

(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2016-170583

(P2016-170583A)

(43) 公開日 平成28年9月23日(2016.9.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G06F 12/16 (2006.01)</b>	G06F 12/16 310A	5B018
<b>G06F 12/00 (2006.01)</b>	G06F 12/00 591	5B060
<b>G06F 12/02 (2006.01)</b>	G06F 12/00 597U	
	G06F 12/02 530E	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2015-49330 (P2015-49330)  
 (22) 出願日 平成27年3月12日 (2015. 3. 12)

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 110001737  
 特許業務法人スズエ国際特許事務所  
 (72) 発明者 天木 健彦  
 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 檜田 敏克  
 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) 5B018 GA04 HA22 HA23 KA02 MA22  
 NA06 QA15  
 5B060 AA10

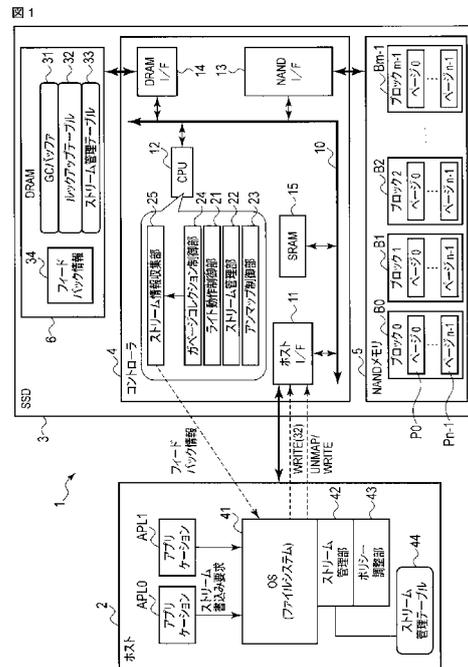
(54) 【発明の名称】 メモリシステムおよび情報処理システム

(57) 【要約】

【課題】 ホストに有用な情報を提供することができるメモリシステムを実現する。

【解決手段】 実施形態によれば、メモリシステムは、複数の消去ブロックを含む不揮発性メモリと、コントローラとを具備する。前記コントローラは、第1ストリームに関連付けられたデータがライトされ前記第1ストリームに関連付けられていないデータがライトされない消去ブロックが、前記不揮発性メモリのガベージコレクション動作に使用されたか否かを示す第1情報を、ホストに提供するように構成されている。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数の消去ブロックを含む不揮発性メモリと、

第 1 ストリームに関連付けられたデータがライトされ前記第 1 ストリームに関連付けられていないデータがライトされない消去ブロックが、前記不揮発性メモリのガベージコレクション動作に使用されたか否かを示す第 1 情報を、ホストに提供するように構成されたコントローラとを具備するメモリシステム。

**【請求項 2】**

前記コントローラは、

前記第 1 ストリームの ID を伴うデータを、前記第 1 ストリーム用に割り当てられた消去ブロックにライトし、第 2 ストリームの ID を伴うデータを、前記第 2 ストリーム用に割り当てられた別の消去ブロックにライトし、

前記ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックが割り当てられたストリームの ID を示す情報を、前記第 1 情報として前記ホストに提供するように構成されている請求項 1 記載のメモリシステム。

**【請求項 3】**

前記コントローラは、前記ホストからの前記第 1 情報のリード要求に应答して、前記第 1 情報を前記ホストに提供するように構成されている請求項 1 記載のメモリシステム。

**【請求項 4】**

前記コントローラは、

前記第 1 ストリームの ID と前記第 1 ストリームに関連付けられたデータがライトされた 1 以上の消去ブロックとの対応関係を示すストリーム情報を記録し、

前記ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックに関する情報と前記ストリーム情報とを使用して、前記ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックが割り当てられたストリームの ID に関する情報を収集するように構成されている請求項 1 記載のメモリシステム。

**【請求項 5】**

複数の消去ブロックを含む不揮発性メモリと、

前記不揮発性メモリのガベージコレクション動作を実行するガベージコレクション制御部と、

第 1 ストリームの ID を伴うデータを、前記第 1 ストリーム用に割り当てられた消去ブロックにライトし、第 2 ストリームの ID を伴うデータを、前記第 2 ストリーム用に割り当てられた別の消去ブロックにライトするライト制御部と、

前記ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックが割り当てられたストリームの ID を示す第 1 情報を、ホストに提供する情報提供部とを具備するメモリシステム。

**【請求項 6】**

前記ホストによって指定されたアンマップ対象の論理ブロックアドレス範囲に対応するデータを無効化する無効化処理部をさらに具備する請求項 5 記載のメモリシステム。

**【請求項 7】**

前記情報提供部は、前記ホストからの前記第 1 情報のリード要求に应答して、前記第 1 情報を前記ホストに提供する請求項 5 記載のメモリシステム。

**【請求項 8】**

前記第 1 ストリームの ID と前記第 1 ストリームの ID を伴うデータがライトされた 1 以上の消去ブロックとの対応関係と、前記第 2 ストリームの ID と前記第 2 ストリームの ID を伴うデータがライトされた 1 以上の消去ブロックとの対応関係とを示すストリーム情報を記録するストリーム情報管理部をさらに具備し、

前記情報提供部は、前記ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックに関する情報と前記ストリーム情報とを使用して、前記ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックが割り当てられたストリームの ID に関する情報を収集する請求項 5 記載のメモリシステム。

10

20

30

40

50

**【請求項 9】**

メモリシステムとホストとを含む情報処理システムであって、  
前記メモリシステムは、  
複数の消去ブロックを含む不揮発性メモリと、

第 1 ストリームに関連付けられたデータがライトされ前記第 1 ストリームに関連付けられていないデータがライトされない消去ブロックが、前記不揮発性メモリのガベージコレクション動作に使用されたか否かを示す第 1 情報を、ホストに提供するように構成されたコントローラとを具備し、

前記ホストは、

前記第 1 ストリームに関連付けられたデータを同じ消去ブロックにライトすることを要求するライトコマンドであって、前記第 1 ストリームの ID を含むライトコマンドを、前記メモリシステムに送出し、前記ライトコマンドの送出を制御するためのポリシーを、前記メモリシステムからの前記第 1 情報に基づいて調整するように構成されたプロセッサを具備する、情報処理システム。

10

**【請求項 10】**

前記プロセッサは、前記第 1 情報が、前記第 1 ストリームに関連付けられたデータがライトされた前記消去ブロックが前記ガベージコレクション動作に使用されたことを示す場合、前記ライトコマンドの送出が抑制されるように前記ポリシーを調整するように構成されている請求項 9 記載の情報処理システム。

**【発明の詳細な説明】**

20

**【技術分野】****【0001】**

本発明の実施形態は、不揮発性メモリを制御する技術に関する。

**【背景技術】****【0002】**

近年、不揮発性メモリを備えるメモリシステムが広く普及している。

**【0003】**

このようなメモリシステムの一つとして、NANDフラッシュ技術をベースとするソリッドステートドライブ(SSD)が知られている。SSDは、その低電力消費、高性能という特徴により、様々なコンピュータのメインストレージとして使用されている。

30

**【0004】**

最近では、ホストからの制御によってSSDの性能改善を図る試みがされ始めている。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0005】**

【特許文献 1】特表 2013 - 514557 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

しかし、SSDの性能を改善できるようにするためには、性能改善のための有用な情報をホストに提供するための新たな機能の実現が要求される。

40

**【0007】**

本発明の一つの実施形態は、ホストに有用な情報を提供することができるメモリシステムおよび情報処理システム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】****【0008】**

実施形態によれば、メモリシステムは、複数の消去ブロックを含む不揮発性メモリと、コントローラとを具備する。前記コントローラは、第 1 ストリームに関連付けられたデータがライトされ前記第 1 ストリームに関連付けられていないデータがライトされない消去ブロックが、前記不揮発性メモリのガベージコレクション動作に使用されたか否かを示す

50

第 1 情報を、ホストに提供するように構成されている。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】実施形態に係るメモリシステムの構成例を示すブロック図。

【図 2】同実施形態のメモリシステムによって実行されるガベージコレクション動作を説明するための図。

【図 3】同実施形態のメモリシステムにおいて使用されるストリームの ID の数と確保される消去ブロックの数との関係を示す図。

【図 4】同実施形態のメモリシステムによって実行されるライト動作を説明するための図。

【図 5】特定のストリーム用に割り当てられた消去ブロック内の全データが無効化される過程を示す図。

【図 6】特定のストリーム用に割り当てられた消去ブロック内のデータの一部が無効化された状態を示す図。

【図 7】同実施形態のホストのストリーム管理部によって管理されるストリーム管理情報のデータ構造例を示す図。

【図 8】同実施形態のメモリシステムによって管理されるストリーム管理情報のデータ構造例を示す図。

【図 9】同実施形態のメモリシステムによって管理されるストリーム管理情報の別のデータ構造例を示す図。

【図 10】同実施形態のメモリシステムによって実行されるライトコマンド処理の手順を示すフローチャート。

【図 11】同実施形態のメモリシステムによって実行されるアンマップコマンド処理の手順を示すフローチャート。

【図 12】同実施形態のメモリシステムによって実行されるガベージコレクション動作の手順を示すフローチャート。

【図 13】同実施形態のメモリシステムとホストとによって実行されるストリームライト動作制御に関する一連の処理の手順を示すフローチャート。

【図 14】同実施形態のホストによって実行されるライトコマンド変換処理の手順を示すフローチャート。

【図 15】同実施形態のメモリシステムとホストとによって実行されるストリームライト動作制御に関する一連の処理の別の手順を示すフローチャート。

【図 16】同実施形態のホストのストリーム管理部によって管理されるストリーム管理情報の別のデータ構造例を示す図。

【図 17】同実施形態のメモリシステムのハードウェア構成例を示すブロック図。

【図 18】同実施形態のホストのハードウェア構成例を示すブロック図。

【図 19】同実施形態のメモリシステムを含むストレージシステムの構成例を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して、実施形態を説明する。

まず、図 1 を参照して、一実施形態に係るメモリシステムを含む情報処理システム 1 の構成を説明する。

【0011】

このメモリシステムは、不揮発性メモリにデータをライトし、不揮発性メモリからデータをリードするように構成された半導体ストレージデバイスである。このメモリシステムは、例えば、NANDフラッシュ技術をベースとするソリッドステートドライブ (SSD) 3 として実現されている。

【0012】

情報処理システム 1 は、ホスト 2 と、SSD 3 とを含む。ホスト 2 は、パーソナルコン

10

20

30

40

50

コンピュータ、サーバのような情報処理装置である。

【0013】

SSD3は、ホスト2として機能する情報処理装置のメインストレージとして使用され得る。SSD3は、情報処理装置に内蔵されてもよいし、情報処理装置にケーブルまたはネットワークを介して接続されてもよい。

【0014】

ホスト2とSSD3とを相互接続するためのインタフェースとしては、SCSI、Serial Attached SCSI (SAS)、ATA、Serial ATA (SATA)、PCI Express (PCIe)等が使用し得る。以下では、限定されないが、ホスト2とSSD3とが、SASを介して相互接続されるケースを主として想定する。

10

【0015】

SSD3は、コントローラ4、NANDメモリ5、およびDRAM6を備える。NANDメモリ5は、限定されないが、複数のNANDフラッシュメモリチップによって編成されている。

【0016】

NANDメモリ5は、多数の消去ブロックB0 ~ Bm - 1を含む。消去ブロックB0 ~ Bm - 1は、消去単位として機能する。消去ブロックは単に「ブロック」と称されることもある。

【0017】

消去ブロックB0 ~ Bm - 1は多数のページ（物理ページ）によって組成されている。つまり、消去ブロックB0 ~ Bm - 1の各々は、多数のページP0 ~ Pn - 1を含む。NANDメモリ5においては、データのリードおよびライトはページ単位で実行される。

20

【0018】

コントローラ4は、NANDメモリ5に電氣的に結合されている。コントローラ4は、NANDメモリ5のデータ管理とNANDメモリ5のブロック管理とを実行するように構成されたフラッシュトランスレーション層 (FTL) として機能し得る。

【0019】

データ管理には、(1)論理ブロックアドレス (LBA) 空間とNANDメモリ5上の物理記憶位置との間の対応関係の管理、(2)ページ単位のリード/ライトとブロック単位の消去動作とを隠蔽するための処理、等が含まれる。

30

【0020】

ページへのデータ書き込みは、1消去サイクル当たり1回のみ可能である。

【0021】

このため、コントローラ4は、同じLBAへのライト（上書き）を、NANDメモリ5上の別のページにマッピングする。つまり、コントローラ4は、この別のページにデータをライトする。そして、コントローラ4は、このLBAをこの別のページに関連付ける。このLBAが関連付けられていた元のページ、つまり古いデータは、無効化される。

【0022】

ブロック管理には、不良ブロックの管理と、ウェアレベリングと、ガベージコレクション等が含まれる。ウェアレベリングは、消去ブロックの書き換え回数を平準化するための動作である。

40

【0023】

ガベージコレクションは、フリースペースを作り出すための動作である。このガベージコレクション動作は、NANDメモリ5内のフリーブロックの個数を増やすため、有効データと無効データの混在する複数の消去ブロックを使用して、有効データの集約を行う。ガベージコレクション動作においては、有効データと無効データとが混在する消去ブロック群から有効データがリードされる。そして、リードされた有効データは、ある消去ブロック（フリーブロック）にライトされる。このコピー（データ移動）の結果、有効データが特定の幾つかの消去ブロック（フリーブロック）に集められる。有効データがフリー

50

ロックにコピーされることによって空となった消去ブロック群は、その消去後に、フリーブロックとして再利用することが可能となる。

【0024】

しかし、このガベージコレクション動作はSSD3をビジー状態にする要因となり得、さらに、データ移動によって内部的なデータライト回数の増加を引き起こす要因にもなり得る。

【0025】

このガベージコレクションが実行される頻度を抑制できるようにするために、コントローラ4は、通常ライト動作に加え、ストリームライト動作をサポートしている。

【0026】

ストリームライト動作は、ホスト2によって指定された同じIDを伴うデータ（つまり、同じ予期されるライフタイムを有するデータ）を、同じ消去ブロックにライトする動作である。一方、通常ライト動作は、どのストリームのIDも伴わないデータを、ストリームライト用に割り当てられていない任意の消去ブロック内の次の利用可能ページにライトする動作である。

【0027】

ホスト2は、同じ予期されるライフタイムを有するデータを同じストリームに割り当てる。データのライフタイムは、データが生成される時点からこのデータが削除または更新される時点までの期間を意味する。同じ予期されるライフタイムを有するデータは、その削除または更新によってほぼ同時に無効化されることが可能なデータグループを意味する。例えば、単一のファイルに関連付けられたデータは、同じ予期されるライフタイムを有するデータとして扱われてもよい。

【0028】

コントローラ4は、特定のストリームに関連付けられたデータを同じ消去ブロックにライトする。特定のストリームに関連付けられたデータは、特定のストリームのIDを伴うデータである。特定のストリームのIDは、ストリームライト動作を要求するライトコマンド内に含まれる。

【0029】

特定のストリームに関連付けられたデータがライトされた消去ブロックには、この特定のストリームに関連付けられていないデータはライトされない。つまり、コントローラ4は、異なるストリームに対応する異なるデータグループを、異なる消去ブロックにそれぞれライトする。

【0030】

このストリームライト動作により、消去ブロック内の全データが、アンマップまたは上書きによって、一斉に無効化される可能性を高めることができる。なぜなら、同じライフタイムを有するデータは、ホスト2によって一斉に削除または更新される可能性が高いからである。

【0031】

全データが無効化された消去ブロックに関しては、コピー（データ移動）無しで、その消去ブロックを消去することのみによってフリーブロックにすることができる。結果として、ストリームライト動作は、フリーブロックの個数を増やすためのガベージコレクション動作の頻度を抑えることができる。

【0032】

ストリームのIDの発行に関するルール（ID発行ポリシー）の内容は、個々のアプリケーションに依存している場合がある。

【0033】

例えば、同じストリームに関連付けるべきデータを決定するために、異なる種類のデータ（例えば、システムデータと、ユーザデータなど）を異なるストリームのIDに割り当てるというルールが用いられてもよい。

【0034】

10

20

30

40

50

あるいは、ある種類のデータ（例えばシステムデータ）のライトには通常ライト要求を使用し、別の種類のデータ（例えばユーザデータ）のライトにはストリームライト要求を使用するというルールが用いられてもよい。

【0035】

しかし、アプリケーションプログラムが決めたルールは必ずしも適切なルールであるとは限らず、不適当なルールが使用される場合もあり得る。

【0036】

適切なルールとは、一斉に無効化することが可能なデータだけを同じストリームに割り当てることが可能なルールを意味する。

【0037】

一方、不適当なルールとは、一斉に無効化することが可能なデータだけを同じストリームに割り当てることができないルールを意味する。

【0038】

例えば、実際には異なるライフタイムを有する2種類のユーザデータを扱うアプリケーションプログラムに関しては、単にシステムデータとユーザデータとを異なるストリームのIDに割り当てるというルールは、不適当なルールであると云える。なぜなら、実際には異なるライフタイムを有する2種類のユーザデータが同じストリームに関連付けられてしまう可能性があるためである。

【0039】

アプリケーションプログラムが決めたルールが適切なルールであったならば、ストリームライト動作によって同じ消去ブロックにライトされたデータが、一斉に無効化される確率は高くなる。この場合、ガベージコレクション無しで、つまり消去のみによってこの消去ブロックをフリーブロックにすることができる。

【0040】

一方、アプリケーションプログラムが決めたルールが不適当なルールであったならば、上述したように、実際には異なるライフタイムを有するデータが同じストリームに割り当てられてしまう。この場合、同じ消去ブロックにライトされた全データは一斉に無効化されないので、一部の有効データがこの消去ブロックに残る可能性がある。結果として、この消去ブロックはガベージコレクションの対象となり得る。

【0041】

したがって、もし不適当なルールによって、一斉に無効化されないデータが同じストリームに関連付けられたならば、ガベージコレクションを抑える効果が得られなくなる。

【0042】

異なるストリームのデータを異なる消去ブロックに書き込むため、コントローラ4は、オープンされたストリームのID数分の消去ブロック（書き込み先消去ブロック）を確保しておく必要がある。

【0043】

ID1とID2の2つのストリームが使用される場合を想定する。この場合、コントローラ4は、ID1とID2の2つのストリームに対応する2つの消去ブロックを確保しておく必要がある。コントローラ4は、ID1のストリームに関連付けられたデータを、ID1のストリーム用に割り当てられた消去ブロックにライトする。ID1のストリーム用に割り当てられた消去ブロックには、ID1のストリームに関連付けられていないデータはライトされない。また、コントローラ4は、ID2のストリームに関連付けられたデータを、ID2のストリーム用に割り当てられた消去ブロックにライトする。ID2のストリーム用に割り当てられた消去ブロックには、ID2のストリームに関連付けられていないデータはライトされない。

【0044】

このように、使用されるストリーム毎に専用の消去ブロックが割り当てられる。

【0045】

このため、もし実際には異なるライフタイムを有するデータが関連付けられたストリー

10

20

30

40

50

ムが使用されると、ガベージコレクションを抑える効果が見込めないだけでなく、SSD 3内のフリーエリアが圧迫されるため、ガベージコレクションの頻度が増加し、SSD 3の性能や寿命の劣化を招く危険性がある。

【0046】

そこで、本実施形態では、コントローラ4は、ストリームライト動作が有効に働いたか否かを表す情報（フィードバック情報）をホスト2に提供する機能を有している。

【0047】

コントローラ4は、同じストリームに関連付けられたデータがライトされた消去ブロックがガベージコレクション動作の対象になった場合に、このストリームに関するストリームライト動作は有効でないと判定してもよい。

10

【0048】

つまり、コントローラ4は、ホスト2からのストリームに関連付けられたデータがライトされ、且つこのストリームに関連付けられていないデータがライトされない消去ブロックが、NANDメモリ5のガベージコレクション動作に使用されたか否かを示す情報を、上述のフィードバック情報として、ホスト2に提供する。

【0049】

フィードバック情報は、ガベージコレクション動作に使用された全ての消去ブロックを示す情報ではなく、ストリームライト動作のために割り当てられた消去ブロックがガベージコレクション動作に使用されたか否かに関する情報である。

【0050】

フィードバック情報は、SSD 3内の記憶領域に保存されても良い。この場合、コントローラ4は、ホスト2からのフィードバック情報のリード要求に応答して、フィードバック情報をホスト2に提供（転送）してもよい。

20

【0051】

例えば、コントローラ4は、有効に働かなかったストリームのIDと有効に働いたストリームのIDの双方をフィードバック情報としてホスト2に提供してもよい。有効に働いたストリームのIDとは、その全てのデータが一斉に無効化された消去ブロックが割り当てられたストリームのIDを意味する。

【0052】

あるいは、コントローラ4は、有効に働かなかったストリームのID（つまり、ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックが割り当てられたストリームのID）だけを示す情報をフィードバック情報として、ホスト2に提供してもよい。これにより、フィードバック情報のデータ量を削減できるので、効率よくホスト2に有用な情報を通知することができる。

30

【0053】

ホスト2は、特定のストリームに関連付けられたデータを同じ消去ブロックにライトすることを要求するライトコマンドをSSD 3に送出する。このライトコマンドは、この特定のストリームのIDを含む。ホスト2がSSD 3からフィードバック情報を受信した時、ホスト2は、この特定のストリームのIDを含むライトコマンドの送出を制御するためのポリシーを、フィードバック情報に基づいて自動的に調整する。例えば、フィードバック情報が、この特定のストリームのデータがライトされた消去ブロックがガベージコレクション動作に使用されたことを示すならば、ホスト2は、この特定のストリームのIDを含むライトコマンドの送出が抑制されるように、ライトコマンドの送出を制御するためのポリシーを調整する。

40

【0054】

例えば、ホスト2は、有効に機能しなかったストリームのIDの発行を要求したアプリケーションプログラムを特定し、このアプリケーションプログラムによる以降のストリームライト動作の使用を禁止するというポリシー調整処理を実行してもよい。

【0055】

この場合、ホスト2は、特定されたアプリケーションプログラムからの以降のストリー

50

ムライト動作の要求を、通常ライト動作の要求に置き換える制御を行ってもよい。

【0056】

あるいは、アプリケーションプログラムがストリームのIDの発行を要求するのではなく、ホスト2のオペレーティングシステム41自体が、ルール（ポリシー）に基づいて、ストリームのIDを発行する処理を行っても良い。この場合、ホスト2のオペレーティングシステム41は、一定時間内に生成されるファイル個数が閾値（閾個数）以上である場合には、それらのファイルに関連付けられるデータのライトのために（同じIDの）ストリームライトを使用し、一定時間内に生成されるファイル個数が閾個数未満である場合には、それらのファイルに関連付けられるデータのライトのために通常ライトを使用する、というルール（ポリシー）を採用してもよい。このルールは、ファイルの生成や削除にも時間的な局所性があると考えられるため、一斉に生成されたファイル群はやはり一斉に削除される可能性も高い、という考え方に基づくものである。

10

【0057】

SSD3からのフィードバック情報が、ストリームライト動作が有効に働いていないことを示す場合、ホスト2は、ストリームライト動作のためのライトコマンドの送出手続きを許可するための条件をより厳しくする、つまり上述の閾値を上げる、というポリシー調整処理を実行してもよい。

【0058】

次に、コントローラ4の構成について説明する。

【0059】

コントローラ4は、ホストインタフェース11、CPU12、NANDインタフェース13、DRAMインタフェース14、SRAM15等を含む。これらCPU12、NANDインタフェース13、DRAMインタフェース14、SRAM15は、バス10を介して相互接続される。

20

【0060】

ホストインタフェース11は、ホスト2からコマンド（ライトコマンド、リードコマンド、アンマップ（UNMAP）コマンド等）を受信する。ライトコマンドは、SSD3に対し、このライトコマンドによって指定されたデータ（論理ブロック）をライトするように要求する。ライトコマンドは、先頭の論理ブロックのLBAと、転送長（論理ブロックの数）とを含む。

30

【0061】

ライトコマンドの種類には、ストリームライト動作を要求するライトコマンドと、通常ライト動作を要求するライトコマンドとがある。ストリームライト動作を要求するライトコマンドは、限定されないが、例えば、WRITE（32）コマンドであってもよい。

【0062】

WRITE（32）コマンドは、ライトデータを指定するための上述のLBAおよび転送長に加え、ストリームのIDを含む。このストリームのIDは、WRITE（32）コマンド内のLBAおよび転送長によって指定されるデータに関連付けられているストリームを示す。つまり、SSD3は、WRITE（32）コマンド内のLBAおよび転送長によって指定されるデータを、WRITE（32）コマンド内のストリームのIDを伴うデータとして取り扱う。

40

【0063】

通常ライト動作を要求するライトコマンドは、限定されないが、WRITE（32）コマンド以外の他のライトコマンド、例えば、WRITE（16）コマンド、WRITE（12）コマンド、等であってもよい。通常ライト動作を要求するライトコマンドは、どのストリームのIDも含まない。

【0064】

アンマップコマンドは、SSD3に対し、アンマップ対象の論理ブロックアドレス範囲を通知するためのコマンドである。ATAやSATAにおいては、アンマップコマンドの代わりに、Trimコマンドが、アンマップ対象の論理ブロックアドレス範囲をSSD3

50

に通知するためのコマンドとして使用される。

【0065】

CPU12は、ホストインタフェース11、NANDインタフェース13、DRAMインタフェース14、SRAM15を制御するように構成されたプロセッサである。CPU12は、上述のFTLレイヤの処理に加え、ホスト2からのコマンドを処理するためのコマンド処理等を実行する。さらに、CPU12は、上述のフィードバック情報を収集し、このフィードバック情報をホスト2に提供するストリーム情報収集処理を実行する。

【0066】

これらFTLレイヤ処理、コマンド処理、およびストリーム情報収集処理は、CPU12によって実行されるファームウェアによって制御されてもよい。このファームウェアは、CPU12を、ライト動作制御部21、ストリーム管理部22、アンマップ制御部23、ガベージコレクション制御部24、およびストリーム情報収集部25として機能させる。

10

【0067】

ライト動作制御部21は、ホスト2からのライトコマンドに応答して、上述の通常ライト動作またはストリームライト動作を選択的に実行する。

【0068】

いま、ホスト2からの要求によってID1のストリームとID2のストリームとがオープンされている場合を想定する。ストリームライト動作においては、ライト動作制御部21は、ID1を伴うデータ(ID1のストリームに関連付けられたデータ)を、ID1のストリーム用に割り当てられた消去ブロックにライトし、ID2を伴うデータ(ID2のストリームに関連付けられたデータ)を、ID2のストリーム用に割り当てられた別の消去ブロックにライトする。

20

【0069】

通常ライト動作においては、ライト動作制御部21は、IDを伴わないデータを、どのストリーム用にも割り当てられてない消去ブロックにライトする。

【0070】

ストリーム管理部22は、オープンされている幾つかのストリームのIDと、それらストリームのIDを伴うデータがライトされた幾つかの消去ブロックとの対応関係を示すストリーム管理情報を、DRAM6内のストリーム管理テーブル33に記録する。

30

【0071】

アンマップ制御部23は、ホスト2によって指定されたアンマップ対象の論理ブロックアドレス範囲に対応するデータを無効化する。DRAM3に格納されているルックアップテーブル32は、LBA空間とNANDメモリ5上の物理記憶位置との対応関係を示すアドレスマッピング情報を格納する。このアドレスマッピング情報は、さらに、LBAそれぞれの有効/無効を示すフラグを含む。アンマップ制御部23は、ホスト2によって指定されたアンマップ対象の論理ブロックアドレス範囲に属する各LBAに対応するフラグを、無効を示す値にセットする。これにより、ホスト2によって指定されたアンマップ対象の論理ブロックアドレス範囲に対応するデータを無効化することができる。

40

【0072】

ガベージコレクション制御部24は、NANDメモリ5のガベージコレクション動作を実行する。すなわち、ガベージコレクション制御部24は、NANDメモリ5内のフリーブロックの個数を増やすため、有効データと無効データの混在する複数の消去ブロックを使用して、有効データを1以上の特定の消去ブロックに集約する。ガベージコレクション動作は、NANDメモリ5のフリーブロックの個数が閾値以下に低下した時に実行される。ガベージコレクション動作は、フリーブロックの個数がある個数以上に増えるまで継続されてもよい。また、ガベージコレクション動作は、ホスト2によってガベージコレクション動作の実行が明示的に要求された時も実行されてもよい。

【0073】

ストリーム情報収集部25は、ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックに

50

関する情報と、ストリーム管理テーブル 3 3 のストリーム情報とを使用して、ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックが割り当てられたストリームの ID に関する情報を収集する。

【 0 0 7 4 】

ストリームライト動作によってデータがライトされた消去ブロックとは、ある ID のストリーム用に割り当てられた消去ブロックを意味する。より詳しくは、この消去ブロックは、あるストリームに関連付けられたデータがライトされ、且つこのストリームに関連付けられていないデータがライトされない消去ブロックである。

【 0 0 7 5 】

ストリーム情報収集部 2 5 は、収集された情報を、フィードバック情報 3 4 としてホスト 2 に提供する。この場合、ストリーム情報収集部 2 5 は、フィードバック情報 3 4 を所定の記憶領域、例えば D R A M 6 に格納してもよい。そして、ストリーム情報収集部 2 5 は、ホスト 2 からのフィードバック情報 3 4 のリード要求に応答して、フィードバック情報 3 4 をホスト 2 に提供（転送）してもよい。

10

【 0 0 7 6 】

N A N D インタフェース 1 3 は、C P U 1 2 の制御の下、N A N D メモリ 5 を制御するように構成された N A N D コントローラである。

【 0 0 7 7 】

D R A M インタフェース 1 4 は、C P U 1 2 の制御の下、D R A M 6 を制御するように構成された D R A M コントローラである。

20

【 0 0 7 8 】

D R A M 6 の記憶領域の一部は、ガベージコレクション（G C）動作中に移動されるデータを一時的に格納するための G C バッファ 3 1 として利用されてもよい。また、D R A M 6 の記憶領域は、上述のルックアップテーブル 3 2、ストリーム管理テーブル 3 3、およびフィードバック情報の格納のために用いられてもよい。

【 0 0 7 9 】

S R A M 1 5 は、N A N D メモリ 5 にライトすべきデータを一時的に格納するためのライトバッファ、および N A N D メモリ 5 からリードされたデータを一時的に格納するためのリードバッファ等として利用されてもよい。

【 0 0 8 0 】

30

次に、ホスト 2 の構成について説明する。

【 0 0 8 1 】

ホスト 2 は、様々なプログラムを実行する情報処理装置である。ホスト 2 のオペレーティングシステム（O S）4 1 は、ファイルの生成、保存、更新、削除等を管理する。この O S 4 1 はストリームライト動作をサポートしている。O S 4 1 がアプリケーションプログラム A P L 0 または A P L 1 からストリーム書き込み要求を受信した時、O S 4 1 は、ストリーム書き込み要求によって指定されるストリームの ID を含む W R I T E（3 2）コマンドを生成する。そして、O S 4 1 は、W R I T E（3 2）コマンドを S S D 3 に送出する。

【 0 0 8 2 】

40

ホスト 2 は、さらに、ストリームライト動作を管理するための機能モジュールとして、ストリーム管理部 4 2 およびポリシー調整部 4 3 を含む。

【 0 0 8 3 】

ストリーム管理部 4 2 は、ストリームライト動作を要求したアプリケーションプログラム（つまりストリーム書き込み要求を発行したアプリケーションプログラム）と、O S 4 1 から S S D 3 に発行されたストリームの ID との対応関係を示すストリーム管理情報を生成する。

【 0 0 8 4 】

ポリシー調整部 4 3 は、特定のストリームに関連付けられたデータを同じ消去ブロックにライトすることを要求するライトコマンドの送出を制御するためのポリシーを、S S D

50

3からのフィードバック情報34に基づいて、調整するための処理を実行する。例えば、ある特定のアプリケーションプログラムが発行するストリームのID用に割り当てられた消去ブロックがガベージコレクションに使用されたならば、ポリシー調整部43は、この特定のアプリケーションからの以降の、このIDを含むストリームライトの要求を、通常のライト動作の要求に置き換える処理を実行してもよい。あるいは、ポリシー調整部43は、この特定のアプリケーションから以降の全てのストリームライトの要求を、通常のライト動作の要求に置き換える処理を実行してもよい。これにより、有効に機能しないWRITE(32)コマンドがSSD3に送出されることを抑制することができる。

【0085】

あるいは、例えば、OS41が「一定時間に生成される第1閾個数以上のファイル群に対応するデータのライトは全てストリームライト動作を使用する」というポリシーを現在採用している場合には、ストリーム管理部42は、現在採用されているポリシーのIDと、OS41からSSD3に発行されたストリームのIDとの対応関係を示すストリーム管理情報を生成してもよい。OS41が、SSD3からのフィードバック情報34に基づいてストリームライト動作が上手く機能していないと判断した場合、ポリシー調整部43は、採用すべきポリシーを、第1閾個数よりも大きい第2閾個数を有する別のポリシーに変更してもよい。

10

【0086】

このように、本実施形態では、SSD3がフィードバック情報34をホスト2に提供することにより、効果の見込めないWRITE(32)コマンドの送出をホスト2に抑制させることができる。

20

【0087】

ストリーム管理部42およびポリシー調整部43の機能はOS41内に組み込まれていても良い。

【0088】

図2は、SSD3のガベージコレクション制御部24によって実行されるガベージコレクション動作を示す。

【0089】

図2では、5つの消去ブロックがガベージコレクション動作の対象に選択された場合が例示されている。図1のガベージコレクション制御部24は、有効データ(つまり有効ページ)と無効データ(つまり無効ページ)が混在する消去ブロックからガベージコレクション動作の対象とすべき幾つかの消去ブロックを選択する。ガベージコレクション制御部24は、例えば、ルックアップテーブル32を参照することによって、消去ブロックの容量に対する有効データの量の割合が少ない消去ブロックを優先的にガベージコレクション動作の対象として選択してもよい。ガベージコレクション制御部24は、ガベージコレクション動作の対象である各消去ブロックから有効データのみをリードする。リードされたデータはGCバッファ31に一時格納されてもよい。

30

【0090】

図2の例では、上述の5つの消去ブロックの他に2つのフリーブロックが存在する。ガベージコレクション制御部24は、5つの消去ブロック内の全ての有効データを、この2つのフリーブロックにコピーする。これにより、全ての有効データが2つのフリーブロックに集められる。これら2つのフリーブロックは有効データで満たされる。

40

【0091】

この後、ガベージコレクション制御部24は、有効データが残っていない5つの消去ブロックを消去してこれら5つの消去ブロックをフリーブロックにする。

【0092】

ガベージコレクションの実行後は、有効データで満たされた2つの消去ブロックと、5つのフリーブロックとが存在する。

【0093】

図3は、SSD3において使用されるストリームのIDの個数と確保される消去ブロッ

50

クの個数との関係を示す。

【0094】

図3では、消去ブロックB0は、通常ライト動作のための現在の書き込み先ブロックである。消去ブロックB1は、ID1のストリームのために割り当てられている。消去ブロックB1は、ID1のストリームの書き込み先ブロックとして利用される。ID1を伴うデータは、消去ブロックB1にライトされる。消去ブロックB1がID1を伴うデータで満たされて消去ブロックB1に未使用のページが無くなると、ID1のストリームのためにさらに別の消去ブロックが割り当てられる。そして、ID1を伴う次のデータは、ID1ストリームのために新たに割り当てられた別の消去ブロックにライトされる。

【0095】

消去ブロックB2は、ID2のストリームのために割り当てられている。消去ブロックB2は、ID2のストリームの書き込み先ブロックとして利用される。ID2を伴うデータは、消去ブロックB2にライトされる。消去ブロックB2がID2を伴うデータで満たされて消去ブロックB2に未使用のページが無くなると、ID2のストリームのためにさらに別の消去ブロックが割り当てられる。そして、ID2を伴う次のデータは、ID2のストリームのために新たに割り当てられた別の消去ブロックにライトされる。

【0096】

このように、SSD3においては、特定のストリームに関連付けられたデータは、この特定のストリーム用に割り当てられた1以上の消去ブロックにライトされる。

【0097】

図4は、ライト動作制御部21によって実行されるライト動作（通常ライト動作およびストリームライト動作）を示す。

【0098】

どのストリームのIDにも関連付けられていないデータ（LBA11によって指定されるデータ、LBA12によって指定されるデータ）は、通常ライト動作のための現在の書き込み先ブロックである消去ブロックB0にライトされる。

【0099】

ID1を伴うデータ（LBA1によって指定されるデータ、LBA2によって指定されるデータ、LBA3によって指定されるデータ、LBA4によって指定されるデータ、LBA5によって指定されるデータ）は、ID1のストリーム用に割り当てられた消去ブロックB1にライトされる。

【0100】

ID2を伴うデータ（LBA102によって指定されるデータ、LBA103によって指定されるデータ、LBA200によって指定されるデータ、LBA104によって指定されるデータ、LBA201によって指定されるデータ）は、ID2のストリーム用に割り当てられた消去ブロックB2にライトされる。

【0101】

図5は、特定のストリーム用に割り当てられた消去ブロック内の全データが無効化される過程を示す。

【0102】

理想的には、特定のストリームに関連付けられた消去ブロック内の全データは、アンマップまたは上書きによって、一斉に無効化されることが期待される。例えば、ホスト2は、この消去ブロック内の全データに対応するLBA範囲を指定するアンマップコマンドをSSD3に送出する。これにより、この消去ブロック内の全データは、アンマップコマンドの処理によって一斉に無効化される。あるいは、ホスト2は、この消去ブロック内のLBA群と同じLBA群へのライト（上書き）を一斉に要求するかもしれない。この場合も、この消去ブロック内の全データは、一斉に無効化される。

【0103】

しかし、上述したように、実際には、異なるライフタイムを有するデータが同じストリームに関連付けられてしまう可能性がある。この場合、消去ブロックにライトされた全デ

10

20

30

40

50

ータが一斉に無効化されることはなく、一部の有効データがこの消去ブロックに残る可能性がある。この消去ブロック内の有効データの量が低下すると、この消去ブロックはガベージコレクション動作の対象となる可能性がある。この場合、この消去ブロック内の有効データは異なるブロックに移動される可能性もある。

【0104】

図6は、特定のストリーム用に割り当てられた消去ブロック内のデータの一部が無効化された状態を示す。

【0105】

図6において、消去ブロックB1には、ストリームのID2を伴うデータ(LBA102によって指定されるデータ、LBA103によって指定されるデータ、LBA200によって指定されるデータ、LBA104によって指定されるデータ、LBA201によって指定されるデータ)が既にライトされている。

10

【0106】

もし、LBA200~201によって指定されるデータとLBA102~104によって指定されるデータとが異なるライフタイムを有するならば、LBA102~104のLBA範囲を指定するアンマップコマンドだけがホスト2によって発行され、LBA200~201のLBA範囲を指定するアンマップコマンドがホスト2によって発行されない可能性がある。

【0107】

この場合、消去ブロックB1は有効データと無効データが混在するブロックとなるので、消去ブロックB1はガベージコレクション動作に使用される可能性がある。

20

【0108】

図7は、ホスト2のストリーム管理部42によって管理されるストリーム管理情報のデータ構造例を示す。

【0109】

ストリーム管理テーブル44には、アプリケーションプログラム名(またはアプリケーションプログラムのID)と、発行されたストリームのIDとの対応関係を示すストリーム管理情報が格納される。

【0110】

図7では、アプリケーションプログラムAPL0からの要求によってID1を含むWRITE(32)コマンドが発行され、またアプリケーションプログラムAPL1からの要求によってID2を含むWRITE(32)コマンドと、ID3を含むWRITE(32)コマンドと、ID4を含むWRITE(32)コマンドとが発行された場合が想定されている。

30

【0111】

ホスト2が、ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックそれぞれが割り当てられたストリームのIDのリストを含むフィードバック情報34をSSD3から受信した場合、ホスト2は、ストリーム管理テーブル44を参照することにより、有効に機能しなかったIDを発行したアプリケーションプログラムを特定する。

【0112】

例えば、有効に機能しなかったID、つまりガベージコレクション動作に使用された消去ブロック群が割り当てられたストリームのIDが、ID2と、ID3であった場合には、ホスト2は、アプリケーションプログラムAPL1が使用した3つのIDの内の2つのIDが有効に機能しなかったと判定することができる。この場合、ホスト2は、アプリケーションプログラムAPL1が要求したストリームのIDの個数に対する有効に機能しなかったストリームのIDの個数の割合が低いので、以降、アプリケーションプログラムAPL1がストリームライト動作を使用することを禁止してもよい。あるいは、ホスト2は、APL1がID2のストリームライト動作とID3のストリームライト動作を使用することだけを禁止して、APL1がID4のストリームライト動作を使用することは禁止しなくても良い。

40

50

## 【 0 1 1 3 】

図 8 は、SSD 3 によって管理されるストリーム管理情報のデータ構造例を示す。

## 【 0 1 1 4 】

ストリーム管理テーブル 3 3 には、ストリームの ID と、ストリームの ID を伴うデータがライトされた消去ブロックとの対応関係を示すストリーム管理情報が格納される。

## 【 0 1 1 5 】

図 8 では、ID 1 のストリームに関連付けられたデータのライトのために消去ブロック B 1、B 3、B 4 が使用され、ID 2 のストリームに関連付けられたデータのライトのために消去ブロック B 2 が使用された場合が想定されている。

## 【 0 1 1 6 】

もし消去ブロック B 2 がガベージコレクション制御部 2 4 によるガベージコレクション動作に使用されたならば、ストリーム情報収集部 2 5 は、ストリーム管理テーブル 3 3 に基づいて、ガベージコレクション動作に使用された消去ブロック B 2 が ID 2 のストリームのために割り当てられていることを認識することができる。

10

## 【 0 1 1 7 】

図 9 は、SSD 3 によって管理されるストリーム管理情報の別のデータ構造例を示す。

## 【 0 1 1 8 】

ストリーム管理テーブル 3 3 には、ストリームの ID と、このストリームの ID を発行したアプリケーションプログラムの ID と、このストリームの ID を伴うデータがライトされた消去ブロックとの対応関係を示すストリーム管理情報が格納される。ストリームのオープンに伴って、アプリケーションの ID は、ホスト 2 から SSD 3 に別途送られる。あるストリームの ID を発行したアプリケーションプログラムの ID は、ホスト 2 からの上述の WRITE ( 3 2 ) コマンドに含まれていても良い。

20

## 【 0 1 1 9 】

もし消去ブロック B 2 がガベージコレクション制御部 2 4 によるガベージコレクション動作に使用されたならば、ストリーム情報収集部 2 5 は、ストリーム管理テーブル 3 3 に基づいて、ガベージコレクション動作に使用された消去ブロック B 2 が割り当てられたストリームの ID が ID 2 であること、さらに、この ID 2 を発行したアプリケーションプログラムが APL 1 であることを認識できる。ストリーム情報収集部 2 5 は、ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックが割り当てられていたストリームの ID のリストと、これらストリームの ID に対応するアプリケーションプログラムの ID のリストとを含むフィードバック情報 3 4 をホスト 2 に提供しても良い。これにより、たとえホスト 2 が、あるアプリケーションによって過去に使用されたストリームの ID を別のアプリケーションプログラムが再利用することを許容するように設計されている場合であっても、ホスト 2 は、フィードバック情報 3 4 に基づき、有効に機能しなかった ID を発行したアプリケーションプログラムを正しく特定することができる。

30

## 【 0 1 2 0 】

なお、SSD 3 側で WRITE ( 3 2 ) コマンドの内容からハッシュ値を生成して、このハッシュ値をアプリケーションプログラムの ID の代わりに使用してもよい。この場合、ストリーム管理テーブル 3 3 には、ストリームの ID と、このストリームの ID のオープンを要求した WRITE ( 3 2 ) コマンドのハッシュ値と、このストリームの ID を伴うデータがライトされた消去ブロックとの対応関係を示すストリーム管理情報が格納される。ストリーム情報収集部 2 5 は、ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックが割り当てられたストリームの ID のリストと、これらストリームの ID に対応するハッシュ値のリストとを含むフィードバック情報 3 4 をホスト 2 に提供しても良い。ホスト 2 も、オープンされたストリームの ID と、このストリームの ID のオープンを要求した WRITE ( 3 2 ) コマンドのハッシュ値との対応関係をホスト 2 側のストリーム管理テーブル 4 4 に記録しても良い。これにより、ホスト 2 は、有効に機能しなかった ID を発行したアプリケーションプログラムを特定することができる。

40

## 【 0 1 2 1 】

50

図10のフローチャートは、SSD3によって実行されるライトコマンド処理の手順を示す。

【0122】

SSD3のコントローラ4は、ホスト2からライトコマンドを受信する(ステップS11)。コントローラ4は、この受信したライトコマンドが、ストリームのIDを含むライトコマンドであるか否か、つまりこの受信したライトコマンドによって指定されるデータがストリームのIDを伴うデータであるか否かを判定する(ステップS12)。

【0123】

受信したライトコマンドが、ストリームのIDを含むライトコマンドであるならば(ステップS12のYES)、コントローラ4は、ストリームライト動作を実行する(ステップS13)。ステップS13では、コントローラ4は、受信したライトコマンド内のLBAおよび転送長によって指定されるデータをホスト2のデータアウトバッファから転送する。そして、コントローラ4は、このデータを、このストリーム用に割り当てられた消去ブロック内の次の利用可能ページにライトする。さらに、コントローラ4は、ルックアップテーブル32を更新して、ライトコマンドによって指定されるLBA範囲に対応するデータの物理記憶位置をルックアップテーブル32に記録する。

10

【0124】

受信したライトコマンドが、どのストリームのIDも含まないライトコマンドであるならば(ステップS12のNO)、コントローラ4は、通常ライト動作を実行する(ステップS14)。ステップS14では、コントローラ4は、受信したライトコマンド内のLBAおよび転送長によって指定されるデータをホスト2のデータアウトバッファから転送する。そして、コントローラ4は、このデータを、通常ライト動作に現在使用されている消去ブロック内の次の利用可能ページにライトする。さらに、コントローラ4は、ルックアップテーブル32を更新して、ライトコマンドによって指定されるLBA範囲に対応するデータの物理記憶位置をルックアップテーブル32に記録する。

20

【0125】

図11のフローチャートは、SSD3によって実行されるアンマップコマンド処理の手順を示す。

【0126】

SSD3のコントローラ4は、ホスト2からアンマップコマンドを受信する(ステップS21)。コントローラ4は、この受信したアンマップコマンドによって指定されるアンマップ対象の1以上のLBAに対応するデータを無効化する(ステップS22)。ステップS22では、コントローラ4は、ルックアップテーブル32を更新して、ホスト2によって指定されたアンマップ対象の各LBAに対応するフラグを無効を示す値にセットする。

30

【0127】

図12のフローチャートは、SSD3によって実行されるガベージコレクション動作の手順を示す。

【0128】

SSD3のコントローラ4は、残りフリーブロックの個数が閾値以下に低下したことが判定された場合(ステップS31のYES)、あるいはホスト2からガベージコレクション要求(GC要求)が受信された場合(ステップS32のYES)、ガベージコレクション動作を開始する。

40

【0129】

コントローラ4は、ガベージコレクションの対象とすべき消去ブロック群を選択し、これら消去ブロック群を使用して有効データを幾つかの消去ブロックに集約する(ステップS33)。そして、コントローラ4は、有効データが他の消去ブロックにコピーされることによって無効データのみで満たされた消去ブロックを消去する(ステップS34)。

【0130】

図13のフローチャートは、SSD3とホスト2とによって実行されるストリームライ

50

ト動作制御に関する一連の処理の手順を示す。

【0131】

アプリケーションプログラムは、ストリーム書き込み要求、つまりストリームのIDを含むライト要求を、OS 41に発行する(ステップS 41)。OS 41は、このライト要求によって指定されたストリームのIDを含むライトコマンド(WRITE(32)コマンド)をSSD3に発行(送出)する。ホスト2のストリーム管理部42は、このアプリケーションプログラムと、発行されストリームのIDとの対応関係を示すストリーム管理情報を、ホスト2のストリーム管理テーブル44に記録する(ステップS 43)。

【0132】

SSD3のコントローラ4は、ホスト2からライトコマンドを受信する(ステップS 51)。コントローラ4は、受信されたライトコマンドがストリームのIDを含むライトコマンドであるか否かを判定する(ステップS 52)。

10

【0133】

受信されたライトコマンドがストリームのIDを含まないライトコマンドであるならば(ステップS 52のNO)、コントローラ4は、通常ライト動作を実行する(ステップS 53)。

【0134】

一方、受信されたライトコマンドがストリームのIDを含むライトコマンドであるならば(ステップS 52のYES)、コントローラ4は、ストリームライト動作を実行する(ステップS 54)。さらに、コントローラ4は、ストリームのIDと、データがライトされた消去ブロックとの対応関係を示すストリーム管理情報を、SSD3のストリーム管理テーブル33に記録する(ステップS 55)。

20

【0135】

コントローラ4は、必要な時にガベージコレクション動作を実行する。ガベージコレクション動作が実行されたならば(ステップS 56のYES)、コントローラ4は、SSD3のストリーム管理テーブル33を参照することによって、ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックそれぞれが割り当てられているストリームのIDに関する情報を収集する(ステップS 57)。コントローラ4は、収集された情報をフィードバック情報34としてホスト2に提供する(ステップS 58)。フィードバック情報34は、上述したように、ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックそれぞれが割り当てられているストリームのIDのリストから構成されていてもよい。

30

【0136】

ステップS 58では、コントローラ4はフィードバック情報34をホスト2にすぐに転送してもよいが、代わりに、フィードバック情報34をSSD3のDRAM6に格納し、ホスト2からのフィードバック情報34の要求が受信された時にフィードバック情報34をホスト2に転送してもよい。

【0137】

ホスト2は、SSD3からフィードバック情報34を受信する(ステップS 44)。ホスト2は、フィードバック情報34とホスト2のストリーム管理テーブル44とに基づいて、有効に機能しなかったストリームのIDとこのストリームのIDを発行したアプリケーションプログラムとを特定する(ステップS 45)。そして、ホスト2は、この特定されたストリームのIDを含むWRITE(32)コマンドの送出を制御するためのポリシーを調整する(ステップS 46)。

40

【0138】

ステップS 46では、ホスト2は、採用すべきポリシーを、全てのアプリケーションプログラムから要求を無条件に受け入れるという現在のポリシーから、特定されたアプリケーションプログラムによる以降のストリームライト動作の使用を禁止するというポリシーに変更しても良い。この場合、特定されたアプリケーションプログラムからの以降のストリームライト動作の要求は、通常ライト動作を要求するライトコマンドに変換される。

【0139】

50

図 1 4 のフローチャートは、ホスト 2 の OS 4 1 によって実行されるライトコマンド変換処理の手順を示す。

【 0 1 4 0 】

OS 4 1 は、アプリケーションプログラムからストリーム書き込み要求、つまりストリームの ID を含むライト要求を、受信する (ステップ S 6 1)。OS 4 1 は、受信されたライト要求 (ストリーム書き込み要求) が、上述の特定されたアプリケーションプログラムからのライト要求 (ストリーム書き込み要求) であるか否かを判定する (ステップ S 6 2)。

【 0 1 4 1 】

受信されたライト要求 (ストリーム書き込み要求) が、上述の特定されたアプリケーションプログラムからのライト要求 (ストリーム書き込み要求) であるならば (ステップ S 6 2 の YES)、OS 4 1 は、このライト要求 (ストリーム書き込み要求) を、ストリームの ID を含まない通常のライトコマンドに変換する (ステップ S 6 3)。そして、OS 4 1 は、この通常ライトコマンドを SSD 3 に発行する (ステップ S 6 4)。

10

【 0 1 4 2 】

一方、受信されたライト要求 (ストリーム書き込み要求) が、上述の特定されたアプリケーションプログラムからのライト要求 (ストリーム書き込み要求) ではないならば (ステップ S 6 2 の NO)、OS 4 1 は、受信されたライト要求 (ストリーム書き込み要求) に含まれるストリームの ID を含むライトコマンド (WRITE (3 2) コマンド) を SSD 3 に発行 (送出) する (ステップ S 6 5)。

20

【 0 1 4 3 】

図 1 5 のフローチャートは、SSD 3 とホスト 2 とによって実行されるストリームライト動作制御に関する別の一連の処理の別の手順を示す。

【 0 1 4 4 】

ここでは、OS 4 1 が、OS 4 1 自体が保持するポリシーを使用して、ストリームの ID を発行する処理を行っている場合を想定する。

【 0 1 4 5 】

OS 4 1 は、アプリケーションプログラムからファイル生成要求を受信する (ステップ S 7 1)。OS 4 1 は、一定時間内に生成されるファイルの個数が現在のポリシーによって指定される閾個数以上であるか否かを判定する (ステップ S 7 2)。

30

【 0 1 4 6 】

生成されるファイルのサイズが、一定時間内に生成されるファイルの個数が、現在のポリシーによって指定される閾個数以上でないならば (ステップ S 7 2 の NO)、OS 4 1 は、ストリームの ID を含まないライトコマンドを SSD 3 に発行して、SSD 3 に通常ライト動作を要求する (ステップ S 7 3)。

【 0 1 4 7 】

一方、一定時間内に生成される生成されるファイルの個数が、現在のポリシーによって指定される閾個数以上であるならば (ステップ S 7 2 の YES)、OS 4 1 は、ストリームの ID を含むライトコマンドを SSD 3 に発行して、SSD 3 にストリームライト動作を要求する (ステップ S 7 4)。ホスト 2 のストリーム管理部 4 2 は、現在のポリシーと、発行されストリームの ID との対応関係を示すストリーム管理情報をホスト 2 のストリーム管理テーブル 4 4 に記録する (ステップ S 7 5)。例えば、現在のポリシーがポリシー # 1 で、且つこのポリシー # 1 の制御の下に ID 1 と ID 2 の 2 つのストリームの ID が発行されたならば、ストリーム管理テーブル 4 4 には、図 1 6 に示すようなストリーム管理情報が記録される。

40

【 0 1 4 8 】

SSD 3 のコントローラ 4 は、ホスト 2 からライトコマンドを受信する (ステップ S 8 1)。コントローラ 4 は、受信されたライトコマンドがストリームの ID を含むライトコマンドであるか否かを判定する (ステップ S 8 2)。

【 0 1 4 9 】

50

受信されたライトコマンドがストリームのIDを含まないライトコマンドであるならば（ステップS82のNO）、コントローラ4は、通常ライト動作を実行する（ステップS83）。

【0150】

一方、受信されたライトコマンドがストリームのIDを含むライトコマンドであるならば（ステップS82のYES）、コントローラ4は、ストリームライト動作を実行する（ステップS84）。さらに、コントローラ4は、ストリームのIDと、データがライトされた消去ブロックとの対応関係を示すストリーム管理情報を、SSD3のストリーム管理テーブル33に記録する（ステップS85）。

【0151】

コントローラ4は、必要な時にガベージコレクション動作を実行する。ガベージコレクション動作が実行されたならば（ステップS86のYES）、コントローラ4は、SSD3のストリーム管理テーブル33を参照することによって、ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックそれぞれが割り当てられているストリームのIDに関する情報を収集する（ステップS87）。コントローラ4は、収集された情報をフィードバック情報34としてホスト2に提供する（ステップS88）。フィードバック情報34は、上述したように、ガベージコレクション動作に使用された消去ブロックそれぞれが割り当てられているストリームのIDのリストから構成されていてもよい。

【0152】

ステップS88では、コントローラ4はフィードバック情報34をホスト2にすぐに転送してもよいが、代わりに、フィードバック情報34をSSD3のDRAM6に格納し、ホスト2からのフィードバック情報34の要求が受信された時にフィードバック情報34をホスト2に転送してもよい。

【0153】

ホスト2は、SSD3からフィードバック情報34を受信する（ステップS76）。ホスト2は、フィードバック情報34とホスト2のストリーム管理テーブル44とに基づいて、有効に機能しなかったストリームのIDとこのストリームのIDの発行に使用されたポリシーとを特定する（ステップS77）。そして、ホスト2は、現在使用中のポリシーを、特定されたポリシー内に保持されている閾値よりも大きい閾値を含む別のポリシーに変更する（ステップS78）。

【0154】

図17は、SSD3のハードウェア構成例を示す。

【0155】

SSD3のコントローラ4は、メインバス51、メッセージ通信路52、ホストインタフェース53、暗号化/復号化部（Advanced Encryption Standard（AES））54、ハードウェアエンジン55および56、4つのCPU57、NANDコントローラ（NANDC）58、DRAMコントローラ（DRAMC）59、SRAMコントローラ（SRAMC）60、SRAM61、SRAMコントローラ（SRAMC）62、SRAM63等を含む。

【0156】

メインバス51は図1のバス10に対応する。メッセージ通信路52は、4つのCPU57とNANDコントローラ（NANDC）58との間のメッセージ通信に使用される。ホストインタフェース53は、図1のホストインタフェース11に対応する。暗号化/復号化部（AES）54は、データライト動作において、ホストインタフェースコントローラ53からのライトデータ（平文）を暗号化する。暗号化/復号化部（AES）54は、データリード動作において、NANDメモリ5からリードされる暗号化されたデータを復号する。なお、この暗号化/復号化部54を介さずに、ライトデータ及びリードデータを転送することも必要に応じて可能である。

【0157】

ハードウェアエンジン55、56は、高負荷の処理を実行するためのハードウェア回路

10

20

30

40

50

である。

【0158】

4つのCPU57は図1のCPU12の処理を並列実行する。各CPU57はDMAコントローラ(DMAC)57Aを備えている。NANDコントローラ(NANDC)58は、図1のNANDインタフェース13に対応する。NANDコントローラ(NANDC)58は、CPU57を介さないデータ転送を実現するためのハードウェア連携機能を有していても良い。

【0159】

DRAMコントローラ(DRAMC)59は、図1のDRAMインタフェース14に対応する。SRAM61、62は、図1のSRAM15に対応する。SRAM61の記憶領域はライトバッファおよびリードバッファとして利用される。ライトバッファは、NANDメモリ5に適した所定のデータサイズのライトデータが蓄積されるまでライトデータを一時的に格納する。リードバッファは、NANDメモリ5からリードされたデータを一時的に格納する。SRAM62の記憶領域は、4つのCPU57間の通信等に使用される。

【0160】

図18は、ホスト2として機能する情報処理装置100のハードウェア構成例を示す。

【0161】

情報処理装置100は、デスクトップパーソナルコンピュータ、ノートブックパーソナルコンピュータ、またはサーバコンピュータとして実現される。情報処理装置100は、プロセッサ(CPU)101、メインメモリ102、BIOS-ROM103、グラフィックスプロセッシングユニット(GPU)104、ネットワークコントローラ105、周辺インタフェースコントローラ106、Serial Attached SCSI(SAS)コントローラ107、エンベデッドコントローラ(EC)108、入力デバイス109等を含む。

【0162】

プロセッサ101は、情報処理装置100の各コンポーネントの動作を制御するように構成されたCPUである。このプロセッサ101は、メインメモリ113にロードされた様々なプログラムを実行する。メインメモリ113は、DRAMのような揮発性メモリから構成される。プロセッサ101によって実行されるプログラムは、上述のOS41および各種アプリケーションプログラムを含む。OS41は、図1で説明したストリーム管理部42およびポリシー調整部43の機能を実行する。

【0163】

また、プロセッサ101は、不揮発性メモリであるBIOS-ROM103に格納された基本入出力システム(BIOS)も実行する。BIOSはハードウェア制御のためのシステムプログラムである。

【0164】

GPU104は、本情報処理装置100のディスプレイモニタとして使用されるディスプレイ200を制御するように構成された表示コントローラである。ディスプレイ200は、情報処理装置100の筐体に取り付けられた内部ディスプレイであってもよいし、情報処理装置100の筐体にケーブルを介して接続される外部ディスプレイであってもよい。GPU104は、メインメモリ102の一部の記憶領域または専用のメモリをビデオメモリとして使用し、このビデオメモリに格納された表示データからディスプレイ200に供給すべき表示信号を生成する。

【0165】

ネットワークコントローラ105は、有線LANコントローラ、無線LANコントローラのような通信デバイスである。周辺インタフェースコントローラ106は、USBデバイスのような周辺デバイスとの通信を実行するように構成されている。

【0166】

SASコントローラ107は、SASコネクタ107Aに接続されるデバイスとの通信を実行するように構成されている。本実施形態では、SSD3がSASコネクタ107A

10

20

30

40

50

に接続される。SSD3は、情報処理装置100のメインストレージとして機能する。

【0167】

EC108は、情報処理装置100の電力管理を実行するように構成されたシステムコントローラとして機能する。EC108は、ユーザによる電源スイッチの操作に応じて情報処理装置100をパワーオンおよびパワーオフする。EC108はワンチップマイクロコントローラのような処理回路として実現されている。EC108は、キーボード(KB)13などの入力デバイスを制御するキーボードコントローラを内蔵していてもよい。

【0168】

この情報処理装置100においては、OS41の制御の下、プロセッサ101は、以下の処理を実行する。

【0169】

プロセッサ101は、同じ予期されるライフタイムを有するデータを特定のストリームに割り当てる。そして、プロセッサ101は、特定のストリームに関連付けられたデータを同じ消去ブロックにライトすることを要求するライトコマンド(WRITE(32)コマンド)をSSD3に送出する。このWRITE(32)コマンドは、特定のストリームのIDを含む。このWRITE(32)コマンドは、SASコントローラ107を介してSSD3に送出される。SSD3は、このWRITE(32)コマンドを処理することによって、上述のストリームライト動作を実行する。

【0170】

プロセッサ101は、SSD3から上述のフィードバック情報を受信する。フィードバック情報は、特定のストリームに関連付けられたデータがライトされた消去ブロックがガベージコレクションに使用されたか否かを示す情報を含む。プロセッサ101は、フィードバック情報から、上述の特定のストリームが有効に機能しているかどうかを確認することができる。特定のストリームに関連付けられたデータがライトされた消去ブロックがガベージコレクションに使用されたことは、特定のストリームが有効に機能していないことを意味する。

【0171】

プロセッサ101は、SSD3からのフィードバック情報に基づき、特定のストリームのIDを含むライトコマンド(WRITE(32)コマンド)の送出を制御するためのポリシーを自動的に調整する。例えば、上述の特定のストリームが有効に機能していない場合には、プロセッサ101は、特定のストリームのIDを含むライトコマンド(WRITE(32)コマンド)の送出が抑制されるようにポリシーを調整する。

【0172】

このように、この情報処理装置100によれば、ガベージコレクションの頻度を下げる効果の見込めないWRITE(32)コマンドの送出を抑制することによって、SSD3のフリースペースの無駄な消費を削減でき、SSD3の寿命を延ばすことができる。

【0173】

図19は、SSD3を利用して構成されたストレージシステム300の構成例を示す。

【0174】

ストレージシステム300は、多数のSSD3Bを備える。これらSSD3Bの各々は、上述のSSD3と同等の機能を有している。

【0175】

ストレージシステム300はエンタープライズ用SSD(eSSD)であり、データセンター内のサーバコンピュータ2Bのストレージとして使用可能である。

【0176】

各SSD3Bは比較的小型のモジュールとして実現されている。各SSD3Bの外形寸法の一例は、20mm×30mm程度である。サーバコンピュータ2Bの筐体は、複数のコネクタ(スロット)30を備える。各コネクタ30は、SAS(Serial Attached SCSI)コネクタであってもよい。このSASコネクタは、6GbpsのDual Portによって、コンピュータ2Bと各SSD3Bとの間の高速通信を可能

10

20

30

40

50

にする。あるいは、各コネクタ30は、PCIe (PCI Express) 又はNVMe (NVMe Express) であってもよい。

【0177】

多数のSSD3Bは、コンピュータ2Bのコネクタ30にそれぞれ装着され、略鉛直方向に起立した姿勢でコンピュータ2Bの筐体の一面上に配置される。このような構成によれば、多数のSSD3Bをコンパクトに纏めて実装可能であり、ストレージシステム300の小型化を図ることができる。

【0178】

なお、個々のSSD3Bは、ポータブルコンピュータ、タブレットといった電子機器の半導体記憶媒体としても適用可能である。

【0179】

次に、図1のストリーム情報収集部25の実装例について説明する。

【0180】

本実施形態では、ストリーム情報収集部25は、ストリームライト動作によってデータがライトされた消去ブロックがガベージコレクションの対象になったか否かに関する情報を収集する。ストリームライト動作によってデータがライトされた消去ブロックがガベージコレクションの対象になったということは、この消去ブロックにライトされたデータの実際のライフタイム間にある一定以上の差があったことを意味する。したがって、ストリームライト動作によってデータがライトされた消去ブロックがガベージコレクションの対象になったか否かに関する情報は、ライトされたデータの実際のライフタイムのばらつきに関する情報であるといえる。

【0181】

ストリームライト動作によってデータがライトされた消去ブロックがガベージコレクションの対象になったか否かに関する情報に加えて、あるいは、この情報の代わりに、ストリーム情報収集部25は、以下の情報を、収集してもよい。

【0182】

ストリーム情報収集部25は、ストリームライト動作によってデータがライトされた消去ブロックの全データが、アンマップまたは上書きにより無効化されるまでの時間を測定し、この時間に関する情報を収集しても良い。例えば、ストリーム情報収集部25は、特定のストリームに関連付けられたデータ内の一部が最初に無効化された時点から、このデータ内の最後の部分が無効化される時点までの実時間を測定しても良い。この実時間は、ストリームに関連付けられたデータの実際のライフタイムのばらつきの程度を示す。ストリーム情報収集部25は、この実時間をホスト2に提供する。ホスト2は、この実時間に基づいて、ストリームに関連付けられたデータの実際のライフタイムのばらつきの程度を確認できるので、適切なポリシー調整を行うことができる。

【0183】

ストリーム情報収集部25は、ストリームライト動作によってデータがライトされた消去ブロックの全データが無効化されるまでに発行された、当該ストリームに関するアンマップまたは上書きの回数を測定し、この回数に関する情報を収集しても良い。この回数も、ストリームに関連付けられたデータの実際のライフタイムのばらつきのを表す指標として利用できる。ストリーム情報収集部25は、この回数をホスト2に提供する。ホスト2は、この回数に基づいて、ストリームに関連付けられたデータの実際のライフタイムのばらつきの程度を確認できるので、適切なポリシー調整を行うことができる。

【0184】

以上説明したように、本実施形態によれば、SSD3内のコントローラ4は、ストリームに関連付けられたデータがライトされ、このストリームに関連付けられていないデータがライトされない消去ブロックが、ガベージコレクション動作に使用されたか否かを示すフィードバック情報を、ホスト2に提供する。よって、有効に機能しないストリームライト要求の発行の抑制または削減のために有用な情報をホスト2に対して提供できる。この結果、ガベージコレクションの頻度を下げる効果の無いストリームライト動作に起因する

10

20

30

40

50

SSD 3 の性能や寿命の劣化を抑制できる。

【0185】

なお、本実施形態では、不揮発性メモリとしてNANDメモリを例示した。しかし、本実施形態の機能は、消去単位にライトされたデータが一斉に無効化されたならばこの消去単位に対するガベージコレクションなしで容易にフリースペースを作り出すことが可能な物理構造を有する様々な不揮発性メモリに適用可能である。例えば、MRAM (Magneto resistive Random Access Memory)、PRAM (Phase change Random Access Memory)、ReRAM (Resistive Random Access Memory)、又は、FeRAM (Ferroelectric Random Access Memory) のような不揮発性メモリが上述の物理構造を有する場合には、本実施形態の機能は、これら不揮発性メモリにも適用できる。

10

【0186】

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。

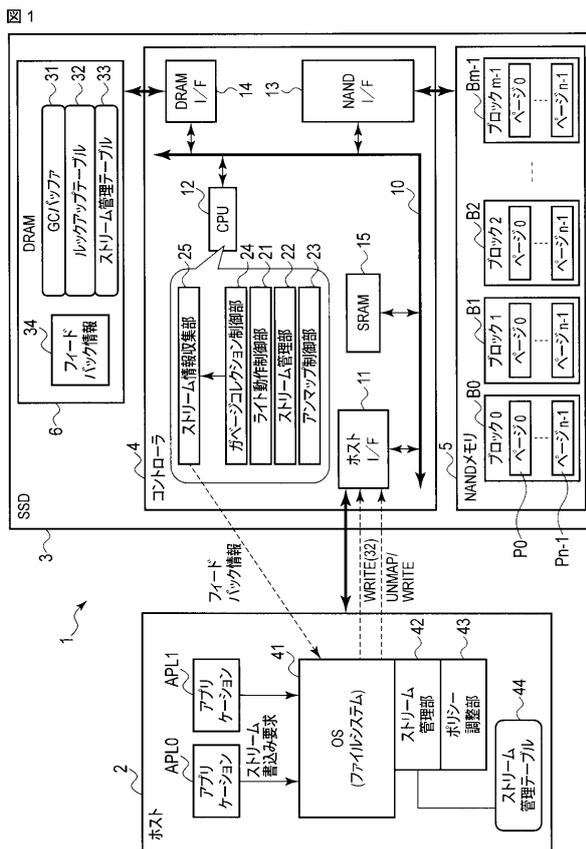
【符号の説明】

20

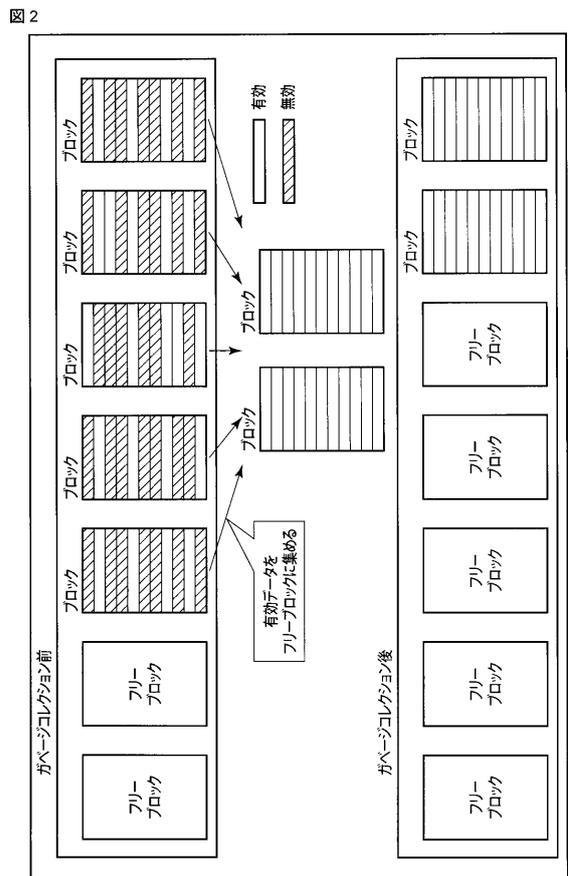
【0187】

2 ... ホスト、3 ... SSD、4 ... コントローラ、5 ... NANDメモリ、21 ... ライト動作制御部、22 ... ストリーム管理部、23 ... アンマップ制御部、24 ... ガベージコレクション制御部、25 ... ストリーム情報収集部、43 ... ポリシー調整部。

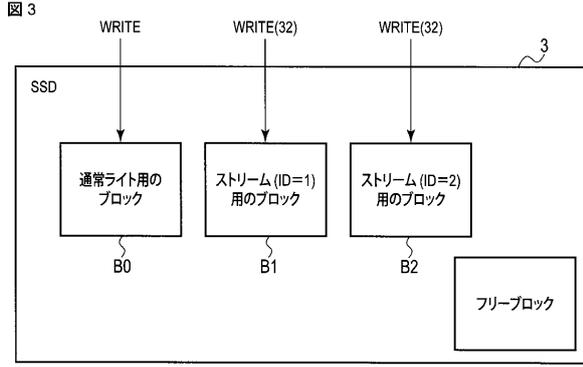
【図1】



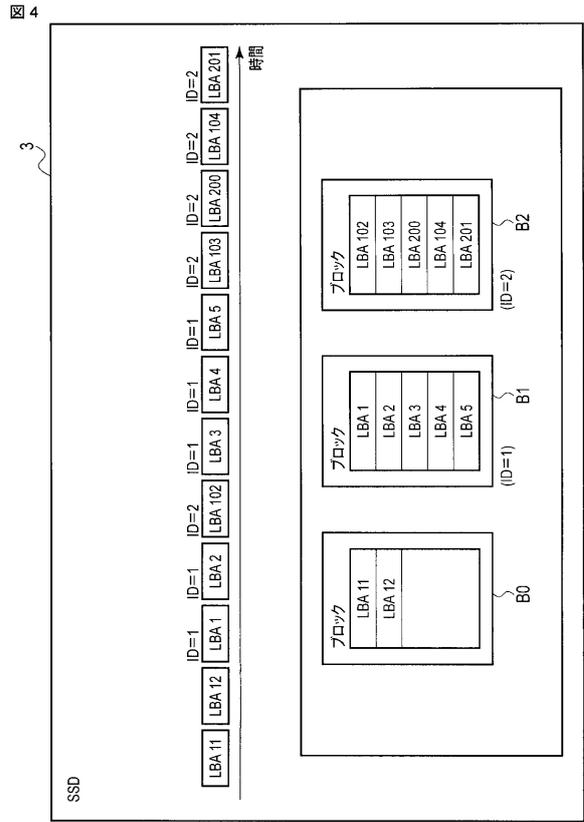
【図2】



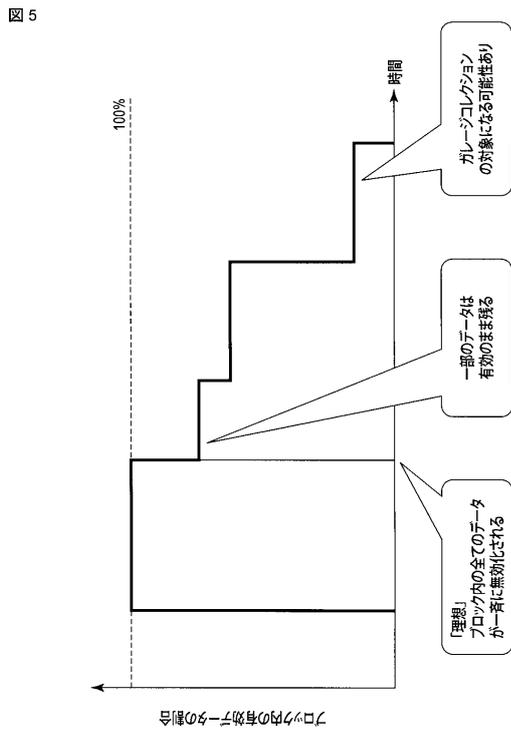
【 図 3 】



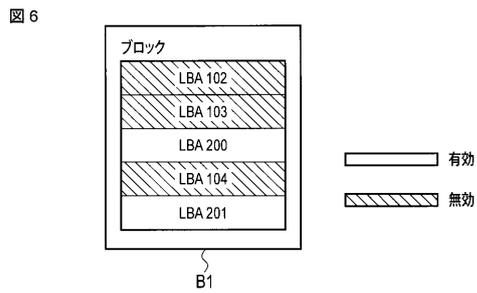
【 図 4 】



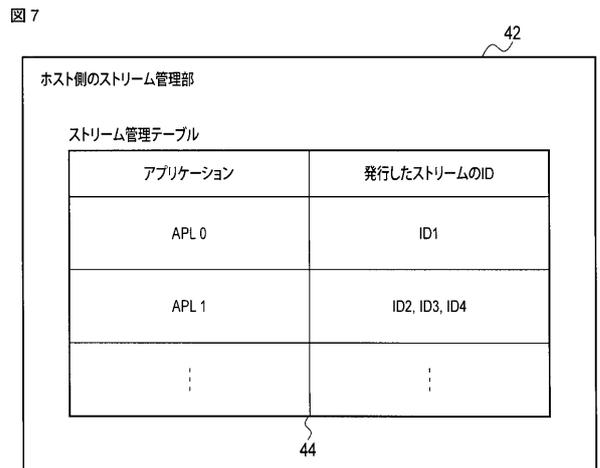
【 図 5 】



【 図 6 】



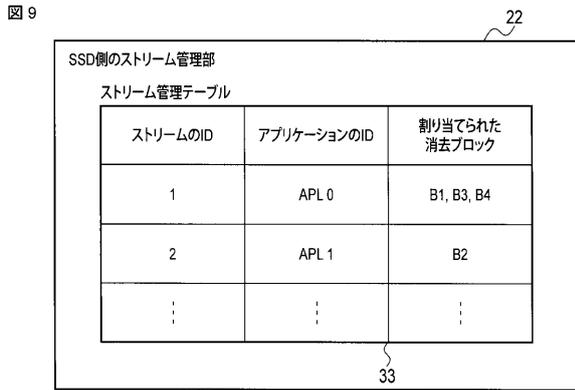
【 図 7 】



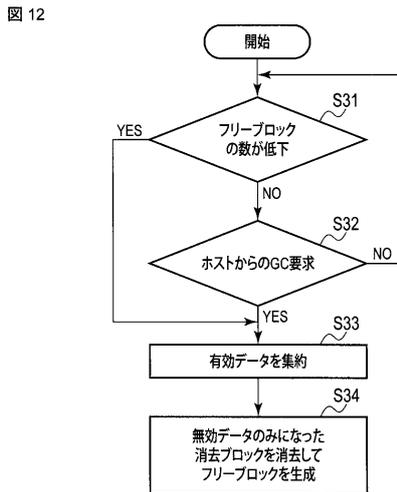
【 図 8 】



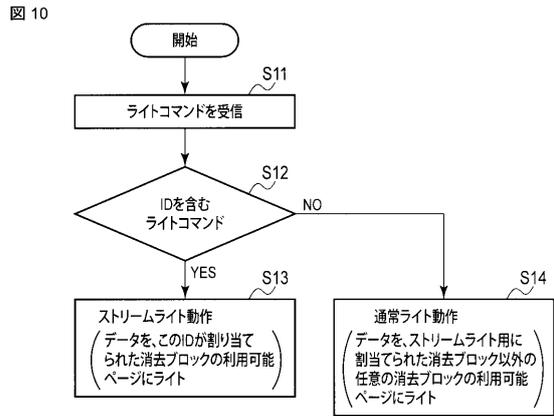
【 図 9 】



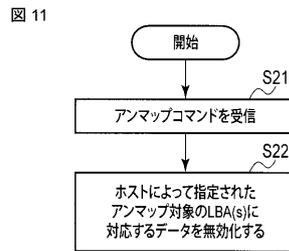
【 図 1 2 】



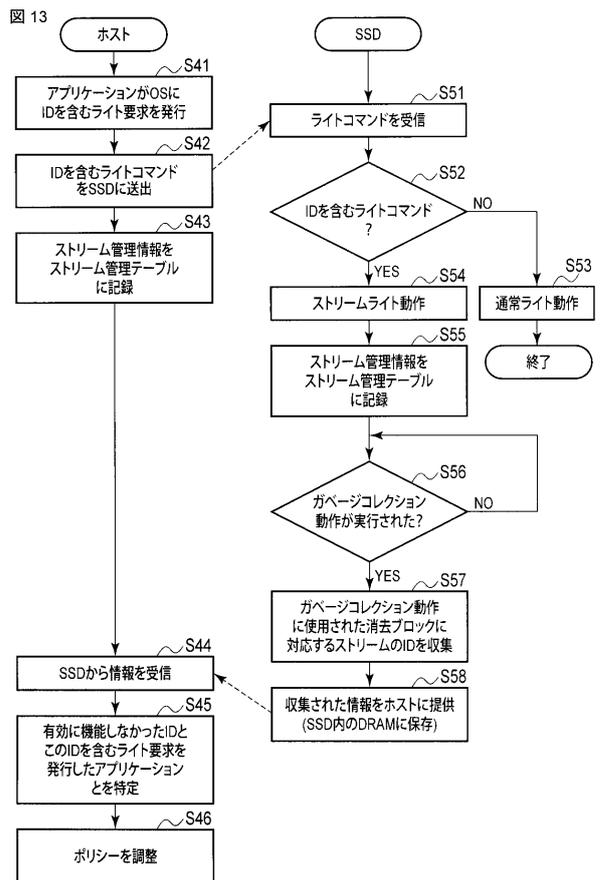
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】

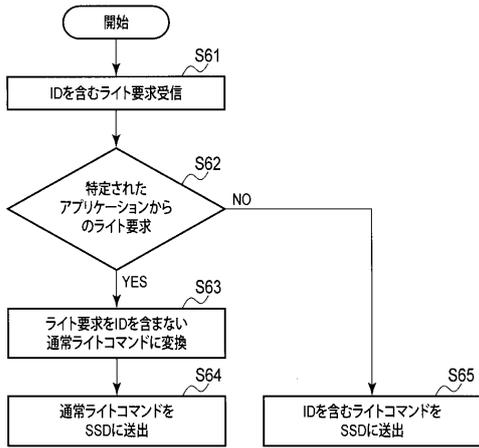


【 図 1 3 】



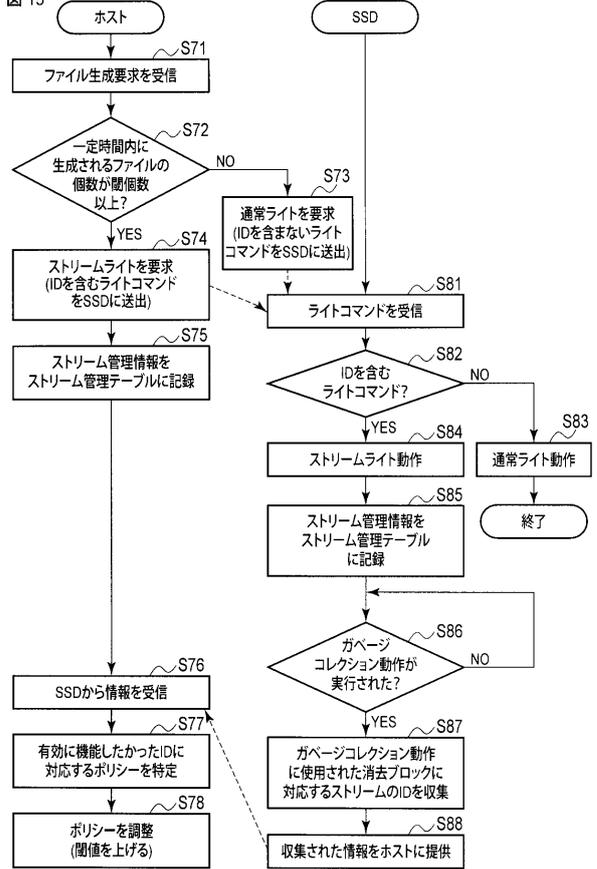
【 図 1 4 】

図 14



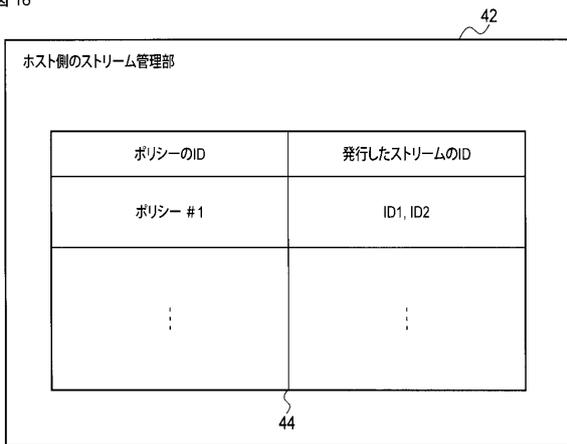
【 図 1 5 】

図 15



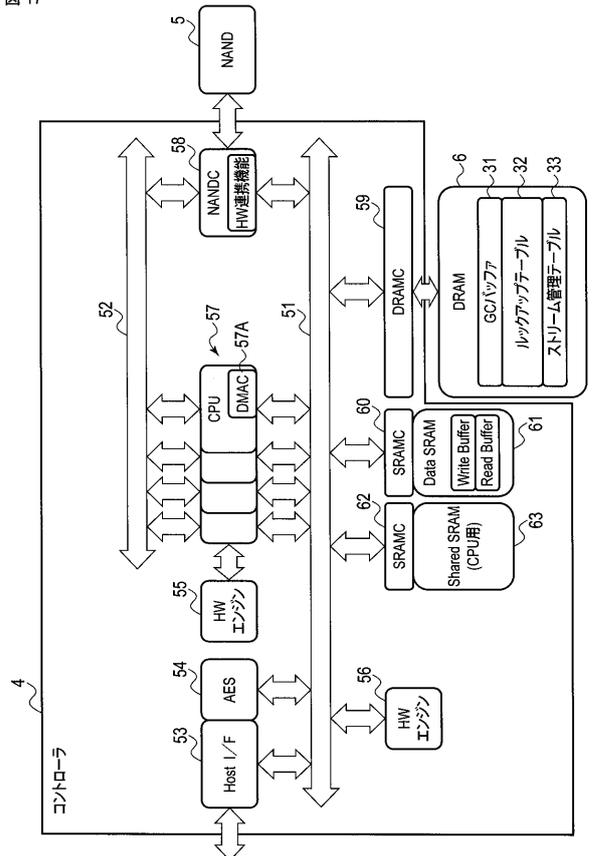
【 図 1 6 】

図 16

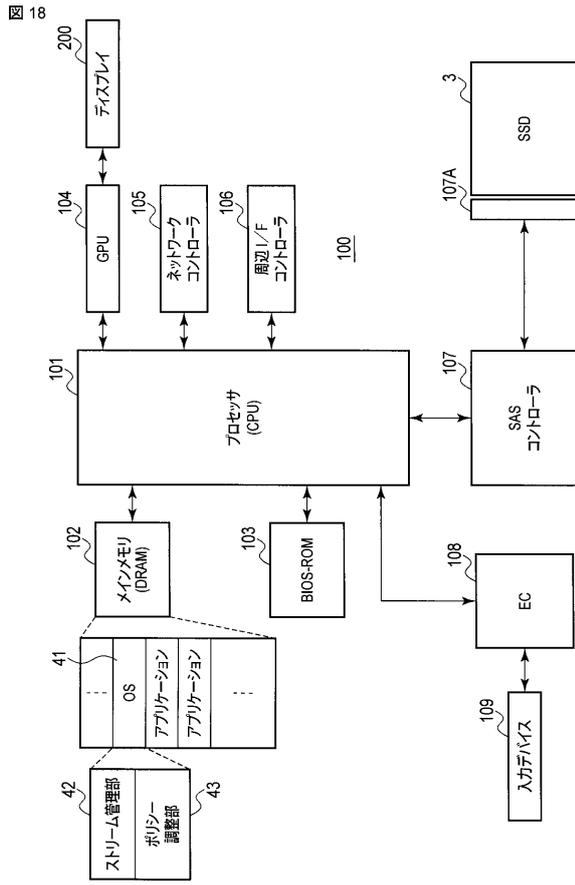


【 図 1 7 】

図 17



【図18】



【図19】

