

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6129328号
(P6129328)

(45) 発行日 平成29年5月17日(2017.5.17)

(24) 登録日 平成29年4月21日(2017.4.21)

(51) Int.Cl.

F I

H03M 13/19 (2006.01)

H03M 13/19

G06F 12/16 (2006.01)

G06F 12/16

320G

請求項の数 14 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-539605 (P2015-539605)	(73) 特許権者	504056130
(86) (22) 出願日	平成25年9月23日 (2013.9.23)		ウェスタン デジタル テクノロジーズ
(65) 公表番号	特表2015-534409 (P2015-534409A)		インコーポレーテッド
(43) 公表日	平成27年11月26日 (2015.11.26)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/061249		612 アーバイン スイート 100
(87) 国際公開番号	W02014/065967		マイケルソン ドライブ 3355
(87) 国際公開日	平成26年5月1日 (2014.5.1)		3355 Michelson Drive
審査請求日	平成28年9月23日 (2016.9.23)		Suite 100 Irvine
(31) 優先権主張番号	13/659,099		California 92612 United States of America
(32) 優先日	平成24年10月24日 (2012.10.24)	(74) 代理人	100120891
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 林 一好
早期審査対象出願		(74) 代理人	100126000
			弁理士 岩池 満

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 データストレージシステムのための適応誤り訂正符号

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

共通のメモリページサイズを有する各メモリページからなる複数のメモリページを含む不揮発性メモリアレイと、

コントローラであって、

前記不揮発性メモリアレイに対して前記共通のメモリページサイズを決定し、

低密度パリティチェック (LDPC) 符号語長を、前記不揮発性メモリアレイに対して前記共通のメモリページサイズ以上のサイズを有する複数の定義済み LDPC 符号語長から選択し、

少なくとも部分的に前記 LDPC 符号語長に基づいて前記不揮発性メモリアレイの一つ以上のメモリページに書き込まれる、または前記不揮発性メモリアレイの一つ以上のメモリページから読み込まれる符号化データ用の LDPC 符号化パラメータを決定するように構成され、前記複数の定義済み LDPC 符号語長を使用している複数の不揮発性メモリページサイズをサポートし、前記共通のメモリページサイズが前記複数の定義済み LDPC 符号語長のいかなる LDPC 符号語長にも等しくないメモリページサイズをサポートするように構成される、

コントローラと、

を含むソリッドステートストレージシステム。

【請求項 2】

前記 LDPC 符号化パラメータは、P マトリクスサイズ、カラムのウェイトおよびロウ

10

20

のウェイトを含み、さらに、符号レート、ユーザデータの量、およびパリティデータの量の少なくとも一つを含む、請求項 1 に記載のソリッドステートストレージシステム。

【請求項 3】

前記コントローラは、前記不揮発性メモリアレイに対して前記共通のメモリページサイズ以上の最小限のサイズを有する L D P C 符号語長を選択するように構成される、請求項 1 に記載のソリッドステートストレージシステム。

【請求項 4】

前記メモリページは、誤り訂正符号ページ（E ページ）を含む、請求項 1 に記載のソリッドステートストレージシステム。

【請求項 5】

前記コントローラは、前記 L D P C 符号化パラメータを使用している、ユーザデータおよびパディングデータを含むパディングされたユーザデータに対してパリティデータを決定し、かつ、

前記ユーザデータおよび前記パリティデータを前記不揮発性メモリアレイのメモリページに保存するように、さらに構成される、請求項 1 に記載のソリッドステートストレージシステム。

【請求項 6】

前記パディングされたユーザデータのパディングデータの量は、前記 L D P C 符号語長と前記不揮発性メモリアレイのための前記共通のメモリページサイズとの差に少なくとも部分的に依存する、請求項 5 に記載のソリッドステートストレージシステム。

【請求項 7】

コントローラを含むデータストレージシステムにおける、データの符号化の方法であって、

各メモリページが共通のメモリページサイズを有する複数のメモリページを含む不揮発性メモリアレイに対して共通のメモリページサイズを決定するステップと、

低密度パリティチェック（L D P C）符号語長を、前記不揮発性メモリアレイに対して前記共通のメモリページサイズ以上のサイズを有する複数の定義済み L D P C 符号語長から選択するステップと、

少なくとも部分的に前記 L D P C 符号語長に基づいて前記不揮発性メモリアレイの一つ以上のメモリページに書き込まれる、または前記不揮発性メモリアレイの一つ以上のメモリページから読み込まれる符号化データ用の L D P C 符号化パラメータを決定するステップと、を含む、

前記複数の定義済み L D P C 符号語長を使用している複数の不揮発性メモリページサイズに対しコーディングのサポートをすること及び前記共通のメモリページサイズが前記複数の定義済み L D P C 符号語長のいかなる L D P C 符号語長にも等しくないメモリページサイズに対しコーディングのサポートをすることを可能にする、方法。

【請求項 8】

前記 L D P C 符号化パラメータは、P マトリクスサイズ、カラムのウェイトおよびロウのウェイトを含み、さらに、符号レート、ユーザデータの量、およびパリティデータの量の少なくとも一つを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記 L D P C 符号語長を選択するステップは、前記不揮発性メモリアレイに対して前記共通のメモリページサイズ以上の最小限のサイズを有する L D P C 符号語長を選択することを含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記メモリページは、誤り訂正符号ページ（E ページ）を含む請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】

前記 L D P C 符号化パラメータを使用している、ユーザデータおよびパディングデータを含むパディングされたユーザデータに対してパリティデータを決定するステップと、

前記ユーザデータおよび前記パリティデータを前記不揮発性メモリアレイのメモリペー

10

20

30

40

50

ジに保存するステップと、
をさらに含む請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記パディングされたユーザデータのパディングデータの量は、前記 L D P C 符号語長と前記不揮発性メモリアレイのための前記共通のメモリページサイズとの差に少なくとも部分的に依存する、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

共通のメモリページサイズを有する各メモリページからなる複数のメモリページを含む不揮発性メモリアレイと、

コントローラであって、

前記不揮発性メモリアレイに対して前記共通のメモリページサイズを決定し、

符号語長を、前記不揮発性メモリアレイに対して前記共通のメモリページサイズ以上のサイズを有する複数の定義済み符号語長から選択し、

少なくとも部分的に前記符号語長に基づいて前記不揮発性メモリアレイの一つ以上のメモリページに書き込まれる、または前記不揮発性メモリアレイの一つ以上のメモリページから読み込まれる符号化データ用の符号化パラメータを決定するように構成され、前記複数の定義済み符号語長を使用している複数の不揮発性メモリページサイズをサポートするように構成されるとともに前記共通のメモリページサイズが前記複数の定義済み符号語長のいかなる符号語長にも等しくないメモリページサイズに対しコーディングのサポートをするように構成されるコントローラと、
を含むソリッドステートストレージシステム。

【請求項 1 4】

前記符号化パラメータは、P マトリクスサイズ、カラムのウェイトおよびロウのウェイトを含み、さらに、符号レート、ユーザデータの量、およびパリティデータの量の少なくとも一つを含む、低密度パリティチェック (L D P C) 符号化パラメータを含む、請求項 1 3 に記載のソリッドステートストレージシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、コンピュータシステム用のデータストレージシステム (例えばソリッドステートドライブ) に関する。より詳細には、データストレージシステムのための適応誤り訂正符号に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

不揮発性メモリアレイは、限られた耐久性をしばしば有する。メモリアレイの耐久性は、典型的に使用パターンおよび損耗次第である。耐久性はさらに、特定のタイプの不揮発性メモリアレイに依存する。例えば、マルチレベルセル (M L C) N A N D 媒体を有するメモリアレイは、シングルレベルセル (S L C) N A N D 媒体を有するメモリアレイより低い耐久性を概して有する。

【0 0 0 3】

メモリアレイに保存されるユーザデータを破損 (低下した耐久性によって生じる場合がある) から保護するため、パリティデータは、誤り検出および / または訂正を容易にするために、ユーザデータと共に決定され得、保存され得る。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

特定の実施形態が記載されると共に、これらの実施形態はほんの一例として示され、保護の範囲を制限することを意図していない。実際、本書において記載されている新規な方法およびシステムは、様々な他の形で例示され得る。

【0 0 0 5】

さらにまた、本書において記載されている方法およびシステムの形のさまざまな省略、置き換えおよび変更は、保護の要旨を逸脱しない範囲で行われ得る。

【 0 0 0 6 】

一部の実施形態において本開示にて用いられている「符号化」または「符号化するための」データは、データを符号化する（符号化データの）プロセスおよび／またはデータを復号化する（復号化データの）プロセスに、言及する。

【 0 0 0 7 】

ソリッドステートドライブのようなストレージシステムは、不揮発性メモリアレイと一体になった一つ以上のコントローラを含み、この種のコントローラは一関係者によって設計／製造がなされ、不揮発性メモリアレイにあっては他の関係者によって設計／製造されることは通常である。加えて、異なる製造業者からのメモリアレイは異なるメモリページフォーマットを含む異なる内部フォーマットを有する傾向がある。ここで、各メモリページフォーマットは複数のメモリページサイズの一つに対応する。また、コストおよび様々な他の競争的理由のために、ストレージシステム製造業者は、異なる製造業者からのメモリアレイを概して使用する。例えば、ストレージシステム製造業者は、現在の生産サイクルにおけるメモリアレイの一つのブランドおよび次の生産サイクルの他のブランドを使用することができる。また、異なるレベルで価格を付けられる異なるストレージシステムモデル用に、異なるメモリアレイが用いられ得る。

【 0 0 0 8 】

従って、一つの一般的な設計手法は、組み立て時あるいは最終的な設計段階で、コントローラと組み合わされる実在のメモリアレイに応じて実際に用いられるこのようなハードウェア、ファームウェアおよび／またはソフトウェアのサブセットを伴う異なる製造業者製のメモリアレイから読み込まれる、あるいはそれに書き込まれるデータを符号化／復号化する専用ハードウェア、ファームウェアおよび／またはソフトウェア、を有する一つ以上のコントローラを含むストレージシステムを備えることである。その結果、最後に組立てられたストレージシステムに含まれない一つ以上のメモリアレイに対する複数のメモリページフォーマットをサポートするために、ストレージシステムは、複数のコントローラまたは追加の、未使用のハードウェア、ファームウェアおよび／またはソフトウェアを含むことができる。

【 0 0 0 9 】

ストレージシステムに含まれるハードウェア、ファームウェアおよび／またはソフトウェアの量を減らすための別の手段では、ストレージシステムおよびコントローラは、周知のメモリページサイズを有する一つの特定の周知のメモリページフォーマットだけをサポートするために構成され得、他のメモリページフォーマットをサポートすることができない。

【 0 0 1 0 】

しかしながら、このようなやり方はストレージシステムおよびコントローラの有用性を他のタイプのメモリアレイに制限してしまい、多数のタイプのメモリアレイをサポートするために多数の異なるストレージシステムおよびコントローラが構成されることを必要とする場合があり、加えて場合によっては、ストレージシステムおよびコントローラが設計／構成されるときに、メモリアレイのメモリページフォーマットは周知でなくてもよい。

【 0 0 1 1 】

したがって、複数の周知または未知のメモリストレージフォーマットのための適応符号化データに対して改良されたシステムと方法が要求される。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明の一部の実施形態において、ストレージシステムは、コントローラおよび共通のメモリページサイズで複数のメモリページを有する不揮発性メモリアレイを含む。コントローラは、不揮発性メモリアレイに対して共通のメモリページサイズを決定し、共通のメモリページサイズに基づいて、符号語長（例えば低密度パリティチェック（LDPC）符

10

20

30

40

50

号語長)を複数の定義済み符号語長から選択する。適切な符号語長(複数の定義済み符号語長から選択される)および対応する符号化パラメータを選択的に使用することにより、コントローラは、複数の周知または未知のメモリページフォーマットをサポートする少なくとも一部の一般的なハードウェア、ファームウェアおよび/またはソフトウェアを使用する。このように、コントローラはその運用を選択的に適応させることができるので、異なる製造業者によって作られる異なるフォーマットのメモリアレイと組み合わせられ得る。

【0013】

実施形態によっては、不揮発性メモリアレイのメモリページ、ブロックまたはダイが古くなりおよび/またはメモリアレイの使用も手伝って消耗するにつれて、ストレージシステムのコントローラは符号化ユーザデータに対して符号化パラメータを調整する。符号化パラメータ調整のメカニズムは、時間と共にユニットデータごとに付加的なパリティをサポートするコントローラを可能にする。それによって、メモリアレイの質(例えば、データ保持能力)が低下するにつれて、誤り訂正または検出能力を高める。さらに、符号化パラメータ調整のメカニズムは、誤り訂正を有するユニットデータごとの付加的なパリティのために符号化時間のバランスまたは付加的なパリティデータの検出利益を促進する。加えて、異なるメモリページ、ブロックまたはダイに対して異なる符号またはパリティレートを許容するために、コントローラは、メモリアレイのメモリページ、ブロックまたはダイのための調整された符号化パラメータを保存することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

これから以下の図面を参照して本発明の様々な特徴を実施するシステム及び方法が説明される。

【0015】

【図1】本発明の一実施形態に従ってデータを適応的に符号化するストレージシステムを例示する図である。

【図2】本発明の一実施形態に従って符号化データ用の符号化パラメータを決定するプロセスを例示している流れ図である。

【図3】本発明の一実施形態に従って低密度パリティチェック(LDPC)符号化パラメータとバイナリ低密度パリティチェック(LDPC)符号語長の関係を例示しているテーブルである。

【図4A】本発明の一実施形態例に従ってパディングされたユーザデータおよびパリティデータを例示している略図である。

【図4B】本発明の一実施形態例に従ってパディングされたユーザデータおよびパリティデータを例示している略図である。

【図4C】本発明の一実施形態例に従ってパディングされたユーザデータおよびパリティデータを例示している略図である。

【図5】本発明の一実施形態に従って適応符号短縮のプロセスを例示している流れ図である。

【図6】本発明の一実施形態に従って符号レートを調整するプロセスを例示している流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

(システム概要)

図1は、本発明の一実施形態に従ってデータを適応して符号化するストレージシステム120を例示している。図示されているように、ストレージシステム120(例えば、ハイブリッドハードディスク、ソリッドステートドライブなど)は、コントローラ130およびブロック「A」142からブロック「N」までを含むストレージの一つ以上のブロックからなる不揮発性メモリアレイ140を含む。各ブロックは、複数のフラッシュページ(Fページ)を含む。例えば、図1のブロックA142は、FページA143、BからN

までとされる複数のFページを含む。一部の実施形態において、各「Fページ」は、単一の演算（運用）または一ユニットとしてプログラムされ得る不揮発性メモリアレイ140におけるメモリセルの最も小さいグループ化されたものである。さらに、各Fページは、複数の誤り訂正符号ページ（Eページ）を含む。例示の実施形態において、各Fページは、4つのボックスとして例示するEページ144を含む4つのEページを有する。他の実施形態としては、異なって定められる、あるいは4つのEページよりも多くまたは少なく含むことができるFページまたはEページを使用する場合がある。

【0017】

コントローラ130は、ホストシステム110におけるストレージインタフェースモジュール112（例えば、デバイスドライバ）から、データおよび/またはストレージアクセス命令を受け取ることができる。ストレージインタフェース112によって伝達されるストレージアクセス命令は、ホストシステム110が発する書き込みおよび読み込み命令を含むことができる。命令はストレージシステム120の論理ブロックアドレスを特定することができる。コントローラ130は、不揮発性メモリアレイ140の受け取った命令を実行することができる。ハイブリッドハードドライブにおいて、データは、不揮発性メモリアレイ140に加えて磁気媒体記憶コンポーネント（図1に図示せず）に保存され得る。

10

【0018】

ストレージシステム120がホストシステム110に対してメモリストレージシステムとして作用することができるように、ストレージシステム120はホストシステム110から受け取られるデータを保存することができる。この機能を促進するために、コントローラ130は、論理インタフェースを実装することができる。論理インタフェースは、ストレージシステムメモリをデータが保存され得る一連の論理アドレス（例えば、隣接するアドレス）としてホストシステム110に提示することができる。内部的には、コントローラ130は、論理アドレスを不揮発性メモリアレイ140および/または他のメモリモジュールにおける様々な物理メモリアドレスにマップすることができる。

20

【0019】

コントローラ130は、コーダーモジュール132を含む。一実施形態において、コーダーモジュール132は、不揮発性メモリアレイ140のメモリページ（例えばEページ）から読み込まれるかまたはそれに書き込まれるデータ（例えば、ユーザデータ）を復号化/符号化するための符号化パラメータを決定する。符号化パラメータは、不揮発性メモリアレイ140から読み出されたユーザデータを復号化するために、不揮発性メモリアレイ140に保存するためのユーザデータを符号化するために、および誤り検出または訂正のような他の用途に使用され得る。符号化パラメータは、LDPC符号化パラメータ（例えばGまたはH符号化マトリクスのカラムのウェイト、GまたはH符号化マトリクスのロウのウェイト、Pマトリクスサイズ（例えば、PマトリクスがGまたはH符号化マトリクスのサブマトリクスである所での）などを、含むことができる。さらに、コーダーモジュール132は、対応するパリティデータおよびパディングを有するユーザデータを復号するのはもちろん、パディングされないまたはパディングされたユーザデータに対してパリティデータを決定することができる。加えて、コーダーモジュール132は、符号化パラメータを調整することによって、符号化データに対して符号またはパリティレート进行调整することができる。コントローラ130および/またはコーダーモジュール132は、一つ以上の適切なメモリタイプの内部メモリ（図示せず）をさらに含むことができる。

30

40

【0020】

不揮発性メモリアレイ140は、NANDフラッシュメモリデバイスを使用して実装され得る。フラッシュ集積回路のアレイ、カルコゲナイドRAM（C RAM）、相変化メモリ（PC RAMまたはPRAM）、プログラムメタライゼーションセルRAM（PMC RAMまたはPMCm）、オボニックユニファイドメモリ（OUM）、抵抗変化型RAM（RRAM（登録商標））、NORメモリ、EEPROM、強誘電体メモリ（FeRAM）、磁気抵抗メモリ（MRAM）、他のディスクリットNVM（不揮発性メモリ）チ

50

ップまたはそれらのあらゆる組み合わせ等の、他のタイプのソリッドステートメモリデバイスが選択的に使用され得る。一実施形態において、不揮発性メモリアレイ 140 は、シングルビットの情報よりも多くの情報を記憶できるマルチレベルセル (MLC) デバイスを含むことがより好ましい。とはいえ、シングルレベルセル (SLC) メモリデバイスまたは SLC と MLC デバイスの組合せが使用される場合がある。一実施形態において、ストレージシステム 120 は、他のメモリモジュール (例えば一つ以上の磁気メモリモジュール) を含むことができる。ストレージシステム 120 は、磁気ストレージなど他のタイプの記憶媒体をさらに含むことができる。

【0021】

(適応データ符号化)

図 2 は、本発明の一実施形態に従って符号化データ用の符号化パラメータを決定するプロセス 200 を例示している流れ図である。プロセス 200 は、コントローラ 130 および / またはコーダーモジュール 132 によって実行され得る。好都合に、プロセス 200 は、複数の符号語長を使用している複数の不揮発性メモリページフォーマットをサポートするために、コントローラ 130 および / またはコーダーモジュール 132 を有効にすることができる。

【0022】

ブロック 205 において、プロセス 200 は、不揮発性メモリアレイ (例えば不揮発性メモリアレイ 140) に対してメモリページサイズを決定する。メモリページサイズは、例えば、メモリアレイメーカー (販売業者) によって与えられるかまたは他の周知のメモリサイズに基づいて算出され得る。例えば、メモリページサイズは、不揮発性メモリアレイの E ページサイズに対応し、プロセス 200 は、メーカー (販売業者) が提供するメモリアレイの F ページサイズを検索し、不揮発性メモリアレイに対して、例えば 4 または 8 の適切な定数によって F ページサイズを分割することによって、E ページサイズを算出することができる。他の実施形態では、メモリページサイズは、F ページサイズに対応することができる。

【0023】

ブロック 210 において、プロセス 200 は、複数の符号語長から、メモリページサイズに等しいかまたはメモリページサイズを超える符号語長を選択する。例えば、メモリページサイズは 2164 バイトまたはオクテットであり得、複数の定義済み符号語長は 2176 バイトおよび 2304 バイトの長さを含むことができる。一実施形態において、プロセス 200 は、複数の定義済み L D P C 符号語長からメモリページサイズ以上のデータの最小限のサイズまたはバイト数を有する L D P C 符号語長を選択する。例えば、プロセス 200 は、2164 バイトのメモリページサイズを超えて、複数の定義済み L D P C 符号語長の最小限のサイズを有する 2176 バイトの符号語長を選択することができる。

【0024】

ブロック 215 において、プロセス 200 は、選択された符号語長に少なくとも部分的に基づいて符号化パラメータを決定する。データに対して符号レート (例えば、ユーザデータおよびパリティデータを含む、データユニットの全体のデータごとのユーザデータの量) を管理するために、符号化データが不揮発性メモリから読み込まれ、または不揮発性メモリに書き込まれ、プロセス 200 を有効にする際に、符号化パラメータが使用され得る。一実施形態において、L D P C 符号語長のための符号化パラメータは、カラムのウェイト、P マトリクスサイズおよびロウのウェイトを含むとともに、符号レート、ユーザデータの量およびパリティデータの量の少なくとも一つをさらに含む。

【0025】

ブロック 220 において、プロセス 200 は、符号化パラメータを保存する。例えば、プロセス 200 は、符号化パラメータを、不揮発性メモリアレイ 140 および / またはストレージシステム 120 の一つ以上の他の記憶媒体に保存することができる。プロセス 200 は、符号化パラメータを、コントローラ 130 および / またはコーダーモジュール 132 の内部メモリに保存することができる。保存された符号化パラメータは、異なるペー

10

20

30

40

50

ジ、ブロックあるいは不揮発性メモリアレイ 140 の他の区分および / または再分割区分の符号化のために、そして、不揮発性メモリアレイの部分が古くなりおよび / または消耗するにつれて、時間とともに符号化パラメータをトラッキングおよび調整するために、異なる符号化パラメータを使用することを促進することができる。

【0026】

図 3 は、本発明の一実施形態に従って LDPC 符号化パラメータと LDPC 符号語長の関係を例示しているテーブル 300 である。テーブル 300 は、LDPC 符号語長、および例えばコントローラ 130 および / またはコーダモジュール 132 などのコントローラによってサポートされる LDPC 符号化パラメータを指定することができる。テーブル 300 は、不揮発性メモリアレイ 140、ストレージシステム 120 の一つ以上の他の記憶媒体、および / またはコントローラ 130 および / またはコーダモジュール 132 の内部メモリ、に保存され得る。テーブル 300 は、サポートする二つの LDPC 符号語長を指示している二つの符号長カラムを含む。一つの LDPC 符号語長は、2176 バイトに等しく ($2048 + 128 \times 1$ バイト)、他の LDPC 符号語長は、2304 バイトに等しい ($2048 + 128 \times 2$ バイト)。2 キロバイト辺りの様々な符号レートが複雑さと実行 (性能) の間に最適トレードオフを提供することができると発見された。

【0027】

カラムのウェイト、P マトリクスサイズおよびロウのウェイトの LDPC 符号化パラメータは、テーブル 300 にリストされるような異なる設計の符号レート (例えば、データユニット (全体のデータがユーザデータおよびパリティデータを含む) の全体のデータごと異なる量のユーザデータ) を使用しているデータの符号化を可能にするために、変化することができる。例えば、LDPC 符号語長が 2176 バイトに等しい場合、適用される LDPC 符号化パラメータは丸で囲ったサークル C1、C2、C3 または C4 の LDPC 符号化パラメータセットの一つであり得る。一例を挙げると、LDPC 符号化パラメータは、サークル C3 で選択され得、それはカラムのウェイトが 4、P マトリクスサイズが 512、およびロウのウェイトが 34 であり、さらに 0.882 の符号レート (2176 バイトの総符号長に対して 1920 バイトのユーザデータ) に対応する。さらに、一実施形態において、 $2048 + 128 \times$ と定義され得る符号長は、を 1、2、その他として選択することに基づいて調整され得る。例示されるように、の値を選択することもまた、符号レートに影響を及ぼす。例えば、サークル C1 で、に 1 を選択することは、結果として 0.941 の符号レートになり、カラムのウェイト、P マトリクスサイズおよびロウのウェイトが不変のままである場合、に 2 を選択することは、結果として 0.944 の符号レートになる。さらに説明されるように、様々な定義済み符号レートは、異なるページサイズのメモリアレイを収容するために用いることができる。例えば、図示のように、2176 および 2304 バイトの二つの符号長は 2176 および 2304 バイトのページサイズに適合することができる。実際には、定義済み符号長の数は、様々なページサイズに適合するために 2 よりはるかに高くなり得る点に留意する必要がある。

【0028】

テーブル 300 の LDPC 符号化パラメータをサポートしているコントローラは、有利に不揮発性メモリアレイに対して一つの符号長を選択することができ、異なる符号レートで LDPC 符号化パラメータを符号データに適合させることができる。例えば、2176 バイトの E ページサイズを有するメモリアレイが比較的新規 (例えば、あまり使われていない) で、および / またはほとんど符号化エラーを経験しないか提示しない場合に、サークル C1 での LDPC 符号化パラメータが符号化データのために選択され得る。サークル C1 において LDPC 符号化パラメータは、カラムのウェイトが 4、P マトリクスサイズが 256、ロウのウェイトが 68、そして、さらに 0.941 の符号レートに対応する。サークル C1 で 2048 バイトのデータを符号化するために、合計 128 バイトのパリティが、使用され得る。メモリアレイのメモリページ、ブロックまたはダイが古くなりおよび / または消耗するにつれて、サークル C2、C3 および C4 の LDPC 符号化パラメータは、符号化データのためにその代わりに選択され得る。従って、コントローラは、不揮

10

20

30

40

50

発性メモリアレイの質の変化（例えば、質の劣化）に応じて、それぞれ、サークルC 2、C 3およびC 4でユニットデータにつき0.941の符号レートから0.926、0.882および0.853の符号レートまでパリティの量を段階的に増加させることができる。

【0029】

（適応符号短縮）

本発明の一部の実施形態は、適応符号短縮を使って、必ずしも定義済み符号長とマッチしないページサイズを、メモリアレイに適応することができる。図4A - 4Cは、本発明の一実施形態例に従ってパディングされたユーザデータおよび短縮している適応符号で使用するパリティデータを例示している略図である。図4A - 4Cは、特にメモリに不揮発性メモリアレイに対してメモリページサイズとマッチする符号語長を適応させるために、符号短縮がどのように使用され得るかについて、説明する。好都合に、符号短縮は、メモリページサイズが複数の定義済み符号語長のいかなる符号語長にも等しくないメモリページフォーマットをサポートするために、コントローラ130および/またはコーダモジュール132を有効にすることができる。例えば、コントローラ130および/またはコーダモジュール132が2176および2304バイトに等しい定義済みLDPC符号語長をサポートする場合、コントローラ130および/またはコーダモジュール132が、2164バイトのメモリページサイズをさらにサポートするように、符号短縮が用いられ得る。さらに、符号短縮は、多大なビット誤り率性能を犠牲にすることのない不揮発性メモリアレイフォーマットに合うような適応符号データにするコントローラ130および/またはコーダモジュール132を可能にする。

【0030】

一実施形態において、符号短縮は、3つの運用からなる。第一に、パディングデータは、符号化されるユーザデータに加えられる。一実施形態においてパディングデータは、定義済み符号長とメモリページサイズ間の差であるために、サイズ指定される。第2に、パディングおよびユーザデータに基づいてパリティデータが生成される。第3に、ユーザデータおよびパリティデータ（合計するとメモリページサイズ）は、メモリページに保存される。パディングデータは、保存されなくて、復号（例えば、ユーザデータおよびパリティデータがあとでメモリページから読み出されるとき）で、ユーザデータに追加される。

【0031】

図4Aは、データユニット400aのパディング410およびユーザデータ420を例示している。ユーザデータ420は、データユニット400aに対してユーザデータの量に対応し、パディング410は符号短縮を容易にするパディングに対応する。パディング410は、全てが0（ゼロ）、全てが1、等々、またはあらゆる周知または定義済みデータパターンのデータセットを含むことができる。前の段落の例に引き続き、不揮発性メモリアレイに対してメモリページサイズが2164バイトである場合、コントローラ130および/またはコーダモジュール132は、例えば、2164バイト以上のサイズを有する最も短いLDPC符号語長など様々な定義済み符号長から選択することができる。この場合、2176バイトの符号長が選択される。コントローラ130および/またはコーダモジュール132は、パディング410が、符号語長（2176）と不揮発性メモリアレイのメモリページサイズ（2164）の差またはパディングデータの2176 - 2164 = 12バイトに等しい長さを有するデータセットを含まなければならないと、決定することができる。データユニット400aのためのLDPC符号化パラメータに応じて、コントローラ130および/またはコーダモジュール132は、ユーザデータ420およびパリティデータを決定および/または生成するための適切なG符号化マトリクスに確保されているバイトの量をさらに決定することができる。

【0032】

図4Bは、一実施形態に従って符号化プロセスを例示しており、実際において、ユーザデータ420は、複合化ユーザデータおよびパディングが、選ばれた定義済み符号長のユーザデータのために確保されているバイトの量を満たすように、パディングされる。その

後、データユニット 4 0 0 b の複合化パディング 4 1 0 およびユーザデータ 4 2 0 用にパリティ 4 3 0 が生成される。前の段落の例に引き続き、適切な G 符号化マトリクスは、パリティ 4 3 0 用の L D P C パリティデータを決定するために利用され得る。上記の通りに、パディング 4 1 0、ユーザデータ 4 2 0 とパリティデータ 4 3 0 間の 2 1 7 6 バイトの実際の配分が変わることがある点に注意する。以下のテーブルにおいて、可能な設定（バイトで表す全サイズ）の一部を例示する：

【表 1】

メモリページサイズ 2164 バイト

設定 C1 (図 3)	符号長 - 2176		
	ユーザデータに確保		パリティに確保
	2048		128
短縮スキーム 付き	パディング (図 4 - 410)	実在のユーザデータ (図 4 - 420)	パリティ (図 4 - 430)
	12	2036	128
メモリページ サイズ	メモリへの 書き込み無し	2164 (2036 + 128)	

10

20

メモリページサイズ 2164 バイト

設定 C3 (図 3)	符号長 - 2176		
	ユーザデータに確保		パリティに確保
	1920		256
短縮スキーム 付き	パディング (図 4 - 410)	実在のユーザデータ (図 4 - 420)	パリティ (図 4 - 430)
	12	1908	256
メモリページ サイズ	メモリへの 書き込み無し	2164 (1908 + 256)	

30

40

【 0 0 3 3 】

図 4 C はデータユニット 4 0 0 c を例示しており、パディング 4 1 0 の取り除かれたデータユニット 4 0 0 b のユーザデータ 4 2 0 およびパリティ 4 3 0 を有する。ユーザデータ 4 2 0 およびパリティ 4 3 0 は、不揮発性メモリアレイ 1 4 0 のメモリページに書き込まれ得、その後、不揮発性メモリアレイ 1 4 0 のメモリページから読むことができる。上の表に示すように、ユーザデータ 4 2 0 およびパリティデータ 4 3 0 の量は不揮発性メモリアレイのメモリページサイズに等しくなり得、パディングデータはページに書き込まれない。ページが後で読み出されるときに、復号の一部として、ページから読まれるユーザデータに戻って、パディングが付加される。このように、任意のページサイズのための符

50

号化は、符号化効率の小さい損失を犠牲にして複数の定義済み符号語長の一つを用いて行える。

【 0 0 3 4 】

図 5 は、本発明の一実施形態に従って適応符号短縮のプロセス 5 0 0 を例示している流れ図である。プロセス 5 0 0 は、コントローラ 1 3 0 および / またはコーダーモジュール 1 3 2 によって実行され得る。好都合に、プロセス 5 0 0 は、コントローラ 1 3 0 および / またはコーダーモジュール 1 3 2 によってサポートされる複数の定義済み符号語長のいかなる符号語長にも等しくないメモリページサイズをサポートするために、コントローラ 1 3 0 および / またはコーダーモジュール 1 3 2 を有効にすることができる。プロセス 5 0 0 は、図 4 A - 4 C に表されるデータユニット 4 0 0 a、4 0 0 b および 4 0 0 c を構成し、管理するために用いられ得る。ブロック 5 0 5 において、プロセス 5 0 0 は、ユーザデータを受け取る。ユーザデータは、例えば不揮発性メモリアレイ 1 4 0 などの不揮発性メモリにユーザデータを書き込むための、書き込み命令と併せてストレージインタフェースモジュール 1 1 2 から受け取られ得る。

10

【 0 0 3 5 】

ブロック 5 1 0 において、プロセス 5 0 0 は、パディングデータでユーザデータをパディングする。パディングデータは、全てが 0 (ゼロ)、全てが 1、あるいは周知または定義済みデータパターンのデータセットを含むことができ、加えて、ブロック 5 1 0 において、プロセス 5 0 0 は、対応する符号化パラメータに依存するデータユニットごとのユーザの量に等しいサイズを有するユニットにユーザデータをさらに分けることができる。例えば、不揮発性メモリアレイが 2 1 6 4 バイトに等しいメモリページサイズを有し、L D P C 符号化パラメータが図 3 のサークル C 3 でのパラメータに対応する場合、ユーザデータは 1 9 0 8 バイトに等しいサイズを有するユニットに分割され得る。

20

【 0 0 3 6 】

ブロック 5 1 5 において、プロセス 5 0 0 は、パディングされたユーザデータに対して符号化パラメータを用いて、パリティデータを決定する。前の段落の例に引き続き、L D P C 符号化パラメータがサークル C 3 でのパラメータに対応する場合、パディングされたユーザデータに対して L D P C パリティデータを決定するために、適切な G 符号化マトリクスが選択され使用され得る。

【 0 0 3 7 】

ブロック 5 2 0 において、プロセス 5 0 0 は、ユーザデータおよびパリティデータを出力する。例えば、プロセス 5 0 0 は、ストレージのためのユーザデータおよびパリティデータを、不揮発性メモリアレイ 1 4 0 の F ページ 1 4 3 の E ページ 1 4 4 に出力することができる。ブロック 5 1 0 および 5 1 5 について示されているパディングは、パディングそれ自体がメモリページに書き込まれ得ないことから、「仮想パディング」として特徴付けることができる。

30

【 0 0 3 8 】

(符号レート調整)

図 6 は、本発明の一実施形態に従って符号レートを調整するプロセス 6 0 0 を例示している流れ図である。プロセス 6 0 0 は、コントローラ 1 3 0 および / またはコーダーモジュール 1 3 2 によって実行され得る。好都合に、プロセス 6 0 0 は、不揮発性メモリアレイのメモリページ、ブロックまたは他の区分が消耗および / または品質の低下を経験するので、不揮発性メモリアレイのメモリページ、ブロックまたは他の区分の符号レート (例えば、ユニットデータごとのパリティの量) を調整するために、コントローラ 1 3 0 および / またはコーダーモジュール 1 3 2 を有効にすることができる。

40

【 0 0 3 9 】

ブロック 6 0 5 において、プロセス 6 0 0 は、メモリページに保存されたユーザデータおよびパリティデータを読み込む。例えば、プロセス 6 0 0 は、ホストシステム 1 1 0 からの読取命令に応答して F ページ 1 4 3 の読み出しを実行することができる。

【 0 0 4 0 】

50

ブロック 6 1 0 において、パリティデータおよび符号化パラメータを用いてユーザデータを復号する際、プロセス 6 0 0 はいくつかのビット誤りを検出する。例えば、プロセス 6 0 0 は、メモリページに対応する保存されたパリティデータおよび L D P C 符号化パラメータを用いてユーザデータを復号する際、いくつかの検出ビット誤りを決定することができる。

【 0 0 4 1 】

ブロック 6 1 5 において、プロセス 6 0 0 は、ビット誤りの数がビット誤り閾値を超えるかどうか、決定する。ビット誤り閾値は、メモリページへの符号化データ用の符号化パラメータに基づいて左右され、変化し得る。例えば、図 3 のサークル C 1 での L D P C 符号化パラメータのためのビット誤り閾値は、サークル C 2 での L D P C 符号化パラメータのためのビット誤り閾値より低くてもよい。プロセス 6 0 0 が、ビット誤りの数がビット誤り閾値を超えないと確定すると、プロセス 6 0 0 は終了する。一方、プロセス 6 0 0 が、ビット誤りの数がビット誤り閾値を超えると確定する場合、プロセス 6 0 0 はブロック 6 2 0 へと移動する。

【 0 0 4 2 】

ブロック 6 2 0 において、プロセス 6 0 0 は、符号化パラメータが符号レートを低下させるように調整され得るかどうか、チェックする。換言すれば、プロセス 6 0 0 は、符号化のためにより多くのパリティデータが使用され得るかどうか決定することができる。一実施形態において、プロセス 6 0 0 は、L D P C 符号語長を不変に保つと共に、L D P C 符号化パラメータが調整され得るかどうか、決定することができる。例えば、E ページ 1 4 4 が図 3 のサークル C 3 での L D P C 符号化パラメータを使用して現在符号化される場合、L D P C 符号化パラメータはサークル C 4 でパラメータに適應させることができる。あるいは、E ページ 1 4 4 が現在サークル C 4 での L D P C 符号化パラメータを用いて符号化され、テーブル 3 0 0 が唯一の利用できる L D P C 符号化パラメータを含む場合、パラメータは低い符号レートにさらに適應させることができない。プロセス 6 0 0 が、符号化パラメータが符号レートを低下させるように調整され得ないと確定する場合、プロセス 6 0 0 は終了する。一方では、プロセス 6 0 0 が、符号化パラメータが符号レートを低下させるように調整され得ると確定する場合、プロセス 6 0 0 はブロック 6 2 5 へと移動する。一実施形態において、符号レートの変化は、ブロックにおけるページが同時に新しい符号レートに切り替えられるブロックレベルで、管理され得る。

【 0 0 4 3 】

ブロック 6 2 5 において、プロセス 6 0 0 は、次の書込み操作に対して符号レートを低下させるために、符号化パラメータを調整し、調整された符号化パラメータを保存する。プロセス 6 0 0 は、調整された符号化パラメータを、不揮発性メモリアレイ 1 4 0、ストレージシステム 1 2 0 の他のメモリモジュールおよび/またはコントローラ 1 3 0 および/またはコーダーモジュール 1 3 2 の内部メモリに、保存することができる。プロセス 6 0 0 は、不揮発性メモリアレイのメモリページ、ブロックまたは他のレベル区分上の L D P C 符号化パラメータの管理を容易にするために、符号レートまたは符号化データ用の L D P C 符号化パラメータの指標を保存することができる。調整された符号化パラメータは、さらに、ホストシステム 1 1 0 から受け取られる次の書き込み命令と関連付けられている符号化ユーザデータに対して使用され得る。

【 0 0 4 4 】

(他の変形例)

当業者は、実施形態によっては、他の手段および方法が用いられることができると、理解している。例えば、本書において開示される符号化技術は、L D P C 符号の他、例えばターボ符号のような他の反復的な符号に適用することができる。加えて、図 3 のテーブル 3 0 0 において開示される符号化パラメータおよび他の値が符号化パラメータと符号語長の関係の中でセットされる例示にもかかわらず、他のまたはさらなる符号化関係が使用され得る。テーブル 3 0 0 は、4 未満および 5 を超える値 (例えば 3 または 6) を有するカラムのウェイト、2 5 6 ビット未満または 5 1 2 を超える値 (例えば 1 2 8 または 1 0 2

10

20

30

40

50

4)を有するPマトリクスサイズ、1未満または2を超える(例えば-1、0、3または4)の値、128バイト以外(例えば64バイト)の対応する粒度(精度)を有する値、および2048より少ないまたは大きい(例えば2176のような)値を有するベース符号長、を含むことができる。さらに、各データユニットにおけるパリティデータの量は、異なる値に設定され得るかまたはストレージ媒体の質に応じて変化され得る。加えて、符号化データに対して符号化パラメータを調整すべきかどうか決定するために、ビット誤りとは異なる良質な評価基準が用いられ得る。そのうえ、実施形態に応じて、上述のステップが取り除かれ、他のものが加えられ得ることを確信している。したがって、現在の開示の範囲は、添付の請求の範囲の参照によってのみ定められることを意図する。

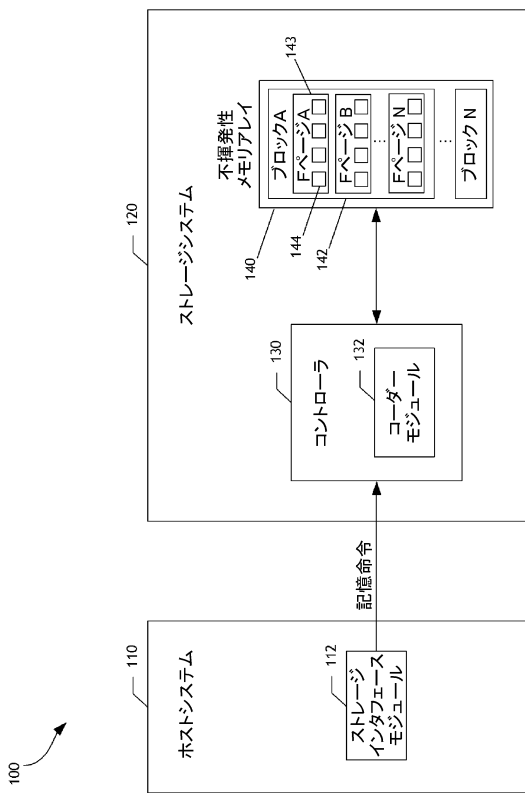
【0045】

特定の実施形態が記載されると共に、これらの実施形態は、ほんの一例として示され、保護の範囲を制限することを意図しない。実際、本書において記載されている新規な方法およびシステムは、様々な他の形で具体化され得る。さらにまた、本書において記載されている方法およびシステムの形の様々な省略、置換えおよび変更は、保護の趣旨を逸脱しない範囲でなされることが可能である。添付の請求の範囲およびそれらの等価物は、保護の範囲および趣旨に入るような形または修正をカバーすることを意図する。例えば、本書において開示されるシステム及び方法は、ハードディスクドライブ、ハイブリッドハードドライブおよび同類のものに適用され得る。加えて、ストレージの他の形(例えば、DRAMまたはSRAM、バッテリーバックアップされた揮発性のDRAMまたはSRAMデバイス、EPROM、EEPROMのメモリ等々)が、さらに、または、代わりに用いられ得る。別の例として、図に例示した各種コンポーネントは、プロセッサ、ASIC/FPGAまたは専用ハードウェア上のソフトウェアおよび/またはファームウェアとして実施され得る。また、上記開示される特定の実施形態の特徴および属性は、付加的な実施形態を形成する異なる手段に組み込まれ得、その全ては現在の開示の範囲内になる。現在の開示が特定の好ましい実施形態および適用を提供するにもかかわらず、本書において記載される特徴および効果の全てを提供するというわけではない実施形態を含んで、当業者にとって明らかである他の実施形態はこの開示の範囲内でもある。したがって、現在の開示の範囲は、添付の請求の範囲を参照することでのみ定められることを意図する。

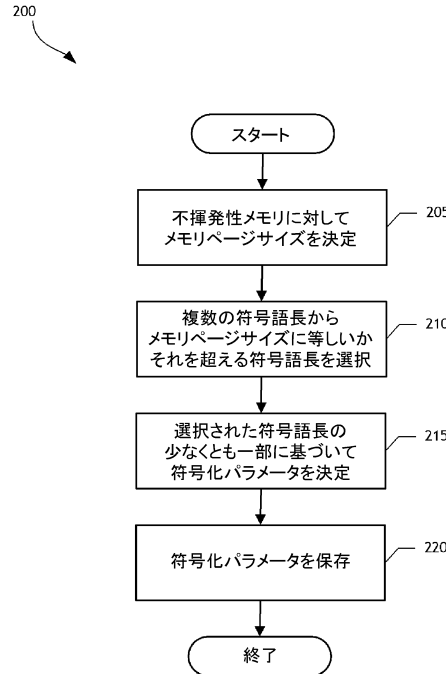
10

20

【図 1】



【図 2】

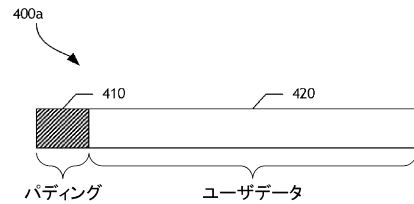


【図 3】

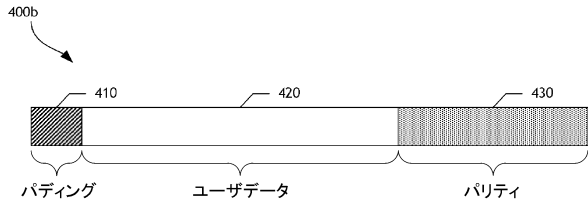
300

符号長 = 2048 + 128 × Δ (バイト)				Δ = 1		Δ = 2	
Pマトリクスサイズ (ビット)	Pマトリクスサイズ (バイト)	Pマトリクスサイズ (ワード)	Pマトリクスサイズ (ブロック)	符号長 (バイト)	ユーザデータ (バイト)	符号率	ユーザデータ (ワード)
4	256	512	512	(C1) 68	2176	0.941	34
				(C2) 72	2304	0.944	36
				(C3) 76	2432	0.947	38
				(C4) 80	2560	0.950	40
5	512	1024	1024	(C5) 104	2944	0.976	47
				(C6) 108	3072	0.979	49
				(C7) 112	3200	0.982	51
				(C8) 116	3328	0.985	53

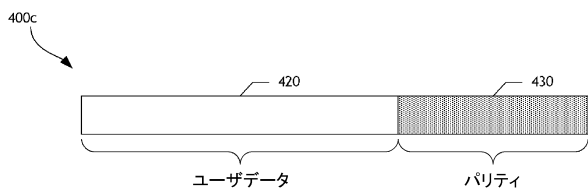
【図 4 A】



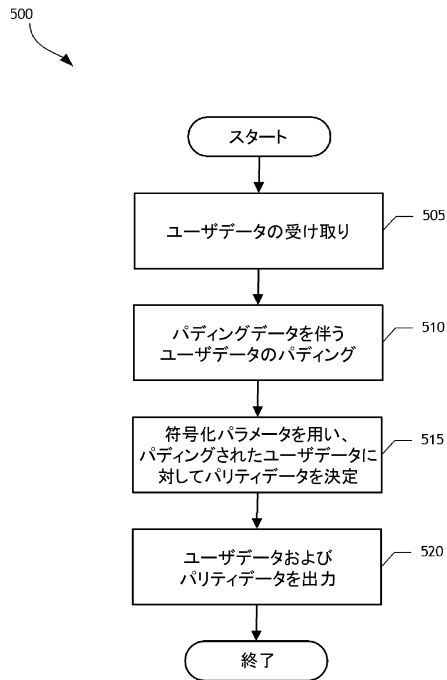
【図 4 B】



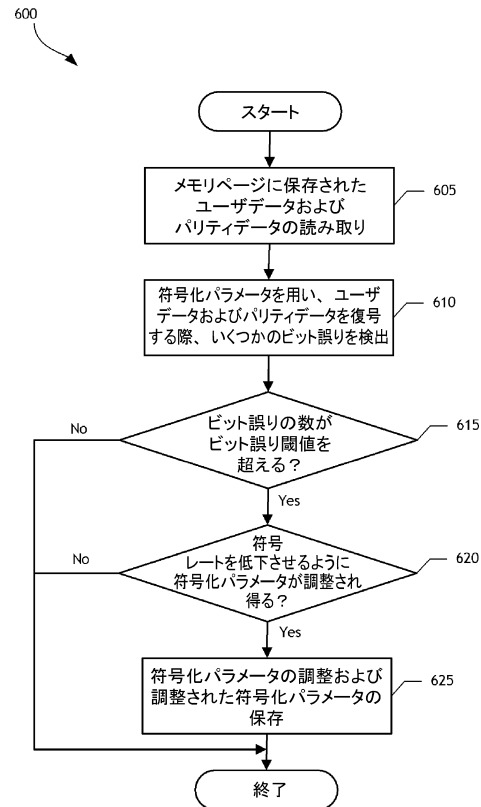
【図 4 C】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 ルー グアンミン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92612 アーバイン ミッチェルソン ドライブ 33
55 スイート 100 ウェスタン デジタル テクノロジーズ インコーポレイテッド内

審査官 大野 友輝

(56)参考文献 米国特許出願公開第2010/0251068(US, A1)

米国特許出願公開第2012/0079351(US, A1)

米国特許出願公開第2011/0283164(US, A1)

中国特許出願公開第102005250(CN, A)

国際公開第2012/058328(WO, A1)

米国特許出願公開第2005/0160218(US, A1)

特開2004-326867(JP, A)

米国特許出願公開第2011/0231737(US, A1)

米国特許出願公開第2010/0315874(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03M 13/19

G06F 12/16