶部による前記格納領域と前記レジスタとの間のデータの読み書きの処理に並行して選択した前記記憶部に処理を行わせるための読み出し命令又は書き込み命令を送信する演算処理装置から読み出し命令又は書き込み命令を、前記複数の記憶部のうちの読み出し命令又は書き込み命令で指定された記憶部に発行するとともに、発行した命令の発行完了通知を前記演算処理装置に送信する命令管理部と、

40

前記複数の記憶部の各々が前記格納領域と前記レジスタとの間のデータの読み書きの処理を行っているかに基づいて、発行された読み出し命令又は書き込み命令を各記憶部が受入可能であるかを示す受入可能通知を前記演算処理装置へ通知する通知部と

を有することを特徴とするストレージ装置。

【請求項 7】

演算処理装置及びデータの格納領域及びデータの読み書きに際し一時的にデータを保持

50

するためのレジスタを有する複数の記憶部を有する記憶装置を有するストレージシステムの制御方法であって、

前記記憶装置に、前記演算処理装置からの読み出し命令又は書き込み命令を、前記複数の記憶部のうち、読み出し命令又は書き込み命令で指定された記憶部に発行するとともに、発行した命令の発行完了通知を前記演算処理装置へ送信させ、

前記記憶装置に、前記複数の記憶部の各々が前記格納領域と前記レジスタとの間のデータの読み書きの処理を行っているかに基づいて、発行された読み出し命令又は書き込み命令を各記憶部が受入可能であるかを示す受入可能通知を前記演算処理装置へ通知させ、

前記演算処理装置に、前記記憶装置から発行完了通知を受信させ、前記記憶装置からの受入可能通知に基づき、前記複数の記憶部のうち、命令受入可能な記憶部を1つ選択させ

10

、
前記演算処理装置に、他の記憶部による前記格納領域と前記レジスタとの間のデータの読み書きの処理に並行して選択した前記記憶部に処理を行わせるための読み出し命令又は書き込み命令を前記記憶装置へ送信させる

ことを特徴とするストレージシステムの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ストレージシステム、ストレージ装置及びストレージシステムの制御方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

近年、サーバなどの情報処理装置において、ハードディスクよりも高速な記憶装置として、NAND型フラッシュメモリデバイス（以下、「NANDデバイス」という。）のような不揮発性メモリを用いたメモリシステムやストレージシステムなどの記憶装置が広く用いられてきている。

【0003】

NANDデバイスはNANDコントローラで制御される。そして、ホストとNANDコントローラは、P C I (Peripheral Component Interconnect) e x p r e s sなどで接続される。他にも、例えば、S A T A (Serial Advanced Technology Attachment)、又はS A S I / F (Serial Attached SCSI (Small Computer System Interface) Interface)なども接続に用いられる。

30

【0004】

従来は、NANDコントローラとNANDデバイスとの間の複数のチャネルのバスに対して並列アクセスを行うことでデータ転送の広帯域化を図っていた。

【0005】

例えば、従来の1つのチャネルにおけるリード処理は、以下のような手順で行われる。すなわち、NANDコントローラがホストからのリードコマンドを解釈し、指定されたNANDデバイスにリードコマンドを発行する。次に、NANDデバイスは、リードデータを出力し、NANDコントローラは自己が有するバッファに格納する。その後、NANDコントローラは、リードデータをバッファからホストに転送する。

40

【0006】

なお、初期化処理時にデータ読み出し命令をオーバーラップさせて読み出し時間を短縮する従来技術がある。また、メモリコントローラが、高温時にパラレル制御からインターリーブ制御に切替る従来技術がある。さらに、データバーストとしてデータを送信する場合に、データバーストの構成を変更することでデータ転送の処理性能を向上させる従来技術がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

50

【特許文献１】特開２００５－２６６８８８号公報

【特許文献２】特開２０１２－１８６４８号公報

【特許文献３】特開２０１１－１０７９２８号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

しかしながら、ＮＡＮＤデバイスは、データ出力のためのビジー期間が長い。そして、従来のリード処理やライト処理では、ビジー期間に処理の実行を待機するため、１チャンネル毎のバスの利用効率が悪く、データの転送効率が悪い。

【０００９】

また、初期化処理時にデータ読み出し命令をオーバーラップさせる従来技術を用いても、初期化以外のリードやライトでは、ビジー期間に命令をオーバーラップさせることができず、バスの利用効率を向上させることは困難である。また、高温時にパラレル制御からインタリーブ制御に切替る従来技術を用いても、コントローラでは、オーバーラップさせることができるデータか否かの判定が困難なため、ビジー期間の適切な有効利用ができず、バスの利用効率を向上させることは困難である。さらに、データバーストの構成を変更する従来技術を用いても、ビジー期間にはデータ転送は行えないため、バスの利用効率を向上させることは困難である。すなわち、いずれの従来技術を用いても、データの転送効率を向上させることは困難である。

【００１０】

開示の技術は、上記に鑑みてなされたものであって、データの転送効率を向上させたストレージシステム、ストレージ装置及びストレージシステムの制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

本願の開示するストレージシステム、ストレージ装置及びストレージシステムの制御方法は、一つの態様において、演算処理装置及び記憶装置を有する。前記記憶装置は、データの格納領域及びデータの読み書きに際し一時的にデータを保持するためのレジスタをそれぞれが有し、発行された読み出し命令又は書き込み命令に基づく前記格納領域と前記レジスタとの間のデータの読み書きを含む処理をそれぞれ行う複数の記憶部と、前記演算処理装置からの命令を、前記複数の記憶部のうち、読み出し命令又は書き込み命令で指定された記憶部に発行するとともに、発行した命令の発行完了通知を前記演算処理装置に送信する命令管理部と、前記複数の記憶部の各々が前記格納領域と前記レジスタとの間のデータの読み書きの処理を行っているかに基づいて、発行された読み出し命令又は書き込み命令を各記憶部が受入可能であることを示す受入可能通知を前記演算処理装置へ通知する通知部を有する。前記演算処理装置は、記命令管理部からの発行完了通知を受信した場合、前記通知部からの受入可能通知に基づき、前記複数の記憶部のうち、命令受入可能な記憶部を１つ選択し、他の記憶部による前記格納領域と前記レジスタとの間のデータの読み書きの処理に並行して選択した前記記憶部に処理を行わせるための読み出し命令又は書き込み命令を前記命令管理部へ送信するストレージ制御部とを有する。

【発明の効果】

【００１２】

本願の開示するストレージシステム、ストレージ装置及びストレージシステムの制御方法の一つの態様によれば、データの転送効率を向上させることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】図１は、ストレージシステムの概略構成図である。

【図２】図２は、ＮＡＮＤデバイスの内部を説明するための図である。

【図３】図３は、実施例１に係るストレージシステムの詳細を表すブロック図である。

10

20

30

40

50

【図 4】図 4 は、実施例 1 に係るストレージシステムによるデータの読み出し処理のタイムチャートである。

【図 5】図 5 は、実施例 1 に係るストレージシステムによるデータの書き込み処理のタイムチャートである。

【図 6】図 6 は、実施例 1 に係る N A N D 制御部のデータ読み出し時の処理のフローチャートである。

【図 7】図 7 は、実施例 1 に係る N A N D 制御部のデータ書き込み時の処理のフローチャートである。

【図 8】図 8 は、実施例 1 に係る命令管理部のデータの書き込み時及び読み出し時の処理のフローチャートである。

10

【図 9】図 9 は、実施例 1 に係る状態通知部による状態の通知処理のフローチャートである。

【図 10】図 10 は、割り込みを行う場合の状態通知部による状態の通知処理のフローチャートである。

【図 11】図 11 は、実施例 1 に係るデータ転送管理部のデータ転送処理のフローチャートである。

【図 12】図 12 は、実施例 2 に係るストレージシステムのブロック図である。

【図 13】図 13 は、実施例 2 に係るストレージシステムによるデータの読み出し処理のタイムチャートである。

【図 14】図 14 は、実施例 2 に係るストレージシステムによるデータの書き込み処理のタイムチャートである。

20

【図 15】図 15 は、実施例 2 に係る N A N D 制御部のデータ読み出し時の処理のフローチャートである。

【図 16】図 16 は、実施例 3 に係る N A N D 制御部のデータ読み出し時の処理のフローチャートである。

【図 17】図 17 は、ストレージシステムのハードウェア構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下に、本願の開示するストレージシステム、ストレージ装置及びストレージシステムの制御方法の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の実施例により本願の開示するストレージシステム、ストレージ装置、及びストレージシステムの制御方法が限定されるものではない。

30

【実施例 1】

【0015】

図 1 は、ストレージシステムの概略構成図である。本実施例に係るストレージシステムは、演算処理装置であるホスト 1 及び記憶装置であるストレージ装置 2 を有する。

【0016】

ストレージ装置 2 は、N A N D コントローラ 2 1 及び N A N D コントローラ 2 1 とバス 2 3 で接続される N A N D デバイス 2 2 を有する。そして、N A N D コントローラ 2 1 は、N A N D デバイス 2 2 を接続するバス 2 3 を 4 チャンネル有する。すなわち、N A N D コントローラ 2 1 は、4 つの異なるチャンネルのバス 2 3 に接続されている N A N D デバイス 2 2 に独立してアクセスする。

40

【0017】

データの読み出し及び書き込みにおける、ストレージシステムの全体的な動作の概要を説明する。ホスト 1 は、アプリケーションなどが動作する。そして、ホスト 1 は、アプリケーションなどにより指定されたデータの読み書きをストレージ装置 2 に対して行う。例えば、ホスト 1 は、データの読み出しを行う場合、読み出しの命令（以下では、「R e a d コマンド」という。）をストレージ装置 2 の N A N D コントローラ 2 1 へ送信する。そして、ホスト 1 は、R e a d コマンドで指定したデータを N A N D コントローラ 2 1 から受信する。

50

【 0 0 1 8 】

また、例えば、データの書き込みを行う場合、ホスト 1 は、書込データ及び書込命令（以下では、「W r i t e コマンド」という。）をストレージ装置 2 の N A N D コントローラ 2 1 へ送信する。

【 0 0 1 9 】

N A N D コントローラ 2 1 は、R e a d コマンドを受信すると、R e a d コマンドで指定された N A N D デバイス 2 2 に対して R e a d コマンドを送信する。その後、N A N D コントローラ 2 1 は、R e a d コマンドで指定されたデータを N A N D デバイス 2 2 から受信する。そして、N A N D コントローラ 2 1 は、受信したデータをホスト 1 へ送信する。

10

【 0 0 2 0 】

また、N A N D コントローラ 2 1 は、書込データ及び W r i t e コマンドを受信すると、W r i t e コマンドで指定された N A N D デバイス 2 2 に対して W r i t e コマンドと共に書込データを送信する。

【 0 0 2 1 】

N A N D デバイス 2 2 は、図 2 に示すように内部にデータを格納するメモリセル 2 2 1 及びバッファであるページレジスタ 2 2 2 を有する。図 2 は、N A N D デバイスの内部を説明するための図である。メモリセル 2 2 1 は、データの書き込み単位であるページに分かれている。そして、ページが複数集まって、データを消去する単位であるブロックが形成される。メモリセル 2 2 1 は、複数のブロックを有する。

20

【 0 0 2 2 】

N A N D デバイス 2 2 は、R e a d コマンドを N A N D コントローラ 2 1 から受信すると、R e a d コマンドで指定されたデータをメモリセル 2 2 1 からページレジスタ 2 2 2 へ読み出す。N A N D デバイス 2 2 は、データのセルからページレジスタ 2 2 2 への読み出し中は、B u s y 状態、すなわち、命令を受け付けない状態となる。そして、N A N D デバイス 2 2 は、ページレジスタ 2 2 2 に読み出したデータを N A N D コントローラ 2 1 へ送信する。

【 0 0 2 3 】

また、N A N D デバイス 2 2 は、W r i t e コマンドを N A N D コントローラ 2 1 から受信し、さらに、受信した書込データをページレジスタ 2 2 2 へ格納する。その後、N A N D デバイス 2 2 は、受信した書込データをページレジスタ 2 2 2 から読み出し、メモリセル 2 2 1 へ書込む。N A N D デバイス 2 2 は、データのページレジスタ 2 2 2 からメモリセル 2 2 1 への移動中は、B u s y 状態となる。

30

【 0 0 2 4 】

あるチャンネルの N A N D デバイス 2 2 が B u s y 状態となっている間、従来は、N A N D コントローラ 2 1 は、N A N D デバイス 2 2 が R e a d y 状態になるのを待った後、そのチャンネル上の N A N D デバイス 2 2 に対する他の処理を開始していた。従来は、この、B u s y 状態が解消されるまでの待機時間が無駄になっていた。そこで、本実施例に係るストレージシステムは、以下に説明するように、ある N A N D デバイス 2 2 の B u s y 状態が解消される（すなわち R e a d y 状態になる）のを待たずに、同じチャンネル上の他の R e a d y 状態の N A N D デバイス 2 2 への処理を行うオーバーラップ処理を実行する。そこで、次に、本実施例に係るストレージシステムの書き込み及び読み出しにおける処理を詳細に説明する。

40

【 0 0 2 5 】

図 3 は、実施例 1 に係るストレージシステムの詳細を表すブロック図である。以下の説明では、1 チャンネル上の N A N D デバイス 2 2 に対する読み書きについて説明するので、図 3 ではバス 2 3 として 1 チャンネルのみを記載する。また、バス 2 3 の 1 つのチャンネルには、本実施例では、N A N D デバイス 2 2 A ~ 2 2 D という 4 つの N A N D デバイス 2 2 が接続されている。以下の説明では、N A N D デバイス 2 2 A ~ 2 2 D を特に区別しない場合、単に「N A N D デバイス 2 2」という。

50

【0026】

図3に示すように、本実施例に係るホスト1は、アプリ実行部11、NAND制御部12及びPCI express I/F(interface)13を有する。

【0027】

アプリ実行部11は、各種アプリケーションを実行する。そして、アプリ実行部11は、アプリケーションで指定されたデータの書き込み及び読み出しをNAND制御部12へ指示する。ここで、アプリ実行部11は、NANDデバイス22へ書き込むデータが、分散して異なるNANDデバイス22に書き込み且つ書込んだデータのそれぞれを独立して各NANDデバイス22から読み出すことができるデータパターンを有するか否かを判定する。書き込むデータがそのようなデータパターンを有するデータの場合、アプリ実行部11は、以下で説明するオーバーラップ処理の実行をNAND制御部12に指示する。そして、アプリ実行部11は、オーバーラップ処理を行って書き込んだデータを記憶しておき、読み出し時には、オーバーラップ処理を行ってデータを読み出す。以下では、オーバーラップ処理の実行をアプリ実行部11が指示した場合を説明する。

10

【0028】

PCI express I/F13は、NANDコントローラ21とNAND制御部12とが通信を行うためのホスト1側のインタフェースである。NAND制御部12は、PCI express I/F13を介してNANDコントローラ21と通信を行う。ここで、本実施例では、PCI expressを用いて通信を行っているが、通信規格はこれに限らず、SATAやSAS I/Fなどの他の通信規格を用いてもよい。実際には、NAND制御部12は、PCI express I/F13を介してNANDコントローラ21と通信を行うが、以下の説明では、説明の便宜上、NAND制御部12とNANDコントローラ21とが通信を行っているように説明する場合がある。

20

【0029】

データの読み出しの場合、NAND制御部12は、アプリ実行部11からデータの読み出しのオーバーラップ処理の指示を受ける。そして、NAND制御部12は、データの読出元のNANDデバイス22に対するReadコマンドをNANDコントローラ21の命令管理部212へ送信する。以下では、NAND制御部12がデータの読出元のNANDデバイス22に対するReadコマンドを命令管理部212へ送信することを、NAND制御部12によるNANDデバイス22へのReadコマンドの発行という。

30

【0030】

その後、NAND制御部12は、命令管理部212からReadコマンド発行完了の通知を受ける。そして、同じチャネル上のNANDデバイス22に次に読み出すデータがある場合、NAND制御部12は、次のデータの読出元のNANDデバイス22へReadコマンドを発行する。このように、NAND制御部12は、同じチャネル上にある次にデータを読み出すNANDデバイス22がなくなるまで、Readコマンドの発行を繰り返す。すなわち、データの読み出しの場合、NAND制御部12は、読み出しが指定された1つのデータが分割されて格納されているNANDデバイス22の全てに対して順次Readコマンドを発行する。例えば、1つのデータを分割したデータがNANDデバイス22A~22Dの全てに格納されている場合、NAND制御部12は、NANDデバイス22A~22Dの全てに順次Readコマンドを発行する。

40

【0031】

その後、NAND制御部12は、各NANDデバイス22がBusy状態かReady状態かを問い合わせる状態通知要求を状態通知部213へ定期的送信して、状態通知要求のポーリングを行う。そして、状態通知要求に対する状態通知部213からの応答がReadyになると、NAND制御部12は、そのNANDデバイス22の状態がBusyからReadyに遷移したと判定する。

【0032】

分割されたデータが格納されている同じチャネル上にあるNANDデバイス22の全てへReadコマンドを送信した後、NAND制御部12は、Busy状態からReady

50

状態に遷移したNANDデバイス22があるか否かを判定する。Ready状態に遷移したNANDデバイス22がある場合、NAND制御部12は、そのNANDデバイス22のページレジスタ222からNANDコントローラ21のバッファ215へのデータ転送開始をNANDコントローラ21のデータ転送管理部214へ指示する。例えば、NANDデバイス22AがBusy状態からReady状態に遷移した場合、NAND制御部12は、NANDデバイス22Aのページレジスタ222からバッファ215へのデータ転送開始をデータ転送管理部214へ指示する。以下では、NAND制御部12がデータ転送開始をNANDデバイス22Aへ指示した場合を例に説明する。

【0033】

次に、NAND制御部12は、NANDデバイス22Aの他のページからデータを読み出すか否かを判定する。他のページからデータを読み出すと判定した場合、NAND制御部12は、NANDデバイス22Aからバッファ215へのデータ転送が完了するまで待機する。そして、データ転送が完了すると、NAND制御部12は、NANDデバイス22AへReadコマンドをさらに発行する。

【0034】

その後、NAND制御部12は、NANDデバイス22AへのReadコマンドの発行完了の通知を命令管理部212から受信すると、NAND制御部12は、バッファ215からホスト1へのデータ転送をデータ転送管理部214へ指示する。

【0035】

そして、NAND制御部12は、バッファ215から送信されてきたデータを受信する。

【0036】

バッファ215からのデータ受信完了後、NAND制御部12は、上述した処理をデータの読み出しが完了するまで繰り返す。すなわち、NAND制御部12は、Ready状態へ遷移したNANDデバイス22を検出し、検出したNANDデバイス22のページレジスタ222からバッファ215へのデータの転送を行う。さらに、NAND制御部12は、データ転送中のNANDデバイス22の他のページからのデータ読み出しの有無を判定し、Readコマンドの送信を行う。その後、NAND制御部12は、バッファ215からホスト1へのデータ転送をデータ転送管理部214に行わせる。このような処理を、NAND制御部12は繰り返す。

【0037】

次に、データ書き込みの場合について説明する。NAND制御部12は、アプリ実行部11からデータの書き込みのオーバーラップ処理の指示を受ける。そして、NAND制御部12は、NANDコントローラ21のバッファ215へ書き込むデータを転送する。

【0038】

次に、データの書込先のNANDデバイス22に対するWriteコマンドをNANDコントローラ21の命令管理部212へ送信する。以下では、NAND制御部12がデータの書込先のNANDデバイス22に対するWriteコマンドを命令管理部212へ送信することを、NAND制御部12によるNANDデバイス22へのWriteコマンドの発行という。

【0039】

その後、NAND制御部12は、命令管理部212からWriteコマンド発行完了の通知を受ける。次に、NAND制御部12は、バッファ215からデータの書込先のNANDデバイス22へのデータの転送開始をデータ転送管理部214に指示する。

【0040】

その後、NAND制御部12は、書込先のNANDデバイス22へのデータの転送の完了通知をデータ転送管理部214から受信する。そして、NAND制御部12は、同じチャンネル上のNANDデバイス22に次に書き込むデータがある場合、次のデータの書込先のNANDデバイス22へWriteコマンドを発行する。このように、NAND制御部12は、同じチャンネル上にある次にデータを書き込むNANDデバイス22がなくなるま

10

20

30

40

50

で、W r i t e コマンドの発行を繰り返す。すなわち、データの書き込みの場合、N A N D 制御部 1 2 は、書き込みが指定された 1 つのデータが分割されて格納される N A N D デバイス 2 2 の全てに対して順次 W r i t e コマンドを発行する。例えば、1 つのデータを分割したデータを N A N D デバイス 2 2 A ~ 2 2 D の全てに格納する場合、N A N D 制御部 1 2 は、N A N D デバイス 2 2 A ~ 2 2 D の全てに順次 W r i t e コマンドを発行する。

【 0 0 4 1 】

分割されたデータを格納する同じチャネル上にある N A N D デバイス 2 2 の全てへ W r i t e コマンドを送信した後、N A N D 制御部 1 2 は、B u s y 状態から R e a d y 状態に遷移した N A N D デバイス 2 2 があるか否かを判定する。R e a d y 状態に遷移した N A N D デバイス 2 2 がある場合、N A N D 制御部 1 2 は、バッファ 2 1 5 から N A N D デバイス 2 2 へのデータ転送が完了したか否かを判定する。バッファ 2 1 5 からのデータ転送が完了した場合、N A N D 制御部 1 2 は、バッファ 2 1 5 へ書き込むデータを転送し、書込先の N A N D デバイス 2 2 へ W r i t e コマンドを発行する。そして、N A N D 制御部 1 2 は、バッファ 2 1 5 から書込先の N A N D デバイス 2 2 へのデータ転送の開始をデータ転送管理部 2 1 4 に指示する。

10

【 0 0 4 2 】

N A N D 制御部 1 2 は、上述した処理をデータの書き込みが完了するまで繰り返す。すなわち、N A N D 制御部 1 2 は、R e a d y 状態へ遷移した N A N D デバイス 2 2 を検出する。そして、N A N D 制御部 1 2 は、バッファ 2 1 5 へ書込データを転送する。次に、N A N D 制御部 1 2 は、検出した N A N D デバイス 2 2 のページレジスタ 2 2 2 へバッファ 2 1 5 からデータを転送する。このような処理を、N A N D 制御部 1 2 は繰り返す。

20

【 0 0 4 3 】

次に、N A N D コントローラ 2 1 について説明する。N A N D コントローラ 2 1 は、図 3 に示すように、P C I e x p r e s s I / F 2 1 1、命令管理部 2 1 2、状態通知部 2 1 3、データ転送管理部 2 1 4、バッファ 2 1 5、及び N A N D I / F 2 1 6 を有する。

【 0 0 4 4 】

P C I e x p r e s s I / F 2 1 1 は、N A N D 制御部 1 2 と通信を行うためのインタフェースである。以下に説明する命令管理部 2 1 2、状態通知部 2 1 3、データ転送管理部 2 1 4、及びバッファ 2 1 5 は、実際には P C I e x p r e s s I / F 2 1 1 を介して N A N D 制御部 1 2 と通信を行う。ただし、以下では説明の便宜上、命令管理部 2 1 2、状態通知部 2 1 3、データ転送管理部 2 1 4、及びバッファ 2 1 5 が N A N D 制御部 1 2 と直接通信を行っているように説明する場合がある。

30

【 0 0 4 5 】

N A N D I / F 2 1 6 は、N A N D コントローラ 2 1 が N A N D デバイス 2 2 と通信を行うためのインタフェースである。以下に説明する命令管理部 2 1 2、状態通知部 2 1 3、データ転送管理部 2 1 4、及びバッファ 2 1 5 は、実際には N A N D I / F 2 1 6 を介して N A N D デバイス 2 2 と通信を行う。ただし、以下では説明の便宜上、命令管理部 2 1 2、状態通知部 2 1 3、データ転送管理部 2 1 4、及びバッファ 2 1 5 が N A N D デバイス 2 2 と直接通信を行っているように説明する場合がある。

40

【 0 0 4 6 】

命令管理部 2 1 2 は、データの読み出しの場合、R e a d コマンドを N A N D 制御部 1 2 から受信する。そして、命令管理部 2 1 2 は、R e a d コマンドで指定されている N A N D デバイス 2 2 を特定する。その後、命令管理部 2 1 2 は、特定した N A N D デバイス 2 2 へ R e a d コマンドを発行する。R e a d コマンドの発行完了後、命令管理部 2 1 2 は、R e a d コマンド発行完了の通知を N A N D 制御部 1 2 へ送信する。

【 0 0 4 7 】

また、命令管理部 2 1 2 は、データの書き込みの場合、W r i t e コマンドを N A N D 制御部 1 2 から受信する。そして、命令管理部 2 1 2 は、W r i t e コマンドで指定され

50

ているNANDデバイス22を特定する。その後、命令管理部212は、特定したNANDデバイス22へWriteコマンドを発行する。Writeコマンドの発行完了後、命令管理部212は、Writeコマンド発行完了の通知をNAND制御部12へ送信する。

【0048】

状態通知部213は、NANDデバイス22がBusy状態であるかReady状態であるかを監視する。また、状態通知部213は、各NANDデバイス22の状態通知要求を定期的にNAND制御部12から受信する。そして、状態通知部213は、NAND制御部12から受信した状態通知要求で指定されているNANDデバイス22の状態をNAND制御部12へ通知する。

10

【0049】

ここで、本実施例では、状態通知部213は、NAND制御部12からの状態通知要求のポーリングを受けて、指定されたNANDデバイス22の状態を通知する。ただし、状態通知は他の方法でもよく、例えば、状態通知部213は、監視するNANDデバイス22がBusy状態からReady状態に遷移したタイミングで、ホスト1に対して割り込みを行い、NANDデバイス22がReadyになったことを通知してもよい。

【0050】

バッファ215は、データ読み出し時にホスト1へのデータ転送のサイズになるまでデータを蓄積する。また、バッファ215は、データ書き込み時にホスト1から送信されたデータを一時的、すなわちNANDデバイス22へ転送されるまでの間格納する。

20

【0051】

データ転送管理部214は、データ読み出しの場合、NANDデバイス22からバッファ215へのデータ転送の開始の指示をNAND制御部12から受ける。そして、データ転送管理部214は、指定されたNANDデバイス22のページレジスタ222から指定されたデータを読み出し、バッファ215へ転送する。そして、バッファ215へのデータ転送が完了すると、データ転送管理部214は、データ転送完了をNAND制御部12へ通知する。

【0052】

その後、データ転送管理部214は、バッファ215からホスト1へのデータ転送の指示をNAND制御部12から受信する。そして、データ転送管理部214は、バッファ215に格納されているデータをホスト1へ送信する。

30

【0053】

データ書き込みの場合、データ転送管理部214は、NAND制御部12から送られてきた書込データをバッファ215へ格納する。次に、データ転送管理部214は、バッファ215からNANDデバイス22へのデータ転送の開始の指示をNAND制御部12から受ける。そして、データ転送管理部214は、バッファ215からデータを読み出し、指定されたNANDデバイス22のページレジスタ222へ転送する。そして、NAND22へのデータ転送が完了すると、データ転送管理部214は、データ転送完了をNAND制御部12へ通知する。

【0054】

40

NANDデバイス22は、メモリセル221とページレジスタ222とを有する(図2参照)。そして、NANDデバイス22は、Readコマンドを命令管理部212から受信すると、Readコマンドで指定されたデータをメモリセル221から読み出し、ページレジスタ222へ格納する。このメモリセル221から読み出したデータをページレジスタ222へ格納する期間、NANDデバイス22はBusyになる。

【0055】

また、データの書き込みの場合、NANDデバイス22は、データ転送管理部214によりバッファ215から読み出されたデータをページレジスタ222へ格納する。次に、NANDデバイス22は、Writeコマンドを命令管理部212から受信すると、ページレジスタ222に格納したデータを読み出し、メモリセル221へ格納する。このペー

50

ジレジスタ 222 から読み出したデータをメモリセル 221 へ格納する期間、NAND デバイス 22 は B u s y になる。

【0056】

次に、図 4 を参照して、本実施例に係るストレージシステムによるデータの読み出し処理の全体的な流れについて説明する。図 4 は、実施例 1 に係るストレージシステムによるデータの読み出し処理のタイムチャートである。図 4 の各処理は、左端に記載された各処理に対応する NAND デバイス 22 A ~ 22 D のそれぞれに関する処理である。そして、図 4 の横軸は時間の経過を表す。ここでは、1 チャンネル上の 4 つの NAND デバイス 22 A ~ 22 D からデータを読み出す場合で説明する。また、図 4 では、処理の移行が分かり易くなるように一点鎖線矢印により処理の移行を示す場合がある。

10

【0057】

命令管理部 212 は、NAND デバイス 22 A に対する R e a d コマンドを NAND 制御部 12 から受信する。そして、命令管理部 212 は、R e a d コマンドを NAND デバイス 22 A へ発行する（ステップ S 1）。命令管理部 212 は、R e a d コマンドの発行完了の通知を NAND 制御部 12 へ送信する。

【0058】

R e a d コマンドの発行を受けると、NAND デバイス 22 A は、セルからページレジスタ 222 へ指定されたデータを転送する。この間、NAND デバイス 22 A は B u s y 状態になる（ステップ S 2）。

【0059】

20

一方、NAND デバイス 22 A が B u s y 状態になっている間に並行して、命令管理部 212 は、NAND デバイス 22 B に対する R e a d コマンドを NAND 制御部 12 から受信する。そして、命令管理部 212 は、R e a d コマンドを NAND デバイス 22 B へ発行する（ステップ S 3）。命令管理部 212 は、R e a d コマンドの発行完了の通知を NAND 制御部 12 へ送信する。

【0060】

R e a d コマンドの発行を受けると、NAND デバイス 22 B は、セルからページレジスタ 222 へ指定されたデータを転送する。この間、NAND デバイス 22 B は B u s y 状態になる（ステップ S 4）。

【0061】

30

一方、NAND デバイス 22 B が B u s y 状態になっている間に並行して、命令管理部 212 は、NAND デバイス 22 C に対する R e a d コマンドを NAND 制御部 12 から受信する。そして、命令管理部 212 は、R e a d コマンドを NAND デバイス 22 C へ発行する（ステップ S 5）。命令管理部 212 は、R e a d コマンドの発行完了の通知を NAND 制御部 12 へ送信する。

【0062】

R e a d コマンドの発行を受けると、NAND デバイス 22 C は、セルからページレジスタ 222 へ指定されたデータを転送する。この間、NAND デバイス 22 C は B u s y 状態になる（ステップ S 6）。

【0063】

40

一方、NAND デバイス 22 C が B u s y 状態になっている間に並行して、命令管理部 212 は、NAND デバイス 22 D に対する R e a d コマンドを NAND 制御部 12 から受信する。そして、命令管理部 212 は、R e a d コマンドを NAND デバイス 22 D へ発行する（ステップ S 7）。命令管理部 212 は、R e a d コマンドの発行完了の通知を NAND 制御部 12 へ送信する。

【0064】

R e a d コマンドの発行を受けると、NAND デバイス 22 D は、セルからページレジスタ 222 へ指定されたデータを転送する。この間、NAND デバイス 22 D は B u s y 状態になる（ステップ S 8）。

【0065】

50

そして、ステップ S 2、S 4、S 6、S 8 が終わると、NAND デバイス 2 2 A ~ 2 2 D はそれぞれ B u s y 状態から R e a d y 状態に遷移する。状態通知部 2 1 3 は、ステップ S 2、S 4、S 6、S 8 が終わると、NAND デバイス 2 2 A ~ 2 2 D がそれぞれ B u s y 状態から R e a d y 状態に遷移したことを NAND 制御部 1 2 へ通知する。図 4 では、NAND デバイス 2 2 A が最初に B u s y 状態から R e a d y 状態に遷移する。そこで、データ転送管理部 2 1 4 は、NAND デバイス 2 2 A のページレジスタ 2 2 2 からバッファ 2 1 5 へデータの転送開始の指示を NAND 制御部 1 2 から受ける。そして、データ転送管理部 2 1 4 は、NAND デバイス 2 2 A のページレジスタ 2 2 2 からバッファ 2 1 5 へのデータの転送を行う（ステップ S 9）。ただし、図 4 では、記載の都合上、「NAND からバッファへの転送」と記載している。そして、データの転送が完了すると、すなわち、ステップ S 9 が完了すると、データ転送管理部 2 1 4 は、データの転送完了を NAND 制御部 1 2 へ通知する。

10

【 0 0 6 6 】

続いて、命令管理部 2 1 2 は、NAND 制御部 1 2 から NAND デバイス 2 2 A に対する R e a d コマンドを受信する。そして、命令管理部 2 1 2 は、R e a d コマンドを NAND デバイス 2 2 A へ発行する（ステップ S 1 0）。命令管理部 2 1 2 は、R e a d コマンドの発行完了の通知を NAND 制御部 1 2 へ送信する。

【 0 0 6 7 】

R e a d コマンドの発行を受けると、NAND デバイス 2 2 A は、セルからページレジスタ 2 2 2 へ指定されたデータを転送する。この間、NAND デバイス 2 2 A は B u s y 状態になる（ステップ S 1 1）。その後、ステップ S 1 1 が完了すると、状態通知部 2 1 3 は、NAND デバイス 2 2 A が R e a d y 状態に遷移したことを NAND 制御部 1 2 へ通知する。

20

【 0 0 6 8 】

一方、データ転送管理部 2 1 4 は、R e a d コマンドの発行完了後、バッファ 2 1 5 に格納されているデータのホスト 1 への送信の指示を NAND 制御部 1 2 から受信する。そして、データ転送管理部 2 1 4 は、NAND デバイス 2 2 A が B u s y 状態になっている間に並行して、バッファ 2 1 5 からホスト 1 へのデータの転送を行う（ステップ S 1 2）。

【 0 0 6 9 】

バッファ 2 1 5 からホスト 1 へのデータ転送が完了すると、すなわち、ステップ S 1 2 が終了すると、データ転送管理部 2 1 4 は、R e a d y 状態である NAND デバイス 2 2 B からバッファ 2 1 5 へのデータの転送開始の指示を NAND 制御部 1 2 から受ける。ここで、NAND デバイス 2 2 B からのデータ転送とは、具体的には、NAND デバイス 2 2 B のページレジスタ 2 2 2 からのデータ転送である。そして、データ転送管理部 2 1 4 は、NAND デバイス 2 2 B のページレジスタ 2 2 2 からバッファ 2 1 5 へのデータの転送を行う（ステップ S 1 3）。そして、データの転送が完了すると、すなわち、ステップ S 1 3 が完了すると、データ転送管理部 2 1 4 は、データの転送完了を NAND 制御部 1 2 へ通知する。ここでは、読み出すデータがこれ以上ない場合で説明する。

30

【 0 0 7 0 】

次に、データ転送管理部 2 1 4 は、バッファ 2 1 5 に格納されているデータのホスト 1 への送信の指示を NAND 制御部 1 2 から受信する。そして、データ転送管理部 2 1 4 は、バッファ 2 1 5 からホスト 1 へのデータの転送を行う（ステップ S 1 4）。

40

【 0 0 7 1 】

バッファ 2 1 5 からホスト 1 へのデータ転送が完了すると、すなわち、ステップ S 1 4 が終了すると、データ転送管理部 2 1 4 は、R e a d y 状態である NAND デバイス 2 2 C からバッファ 2 1 5 へのデータの転送開始の指示を NAND 制御部 1 2 から受ける。ここで、NAND デバイス 2 2 C からのデータ転送とは、具体的には、NAND デバイス 2 2 C のページレジスタ 2 2 2 からのデータ転送である。そして、データ転送管理部 2 1 4 は、NAND デバイス 2 2 C のページレジスタ 2 2 2 からバッファ 2 1 5 へのデータの転

50

送を行う（ステップS 1 5）。そして、データの転送が完了すると、すなわち、ステップS 1 5が完了すると、データ転送管理部2 1 4は、データの転送完了をN A N D制御部1 2へ通知する。

【0 0 7 2】

次に、データ転送管理部2 1 4は、バッファ2 1 5に格納されているデータのホスト1への送信の指示をN A N D制御部1 2から受信する。そして、データ転送管理部2 1 4は、バッファ2 1 5からホスト1へのデータの転送を行う（ステップS 1 6）。

【0 0 7 3】

バッファ2 1 5からホスト1へのデータ転送が完了すると、すなわち、ステップS 1 6が終了すると、データ転送管理部2 1 4は、R e a d y状態であるN A N Dデバイス2 2 Dからバッファ2 1 5へデータの転送開始の指示をN A N D制御部1 2から受ける。ここで、N A N Dデバイス2 2 Dからのデータ転送とは、具体的には、N A N Dデバイス2 2 Dのページレジスタ2 2 2からのデータ転送である。そして、データ転送管理部2 1 4は、N A N Dデバイス2 2 Dのページレジスタ2 2 2からバッファ2 1 5へのデータの転送を行う（ステップS 1 7）。そして、データの転送が完了すると、すなわち、ステップS 1 7が完了すると、データ転送管理部2 1 4は、データの転送完了をN A N D制御部1 2へ通知する。

【0 0 7 4】

次に、データ転送管理部2 1 4は、バッファ2 1 5に格納されているデータのホスト1への送信の指示をN A N D制御部1 2から受信する。そして、データ転送管理部2 1 4は、バッファ2 1 5からホスト1へのデータの転送を行う（ステップS 1 8）。

【0 0 7 5】

さらに、バッファ2 1 5からホスト1へのデータ転送が完了すると、すなわち、ステップS 1 8が終了すると、データ転送管理部2 1 4は、R e a d y状態であるN A N Dデバイス2 2 Aからバッファ2 1 5へのデータの転送開始の指示をN A N D制御部1 2から受ける。ここで、N A N Dデバイス2 2 Aからのデータ転送とは、具体的には、N A N Dデバイス2 2 Aのページレジスタ2 2 2からのデータ転送である。そして、データ転送管理部2 1 4は、N A N Dデバイス2 2 Aのページレジスタ2 2 2からバッファ2 1 5へのデータの転送を行う（ステップS 1 9）。そして、データの転送が完了すると、すなわち、ステップS 1 9が完了すると、データ転送管理部2 1 4は、データの転送完了をN A N D制御部1 2へ通知する。

【0 0 7 6】

次に、データ転送管理部2 1 4は、バッファ2 1 5に格納されているデータのホスト1への送信の指示をN A N D制御部1 2から受信する。そして、データ転送管理部2 1 4は、バッファ2 1 5からホスト1へのデータの転送を行う（ステップS 2 0）。

【0 0 7 7】

ここで、図4における、タイミングT 1以降では、B u s y状態の期間が他の処理を実行する期間とオーバーラップする。これにより、タイミングT 1以降は、従来技術に比べてバス2 3の利用効率が向上する。

【0 0 7 8】

次に、図5を参照して、本実施例に係るストレージシステムによるデータの書き込み処理の全体的な流れについて説明する。図5は、実施例1に係るストレージシステムによるデータの書き込み処理のタイムチャートである。図5の各処理は、左端に記載された各処理に対応するN A N Dデバイス2 2 A ~ 2 2 Dのそれぞれに関する処理である。そして、図5の横軸は時間の経過を表す。ここでは、1チャンネル上の4つのN A N Dデバイス2 2 A ~ 2 2 Dに対してデータを書き込む場合で説明する。また、図5では、処理の移行が分かり易くなるように一点鎖線矢印により処理の移行を示す場合がある。

【0 0 7 9】

データ転送管理部2 1 4は、ホスト1から送られてきたデータをバッファ2 1 5に転送する（ステップS 2 1）。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 0 】

その後、命令管理部 2 1 2 は、N A N D デバイス 2 2 A に対する W r i t e コマンドを N A N D 制御部 1 2 から受信する。そして、命令管理部 2 1 2 は、W r i t e コマンドを N A N D デバイス 2 2 A へ発行する（ステップ S 2 2）。命令管理部 2 1 2 は、W r i t e コマンドの発行完了の通知を N A N D 制御部 1 2 へ送信する。

【 0 0 8 1 】

その後、データ転送管理部 2 1 4 は、バッファ 2 1 5 から N A N D デバイス 2 2 A へのデータ転送の指示を N A N D 制御部 1 2 から受信する。そして、データ転送管理部 2 1 4 は、バッファ 2 1 5 から N A N D デバイス 2 2 A のページレジスタ 2 2 2 へデータを転送する（ステップ S 2 3）。データ転送管理部 2 1 4 は、バッファ 2 1 5 から N A N D デバイス 2 2 A へのデータの転送が完了すると、データの転送完了を N A N D 制御部 1 2 へ通知する。

10

【 0 0 8 2 】

N A N D デバイス 2 2 A は、ページレジスタ 2 2 2 へ格納されたデータをメモリセル 2 2 1 へ転送する。この間、N A N D デバイス 2 2 A は B u s y 状態になる（ステップ S 2 4）。その後、ステップ S 2 4 が完了すると、状態通知部 2 1 3 は、N A N D デバイス 2 2 A が R e a d y 状態に遷移したことを N A N D 制御部 1 2 へ通知する。

【 0 0 8 3 】

一方、N A N D デバイス 2 2 A が B u s y 状態になっている間に並行して、データ転送管理部 2 1 4 は、ホスト 1 から送られてきたデータをバッファ 2 1 5 に転送する（ステップ S 2 5）。

20

【 0 0 8 4 】

その後、命令管理部 2 1 2 は、N A N D デバイス 2 2 B に対する W r i t e コマンドを N A N D 制御部 1 2 から受信する。そして、命令管理部 2 1 2 は、W r i t e コマンドを N A N D デバイス 2 2 B へ発行する（ステップ S 2 6）。命令管理部 2 1 2 は、W r i t e コマンドの発行完了の通知を N A N D 制御部 1 2 へ送信する。

【 0 0 8 5 】

その後、データ転送管理部 2 1 4 は、バッファ 2 1 5 から N A N D デバイス 2 2 B へのデータ転送の指示を N A N D 制御部 1 2 から受信する。そして、データ転送管理部 2 1 4 は、バッファ 2 1 5 から N A N D デバイス 2 2 B のページレジスタ 2 2 2 へデータを転送する（ステップ S 2 7）。データ転送管理部 2 1 4 は、バッファ 2 1 5 から N A N D デバイス 2 2 B へのデータの転送が完了すると、データの転送完了を N A N D 制御部 1 2 へ通知する。

30

【 0 0 8 6 】

N A N D デバイス 2 2 B は、ページレジスタ 2 2 2 へ格納されたデータをメモリセル 2 2 1 へ転送する。この間、N A N D デバイス 2 2 B は B u s y 状態になる（ステップ S 2 8）。その後、ステップ S 2 8 が完了すると、状態通知部 2 1 3 は、N A N D デバイス 2 2 B が R e a d y 状態に遷移したことを N A N D 制御部 1 2 へ通知する。

【 0 0 8 7 】

一方、N A N D デバイス 2 2 B が B u s y 状態になっている間に並行して、データ転送管理部 2 1 4 は、ホスト 1 から送られてきたデータをバッファ 2 1 5 に転送する（ステップ S 2 9）。

40

【 0 0 8 8 】

その後、命令管理部 2 1 2 は、N A N D デバイス 2 2 C に対する W r i t e コマンドを N A N D 制御部 1 2 から受信する。そして、命令管理部 2 1 2 は、W r i t e コマンドを N A N D デバイス 2 2 C へ発行する（ステップ S 3 0）。命令管理部 2 1 2 は、W r i t e コマンドの発行完了の通知を N A N D 制御部 1 2 へ送信する。

【 0 0 8 9 】

その後、データ転送管理部 2 1 4 は、バッファ 2 1 5 から N A N D デバイス 2 2 C へのデータ転送の指示を N A N D 制御部 1 2 から受信する。そして、データ転送管理部 2 1 4

50

は、バッファ215からNANDデバイス22Cのページレジスタ222へデータを転送する(ステップS31)。データ転送管理部214は、バッファ215からNANDデバイス22Cへのデータの転送が完了すると、データの転送完了をNAND制御部12へ通知する。

【0090】

NANDデバイス22Cは、ページレジスタ222へ格納されたデータをメモリセル221へ転送する。この間、NANDデバイス22CはBusy状態になる(ステップS32)。その後、ステップS32が完了すると、状態通知部213は、NANDデバイス22CがReady状態に遷移したことをNAND制御部12へ通知する。

【0091】

一方、NANDデバイス22CがBusy状態になっている間に並行して、データ転送管理部214は、ホスト1から送られてきたデータをバッファ215に転送する(ステップS33)。

【0092】

その後、命令管理部212は、NANDデバイス22Dに対するWriteコマンドをNAND制御部12から受信する。そして、命令管理部212は、WriteコマンドをNANDデバイス22Dへ発行する(ステップS34)。命令管理部212は、Writeコマンドの発行完了の通知をNAND制御部12へ送信する。

【0093】

その後、データ転送管理部214は、バッファ215からNANDデバイス22Dへのデータ転送の指示をNAND制御部12から受信する。そして、データ転送管理部214は、バッファ215からNANDデバイス22Dのページレジスタ222へデータを転送する(ステップS35)。データ転送管理部214は、バッファ215からNANDデバイス22Dへのデータの転送が完了すると、データの転送完了をNAND制御部12へ通知する。

【0094】

NANDデバイス22Dは、ページレジスタ222へ格納されたデータをメモリセル221へ転送する。この間、NANDデバイス22DはBusy状態になる(ステップS36)。その後、ステップS36が完了すると、状態通知部213は、NANDデバイス22DがReady状態に遷移したことをNAND制御部12へ通知する。

【0095】

一方、NANDデバイス22DがBusy状態になっている間に並行して、データ転送管理部214は、ホスト1から送られてきたデータをバッファ215に転送する(ステップS37)。

【0096】

その後、命令管理部212は、NANDデバイス22Aに対するWriteコマンドをNAND制御部12から受信する。そして、命令管理部212は、WriteコマンドをNANDデバイス22Aへ発行する(ステップS38)。命令管理部212は、Writeコマンドの発行完了の通知をNAND制御部12へ送信する。

【0097】

その後、データ転送管理部214は、バッファ215からNANDデバイス22Aへのデータ転送の指示をNAND制御部12から受信する。そして、データ転送管理部214は、バッファ215からNANDデバイス22Aのページレジスタ222へデータを転送する(ステップS39)。データ転送管理部214は、バッファ215からNANDデバイス22Aへのデータの転送が完了すると、データの転送完了をNAND制御部12へ通知する。

【0098】

NANDデバイス22Aは、ページレジスタ222へ格納されたデータをセルへ転送する。この間、NANDデバイス22AはBusy状態になる(ステップS40)。その後、ステップS40が完了すると、状態通知部213は、NANDデバイス22AがReady

10

20

30

40

50

d y 状態に遷移したことをNAND制御部12へ通知する。

【0099】

次に、図6を参照して、本実施例に係るNAND制御部12のデータ読み出し時の処理について説明する。図6は、実施例1に係るNAND制御部のデータ読み出し時の処理のフローチャートである。

【0100】

NAND制御部12は、データ読出先のNANDデバイス22にReadコマンドを発行する(ステップS101)。

【0101】

そして、NAND制御部12は、コマンド発行完了の通知を命令管理部212から受信したか否かによりコマンド発行が完了したか否かを判定する(ステップS102)。コマンド発行が完了していない場合(ステップS102:否定)、NAND制御部12は、コマンド発行が完了するまで待機する。

10

【0102】

これに対して、コマンド発行が完了した場合(ステップS102:肯定)、NAND制御部12は、データを読み出すNANDデバイス22が他にあるか否かを判定する(ステップS103)。データを読み出すNANDデバイス22が他にある場合(ステップS103:肯定)、NAND制御部12は、ステップS101へ戻る。

【0103】

これに対して、データを読み出すNANDデバイス22が他にない場合(ステップS103:否定)、NAND制御部12は、状態がBusyからReadyに遷移したNANDデバイス22があるか否かを判定する(ステップS104)。

20

【0104】

状態がBusyからReadyに遷移したNANDデバイス22がある場合(ステップS104:肯定)、NAND制御部12は、状態がBusyからReadyに遷移したNANDデバイス22からバッファ215へのデータ転送を開始するようにデータ転送管理部214に指示する(ステップS105)。

【0105】

NAND制御部12は、データ転送管理部214からデータ転送完了の通知を受けたか否かにより、データ転送が完了したか否かを判定する(ステップS106)。データ転送が完了していない場合(ステップS106:否定)、NAND制御部12は、データ転送が完了するまで待機する。

30

【0106】

これに対して、データ転送が完了した場合(ステップS106:肯定)、NAND制御部12は、データ転送を行ったNANDデバイス22において他のページからのデータ読み出しがあるか否かを判定する(ステップS107)。他のページからの読み出しがない場合(ステップS107:否定)、NAND制御部12は、ステップS110へ進む。

【0107】

一方、他のページからの読み出しがある場合(ステップS107:肯定)、NAND制御部12は、データ転送を行ったNANDデバイス22へReadコマンドを発行する(ステップS108)。

40

【0108】

そして、NAND制御部12は、コマンド発行完了の通知が命令管理部212から受信したか否かによりコマンド発行が完了したか否かを判定する(ステップS109)。コマンド発行が完了していない場合(ステップS109:否定)、NAND制御部12は、コマンド発行が完了するまで待機する。

【0109】

これに対して、コマンド発行が完了した場合(ステップS109:肯定)、NAND制御部12は、バッファ215からホスト1へのデータ転送をデータ転送管理部214へ指示する(ステップS110)。その後、NAND制御部12は、ステップS104へ戻る

50

。

【0110】

一方、状態が *B u s y* から *R e a d y* に遷移した *N A N D* デバイス 22 がない場合（ステップ *S 104*：否定）、*N A N D* 制御部 12 は、読み出すデータが格納されている全ての *N A N D* デバイス 22 が *R e a d y* 状態になっているか否かを判定する（ステップ *S 111*）。

【0111】

読み出すデータが格納されている全ての *N A N D* デバイス 22 が *R e a d y* 状態になっていない場合（ステップ *S 111*：否定）、*N A N D* 制御部 12 は、ステップ *S 104* へ戻る。

10

【0112】

これに対して、読み出すデータが格納されている全ての *N A N D* デバイス 22 が *R e a d y* 状態になっている場合（ステップ *S 111*：肯定）、*N A N D* 制御部 12 は、データの読み出し処理を終了する。

【0113】

次に、図 7 を参照して、本実施例に係る *N A N D* 制御部 12 のデータ書き込み時の処理について説明する。図 7 は、実施例 1 に係る *N A N D* 制御部のデータ書き込み時の処理のフローチャートである。

【0114】

N A N D 制御部 12 は、状態通知部 213 からの通知により、*R e a d y* 状態の *N A N D* デバイス 22 があるか否かを判定する（ステップ *S 201*）。*R e a d y* 状態の *N A N D* デバイス 22 がない場合（ステップ *S 201*：否定）、*N A N D* 制御部 12 は、いずれかの *N A N D* デバイス 22 が *R e a d y* 状態になるまで待機する。

20

【0115】

これに対して、*R e a d y* 状態の *N A N D* デバイス 22 がある場合（ステップ *S 201*：肯定）、*N A N D* 制御部 12 は、書き込むデータをバッファ 215 へ転送する（ステップ *S 202*）。

【0116】

次に、*N A N D* 制御部 12 は、*W r i t e* コマンドを書込先の *N A N D* デバイス 22 へ発行する（ステップ *S 203*）。

30

【0117】

次に、*N A N D* 制御部 12 は、バッファ 215 からデータ書込先の *N A N D* デバイス 22 へのデータ転送の開始をデータ転送管理部 214 に指示する（ステップ *S 204*）。

【0118】

その後、*N A N D* 制御部 12 は、次に書き込むデータがあるか否かを判定する（ステップ *S 205*）。次に書き込むデータがある場合（ステップ *S 205*：肯定）、*N A N D* 制御部 12 は、ステップ *S 201* へ戻る。これに対して、次に書き込むデータがない場合（ステップ *S 205*：否定）、*N A N D* 制御部 12 は、データの書き込み処理を終了する。

【0119】

次に、図 8 を参照して、本実施例に係る命令管理部 212 のデータの書き込み時及び読み出し時の処理について説明する。図 8 は、実施例 1 に係る命令管理部のデータの書き込み時及び読み出し時の処理のフローチャートである。

40

【0120】

命令管理部 212 は、*R e a d* コマンド又は *W r i t e* コマンドを受信したか否かを判定する（ステップ *S 301*）。コマンドを受信していない場合（ステップ *S 301*：否定）、命令管理部 212 は、コマンドを受信するまで待機する。

【0121】

これに対して、コマンドを受信した場合（ステップ *S 301*：肯定）、命令管理部 212 は、受信したコマンドで指定された *N A N D* デバイス 22 にコマンドを発行する（ステップ *S 302*）。

50

【 0 1 2 2 】

そして、命令管理部 2 1 2 は、コマンドを発行し終わると、コマンド発行完了を N A N D 制御部 1 2 へ通知する（ステップ S 3 0 3）。

【 0 1 2 3 】

次に、図 9 を参照して、本実施例に係る状態通知部 2 1 3 による状態の通知処理について説明する。図 9 は、実施例 1 に係る状態通知部による状態の通知処理のフローチャートである。

【 0 1 2 4 】

状態通知部 2 1 3 は、N A N D 制御部 1 2 から N A N D デバイス 2 2 の状態の通知要求を受信したか否かを判定する（ステップ S 4 0 1）。N A N D 制御部 1 2 は、状態通知部 2 1 3 に対して各 N A N D デバイス 2 2 の状態の通知要求のポーリングを行う。N A N D デバイス 2 2 の状態の通知要求を受信していない場合（ステップ S 4 0 1：否定）、状態通知部 2 1 3 は、N A N D デバイス 2 2 の状態の通知要求を受信するまで待機する。

10

【 0 1 2 5 】

これに対して、N A N D デバイス 2 2 の状態の通知要求を受信した場合（ステップ S 4 0 1：肯定）、状態通知部 2 1 3 は、状態通知要求で指定された N A N D デバイス 2 2 の状態を N A N D 制御部 1 2 へ通知する（ステップ S 4 0 2）。

【 0 1 2 6 】

また、上述したように、状態通知部 2 1 3 は、N A N D 制御部 1 2 へ割り込みを行って状態を通知することもできる。そこで、図 1 0 を参照して、割り込みを行う場合の状態の通知処理について説明する。図 1 0 は、割り込みを行う場合の状態通知部による状態の通知処理のフローチャートである。

20

【 0 1 2 7 】

状態通知部 2 1 3 は、各 N A N D デバイス 2 2 の状態が B u s y から R e a d y に遷移したか否かを判定する（ステップ S 4 1 1）。B u s y から R e a d y に状態遷移が発生していない場合（ステップ S 4 1 1：否定）、状態通知部 2 1 3 は、いずれかの N A N D デバイス 2 2 に B u s y から R e a d y への状態遷移が発生するまで待機する。

【 0 1 2 8 】

これに対して、B u s y から R e a d y に状態遷移が発生した場合（ステップ S 4 1 1：肯定）、状態通知部 2 1 3 は、N A N D 制御部 1 2 へ割り込みを行い、B u s y から R e a d y に状態が遷移した N A N D デバイス 2 2 が R e a d y 状態となったことを N A N D 制御部 1 2 へ通知する（ステップ S 4 1 2）。

30

【 0 1 2 9 】

次に、図 1 1 を参照して、本実施例に係るデータ転送管理部 2 1 4 のデータ転送処理について説明する。図 1 1 は、実施例 1 に係るデータ転送管理部のデータ転送処理のフローチャートである。

【 0 1 3 0 】

データ転送管理部 2 1 4 は、データの読み出しにおけるデータ転送開始要求を N A N D 制御部 1 2 から受信したか否かを判定する（ステップ S 5 0 1）。

【 0 1 3 1 】

データの読み出しにおけるデータ転送開始要求を受信した場合（ステップ S 5 0 1：肯定）、データ転送管理部 2 1 4 は、データ転送開始要求で指定された N A N D デバイス 2 2 からバッファ 2 1 5 へのデータ転送を開始する（ステップ S 5 0 2）。

40

【 0 1 3 2 】

そして、データ転送管理部 2 1 4 は、N A N D デバイス 2 2 からバッファ 2 1 5 へのデータ転送が完了したか否かを判定する（ステップ S 5 0 3）。データ転送が完了していない場合（ステップ S 5 0 3：否定）、データ転送管理部 2 1 4 は、データ転送が完了するまで待機する。

【 0 1 3 3 】

これに対して、データ転送が完了した場合（ステップ S 5 0 3：肯定）、データ転送管

50

理部 214 は、データ転送完了を NAND 制御部 12 へ通知する（ステップ S504）。

【0134】

一方、データの読み出しにおけるデータ転送の開始要求を受信していない場合（ステップ S501：否定）、データ転送管理部 214 は、データの書込みにおけるデータ転送開始要求を NAND 制御部 12 から受信したか否かを判定する（ステップ S505）。データの書込みにおけるデータ転送開始要求を受信していない場合（ステップ S505：否定）、データ転送管理部 214 は、ステップ S501 へ戻る。

【0135】

これに対して、データの書込みにおけるデータ転送の開始要求を受信した場合（ステップ S505：肯定）、データ転送管理部 214 は、データ転送開始要求で指定された NAND デバイス 22 へのバッファ 215 からのデータ転送を開始する（ステップ S506）。

10

【0136】

そして、データ転送管理部 214 は、バッファ 215 から NAND デバイス 22 へのデータ転送が完了したか否かを判定する（ステップ S507）。データ転送が完了していない場合（ステップ S507：否定）、データ転送管理部 214 は、データ転送が完了するまで待機する。

【0137】

これに対して、データ転送が完了した場合（ステップ S507：肯定）、データ転送管理部 214 は、データ転送完了を NAND 制御部 12 へ通知する（ステップ S504）。

20

【0138】

以上に説明したように、本実施例に係るストレージシステムは、NAND デバイスのコマンド開始及びデータ転送開始のタイミングをホストが制御する。そして、NAND デバイスが Busy 状態のときに、その NAND デバイスが Ready 状態になるのを待つことなく、Busy 状態にオーバーラップさせて他の処理を実行する。これにより、NAND コントローラのバッファと NAND デバイスとの間、及び NAND コントローラのバッファとホストとの間のバスの利用効率を向上させることができ、データ転送レートの高速化を図ることができる。

【0139】

また、本実施例にかかるストレージシステムは、ホストが NAND デバイスのデータの読み書きの動作を制御する。このため、ホストで動作するアプリケーションが複数の NAND デバイスに分散して配置できるデータパターンを用いているかの判定結果を基に、処理をオーバーラップさせたデータの書き込み及び読み込みが行われる。そのため、適切に処理をオーバーラップさせたデータの書き込み及び読み込みを行うことができ、バスの利用効率を確実に向上させることができる。

30

【実施例 2】

【0140】

図 12 は、実施例 2 に係るストレージシステムのブロック図である。本実施例に係るストレージシステムは、NAND コントローラのバッファとしてダブルバッファを用いていることが実施例 1 と異なるものである。以下の説明では、実施例 1 と同じ機能を有する各部については説明を省略する。

40

【0141】

NAND 制御部 12 は、データ読み出しにおいて、Read コマンドの発行後、Busy から Ready に状態が遷移した NAND デバイス 22 がある場合、バッファ 217 又は 218 にデータがあるか否かを判定する。ここで、NAND 制御部 12 は、バッファ 217 又は 218 へのデータ転送の開始を指示するときに、いずれのバッファにデータを転送したかを記憶する。そして、NAND 制御部 12 は、記憶した情報を用いて各バッファにおけるデータの有無を判定する。

【0142】

バッファ 217 及び 218 のいずれにもデータがない場合、NAND 制御部 12 は、い

50

ずれかのバッファを選択する。本実施例では、NAND制御部12は、バッファ217及び218のいずれにもデータがない場合、バッファ217を選択するものとする。

【0143】

そして、NAND制御部12は、Readyに状態が遷移したNANDデバイス22から選択したバッファへのデータ転送の開始をデータ転送管理部214へ指示する。

【0144】

バッファ217にデータがある場合、NAND制御部12は、Readyに状態が遷移したNANDデバイス22からバッファ218へのデータ転送の開始をデータ転送管理部214へ指示する。

【0145】

さらに、NAND制御部12は、バッファ218へのデータ転送と並行して、バッファ217からホストへのデータ転送をデータ転送管理部214へ指示する。

【0146】

バッファ218にデータがある場合、NAND制御部12は、Readyに状態が遷移したNANDデバイス22からバッファ217へのデータ転送の開始をデータ転送管理部214へ指示する。

【0147】

さらに、NAND制御部12は、バッファ217へのデータ転送と並行して、バッファ218からホストへのデータ転送をデータ転送管理部214へ指示する。

【0148】

バッファ217及び218の双方にデータがある場合、並びに、片方にデータがある場合のいずれにおいても、NAND制御部12は、次の動作を行う。すなわち、NAND制御部12は、データ転送完了の通知をデータ転送管理部214から受信すると、データ転送を行ったNANDデバイス22の他のページから読み出すデータがあるか否かを判定する。他のページからデータを読み出す場合、NAND制御部12は、ReadコマンドをそのNANDデバイス22へ発行する。

【0149】

次に、データ書き込みの場合について説明する。NAND制御部12は、Writeコマンドの発行が完了すると、BusyからReadyに状態が遷移したNANDデバイス22があるか否かを判定する。BusyからReadyに状態が遷移したNANDデバイス22がある場合、NAND制御部12は、バッファ217又は218にデータがあるか否かを判定する。

【0150】

バッファ217にデータがある場合、NAND制御部12は、バッファ217からNANDデバイス22へのデータ転送を指示するとともに、ホスト1からバッファ218へのデータ転送の開始をデータ転送管理部214へ指示する。

【0151】

バッファ218にデータがある場合、NAND制御部12は、バッファ218からNANDデバイス22へのデータ転送を指示するとともに、ホスト1からバッファ217へのデータ転送の開始をデータ転送管理部214へ指示する。

【0152】

バッファ217及び218の双方にデータがある場合、NAND制御部12は、いずれかのバッファからNANDデバイス22へのデータ転送をデータ転送管理部214へ指示する。

【0153】

バッファ217及び218の双方にデータがある場合、並びに、片方にデータがある場合のいずれにおいても、NAND制御部12は、次の動作を行う。すなわち、NAND制御部12は、データ転送完了の通知をデータ転送管理部214から受信すると、書き込むデータがバッファ217又は218のいずれかに格納されているNANDデバイス22に対してWriteコマンドを発行する。そして、Writeコマンドの発行完了後、NA

10

20

30

40

50

NAND制御部12は、BusyからReadyに状態が遷移したNANDデバイス22があるか否かの判定以降の処理を繰り返す。

【0154】

本実施例のように、ダブルバッファの場合、ホスト1と一方のバッファとの間でデータ転送を行っている間に、NANDデバイス22と他方のバッファとの間でデータ転送を行うことができる。すなわち、NANDコントローラ21を境界として、データ転送を別々に行いオーバーラップさせることができるので、バスの利用効率をより向上させることができる。

【0155】

次に、図13を参照して、本実施例に係るストレージシステムによるデータの読み出し処理の全体的な流れについて説明する。図13は、実施例2に係るストレージシステムによるデータの読み出し処理のタイムチャートである。図13の各処理は、左端に記載された各処理に対応するNANDデバイス22A~22Dのそれぞれに関する処理である。そして、図13の横軸は時間の経過を表す。ここでは、1チャンネル上の4つのNANDデバイス22A~22Dからデータを読み出す場合で説明する。また、図13では、処理の移行が分かり易くなるように一点鎖線矢印により処理の移行を示す場合がある。

10

【0156】

命令管理部212は、NANDデバイス22Aに対するReadコマンドをNAND制御部12から受信する。そして、命令管理部212は、ReadコマンドをNANDデバイス22Aへ発行する(ステップS41)。命令管理部212は、Readコマンドの発行完了の通知をNAND制御部12へ送信する。

20

【0157】

Readコマンドの発行を受けると、NANDデバイス22Aは、セルからページレジスタ222へ指定されたデータを転送する。この間、NANDデバイス22AはBusy状態になる(ステップS42)。

【0158】

一方、NANDデバイス22AがBusy状態になっている間に並行して、命令管理部212は、NANDデバイス22Bに対するReadコマンドをNAND制御部12から受信する。そして、命令管理部212は、ReadコマンドをNANDデバイス22Bへ発行する(ステップS43)。命令管理部212は、Readコマンドの発行完了の通知をNAND制御部12へ送信する。

30

【0159】

Readコマンドの発行を受けると、NANDデバイス22Bは、セルからページレジスタ222へ指定されたデータを転送する。この間、NANDデバイス22BはBusy状態になる(ステップS44)。

【0160】

一方、NANDデバイス22BがBusy状態になっている間に並行して、命令管理部212は、NANDデバイス22Cに対するReadコマンドをNAND制御部12から受信する。そして、命令管理部212は、ReadコマンドをNANDデバイス22Cへ発行する(ステップS45)。命令管理部212は、Readコマンドの発行完了の通知をNAND制御部12へ送信する。

40

【0161】

Readコマンドの発行を受けると、NANDデバイス22Cは、セルからページレジスタ222へ指定されたデータを転送する。この間、NANDデバイス22CはBusy状態になる(ステップS46)。

【0162】

一方、NANDデバイス22CがBusy状態になっている間に並行して、命令管理部212は、NANDデバイス22Dに対するReadコマンドをNAND制御部12から受信する。そして、命令管理部212は、ReadコマンドをNANDデバイス22Dへ発行する(ステップS47)。命令管理部212は、Readコマンドの発行完了の通知

50

をNAND制御部12へ送信する。

【0163】

Readコマンドの発行を受けると、NANDデバイス22Dは、セルからページレジスタ222へ指定されたデータを転送する。この間、NANDデバイス22DはBusy状態になる(ステップS48)。

【0164】

そして、ステップS42、S44、S46、S48が終わると、NANDデバイス22A~22DはそれぞれBusy状態からReady状態に遷移する。状態通知部213は、ステップS42、S44、S46、S48が終わると、NANDデバイス22A~22DがそれぞれBusy状態からReady状態に遷移したことをNAND制御部12へ通知する。図13では、NANDデバイス22Aが最初にBusy状態からReady状態に遷移する。そこで、データ転送管理部214は、NANDデバイス22Aのページレジスタ222からバッファ217へデータの転送開始の指示をNAND制御部12から受ける。そして、データ転送管理部214は、NANDデバイス22Aのページレジスタ222からバッファ217へのデータの転送を行う(ステップS49)。そして、データの転送が完了すると、すなわち、ステップS49が完了すると、データ転送管理部214は、データの転送完了をNAND制御部12へ通知する。

【0165】

続いて、命令管理部212は、NAND制御部12からNANDデバイス22Aに対するReadコマンドを受信する。そして、命令管理部212は、ReadコマンドをNANDデバイス22Aへ発行する(ステップS50)。命令管理部212は、Readコマンドの発行完了の通知をNAND制御部12へ送信する。

【0166】

Readコマンドの発行を受けると、NANDデバイス22Aは、セルからページレジスタ222へ指定されたデータを転送する。この間、NANDデバイス22AはBusy状態になる(ステップS52)。その後、ステップS52が完了すると、状態通知部213は、NANDデバイス22AがReady状態に遷移したことをNAND制御部12へ通知する。

【0167】

一方、データ転送管理部214は、Readコマンドの発行完了後、バッファ217に格納されているデータのホスト1への送信の指示をNAND制御部12から受信する。そして、データ転送管理部214は、NANDデバイス22BがBusy状態になっている間に並行して、バッファ217からホスト1へのデータの転送を行う(ステップS51)。

【0168】

さらに、データ転送管理部214は、Ready状態であるNANDデバイス22Bのページレジスタ222からバッファ218へデータの転送開始の指示をNAND制御部12から受ける。そして、データ転送管理部214は、バッファ217からホスト1へのデータの転送に並行して、NANDデバイス22Bのページレジスタ222からバッファ218へのデータの転送を行う(ステップS53)。そして、データの転送が完了すると、すなわち、ステップS53が完了すると、データ転送管理部214は、データの転送完了をNAND制御部12へ通知する。ここでは、読み出すデータがこれ以上ない場合で説明する。

【0169】

次に、データ転送管理部214は、バッファ218に格納されているデータのホスト1への送信の指示をNAND制御部12から受信する。そして、データ転送管理部214は、バッファ218からホスト1へのデータの転送を行う(ステップS54)。

【0170】

バッファ217からホスト1へのデータ転送が完了すると、すなわち、ステップS51が終了すると、データ転送管理部214は、Ready状態であるNANDデバイス22

10

20

30

40

50

Cのページレジスタ222からバッファ217へデータの転送開始の指示をNAND制御部12から受ける。そして、データ転送管理部214は、NANDデバイス22Cのページレジスタ222からバッファ217へのデータの転送を行う(ステップS55)。そして、データの転送が完了すると、すなわち、ステップS55が完了すると、データ転送管理部214は、データの転送完了をNAND制御部12へ通知する。

【0171】

次に、データ転送管理部214は、バッファ217に格納されているデータのホスト1への送信の指示をNAND制御部12から受信する。そして、データ転送管理部214は、バッファ217からホスト1へのデータの転送を行う(ステップS56)。

【0172】

バッファ218からホスト1へのデータ転送が完了すると、すなわち、ステップS54が終了すると、データ転送管理部214は、Ready状態であるNANDデバイス22Dのページレジスタ222からバッファ218へデータの転送開始の指示をNAND制御部12から受ける。そして、データ転送管理部214は、NANDデバイス22Dのページレジスタ222からバッファ218へのデータの転送を行う(ステップS57)。そして、データの転送が完了すると、すなわち、ステップS57が完了すると、データ転送管理部214は、データの転送完了をNAND制御部12へ通知する。

【0173】

次に、データ転送管理部214は、バッファ218に格納されているデータのホスト1への送信の指示をNAND制御部12から受信する。そして、データ転送管理部214は、バッファ218からホスト1へのデータの転送を行う(ステップS58)。

【0174】

さらに、バッファ217からホスト1へのデータ転送が完了すると、すなわち、ステップS56が終了すると、データ転送管理部214は、Ready状態であるNANDデバイス22Aのページレジスタ222からバッファ217へデータの転送開始の指示をNAND制御部12から受ける。そして、データ転送管理部214は、NANDデバイス22Aのページレジスタ222からバッファ217へのデータの転送を行う(ステップS59)。そして、データの転送が完了すると、すなわち、ステップS59が完了すると、データ転送管理部214は、データの転送完了をNAND制御部12へ通知する。

【0175】

次に、データ転送管理部214は、バッファ217に格納されているデータのホスト1への送信の指示をNAND制御部12から受信する。そして、データ転送管理部214は、バッファ217からホスト1へのデータの転送を行う(ステップS60)。

【0176】

ここで、図13における、タイミングT2以降では、Busy状態の期間が他の処理を実行する期間とオーバーラップする。これにより、タイミングT2以降は、バス23の利用効率がほぼ100%となる。

【0177】

次に、図14を参照して、本実施例に係るストレージシステムによるデータの書き込み処理の全体的な流れについて説明する。図14は、実施例2に係るストレージシステムによるデータの書き込み処理のタイムチャートである。図14の各処理は、左端に記載された各処理に対応するNANDデバイス22A~22Dのそれぞれに関する処理である。そして、図14の横軸は時間の経過を表す。ここでは、1チャンネル上の4つのNANDデバイス22A~22Dに対してデータを書き込む場合で説明する。また、図14では、処理の移行が分かり易くなるように一点鎖線矢印により処理の移行を示す場合がある。

【0178】

データ転送管理部214は、ホスト1から送られてきたデータをバッファ217に転送する(ステップS61)。

【0179】

その後、命令管理部212は、NANDデバイス22Aに対するWriteコマンドを

10

20

30

40

50

NAND制御部12から受信する。そして、命令管理部212は、WriteコマンドをNANDデバイス22Aへ発行する(ステップS62)。命令管理部212は、Writeコマンドの発行完了の通知をNAND制御部12へ送信する。

【0180】

その後、データ転送管理部214は、バッファ217からNANDデバイス22Aへのデータ転送の指示をNAND制御部12から受信する。そして、データ転送管理部214は、バッファ217からNANDデバイス22Aのページレジスタ222へデータを転送する(ステップS63)。

【0181】

一方、バッファ217からNANDデバイス22Aへのデータ転送に並行して、データ転送管理部214は、ホスト1から送られてきたデータをバッファ218に転送する(ステップS64)。

【0182】

データ転送管理部214は、バッファ217からNANDデバイス22Aへのデータの転送が完了すると、データの転送完了をNAND制御部12へ通知する。データ転送完了後、NANDデバイス22Aは、ページレジスタ222へ格納されたデータをセルへ転送する。この間、NANDデバイス22AはBusy状態になる(ステップS65)。その後、ステップS65が完了すると、状態通知部213は、NANDデバイス22AがReady状態に遷移したことをNAND制御部12へ通知する。

【0183】

一方、バッファ217からNANDデバイス22Aへのデータの転送が完了後、命令管理部212は、NANDデバイス22Bに対するWriteコマンドをNAND制御部12から受信する。そして、命令管理部212は、WriteコマンドをNANDデバイス22Bへ発行する(ステップS66)。命令管理部212は、Writeコマンドの発行完了の通知をNAND制御部12へ送信する。

【0184】

その後、データ転送管理部214は、バッファ218からNANDデバイス22Bへのデータ転送の指示をNAND制御部12から受信する。そして、データ転送管理部214は、バッファ218からNANDデバイス22Bのページレジスタ222へデータを転送する(ステップS67)。

【0185】

一方、バッファ218からNANDデバイス22Bへのデータ転送に並行して、データ転送管理部214は、ホスト1から送られてきたデータをバッファ217に転送する(ステップS68)。

【0186】

データ転送管理部214は、バッファ218からNANDデバイス22Bへのデータの転送が完了すると、データの転送完了をNAND制御部12へ通知する。データ転送完了後、NANDデバイス22Bは、ページレジスタ222へ格納されたデータをセルへ転送する。この間、NANDデバイス22BはBusy状態になる(ステップS69)。その後、ステップS69が完了すると、状態通知部213は、NANDデバイス22BがReady状態に遷移したことをNAND制御部12へ通知する。

【0187】

一方、バッファ218からNANDデバイス22Bへのデータの転送が完了後、命令管理部212は、NANDデバイス22Cに対するWriteコマンドをNAND制御部12から受信する。そして、命令管理部212は、WriteコマンドをNANDデバイス22Cへ発行する(ステップS70)。命令管理部212は、Writeコマンドの発行完了の通知をNAND制御部12へ送信する。

【0188】

その後、データ転送管理部214は、バッファ217からNANDデバイス22Cへのデータ転送の指示をNAND制御部12から受信する。そして、データ転送管理部214

10

20

30

40

50

は、バッファ 217 から NAND デバイス 22C のページレジスタ 222 ヘデータを転送する（ステップ S71）。

【0189】

一方、バッファ 217 から NAND デバイス 22C へのデータ転送に並行して、データ転送管理部 214 は、ホスト 1 から送られてきたデータをバッファ 218 に転送する（ステップ S72）。

【0190】

データ転送管理部 214 は、バッファ 217 から NAND デバイス 22C へのデータの転送が完了すると、データの転送完了を NAND 制御部 12 へ通知する。データ転送完了後、NAND デバイス 22C は、ページレジスタ 222 ヘ格納されたデータをセルへ転送する。この間、NAND デバイス 22C は Busy 状態になる（ステップ S73）。その後、ステップ S73 が完了すると、状態通知部 213 は、NAND デバイス 22C が Ready 状態に遷移したことを NAND 制御部 12 へ通知する。

10

【0191】

一方、バッファ 217 から NAND デバイス 22C へのデータの転送が完了後、命令管理部 212 は、NAND デバイス 22D に対する Write コマンドを NAND 制御部 12 から受信する。そして、命令管理部 212 は、Write コマンドを NAND デバイス 22D へ発行する（ステップ S74）。命令管理部 212 は、Write コマンドの発行完了の通知を NAND 制御部 12 へ送信する。

【0192】

20

その後、データ転送管理部 214 は、バッファ 218 から NAND デバイス 22D へのデータ転送の指示を NAND 制御部 12 から受信する。そして、データ転送管理部 214 は、バッファ 218 から NAND デバイス 22D のページレジスタ 222 ヘデータを転送する（ステップ S75）。

【0193】

一方、バッファ 218 から NAND デバイス 22D へのデータ転送に並行して、データ転送管理部 214 は、ホスト 1 から送られてきたデータをバッファ 217 に転送する（ステップ S76）。

【0194】

データ転送管理部 214 は、バッファ 218 から NAND デバイス 22D へのデータの転送が完了すると、データの転送完了を NAND 制御部 12 へ通知する。データ転送完了後、NAND デバイス 22D は、ページレジスタ 222 ヘ格納されたデータをセルへ転送する。この間、NAND デバイス 22D は Busy 状態になる（ステップ S77）。その後、ステップ S77 が完了すると、状態通知部 213 は、NAND デバイス 22D が Ready 状態に遷移したことを NAND 制御部 12 へ通知する。

30

【0195】

一方、バッファ 218 から NAND デバイス 22D へのデータの転送が完了後、命令管理部 212 は、NAND デバイス 22A に対する Write コマンドを NAND 制御部 12 から受信する。そして、命令管理部 212 は、Write コマンドを NAND デバイス 22A へ発行する（ステップ S78）。命令管理部 212 は、Write コマンドの発行完了の通知を NAND 制御部 12 へ送信する。

40

【0196】

その後、データ転送管理部 214 は、バッファ 217 から NAND デバイス 22A へのデータ転送の指示を NAND 制御部 12 から受信する。そして、データ転送管理部 214 は、バッファ 217 から NAND デバイス 22A のページレジスタ 222 ヘデータを転送する（ステップ S79）。

【0197】

データ転送管理部 214 は、バッファ 217 から NAND デバイス 22A へのデータの転送が完了すると、データの転送完了を NAND 制御部 12 へ通知する。データ転送完了後、NAND デバイス 22A は、ページレジスタ 222 ヘ格納されたデータをセルへ転送

50

する。この間、NANDデバイス22AはBusy状態になる(ステップS80)。その後、ステップS80が完了すると、状態通知部213は、NANDデバイス22AがReady状態に遷移したことをNAND制御部12へ通知する。

【0198】

次に、図15を参照して、本実施例に係るNAND制御部12のデータ読み出し時の処理について説明する。図15は、実施例2に係るNAND制御部のデータ読み出し時の処理のフローチャートである。

【0199】

NAND制御部12は、データ読出先のNANDデバイス22にReadコマンドを発行する(ステップS601)。

10

【0200】

そして、NAND制御部12は、コマンド発行完了の通知を命令管理部212から受信したか否かによりコマンド発行が完了したか否かを判定する(ステップS602)。コマンド発行が完了していない場合(ステップS602：否定)、NAND制御部12は、コマンド発行が完了するまで待機する。

【0201】

これに対して、コマンド発行が完了した場合(ステップS602：肯定)、NAND制御部12は、データを読み出すNANDデバイス22が他にあるか否かを判定する(ステップS603)。データを読み出すNANDデバイス22が他にある場合(ステップS603：肯定)、NAND制御部12は、ステップS601へ戻る。

20

【0202】

これに対して、データを読み出すNANDデバイス22が他にない場合(ステップS603：否定)、NAND制御部12は、状態がBusyからReadyに遷移したNANDデバイス22があるか否かを判定する(ステップS604)。

【0203】

状態がBusyからReadyに遷移したNANDデバイス22がある場合(ステップS604：肯定)、NAND制御部12は、バッファ217にデータがあるか否かを判定する(ステップS605)。

【0204】

バッファ217にデータがある場合(ステップS605：肯定)、NAND制御部12は、状態がBusyからReadyに遷移したNANDデバイス22からバッファ218へのデータ転送を開始するようにデータ転送管理部214に指示する(ステップS606)。

30

【0205】

また、NAND制御部12は、バッファ217からホスト1へのデータ転送をデータ転送管理部214へ指示する(ステップS607)。

【0206】

一方、バッファ217にデータがない場合(ステップS605：否定)、NAND制御部12は、バッファ218にデータがあるか否かを判定する(ステップS608)。

【0207】

40

バッファ218にデータがある場合(ステップS608：肯定)、NAND制御部12は、状態がBusyからReadyに遷移したNANDデバイス22からバッファ217へのデータ転送を開始するようにデータ転送管理部214に指示する(ステップS609)。

【0208】

また、NAND制御部12は、バッファ218からホスト1へのデータ転送をデータ転送管理部214へ指示する(ステップS610)。

【0209】

一方、バッファ218にデータがない場合(ステップS608：否定)、NAND制御部12は、状態がBusyからReadyに遷移したNANDデバイス22からバッファ

50

217へのデータ転送を開始するようにデータ転送管理部214に指示する(ステップS611)。

【0210】

NAND制御部12は、データ転送管理部214からデータ転送完了の通知を受けたか否かにより、データ転送が完了したか否かを判定する(ステップS612)。データ転送が完了していない場合(ステップS612:否定)、NAND制御部12は、データ転送が完了するまで待機する。

【0211】

これに対して、データ転送が完了した場合(ステップS612:肯定)、NAND制御部12は、データ転送を行ったNANDデバイス22において他のページからのデータ読み出しがあるか否かを判定する(ステップS613)。他のページからの読み出しがない場合(ステップS613:否定)、NAND制御部12は、ステップS604へ戻る。

10

【0212】

一方、他のページからの読み出しがある場合(ステップS613:肯定)、NAND制御部12は、データ転送を行ったNANDデバイス22へReadコマンドを発行する(ステップS614)。

【0213】

そして、NAND制御部12は、コマンド発行完了の通知が命令管理部212から受信したか否かによりコマンド発行が完了したか否かを判定する(ステップS615)。コマンド発行が完了していない場合(ステップS615:否定)、NAND制御部12は、コマンド発行が完了するまで待機する。

20

【0214】

これに対して、コマンド発行が完了した場合(ステップS615:肯定)、NAND制御部12は、ステップS604へ戻る。

【0215】

一方、状態がBusyからReadyに遷移したNANDデバイス22がない場合(ステップS604:否定)、NAND制御部12は、読み出すデータが格納されている全てのNANDデバイス22がReady状態になっているか否かを判定する(ステップS616)。

【0216】

30

読み出すデータが格納されている全てのNANDデバイス22がReady状態になっていない場合(ステップS616:否定)、NAND制御部12は、ステップS604へ戻る。

【0217】

これに対して、読み出すデータが格納されている全てのNANDデバイス22がReady状態になっている場合(ステップS616:肯定)、NAND制御部12は、データの読み出し処理を終了する。

【0218】

以上に説明したように、本実施例に係るストレージシステムは、ダブルバッファを用いて処理をオーバーラップさせながらデータの読み書きを行う。これにより、バスの利用効率をより向上させることができ、データ転送効率をより向上させることができる。

40

【実施例3】

【0219】

次に、実施例3に係るストレージシステムについて説明する。本実施例に係るストレージシステムは、NANDデバイスのエラー検出を行うことが実施例1と異なるものである。本実施例に係るストレージシステムのブロック図も図3で表される。以下の説明では、実施例1と同じ機能を有する各部については説明を省略する。

【0220】

NAND制御部12は、自己の内部にタイマを有する。そして、NAND制御部12は、NANDデバイス22がBusy状態に遷移してからの時間を計測する。

50

【 0 2 2 1 】

そして、NAND制御部12は、BusyからReadyに状態が遷移したNANDデバイス22の有無を判断し、そのようなNANDデバイス22がない場合に、Busy状態にある各NANDデバイス22のBusy状態になってからの経過時間を取得する。そして、NAND制御部12は、Busy状態になってから一定時間を経過したNANDデバイス22があるか否かを判定する。そして、Busy状態になってから一定時間経過したNANDデバイス22があれば、そのNANDデバイス22におけるエラーを検出する。ここで、一定時間は、ストレージシステムの性能や運用状態に応じて設定することが好ましい。例えば、Busy状態が最大で100μs継続するとして設計されているストレージシステムであれば、動作の余裕を考慮して一定時間を200μsなどとするのが考えられる。

10

【 0 2 2 2 】

NAND制御部12は、全てのデバイスがReady状態になるまでエラーの検出を繰り返す。

【 0 2 2 3 】

エラーを検出した場合、NAND制御部12は、エラーを検出したNANDデバイス22をリセットして、処理をリトライする。また、NAND制御部12は、ホスト1で動作するOS(Operating System)やアプリケーションへエラーを通知する。

【 0 2 2 4 】

ただし、NAND制御部12が実施するエラー処理は、これに限らず、他のエラー処理を行ってもよい。

20

【 0 2 2 5 】

次に、図16を参照して、本実施例に係るNAND制御部12のデータ読み出し時の処理について説明する。図16は、実施例3に係るNAND制御部のデータ読み出し時の処理のフローチャートである。

【 0 2 2 6 】

図16におけるステップS701～S710の処理は実施例1における図6で示したステップS101～S110の処理と同じであるので説明を省略する。

【 0 2 2 7 】

状態がBusyからReadyに遷移したNANDデバイス22がない場合(ステップS704:否定)、NAND制御部12は、Busy状態になってから一定時間が経過したNANDデバイス22があるか否かを判定する(ステップS711)。一定時間が経過したNANDデバイス22がない場合(ステップS711:否定)、NAND制御部12は、読み出すデータが格納されている全てのNANDデバイス22がReady状態になっているか否かを判定する(ステップS712)。

30

【 0 2 2 8 】

読み出すデータが格納されている全てのNANDデバイス22がReady状態になっていない場合(ステップS712:否定)、NAND制御部12は、ステップS704へ戻る。

【 0 2 2 9 】

これに対して、読み出すデータが格納されている全てのNANDデバイス22がReady状態になっている場合(ステップS712:肯定)、NAND制御部12は、データの読み出し処理を終了する。

40

【 0 2 3 0 】

一方、一定時間が経過したNANDデバイス22がある場合(ステップS711:肯定)、NAND制御部12は、一定時間が経過したNANDデバイス22のエラーを検出し、エラー処理を実施する(ステップS713)。

【 0 2 3 1 】

以上に説明したように、本実施例に係るストレージシステムは、Ready状態に遷移しないNANDデバイスのエラーを検出する。これにより、エラーが発生したNANDデ

50

バイスが Ready 状態になることを待つ無駄な時間を削減でき、エラーによるデータ転送の遅滞を軽減でき、バスの利用効率も向上する。

【 0 2 3 2 】

ここで、以上の各実施例では、NANDコントローラ 2 1 と NAND デバイス 2 2 とを接続するバスを 1 チャンネルとして説明したが、バスは複数チャンネルでもよく、複数チャンネルの場合、各チャンネルにおいて各実施例で説明した処理が行われる。

【 0 2 3 3 】

(ハードウェア構成)

次に、図 1 7 を参照して、以上に説明した各実施例に係るストレージシステムのハードウェア構成について説明する。図 1 7 は、ストレージシステムのハードウェア構成図である。

10

【 0 2 3 4 】

図 1 7 に示すように、ホスト 1 は、CPU (Central Processing Unit) 9 0 1、メモリ 9 0 2、I/Oコントローラ 9 0 3、NIC (Network Interface Card) 9 0 4 及び HDD (Hard Disk Drive) 9 0 5 を有する。

【 0 2 3 5 】

メモリ 9 0 2、I/Oコントローラ 9 0 3 は CPU 9 0 1 とバスで接続する。また、NIC 9 0 4 及び HDD 9 0 5 は、I/Oコントローラ 9 0 3 を介して CPU 9 0 1 と接続する。

【 0 2 3 6 】

NIC 9 0 4 は、ネットワークに接続し外部の装置と通信を行うためのインタフェースである。

20

【 0 2 3 7 】

HDD 9 0 5 は、図 3 及び図 1 2 に例示したアプリ実行部 1 1 や NAND 制御部 1 2 の機能を実現するためのプログラム等の各種プログラムを格納する。

【 0 2 3 8 】

CPU 9 0 1、メモリ 9 0 2、I/Oコントローラ 9 0 3 及び HDD 9 0 5 は、図 3 及び図 1 2 に例示したアプリ実行部 1 1 や NAND 制御部 1 2 の機能を実現する。

【 0 2 3 9 】

例えば、CPU 9 0 1 は、HDD 9 0 5 から各種プログラムを読み出し、メモリ 9 0 2 上にアプリ実行部 1 1 や NAND 制御部 1 2 の機能を実現するプロセスを展開する。そして、CPU 9 0 1 は、メモリ 9 0 2 や I/Oコントローラ 9 0 3 などを用いてメモリ 9 0 2 上のプロセスを実行することで、アプリ実行部 1 1 や NAND 制御部 1 2 などの各種機能を実現する。

30

【 0 2 4 0 】

ストレージ装置 2 は、NANDコントローラ 9 1 1 及び NAND フラッシュ 9 1 2 を有する。

【 0 2 4 1 】

NANDコントローラ 9 1 1 と NAND フラッシュ 9 1 2 はバスで接続されている。

【 0 2 4 2 】

NANDフラッシュ 9 1 2 は、NAND デバイス 2 2 の機能を実現する。

40

【 0 2 4 3 】

NANDコントローラ 9 1 1 は、FPGA (Field Programmable Gate Array) を用いて製造されている。NANDコントローラ 9 1 1 は、命令管理部 2 1 2、状態通知部 2 1 3、データ転送管理部 2 1 4、及びバッファ 2 1 5 ~ 2 1 7 の機能を実現する。

【符号の説明】

【 0 2 4 4 】

- 1 ホスト
- 2 ストレージ装置
- 1 1 アプリ実行部

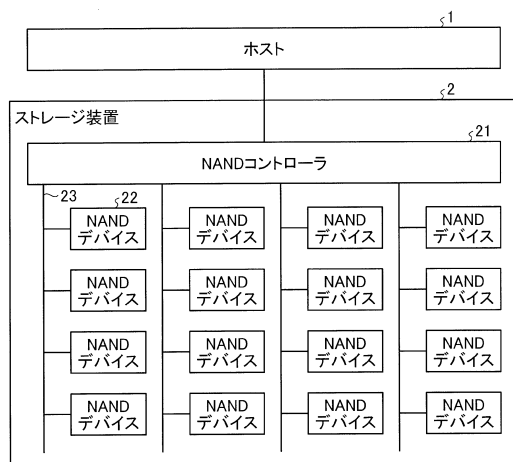
50

- 1 2 N A N D 制 御 部
- 1 3 P C I e x p r e s s I / F
- 2 1 N A N D コ ン ト ロ ー ラ
- 2 2 , 2 2 A ~ 2 2 D N A N D デ バ イ ス
- 2 3 バ ス
- 2 1 1 P C I e x p r e s s I / F
- 2 1 2 命 令 管 理 部
- 2 1 3 状 態 通 知 部
- 2 1 4 デ ー タ 転 送 管 理 部
- 2 1 5 バ ッ フ ァ
- 2 1 6 N A N D I / F
- 2 2 1 メ モ リ セ ル
- 2 2 2 ペ ー ジ レ ジ ス タ

10

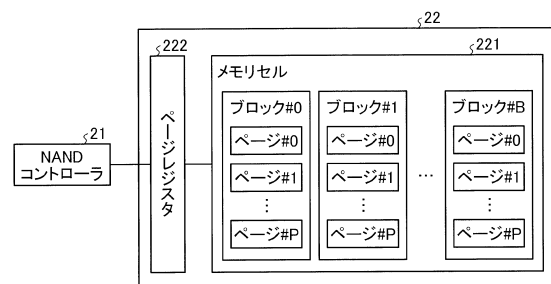
【 図 1 】

ストレージシステムの概略構成図



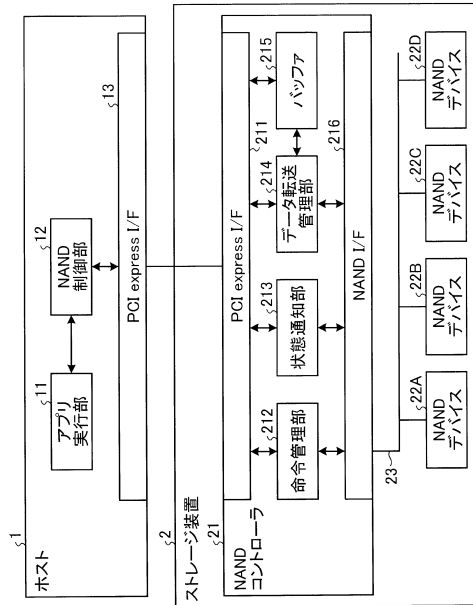
【 図 2 】

NANDデバイスの内部を説明するための図



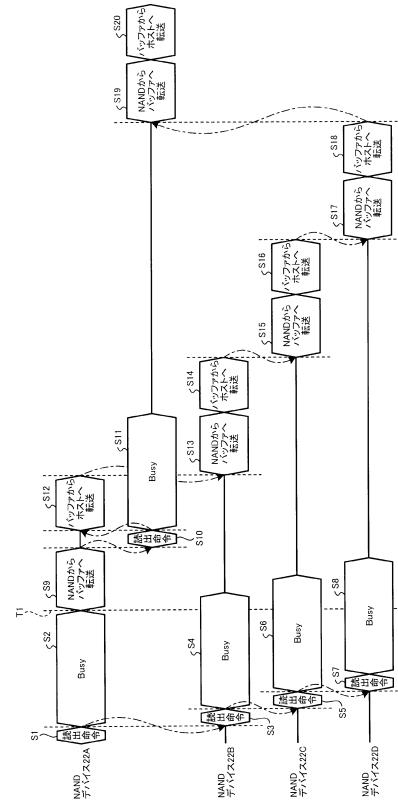
【図 3】

実施例1に係るストレージシステムの詳細を表すブロック図



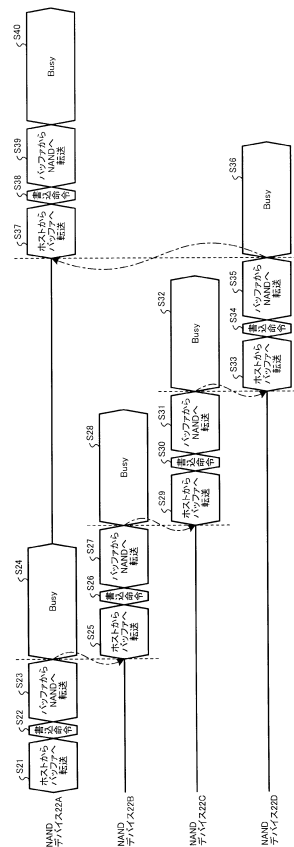
【図 4】

実施例1に係るストレージシステムによるデータの読み出し処理のタイムチャート



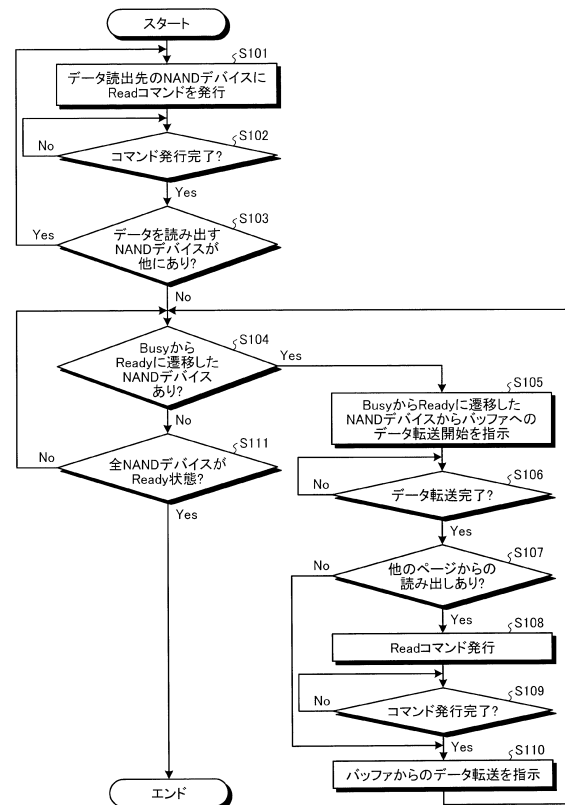
【図 5】

実施例1に係るストレージシステムによるデータの書き込み処理のタイムチャート



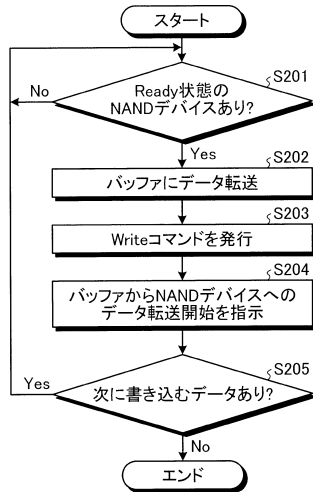
【図 6】

実施例1に係るNAND制御部のデータ読み出し時の処理のフローチャート



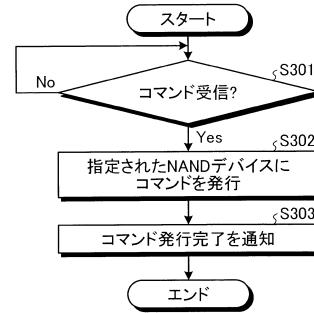
【図 7】

実施例1に係るNAND制御部のデータ書き込み時の処理のフローチャート



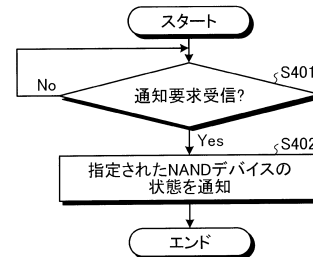
【図 8】

実施例1に係る命令管理部のデータの書き込み時及び読み出し時の処理のフローチャート



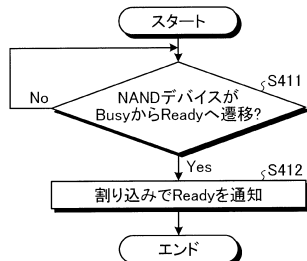
【図 9】

実施例1に係る状態通知部による状態の通知処理のフローチャート



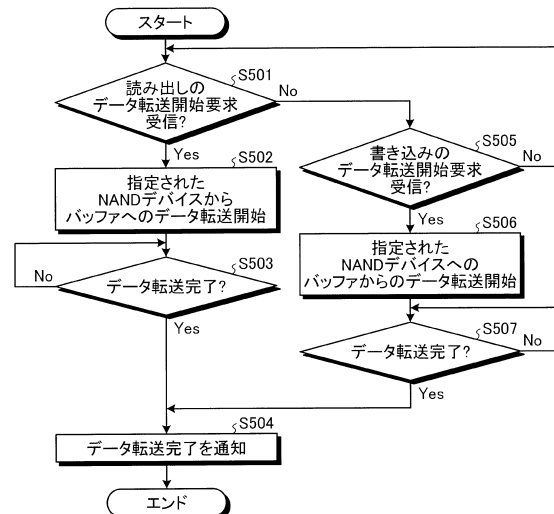
【図 10】

割り込みを行う場合の状態通知部による状態の通知処理のフローチャート



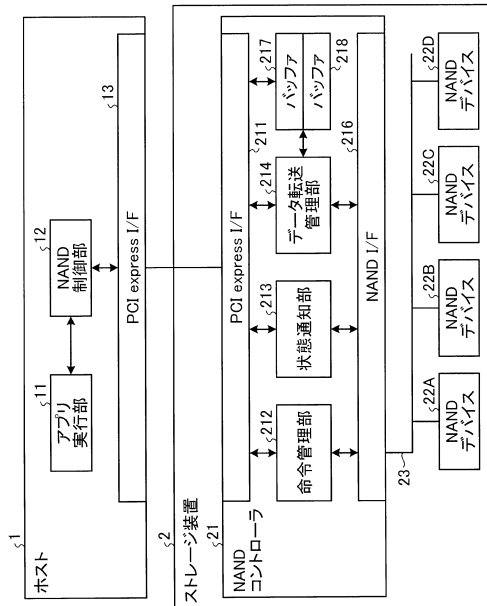
【図 11】

実施例1に係るデータ転送管理部のデータ転送処理のフローチャート



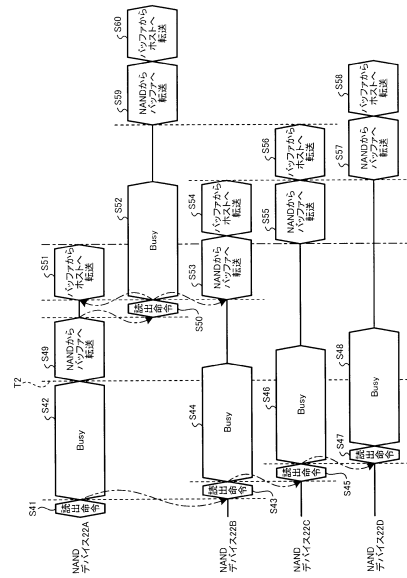
【図 12】

実施例2に係るストレージシステムのブロック図



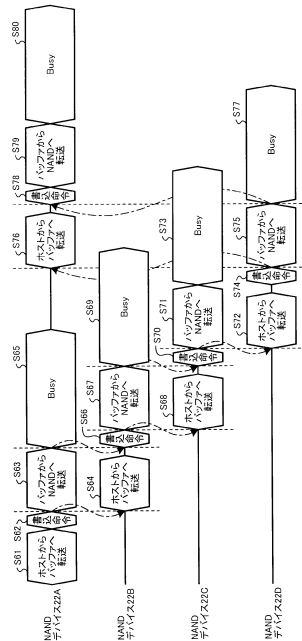
【図 13】

実施例2に係るストレージシステムによるデータの読み出し処理のタイムチャート



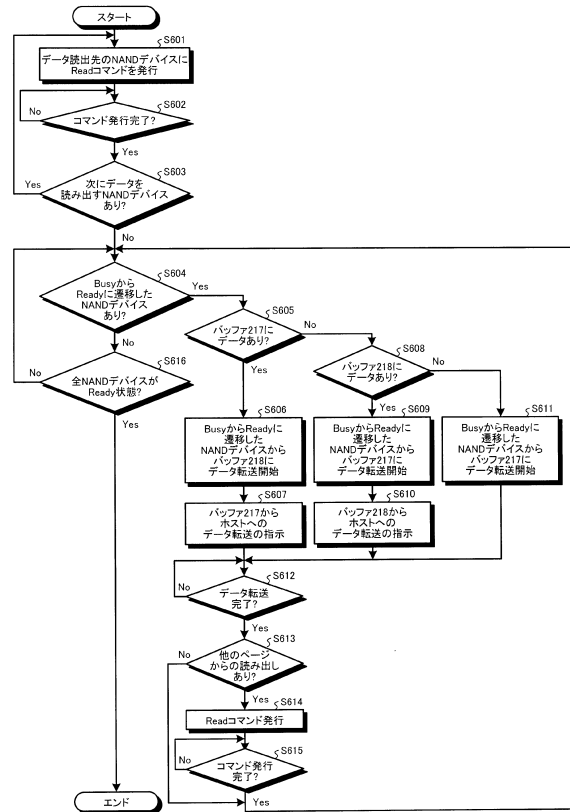
【図 14】

実施例2に係るストレージシステムによるデータの書き込み処理のタイムチャート



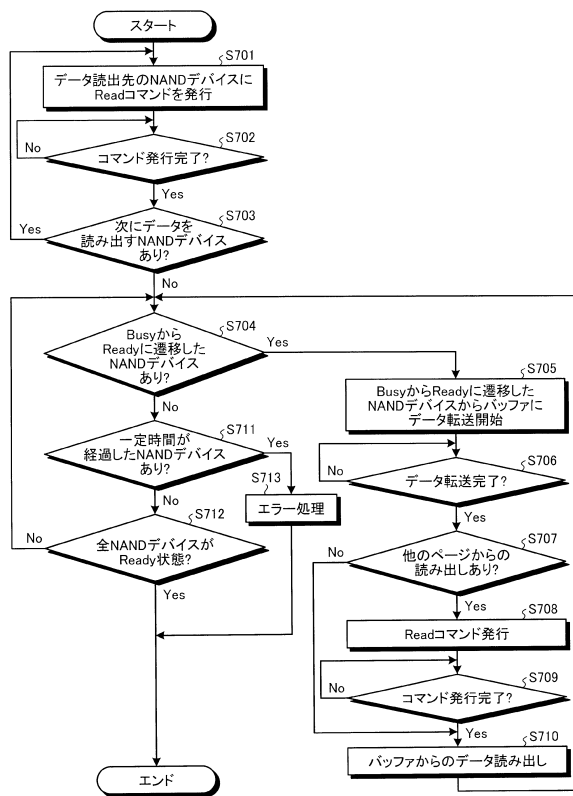
【図 15】

実施例2に係るNAND制御部のデータ読み出し時の処理のフローチャート



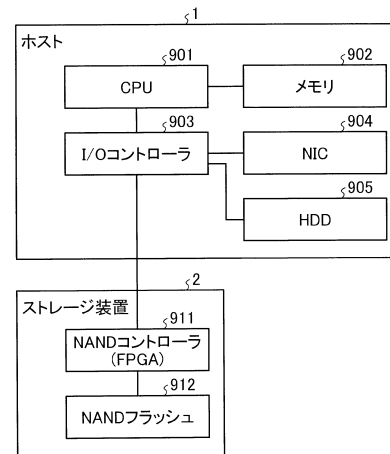
【図 16】

実施例3に係るNAND制御部のデータ読み出し時の処理のフローチャート



【図 17】

ストレージシステムのハードウェア構成図



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 2 6 6 5 7 9 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 1 / 0 0 0 7 5 3 3 (U S , A 1)
特開昭 6 4 - 0 6 2 7 1 9 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 0 1 5 6 7 0 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 1 4 5 4 7 4 (U S , A 1)
Eyee Hyun Nam et al. , "Ozone (O3): An Out-of-Order Flash Memory Controller Architecture" , IEEE Transactions on Computers , 米国 , IEEE , 2 0 1 1 年 5 月 , Volume 60, Issue 5 , pp. 653-666 , IEL Online (IEEE Xplore) , U R L , <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5601701>

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 6 F 3 / 0 6 - 3 / 0 8
G 0 6 F 1 2 / 0 0 - 1 2 / 0 6
G 0 6 F 1 3 / 2 0 - 1 3 / 4 2