

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6123821号  
(P6123821)

(45) 発行日 平成29年5月10日 (2017.5.10)

(24) 登録日 平成29年4月14日 (2017.4.14)

(51) Int. Cl.

F I

G 1 1 B 7/005 (2006.01)  
 G 1 1 B 7/135 (2012.01)  
 G 1 1 B 20/10 (2006.01)  
 G 1 1 B 20/18 (2006.01)

G 1 1 B 7/005 B  
 G 1 1 B 7/135  
 G 1 1 B 20/10 3 2 1 A  
 G 1 1 B 20/18 5 7 O F  
 G 1 1 B 20/18 5 3 4 A

請求項の数 11 (全 47 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-25666 (P2015-25666)  
 (22) 出願日 平成27年2月12日 (2015.2.12)  
 (65) 公開番号 特開2016-149172 (P2016-149172A)  
 (43) 公開日 平成28年8月18日 (2016.8.18)  
 審査請求日 平成28年12月29日 (2016.12.29)

(73) 特許権者 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都港区港南1丁目7番1号  
 (74) 代理人 100082762  
 弁理士 杉浦 正知  
 (74) 代理人 100123973  
 弁理士 杉浦 拓真  
 (72) 発明者 西 紀彰  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株  
 式会社内  
 (72) 発明者 齊藤 公博  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株  
 式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光媒体再生装置及び光媒体再生方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数トラックが形成される光媒体を光学的に再生する光媒体再生装置であって、

レーザ光を出射する光源と、レーザ光を前記光媒体上に照射する対物レンズと、

光媒体からの戻り光ビームが入射され、タンジェンシャル方向およびラジアル方向に延  
 びる分割線によって空間光学的に線密度方向及びトラック密度方向に帯域の異なる複数の  
 信号を含む複数の領域に分割する光学フィルタと、

前記光学フィルタによって形成される複数の第1の信号を演算して複数のチャンネルの  
 第2の信号を形成する演算部と、

前記第2の信号がそれぞれ入力され、前記第2の信号を処理して再生信号を得る電気フ  
 ィルタとを備え、

前記電気フィルタは、前記光学フィルタによって分離されたそれぞれの領域に対応して  
 生成される複数の信号に対して、それぞれ振幅及び/または位相の周波数特性が異なるフ  
 ィルタ特性となされている、光媒体再生装置。

【請求項 2】

前記第1の信号の数と、前記第2の信号の数とが等しいものである請求項1に記載の光  
 媒体再生装置。

【請求項 3】

前記光学フィルタは、前記戻り光ビームの光束をタンジェンシャル方向及びラジアル方

向に位置の異なる複数の領域に分割し、前記複数の領域にそれぞれ入射した光量に応じた複数の検出信号を、前記第 1 の信号とする請求項 1 に記載の光媒体再生装置。

【請求項 4】

前記演算部は、前記タンジェンシャル方向に位置の異なる複数の領域の前記検出信号を加算及び減算して、前記第 2 の信号を形成する請求項 3 に記載の光媒体再生装置。

【請求項 5】

前記演算部は、前記ラジアル方向に位置の異なる複数の領域の前記検出信号を加算または減算して、前記第 2 の信号を形成する請求項 3 に記載の光媒体再生装置。

【請求項 6】

前記演算部は、前記タンジェンシャル方向に位置の異なる複数の領域の検出信号と、前記ラジアル方向に位置の異なる複数の領域の検出信号との一方を他方に対して加算または減算して、前記第 2 の信号を形成する請求項 3 に記載の光媒体再生装置。

10

【請求項 7】

前記電気フィルタは、前記複数のチャンネルの信号がそれぞれ供給される複数のイコライザユニットを有し、複数の前記イコライザユニットの出力を演算して等化信号として出力する多入力イコライザ部と、

前記等化信号について 2 値化処理を行って 2 値データを得る 2 値化部とを備える請求項 1 に記載の光媒体再生装置。

【請求項 8】

前記多入力イコライザ部が多入力適応イコライザ部の構成とされ、

20

前記 2 値化部の 2 値検出結果に基づいて得られる等化目標信号と、前記多入力適応イコライザ部から出力される等化信号とから等化誤差を求め、該等化誤差を、前記適応イコライザユニットに適応等化のための制御信号として供給する等化誤差演算部と

を有する請求項 7 に記載の光媒体再生装置。

【請求項 9】

前記多入力適応イコライザ部は、出力信号についてパーシャルレスポンス等化処理を行い、

前記 2 値化部は、前記多入力適応イコライザ部の等化信号についての 2 値化処理として最尤復号処理を行い、

前記等化誤差演算部は、前記最尤復号による 2 値検出結果の畳込処理で得られる等化目標信号と、前記多入力適応イコライザ部から出力される等化信号とを用いた演算により等化誤差を求める請求項 8 に記載の光媒体再生装置。

30

【請求項 10】

前記光媒体は、ランド及びグループが交互に形成されており、

前記ランド及び前記グループの両方に情報を記録された光媒体を再生する請求項 1 に記載の光媒体再生装置。

【請求項 11】

複数のトラックが形成される光媒体を光学的に再生する光媒体再生方法であって、

光源からのレーザ光を対物レンズによって前記光媒体上に照射するステップと、

光学フィルタによって、入射された光媒体からの戻り光ビームをタンジェンシャル方向およびラジアル方向に延びる分割線によって空間光学的に線密度方向及びトラック密度方向に帯域の異なる複数の信号を含む複数の領域に分割するステップと、

40

演算部によって、前記光学フィルタによって形成される複数の第 1 の信号を演算して複数のチャンネルの第 2 の信号を形成し、

電気フィルタによって、入力される前記第 2 の信号を処理して、再生信号を得るステップとを有し、

前記電気フィルタは、前記光学フィルタによって分離されたそれぞれの領域に対応して生成される複数の信号に対して、それぞれ振幅及び / または位相の周波数特性が異なるフィルタ特性となされている、光媒体再生方法。

【発明の詳細な説明】

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本開示は、光ディスク等の光媒体を再生する光媒体再生装置及び光媒体再生方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

光ディスクの高密度化をはかる方法として、チャンネルビット長、すなわち、マーク長を短くし、線密度方向に高密度化をはかる方法と、もうひとつはトラックピッチを狭くする方法とがある。しかしながら、線密度方向に高密度化をはかると、符号間干渉が増大する問題が発生する。また、トラックピッチを狭くすると、隣接トラックからの情報の漏れ込み（隣接トラッククロストーク）が増大する。隣接トラッククロストーク（以下、単にクロストークと適宜称する）を低減するための方法が提案されている。

10

## 【0003】

例えば特許文献1には、再生対象のトラックと、その両側のトラックとのそれぞれの再生信号を適応イコライザユニットに供給し、適応イコライザユニットのタップ係数を制御することによって、クロストークを打ち消すことが記載されている。

## 【0004】

さらに、特許文献2及び特許文献3には、光記録媒体からの反射光をトラック幅方向に空間的に3分割し、3分割された光をそれぞれ検出し、検出信号を定数倍（重み付け）をして加算演算することによって、クロストークの影響を小さくすることが記載されている。また、特許文献2には、さらにビーム進行方向にも重み付けをすることで小さい記録マークの再生信号を強調して再生することができることがアイデアとして示唆されている。

20

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献1】特開2012-079385号公報

【特許文献2】特開平8-249664号公報

【特許文献3】特開平5-242512号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

30

## 【0006】

特許文献1に記載のものは、再生対象のトラックと両側のトラックを同時に読み取るために、3個のビームを必要とする。3個のビームにより読み取られる再生信号の位相を合わせることが必要であった。1ビームが3個のトラックを順次再生し、再生信号を同時化することも可能である。同時化するためのメモリが必要となる。したがって、特許文献1に記載のものは、光ピックアップの構成が複雑となったり、位相合わせが複雑となったり、回路規模が大きくなる問題があった。さらに、特許文献1に記載のものは、線密度方向に高密度化をはかることについては、言及されていない。

## 【0007】

また、特許文献2及び特許文献3に記載のものは、領域を分割し、一部の領域に定数倍（重み付け）をして加算することによってクロストークをキャンセルしようとするものである。しかしながら、いずれも本開示にあるようなディフェクトに対する対策を適応等化の前に行うことに関しては記載されていない。また、パーシャルレスポンス最尤復号処理（PRML検出方式：PartialResponseMaximumLikelihood検出方式）を用いる系での最適な構成や、分割パターンを適応的に変化させてより良好な再生を行うことについては、記載されていない。

40

## 【0008】

本願出願人は、先に、「適応型電気光学多機能フィルタ（AERO (Adaptive Electro Optical) multi function filter)」を提案している。この技術は、特許文献1乃至3と比較して信号特性を良好とすることができるものである。さらに、かかる技術において、適

50

応イコライザによる処理を行う上で、なるべくディフェクト等の外乱の少ない信号が望ましい。

【 0 0 0 9 】

したがって、本開示の目的は、複数の領域間の信号を演算することによって、ディフェクト等の外乱の影響を抑えることができる光媒体再生装置及び光媒体再生方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本開示は、複数トラックが形成される光媒体を光学的に再生する光媒体再生装置であって、

レーザ光を出射する光源と、

レーザ光を光媒体上に照射する対物レンズと、

光媒体からの戻り光ビームが入射され、タンジェンシャル方向およびラジアル方向に延びる分割線によって空間光学的に線密度方向及びトラック密度方向に帯域の異なる複数の信号を含む複数の領域に分割する光学フィルタと、

光学フィルタによって形成される複数の第 1 の信号を演算して複数のチャンネルの第 2 の信号を形成する演算部と、

第 2 の信号がそれぞれ入力され、第 2 の信号を処理して再生信号を得る電気フィルタとを備え、

電気フィルタは、光学フィルタによって分離されたそれぞれの領域に対応して生成される複数の信号に対して、それぞれ振幅及び / または位相の周波数特性が異なるフィルタ特性となされている、光媒体再生装置である。

【 0 0 1 1 】

本開示は、複数トラックが形成される光媒体を光学的に再生する光媒体再生方法であって、

光源からのレーザ光を対物レンズによって光媒体上に照射するステップと、

光学フィルタによって、入射された光媒体からの戻り光ビームをタンジェンシャル方向およびラジアル方向に延びる分割線によって空間光学的に線密度方向及びトラック密度方向に帯域の異なる複数の信号を含む複数の領域に分割するステップと、

演算部によって、光学フィルタによって形成される複数の第 1 の信号を演算して複数のチャンネルの第 2 の信号を形成し、

電気フィルタによって、入力される第 2 の信号を処理して、再生信号を得るステップとを有し、

電気フィルタは、光学フィルタによって分離されたそれぞれの領域に対応して生成される複数の信号に対して、それぞれ振幅及び / または位相の周波数特性が異なるフィルタ特性となされている、光媒体再生方法である。

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

少なくとも一つの実施形態によれば、ディフェクト等の外乱の多いディスクを再生する場合に、領域間の差をとる演算を行うことによって、エラーレートを低くすることができる。なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であっても良い。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】本開示の一実施の形態による光ディスク装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】本開示の一実施の形態における光ピックアップの構成を示す略線図である。

【図 3】一実施の形態におけるデータ検出処理部の一例のブロック図である。

【図 4】データ検出処理部における多入力適応イコライザの一例のブロック図である。

【図 5】適応イコライザユニットの一例のブロック図である。

【図 6】等化誤差演算器の一例のブロック図である。

- 【図 7】再生するための構成の一例のブロック図である。
- 【図 8】領域分割のパターンの複数の例を説明するための略線図である。
- 【図 9】線密度とe-MLSEとの関係を表すグラフである。
- 【図 10】線密度とe-MLSEとの関係を表すグラフである。
- 【図 11】線密度とe-MLSEとの関係を表すグラフである。
- 【図 12】タップ係数及びそれに対応する電気フィルタとしての周波数振幅特性を示すグラフである。
- 【図 13】周波数振幅特性を表すグラフである。
- 【図 14】タップ係数及び周波數位相特性を表すグラフである。
- 【図 15】周波数振幅特性を表すグラフである。 10
- 【図 16】タップ係数及び周波數位相特性を表すグラフである。
- 【図 17】線密度とe-MLSEとの関係を表すグラフである。
- 【図 18】光ディスクの再生信号の説明のための略線図である。
- 【図 19】線密度とe-MLSEとの関係を表すグラフである。
- 【図 20】線密度とe-MLSEとの関係を表すグラフである。
- 【図 21】線密度とe-MLSEとの関係を表すグラフ及び分割パターン I V T 4 の略線図である。
- 【図 22】線密度とe-MLSEとの関係を表すグラフ及び分割パターン I V T 4 H の略線図である。
- 【図 23】適応等化目標の周波数特性を示すグラフである。 20
- 【図 24】領域分割のパターンの複数の例を説明するための略線図である。
- 【図 25】タップ係数の例を示す略線図である。
- 【図 26】 $PR - TL(4T)$ とe-MLSEとの関係を表すグラフである。
- 【図 27】 $PR - TL(4T)$ とe-MLSEとの関係を表すグラフである。
- 【図 28】 $PR - TL(4T)$ とe-MLSEとの関係を表すグラフである。
- 【図 29】最適な  $PR - TL(4T)$ と線密度の関係を表すグラフである。
- 【図 30】最適な  $PR$  クラスを選択した場合の線密度とe-MLSE及びi-MLSEの関係を表すグラフである。
- 【図 31】 $PR - TL(4T)$ とe-MLSEとの関係を表すグラフである。
- 【図 32】分割パターンの一例の詳細を示す略線図である。 30
- 【図 33】経過チャンネルビット長とe-MLSEとの関係を示すグラフである。
- 【図 34】経過チャンネルビット長とe-MLSEとの関係を示すグラフである。
- 【図 35】パターン I V N S T 6 のより詳細な説明のための略線図である。
- 【図 36】和差演算を行う場合の説明のためのグラフである。
- 【図 37】エラーレートの測定例のグラフである。
- 【図 38】エラーレートの測定例のグラフである。
- 【図 39】エラーレートの測定例のグラフである。
- 【図 40】エラーレートの測定例のグラフである。
- 【図 41】パターン V H T 4 の説明のための略線図である。
- 【図 42】領域間演算の第 1 の例の係数とe-MLSEとの関係を示すグラフである。 40
- 【図 43】領域間演算の第 2 の例の係数とe-MLSEとの関係を示すグラフである。
- 【図 44】領域間演算の第 3 の例の係数とe-MLSEとの関係を示すグラフである。
- 【発明を実施するための形態】

#### 【0014】

以下に説明する実施の形態は、本開示の好適な具体例であり、技術的に好ましい種々の限定が付されている。しかしながら、本開示の範囲は、以下の説明において、特に本開示を限定する旨の記載がない限り、これらの実施の形態に限定されないものとする。本開示の実施の形態の説明の前に、本開示に関連する「適応型電気光学多機能フィルタ (AERO (Adaptive Electro Optical) multi function filter)」について説明する。

#### 【0015】

10

20

30

40

50

# 「光ディスク装置」

本開示を適用することができる光ディスク装置は、図1に示すように、光記録媒体としての光ディスク100に対して情報の記録再生を行う光ピックアップ101と、光ディスク100を回転させるスピンドルモータ102とを備える。光ピックアップ101を光ディスク100の径方向に移動させるために、スレッド（送りモータ）103が設けられている。

## 【0016】

光ディスク100としては、BD（Blu-ray（登録商標）Disc）等の高密度光ディスクを使用できる。BDは、片面単層で約25GB（ギガバイト）、片面2層で約50GBの記録容量を有する高密度光ディスクである。BD規格では、ビームスポット径を小とするために、光源波長を405nmとし、対物レンズの開口数NA（Numerical Aperture）を0.85と大きくしている。CD規格では、光源波長：780nm、NA：0.45、スポット径：2.11μmであり、DVD規格では、光源波長：650nm、NA：0.6、スポット径：1.32μmである。BD規格では、スポット径を0.58μmまで絞ることができる。

## 【0017】

さらに、近年、BD（Blu-ray（登録商標）Disc）に対し、チャンネルビット長すなわちマーク長を短くし、線密度方向に高密度化をはかり、3層で100GB及び4層で128GBの大容量化を実現したBDXL（登録商標）が実用化されている。

## 【0018】

これに加え、さらなる記録容量の増大のためには、グルーブトラック及びランドトラックの両方にデータを記録する方法（ランド／グルーブ記録方式と適宜称する）を採用する光ディスクが望ましい。なお、溝のことをグルーブと称し、グルーブにより形成されるトラックをグルーブトラックと称する。グルーブは、光ディスクを製造する時に、レーザ光によって照射される部分と定義され、隣接するグルーブ間に挟まれるエリアをランドと称し、ランドにより形成されるトラックをランドトラックと称する。さらに、複数の情報記録層が積層された多層光ディスクであれば、より記録容量を増加できる。このような大容量化を実現するためには、DVD-RAMのように溝による±1次回折光が重なる程度の広めなトラックピッチでかつ溝深さを1/6程度と深くすることによって光学的に隣接トラック間のクロストークを低減するのではなく、溝による±1次回折光が重ならない狭いトラックピッチでかつ、本開示のように多層光ディスク構造でも他層に溝構造による悪影響を及ぼさないような、BDと同等以下の浅溝構造でも隣接トラック間のクロストークが低減可能な構成が望ましい。

## 【0019】

このような高密度記録可能な光ディスク100が光ディスク装置に装填されると、記録／再生時においてスピンドルモータ102によって一定線速度（CLV）又は一定角速度（CAV）で回転駆動される。再生時には、光ピックアップ（光学ヘッド）101によって光ディスク100上のトラックに記録されたマーク情報の読出が行われる。光ディスク100に対してのデータ記録時には、光ピックアップ101によって光ディスク100上のトラックに、ユーザーデータがフェイズチェンジマークもしくは色素変化マークとして記録される。

## 【0020】

記録可能型ディスクの場合、ウォブリンググルーブによって形成されるトラック上にはフェイズチェンジマークによるレコーディングマークが記録されるが、フェイズチェンジマークはRL（1，7）PP変調方式（RL；Run Length Limited、PP：Parity preserve/Prohibit rmtr(repeated minimum transition runlength)）等により、1層あたり23.3GBのBDの場合で線密度0.12μm/bit、0.08μm/channel bitで記録される。同様に、25GB/層のBDの場合、0.0745μm/channel bit、32GB/層のBDXL（登録商標）の場合、0.05826μm/channel bit、33.4GB/層のBDXL（登録商標）の場合、0.05587μm/channel bitというように、ディスク種別に応じてチャネル

ルビット長に対応した密度での記録が行われる。チャネルクロック周期を「 $T$ 」とすると、マーク長は $2T$ から $8T$ となる。再生専用ディスクの場合、グループは形成されないが、同様に $RLL(1,7)PP$ 変調方式で変調されたデータがエンボスピット列として記録されている。

#### 【0021】

光ディスク100の内周エリア等には、再生専用の管理情報として例えばディスクの物理情報等がエンボスピット又はウォブリンググループによって記録される。これらの情報の読出も光ピックアップ101により行われる。さらに、光ピックアップ101によって光ディスク100上のグルーボトラックのウォブリングとして埋め込まれたADIP情報の読み出しもおこなわれる。

10

#### 【0022】

光ピックアップ101内には、レーザ光源となるレーザダイオード、反射光を空間光学的に線密度方向（タンジェンシャル方向）及びトラック密度方向（ラジアル方向）に帯域の異なる複数の信号に分離するための光学フィルタ、光学フィルタによって分離した複数の信号を検出するためのフォトディテクタ、レーザ光の出力端となる対物レンズ、対物レンズを介してディスク記録面にレーザ光を照射し、またその反射光をフォトディテクタに導く光学系等が構成される。光ピックアップ101内において対物レンズは二軸機構によってトラッキング方向及びフォーカス方向に移動可能に保持されている。光ピックアップ101全体はスレッド機構103によりディスク半径方向に移動可能とされている。光ピックアップ101のレーザダイオードに対して、レーザドライバ113からの駆動電流が供給され、レーザダイオードがレーザを発生する。

20

#### 【0023】

光ディスク100からの反射光がフォトディテクタによって検出され、受光光量に応じた電気信号とされてマトリクス回路104に供給される。マトリクス回路104には、フォトディテクタとしての複数の受光素子からの出力電流に対応して電流電圧変換回路、マトリクス演算／増幅回路等を備え、マトリクス演算処理により必要な信号を生成する。信号伝送品質を考慮し、電流電圧変換回路及びマトリクス演算／増幅回路の一部をフォトディテクタ素子内に形成するようにしてもよい。例えば再生データに相当する再生情報信号（RF信号）、サーボ制御のためのフォーカスエラー信号、トラッキングエラー信号などを生成する。さらに、グループのウォブリングに係る信号、すなわち、ウォブリングを検出する信号としてプッシュプル信号を生成する。

30

#### 【0024】

マトリクス回路104から出力される再生情報信号はデータ検出処理部105へ供給され、フォーカスエラー信号及びトラッキングエラー信号は光学ブロックサーボ回路111へ供給され、プッシュプル信号はウォブル信号処理回路106へ供給される。

#### 【0025】

データ検出処理部105は、再生情報信号の2値化処理を行う。例えばデータ検出処理部105では、RF信号のA/D変換処理、PLLによる再生クロック生成処理、PR（Partial Response）等化処理、ビタビ復号（最尤復号）等を行い、パーシャルレスポンス最尤復号処理（PRML検出方式：Partial Response Maximum Likelihood検出方式）により、2値データ列を得るようになされる。データ検出処理部105は、光ディスク100から読み出した情報としての2値データ列を、後段のエンコード／デコード部107に対して供給する。

40

#### 【0026】

エンコード／デコード部107は、再生時における再生データの復調と、記録時における記録データの変調処理を行う。すなわち、再生時にはデータ復調、デインターリーブ、ECCデコード、アドレスデコード等を行い、記録時には、ECCエンコード、インターリーブ、データ変調等を行う。

#### 【0027】

再生時においては、データ検出処理部105で復号された2値データ列がエンコード／

50

デコード部 107 に供給される。エンコード/デコード部 107 では、2 値データ列に対する復調処理を行い、光ディスク 100 からの再生データを得る。すなわち、例えば RLL (1, 7) PP 変調等のランレングスリミテッドコード変調が施されて光ディスク 100 に記録されたデータに対しての復調処理と、エラー訂正を行う ECC デコード処理を行って、光ディスク 100 からの再生データを得る。

【0028】

エンコード/デコード部 107 で再生データにまでデコードされたデータは、ホストインターフェース 108 に転送され、システムコントローラ 110 の指示に基づいてホスト機器 200 に転送される。ホスト機器 200 とは、例えばコンピュータ装置や AV (Audio-Visual) システム機器などである。

10

【0029】

光ディスク 100 に対する記録/再生時には、ADIP 情報の処理が行われる。すなわち、グループのウォプリングに係る信号としてマトリクス回路 104 から出力されるプッシュプル信号は、ウォブル信号処理回路 106 においてデジタル化されたウォブルデータとされる。PLL 処理によりプッシュプル信号に同期したクロックが生成される。ウォブルデータは、ADIP 復調処理部 116 で、ADIP アドレスを構成するデータストリームに復調されてアドレスデコーダ 109 に供給される。アドレスデコーダ 109 は、供給されるデータについてのデコードを行い、アドレス値を得て、システムコントローラ 110 に供給する。

【0030】

20

記録時には、ホスト機器 200 から記録データが転送されてくるが、その記録データはホストインターフェース 108 を介してエンコード/デコード部 107 に供給される。エンコード/デコード部 107 は、記録データのエンコード処理として、エラー訂正コード付加 (ECC エンコード) やインターリーブ、サブコードの付加等を行う。これらの処理を施したデータに対して、RLL (1 - 7) PP 方式等のランレングスリミテッドコード変調を施す。

【0031】

エンコード/デコード部 107 で処理された記録データは、ライトストラテジ部 114 に供給される。ライトストラテジ部 114 では、記録補償処理として、記録層の特性、レーザ光のスポット形状、記録線速度等に対するレーザ駆動パルス波形調整を行う。そして、レーザ駆動パルスをレーザドライバ 113 に出力する。

30

【0032】

レーザドライバ 113 は、記録補償処理したレーザ駆動パルスに基づいて、光ピックアップ 101 内のレーザダイオードに電流を流し、レーザ発光を行う。これにより光ディスク 100 に、記録データに応じたマークが形成されることになる。

【0033】

光学ブロックサーボ回路 111 は、マトリクス回路 104 からのフォーカスエラー信号、トラッキングエラー信号から、フォーカス、トラッキング、スレッドの各種サーボドライブ信号を生成しサーボ動作を実行させる。すなわち、フォーカスエラー信号、トラッキングエラー信号に応じてフォーカスドライブ信号、トラッキングドライブ信号を生成し、ドライバ 118 により光ピックアップ 101 内の二軸機構のフォーカスコイル、トラッキングコイルを駆動することになる。これによって、光ピックアップ 101、マトリクス回路 104、光学ブロックサーボ回路 111、ドライバ 118、二軸機構によるトラッキングサーボループ及びフォーカスサーボループが形成される。

40

【0034】

さらに、光学ブロックサーボ回路 111 は、システムコントローラ 110 からのトラックジャンプ指令に応じて、トラッキングサーボループをオフとし、ジャンプドライブ信号を出力することで、トラックジャンプ動作を実行させる。さらに、光学ブロックサーボ回路 111 は、トラッキングエラー信号の低域成分として得られるスレッドエラー信号や、システムコントローラ 110 からのアクセス実行制御などに基づいてスレッドドライブ信

50



号を生成し、スレッドドライバ 115 によりスレッド機構 103 を駆動する。

【0035】

スピンドルサーボ回路 112 はスピンドルモータ 102 を C L V 回転又は C A V 回転させる制御を行う。スピンドルサーボ回路 112 は、ウォブル信号に対する P L L で生成されるクロックを、現在のスピンドルモータ 102 の回転速度情報として得、これを所定の基準速度情報と比較することで、スピンドルエラー信号を生成する。さらに、データ再生時においては、データ検出処理部 105 内の P L L によって生成される再生クロックが、現在のスピンドルモータ 102 の回転速度情報となるため、これを所定の基準速度情報と比較することでスピンドルエラー信号が生成される。そして、スピンドルサーボ回路 112 は、スピンドルエラー信号に応じて生成したスピンドルドライブ信号を出力し、スピンドルドライバ 117 によりスピンドルモータ 102 の C L V 回転又は C A V 回転を実行させる。

10

【0036】

スピンドルサーボ回路 112 は、システムコントローラ 110 からのスピンドルキック / ブレーキ制御信号に応じてスピンドルドライブ信号を発生させ、スピンドルモータ 102 の起動、停止、加速、減速などの動作も実行させる。

【0037】

以上のようなサーボ系及び記録再生系の各種動作はマイクロコンピュータによって形成されたシステムコントローラ 110 により制御される。システムコントローラ 110 は、ホストインターフェース 108 を介して与えられるホスト機器 200 からのコマンドに応じて各種処理を実行する。例えばホスト機器 200 から書込命令 (ライトコマンド) が出されると、システムコントローラ 110 は、まず書き込むべきアドレスに光ピックアップ 101 を移動させる。そしてエンコード / デコード部 107 により、ホスト機器 200 から転送されてきたデータ (例えばビデオデータやオーディオデータ等) について上述したようにエンコード処理を実行させる。そして、エンコードされたデータに応じてレーザドライバ 113 がレーザ発光を駆動することで記録が実行される。

20

【0038】

さらに、例えばホスト機器 200 から、光ディスク 100 に記録されている或るデータの転送を求めるリードコマンドが供給された場合は、システムコントローラ 110 はまず指示されたアドレスを目的としてシーク動作制御を行う。すなわち、光学ブロックサーボ回路 111 に指令を出し、シークコマンドにより指定されたアドレスをターゲットとする光ピックアップ 101 のアクセス動作を実行させる。その後、その指示されたデータ区間のデータをホスト機器 200 に転送するために必要な動作制御を行う。すなわち、光ディスク 100 からのデータ読出を行い、データ検出処理部 105、エンコード / デコード部 107 における再生処理を実行させ、要求されたデータを転送する。

30

【0039】

なお、図 1 の例は、ホスト機器 200 に接続される光ディスク装置として説明したが、光ディスク装置としては他の機器に接続されない形態もあり得る。その場合は、操作部や表示部が設けられたり、データ入出力のインターフェース部位の構成が、図 1 とは異なるものとなる。つまり、ユーザーの操作に応じて記録や再生が行われると共に、各種データの入出力のための端子部が形成されればよい。もちろん光ディスク装置の構成例としては他にも多様に考えられる。

40

【0040】

「光ピックアップ」

次に、上述した光ディスク装置に用いられる光ピックアップ 101 について、図 2 を用いて説明する。光ピックアップ 101 は、例えば波長 が 405 nm のレーザ光 (ビーム) を用いて、光ディスク 100 に情報を記録し、光ディスク 100 から情報を再生する。レーザ光は、半導体レーザ ( L D : Laser Diode) 1 から出射される。

【0041】

レーザ光がコリメータレンズ 2 と、偏光ビームスプリッタ ( P B S : Polarizing Beam

50

Splitter) 3 と、対物レンズ 4 とを通過して光ディスク 100 上に照射される。偏光ビームスプリッタ 3 は、例えば P 偏光を略々 100% 透過させ、S 偏光を略々 100% 反射する分離面を有する。光ディスク 100 の記録層からの反射光は同じ光路を戻り、偏光ビームスプリッタ 3 へと入射する。図示しない / 4 素子を介在させることによって、入射したレーザ光は偏光ビームスプリッタ 3 で略 100% 反射される。

#### 【0042】

偏光ビームスプリッタ 3 で反射されたレーザ光は、光学フィルタ 7 で光ディスク 100 のラジアル方向（ディスク径方向）及びタンジェンシャル方向（トラック方向）に延びる分割線によって空間光学的に線密度方向及びトラック密度方向に帯域の異なる信号を含む複数の領域に分割され、レンズ 5 を介してフォトディテクタ 6 の受光面に集光される。例えば後述するパターン I V T 4（図 8 A 参照）のように、光学フィルタ 7 の領域が分割されている。フォトディテクタ 6 は、受光面上に、入射した光を光電変換する受光セルを有する。受光セルは、光学フィルタ 7 によって複数の領域に分割された光をそれぞれ受光するように配置されている。フォトディテクタ 6 は、受光セルの各領域の受光量に応じて複数チャンネルの電気信号を出力する。

10

#### 【0043】

一例として、光学フィルタ 7 によって光束が空間光学的に線密度方向及びトラック密度方向に帯域の異なる信号を含む 4 つの領域に分割される。4 つの領域のそれぞれの信号が A、C、E 及び F と表記される。なお、領域の表記と、その領域から得られる再生信号とを同一の参照符号にて表す。受光信号がマトリクス回路 104 によって演算されて 4 チャンネルの信号 C h 1 ~ C h 4 が生成され、4 チャンネルの信号 C h 1 ~ C h 4 がデータ検出処理部 105 に入力される。

20

#### 【0044】

なお、図 2 の光ピックアップ 101 の構成は、本開示を説明するための最小限の構成要素を示しており、マトリクス回路 104 を介して光学ブロックサーボ回路 111 に出力されるフォーカスエラー信号、トラッキングエラー信号や、マトリクス回路 104 を介してウォブル信号処理回路 106 に出力されるプッシュプル信号を生成するための信号等は省略されている。その他、図 2 に示す構成以外の種々の構成が可能である。

#### 【0045】

本開示では、光ディスク 100 からの戻りビームの光束の断面を複数の領域に分割して、各領域に対応する複数チャンネルの再生信号を得る。領域毎の再生情報信号を得る方法としては、光学フィルタ 7 によって分割する方法以外にも、フォトディテクタ 6 を分割することによってフォトディテクタに光学フィルタの機能をもたせる方法も使用できる。光学フィルタ 7 によって分割する際には、例えば、対物レンズ 4 を通過し、フォトディテクタ 6 に至る光路中に、複数の領域を分離するための光路変換素子を配置し、光路変換素子によって分離された複数のビームを異なるフォトディテクタに供給する方法を使用することができ、その光路変換素子としては、ホログラフィック光学素子等の回折素子や、マイクロレンズアレイ、マイクロプリズム等の屈折素子等を使用することができる。

30

#### 【0046】

「データ検出処理部」

40

上述したように、光ピックアップ 101 により光ディスク 100 から再生され、各領域に対応する検出信号がマトリクス回路 104 に供給され、演算前の信号数と等しい数の複数チャンネルの信号とされる。データ検出処理部 105 は、図 3 に示すように、マトリクス回路 104 から供給される再生情報信号が供給される A/D コンバータ 11 を有する。なお、図 3 及び図 4 は、例えば光ディスク 100 からの戻りビームの光束の断面を 4 個の領域に分割し、マトリクス回路 104 からは、4 チャンネルの再生信号 C h 1 ~ C h 4 が得られる例である。

#### 【0047】

A/D コンバータ 11 に対するクロックが PLL 12 によって形成される。マトリクス回路 104 から供給される再生信号は、A/D コンバータ 11 でデジタルデータに変換さ

50

れる。マトリクス回路 104 によって生成された 4 チャンネルの再生信号  $C h 1 \sim C h 4$  がデジタル化されたものを再生情報信号を  $S 1 \sim S 4$  と表記する。PLL 12 には、再生情報信号  $S 1 \sim S 4$  を加算回路 17 によって加算した信号が供給される。

【0048】

さらに、データ検出処理部 105 は、多入力適応イコライザ部 13、2 値化検出器 14、PR 畳込器 15、等化誤差演算器 16 を有する。多入力適応イコライザ部 13 は、再生情報信号  $S 1 \sim S 4$  をもとに PR 適応等化処理を行う。すなわち、再生情報信号  $S 1 \sim S 4$  が適応イコライザユニットを介して出力され加算された等化信号  $y 0$  が目標とする PR 波形に近似するように等化される。

【0049】

なお、PLL 12 へ入力する信号として多入力適応イコライザ部の出力を用いても良い。この場合には、多入力適応イコライザの初期係数をあらかじめ定められた値に設定しておく。また、加算回路 17 からの信号を用いる場合でも、単純に再生情報信号  $S 1 \sim S 4$  を加算するのではなく、FIR フィルタ等によって再生情報信号  $S 1 \sim S 4$  の位相及び振幅の周波数特性を変化させた上で加算するような構成としてもよい。その場合も、FIR フィルタのタップ係数をあらかじめ定められた値に設定しておく。

【0050】

2 値化検出器 14 は例えばビタビデコードとされ、PR 等化された等化信号  $y 0$  に対して最尤復号処理を行って 2 値化データ DT を得る。この 2 値化データ DT は、図 1 に示したエンコード/デコード部 107 に供給されて再生データ復調処理が行われることになる。ビタビ復号は、所定の長さの連続ビットを単位として構成される複数のステートと、それらの間の遷移によって表されるブランチで構成されるビタビ検出器が用いられ、全ての可能なビット系列の中から、効率よく所望のビット系列を検出するように構成されている。

【0051】

実際の回路では、各ステートに対してパスメトリックレジスタとよばれるそのステートに至るまでのパシシャルレスポンス系列と信号のパスメトリックを記憶するレジスタ、パスメモリレジスタと呼ばれるそのステートにいたるまでのビット系列の流れを記憶するレジスタの 2 つのレジスタが用意される。さらに、各ブランチに対してはブランチメトリックユニットとよばれるそのビットにおけるパシシャルレスポンス系列と信号のパスメトリックを計算する演算ユニットが用意されている。

【0052】

このビタビ復号器では、さまざまなビット系列を、ステートを通過するパスのひとつによって一対一の関係で対応付けることができる。また、これらのパスを通過するようなパシシャルレスポンス系列と、実際の信号（再生信号）との間のパスメトリックは、上記のパスを構成するステート間遷移、すなわち、ブランチにおける前述のブランチメトリックを順次加算していくことで得られる。

【0053】

さらに、パスメトリックを最小にするようなパスを選択するには、この各ステートにおいて到達する 2 つ以下のブランチが有するパスメトリックの大小を比較しながら、パスメトリックの小さいパスを順次選択することで実現できる。この選択情報をパスメモリレジスタに転送することで、各ステートに到達するパスをビット系列で表現する情報が記憶される。パスメモリレジスタの値は、順次更新されながら最終的にパスメトリックを最小にするようなビット系列に収束していくので、その結果を出力する。

【0054】

PR 畳込器 15 では、下記の式に示すように、2 値化結果の畳み込み処理を行って目標信号  $Z k$  を生成する。この目標信号  $Z k$  は、2 値検出結果を畳み込んだものであるためノイズのない理想信号である。例えば  $PR(1, 2, 2, 2, 1)$  の場合、チャンネルクロック毎の値  $P$  が  $(1, 2, 2, 2, 1)$  となる。拘束長が 5 である。さらに、 $PR(1, 2, 3, 3, 3, 2, 1)$  の場合、チャンネルクロック毎の値  $P$  が  $(1, 2, 3, 3, 3$

10

20

30

40

50

、2、1)となる。拘束長が7である。さらに、PR(1、2、3、4、4、4、3、2、1)の場合、チャンネルクロック毎の値Pが(1、2、3、4、4、4、3、2、1)となる。拘束長が9である。レーザ光の波長 = 405nmで、対物レンズのNA = 0.85にて、トラックピッチを0.32μm一定としたときの容量が35GBを超える程度に記録密度を高くした場合、パーシャルレスポンスの拘束長5から7に長くして検出能力を高くしないと、検出が難しくなり、さらに容量が45GB前後を超える程度に記録密度を高くした場合には拘束長を7から9に長くして検出能力を高くする必要がある。なお、下記の式において、dは、2値化データを表す。

【0055】

【数1】

$$Z_n = \sum_m P_m d_{n-m}$$

$$P = (1, 2, 3, 3, 3, 2, 1)$$

$$P = (1, 2, 2, 2, 1)$$

$$P = (1, 2, 3, 4, 4, 3, 2, 1)$$
(1)

10

【0056】

等化誤差演算器16は、多入力適応イコライザ部13からの等化信号y0と、目標信号Zkから、等化誤差ekを求め、この等化誤差ekを多入力適応イコライザ部13にタップ係数制御のために供給する。図6に示すように、等化誤差演算器16は、減算器26と係数乗算器27とを備える。減算器26は、等化信号y0から目標信号Zkを減算する。この減算結果に対して、係数乗算器27によって所定の係数aを乗算することで等化誤差ekが生成される。

20

【0057】

多入力適応イコライザ部13は、図4に示すように、適応イコライザユニット21、22、23、24及び加算器25を有する。上述した再生情報信号S1～S4が適応イコライザユニット21～24にそれぞれ入力される。マトリクス回路から出力される再生情報信号が4チャンネルの場合の多入力適応イコライザ部13の構成が示されている。入力される信号のチャンネル数に対応して適応イコライザユニットが備えられている。

【0058】

適応イコライザユニット21、22、23、24の各々は、FIR(Finite Impulse Response)フィルタタップ数、その演算精度(ビット分解能)、適応演算の更新ゲインのパラメータを持ち、各々に最適な値が設定されている。適応イコライザユニット21、22、23、24の各々には、適応制御のための係数制御値として等化誤差ekが供給される。

30

【0059】

適応イコライザユニット21、22、23、24の出力y1、y2、y3、y4は、加算器25で加算されて多入力適応イコライザ部13の等化信号y0として出力される。この多入力適応イコライザ部13の出力目標は、2値検出結果をPR(パーシャルレスポンス)に畳みこんだ理想PR波形となっている。

40

【0060】

適応イコライザユニット21は、例えば図5に示すようなFIRフィルタで構成される。適応イコライザユニット21は、遅延素子30-1～30-n、係数乗算器31-0～31-n、加算器34を有するn+1段のタップを有するフィルタとされる。係数乗算器31-0～31-nは、それぞれ各時点の入力xに対してタップ係数C0～Cnの乗算を行う。係数乗算器31-0～31-nの出力が加算器34で加算されて出力y0として取り出される。タップ係数は、予め初期値が設定されている。

【0061】

適応型の等化処理を行うため、タップ係数C0～Cnの制御が行われる。このために、等化誤差ekと、各タップ入力が入力されて演算を行う演算器32-0～32-nが設け

50

られる。また各演算器 32 - 0 ~ 32 - n の出力を積分する積分器 33 - 0 ~ 33 - n が設けられる。演算器 32 - 0 ~ 32 - n のそれぞれでは、例えば  $-1 * e^k * x$  の演算が行われる。この演算器 32 - 0 ~ 32 - n の出力は積分器 33 - 0 ~ 33 - n で積分され、その積分結果により係数乗算器 31 - 0 ~ 31 - n のタップ係数  $C_0 \sim C_n$  が変更制御される。なお、積分器 33 - 0 ~ 33 - n の積分を行うのは、適応係数制御の応答性を調整するためである。

【0062】

以上の構成のデータ検出処理部 105 では、クロストーク等の不要な信号の低減が行われたうえで 2 値化データの復号が行われることになる。

【0063】

適応イコライザユニット 22、23 及び 24 も、適応イコライザユニット 21 と同様の構成を有する。適応イコライザユニット 21、22、23、24 に対して共通の等化誤差  $e_k$  が供給されて適応等化が行われる。すなわち、適応イコライザユニット 21、22、23、24 では、再生情報信号  $S_a$ 、 $S_b$ 、 $S_c$  の入力信号周波数成分の誤差、位相歪みを最適化、すなわち適応 PR 等化をおこなう。すなわち、演算器 32 - 0 ~ 32 - n での  $-1 * e^k * x$  の演算結果に応じてタップ係数  $C_0 \sim C_n$  が調整される。このことは、等化誤差を解消していく方向にタップ係数  $C_0 \sim C_n$  が調整されることである。

【0064】

このように、適応イコライザユニット 21、22、23、24 では、等化誤差  $e_k$  を用いてタップ係数  $C_0 \sim C_n$  が、目標の周波数特性となる方向に適応制御される。適応イコライザユニット 21、22、23、24 の出力  $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$ 、 $y_4$  が加算器 25 で加算されて得られる多入力適応イコライザ部 13 の等化信号  $y_0$  は、クロストークや符号間干渉等が低減された信号となる。

【0065】

「電気光学フィルタ」

光ディスクから再生された信号は、理想信号に対して、線方向の高密度化による符号間干渉の増大、並びにトラック方向の高密度化による隣接トラックからの信号の漏れ込みの増大によって、理想的な信号から大きく乖離したものとなっている。従来では、電気フィルタによってこの問題を解決している。例えば BDXL（登録商標）では、33.4 GB/L が実現されている。

【0066】

本開示による高密度記録された信号を再生する構成は、図 7 に示すものとなる。すなわち、光学フィルタ 131 に再生信号を供給し、光学フィルタ 131 によって、空間光学的に線密度方向（タンジェンシャル方向）及びトラック密度方向（ラジアル方向）に帯域の異なる複数例えば  $n$  個の第 1 の信号  $x_{11}$ 、 $x_{12}$ 、----、 $x_{1n}$  に分離する。分離した  $n$  個の第 1 の信号  $x_{11}$ 、 $x_{12}$ 、----、 $x_{1n}$  が演算部 132 に対して供給される。演算部 132 は、第 1 の信号  $x_{11}$ 、 $x_{12}$ 、----、 $x_{1n}$  を演算して  $n$  個の第 2 の信号  $x_{21}$ 、 $x_{22}$ 、----、 $x_{2n}$  を形成する。この第 2 の信号  $x_{21}$ 、 $x_{22}$ 、----、 $x_{2n}$  が電気フィルタ 133<sub>1</sub> ~ 133<sub>n</sub> に供給される。電気フィルタ 133<sub>1</sub> ~ 133<sub>n</sub> の出力を合算することにより再生信号を得ている。この演算としては、下記に示すものが考えられる。

【数 2】

$$\begin{pmatrix} x_{21} \\ x_{22} \\ \vdots \\ x_{2n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x_{11} \\ x_{12} \\ \vdots \\ x_{1n} \end{pmatrix} \quad (2)$$

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 7 】

光ディスク 1 0 0 で反射された光ビームの光束を受光し、光学フィルタ 7 でラジアル方向及びタンジェンシャル方向にそれぞれ延長する分割線によって、空間光学的に線密度方向及びトラック密度方向に帯域の異なる複数の領域に光束が分割される。この複数の領域にそれぞれ入射した光量に応じた複数の受光信号を使用して複数のチャンネルの再生情報信号を形成し、それぞれ電気フィルタに供給する構成となされる。上述した適応イコライザユニットが電気フィルタに相当する。マトリクス回路 1 0 4 は領域分割した信号光を別々の受光素子で受光したのち、演算することで光学フィルタの一部の機能を担うものである。

## 【 0 0 6 8 】

10

「領域分割のパターンの一例」

最初に本明細書における領域分割のパターンの例について図 8 を参照して説明する。なお、図中の円がビーム光束の断面の外周を示している。正方形は、例えば複数の領域を分離するための、ホログラフィック光学素子等の回折素子や、マイクロレンズアレイ、マイクロプリズム等の屈折素子等からなる光路変換素子すなわち光学フィルタのエリアもしくは検出用のフォトディテクタの受光セルのエリアを表している。なお、領域分割図の上下方向が戻り光束のタンジェンシャル方向、左右方向がラジアル方向にそれぞれ対応している。さらに、図 8 に示す領域分割パターンは、一例であって、図 8 に示す以外のパターンも可能である。例えば分割線は、直線に限らず、円弧のような曲線であっても良い。

## 【 0 0 6 9 】

20

( パターン I V T 4 )

図 8 A に示すパターン I V T 4 は、4 個の領域を有する例である。すなわち、ラジアル方向の外側の領域 A ( = A 1 + A 2 ) と、中央部の領域 C と、タンジェンシャル方向の上部の領域 E ( E 1 + E 2 + E 3 ) と、下部の領域 F ( F 1 + F 2 + F 3 ) とにビームが分割される。各領域と対応する検出信号が得られる。ここで、ラジアル方向の領域分割位置は、瞳半径を 1.0 としたときに、 $\pm 0.5$ 、 $\pm 0.7$  となる位置とした。タンジェンシャル方向の領域分割位置は、瞳半径を 1.0 としたときに、 $\pm 0.45$ 、 $\pm 0.65$  となる位置とした。

## 【 0 0 7 0 】

この I V T 4 の分割パターンに対応した 4 チャンネルの信号を、上記の領域 A , C , E , F にそれぞれ対応した 4 つの受光セルからの出力をもとに生成してもよいし、領域 A 1 , A 2 , C , E , F の 5 つの領域に対応した 5 つの受光セルからの出力をもとに、マトリクス回路を用いて 4 チャンネルの信号を生成してもよい。後者のマトリクス回路を用いて 5 つの信号から 4 チャンネルを生成する構成の場合には、同一の分割を基本形として、下記のような種々の分割パターンが実現可能である。

30

I V T 4 : C h 1 = A 1 + A 2 、 C h 2 = C 、 C h 3 = E 、 C h 4 = F

I V R 4 : C h 1 = E + F 、 C h 2 = C 、 C h 3 = A 1 、 C h 4 = A 2

I V i 4 : C h 1 = E 、 C h 2 = C + F 、 C h 3 = A 1 、 C h 4 = A 2

## 【 0 0 7 1 】

( パターン I V T 4 H )

図 8 B に示すパターンは、I V T 4 の光学フィルタ構成を踏襲しつつ、より高線密度で特性がよくなるように、各領域の形状と配置を変更したものである。

40

( パターン I V 3 )

図 8 C に示すパターンは、I V T 4 の外側のチャンネル ( E 及び F ) を一つのチャンネル E にまとめたものである。

( パターン I V 3 t s 0 . 2 )

図 8 D に示すパターン I V 3 t s 0 . 2 は、I V 3 をタンジェンシャル方向にシフト例えば光束半径の 2 0 % シフトしたものである。

( パターン H 3 A )

図 8 E に示すパターン H 3 A は、ビームをタンジェンシャル方向に延長する 2 本の分割線によって、ラジアル方向に内側の領域 C と外側の領域 A ( = A 1 + A 2 ) に二つに分割

50

し、さらにラジアル方向に延びる分割線によって、内側の領域の上下を区切り、タンジェンシャル方向の上下に領域 E 1 及び E 2 を形成し、残りの中央の領域を C とするものである。すなわち、領域 C、領域 ( A 1 + A 2 )、領域 E ( = E 1 + E 2 ) の 3 個に分割するパターンである。3 個の領域に対応する 3 チャンネルの信号が得られる。

【 0 0 7 2 】

( パターン R 2 及び R 3 )

パターン R 2 及び R 3 ( 図 8 F 及び図 8 G ) は、本開示の構成による効果を明確にするための比較用のパターンである。ビームをタンジェンシャル方向に延長する 2 本の分割線によって、ラジアル方向に二つに分割するパターン R 2 と、ラジアル方向に三つに分割するパターン R 3 を示す。パターン R 2 の場合は、領域 A 1 及び A 2 の受光信号に応じた電気信号は、加算されて 1 チャンネルの信号とされる。すなわち、内側チャンネル ( 領域 C ) と外側チャンネル ( 領域 A 1 + A 2 ) の 2 チャンネル ( R 2 ) が形成される。パターン R 3 の場合では、内側チャンネル ( 領域 C ) と外側チャンネル ( 領域 A , D ) の 3 チャンネルの信号が得られる。ここで、ラジアル方向の領域分割位置は、瞳半径を 1 . 0 としたときに、 $\pm 0 . 5 5$  となる位置とした。加えて、パターン R 2 / R 3 及びパターン H 3 A の分割をもとに、特許文献 2 及び 3 の技術と P R M L 検出方式を組み合わせた場合の特性比較を行った結果も後述する。

【 0 0 7 3 】

「各パターンについてのシミュレーション結果」

図 9 は、図 8 に示される 6 個のパターンについてのシミュレーション結果を示す。以下のシミュレーションにおいても同様であるが、信号指標値として e-MLSE を使用する。B D X L ( 登録商標 ) に比してより記録密度を高くした場合には、エラーを引き起こしやすいデータパターンが異なってくる。その結果、従来の信号指標値である i - M L S E の誤差が問題となってくる。そこで、より高い線密度での信号指標値の精度改善のために必要となる、新たなデータパターンを追加した、i - M L S E とは別の信号評価値を効果の説明のために用いている。以下、精度が改善された新たな指標値を e-MLSE と呼ぶ。

【 0 0 7 4 】

e-MLSE において追加されたデータパターンは以下の 3 種となる。

パターン列の 1 が記されているビットが、検出パターンに対し、誤りパターンでビット反転が起こる箇所を示している。

【 0 0 7 5 】

追加パターン ( 1 ) : 1 0 1 1 1 1 0 1

追加パターン ( 2 ) : 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1

追加パターン ( 3 ) : 1 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1

【 0 0 7 6 】

ちなみに、i - M L S E の精度が十分な従来の B D X L ( 登録商標 ) と同等の線密度では e-MLSE と i - M L S E は、ほぼ一致し、より高い線密度において誤差改善の分の差分が現れる。実用で重要となるエラーレートに対する指標値の理論上の相関関係は両者で同一となっている。したがって、演算上の違い、適用線密度の範囲の違いはあるものの、両者の示す信号品質の評価値は同じ感覚でとらえて構わない。なお、本開示においては、e-MLSE 以外の指標を使用しても良い。線密度が高くなった場合にエラーを引き起こしやすいデータパターンが異なることによる e-MLSE と i - M L S E との差については後程補足する。

【 0 0 7 7 】

以下、それぞれのパターンに対するシミュレーション結果に基づき説明を行う。シミュレーション条件は以下の通りである。

Tp=0.225  $\mu$ m ( ランド、グループのそれぞれが ) NA=0.85

PR(1233321) 評価指標 : e-MLSE グループ深さ ( 1 / 1 5 )

マーク幅=Tp \* 0.7 Disc Noise, Amp Noiseあり

タップ 1 T 間隔 3 1 タップ

摂動原点 ( デフォーカスやディスクスキュー等が全て原点の状態 )

## 【 0 0 7 8 】

また、線密度は直径が 1 2 0 mm ディスクでトラックピッチ  $T_p = 0.32 \mu\text{m}$  のときの面容量を用いて  $LD (T_p = 0.32 \mu\text{m})$  のときの面容量) のように表すこととする。

## 【 0 0 7 9 】

図 9 のシミュレーション結果において、e-MLSE と表すグラフは、領域分割を行わない場合の結果である。図 9 から分かるように、本開示の構成を用いない R 3 は  $LD 3 5 GB$  で既に e-MLSE が十分に下がりきっていない。ちなみに、摂動原点においては、R 2 と R 3 はほぼ同等な特性となる。H 3 A 及び I V 3 は  $LD 3 5 GB$  では e-MLSE が低減できているが、タンジェンシャル方向に中心位置の異なるチャンネルを持たないために、高線密度化による劣化が大きい。また、光学フィルタ形状がより最適な I V 3 に比べて H 3 A は  $LD 3 5 GB$  においても e-MLSE がやや高めになっており、線密度が高くなるとその差が拡大している。

10

## 【 0 0 8 0 】

I V 3 のパターンをタンジェンシャル方向にシフトしたパターン I V 3 t s 0 . 2 は、タンジェンシャル方向の外側チャンネルと中央チャンネルを重心で考えた場合に中心位置に差をつけることができるため、高線密度化による劣化を少し抑えることが可能である。

## 【 0 0 8 1 】

タンジェンシャル方向に中心位置の異なるチャンネルをもつ I V T 4 は、 $LD 3 5 GB$  での e-MLSE が十分に低減できているのに加えて、ラジアル及びタンジェンシャル方向の分割位置が同一な I V 3 に対して、線密度方向に  $LD 3 GB$  相当の高線密度化効果があることが分かる。

20

高線密度化した際の特性を優先して光学フィルタ形状を最適化した I V T 4 H は、I V T 4 に対して、さらに  $LD 1 GB$  相当の高線密度化効果が得られている。

## 【 0 0 8 2 】

ここで、本開示の構成 A ~ E 及び、比較用の構成 F、G に加えて、特許文献 2 及び 3 の技術と P R M L 検出方式を組み合わせた場合の特性も比較することにする。

特許文献 2 及び 3 には、比較用の構成 (図 8 F、図 8 G) に類似するラジアル方向に領域を 3 分割した信号に対して、内側の領域の信号に定数倍 (重み付け) して加算することによってクロストークをキャンセルする技術が記載されている。しかし、いずれも本開示にあるような最短マークが光学系のカットオフ空間周波数を超えるような高線密度記録における信号特性改善に関しては記載されていない。そこで、P R M L 検出方式を組み合わせて用いた場合を想定し、定数倍加算演算後の信号を、本開示の構成と同様に 1 T 間隔 3 1 タップで構成される F I R フィルタ及び P R ( 1 , 2 , 3 , 3 , 3 , 2 , 1 ) の系で、 $LD 3 5 GB$  ,  $LD 3 9 GB$  ,  $LD 4 3 GB$  に対してシミュレーションを行った結果を図 1 0 に示す。 $LD 3 5 GB$  では重み付け係数を 0 . 2 にしたときに上述のパターン R 3 と同等程度までは e-MLSE が改善していることが分かるが、 $LD 3 9 GB$  では e-MLSE の改善効果が著しく減少し、 $LD 4 3 GB$  ではほとんど改善効果がないことが分かる。

30

## 【 0 0 8 3 】

さらに、特許文献 2 において、「ビーム進行方向にも重み付けをすることで小さい記録マークの再生信号を強調して再生することができる」ということがアイデアとして示唆されているため、e-MLSE 改善効果が減少してしまっている  $LD 3 9 GB$  の場合に、H 3 A 相当の位置で中央の領域をさらに分割して、タンジェンシャル方向の外側と内側で 2 倍の重み付けをさらにしてみた結果が  $LD 3 9 GB$  であるが、示唆されるような高線密度化効果はほとんどみられない。

40

## 【 0 0 8 4 】

これらの特許文献 2 及び 3 の技術と P R M L 検出方式を組み合わせ、さらに線密度によって重み付け係数を変化させた応用例による結果を図 9 のグラフに重ねてプロットしたものが図 1 1 である。本開示の構成の  $LD 3 5 GB$  におけるボトム特性の優位性及び、高線密度化した際の I V T 4 , I V T 4 H の更なる優位性が明瞭に表れている。

## 【 0 0 8 5 】

50



以下、それぞれのパターンについて、電気光学フィルタ特性の構成の違いをもとに、特性に差が生まれるメカニズムを示す。

「特許文献2及び3 + P R M Lの構成及びパターンR2における電気フィルタ特性」  
本開示に対する比較例として、上記の特許文献応用例の構成におけるF I Rフィルタ及び、パターンR2におけるF I Rフィルタの、L D 3 5 G Bの場合のシミュレーション結果におけるタップ係数及びそれに対応する電気フィルタとしての周波数振幅特性を図12に示す。パターンR2の場合の特性L1は、外側の領域Aに対応するチャンネルの周波数振幅特性であり、特性L2は、内側の領域Cに対応するチャンネルの周波数振幅特性である。

【0086】

周波数振幅特性において、横軸は、 $n / (256T)$  ( $n$ :横軸の値)である。例えば( $n = 64$ )の場合には、 $(64 / 256T) = (1 / 4T)$ となる。例えばR L L (1, 7) P P変調方式を使用した場合、チャンネルクロック周期を「 $T$ 」とすると、マーク長は $2T$ から $8T$ となる。 $(1 / 4T)$ は、 $2T$ のマークが繰り返す場合の周波数である。L D 3 5 G Bにおいては、 $2T$ のマークは空間光学的カットオフ周波数を超えるため、再生できない周波数領域となっており、 $3T$ のマークが再生できる特性となっている。

【0087】

図11におけるL D 3 5 G Bでのe-MLSEが同等であることから分かる通り、タップ係数の形状、周波数振幅特性ともに、大きな差異はなく、L D 3 5 G B (摂動原点)においては、特許文献応用例の構成でも、パターンR2の各チャンネルにそれぞれ独立な電気フィルタをつなぐ構成としても、ほぼ同等な特性となっており、R2やR3のようなパターンの場合は、それぞれ独立な電気フィルタを設けることによって得られる更なる効果は限られたものとなる。

【0088】

「パターンH3Aにおける適応型電気光学フィルタ特性」

パターンH3Aでは、ラジアル方向に加えてタンジェンシャル方向にさらに領域分割を行い、空間光学的に線密度方向及びトラック密度方向に帯域の異なる信号に対応した3つの領域に分割し、それぞれの領域の信号から形成された3チャンネルの信号を、それぞれ周波数及び位相特性を異ならせた電気フィルタを通した上で加算することによって、ラジアル方向のみの分割を用いた構成に比較して再生性能をより高くすることができる。

【0089】

パターンH3A (図8参照)のL D 3 5 G Bの場合の適応型電気光学フィルタ特性を図13に示す。周波数振幅特性において、横軸は、 $n / (256T)$  ( $n$ :横軸の値)である。例えば( $n = 64$ )の場合には、 $(64 / 256T) = (1 / 4T)$ となる。例えばR L L (1, 7) P P変調方式を使用した場合、チャンネルクロック周期を「 $T$ 」とすると、マーク長は $2T$ から $8T$ となる。 $(1 / 4T)$ は、 $2T$ のマークが繰り返す場合の周波数である。特性L1は、ラジアル方向外側の領域Aに対応するチャンネルの周波数振幅特性であり、特性L2は、タンジェンシャル方向外側の領域Eに対応するチャンネルの周波数振幅特性であり、特性L3は、中央の領域Cに対応するチャンネルの周波数振幅特性である。なお、特性は、摂動原点での特性例である。

【0090】

図14Aは、パターンH3Aの各チャンネルのタップ係数を示す。例えばF I Rフィルタのタップ数が31タップとされている。図14Bは、各チャンネルの周波數位相特性を示す。周波數位相特性は、3チャンネルの内の2チャンネル間の位相差を表している。特性L11は、タンジェンシャル方向外側の領域Eと、ラジアル方向外側の領域Aとにそれぞれ対応するチャンネルの再生情報信号間の位相差である。特性L12は、中央の領域Cと、ラジアル方向外側の領域Aとにそれぞれ対応するチャンネルの再生情報信号間の位相差である。特性L13は、タンジェンシャル方向外側の領域Eと、中央の領域Cとにそれぞれ対応するチャンネルの再生情報信号間の位相差である。

【0091】

上述したように、H 3 A のフィルタ特性は、下記のような特徴を有する。

3 チャンネルの各領域ごとに、振幅、位相ともに大きく異なる周波数特性をもつフィルタを構成し、良好な再生信号再生を実現することができる。

3 T 信号に相当する周波数帯（破線で囲んで示す横軸の値 4 3 の近傍）では、中央領域と、タンジェンシャル方向外側の領域 E 及びラジアル方向外側の領域 A とで位相を 1 8 0 deg ずらしている。

中央領域は 4 T 信号に相当する周波数帯（横軸の値 3 2 の近傍）を遮断する特性とし、クロストークによる偽信号を抑制している。

タンジェンシャル方向外側は、短マーク再生に寄与すべきであり、8 T 信号に相当する周波数帯（横軸の値 1 6 の近傍）を遮断するとともに、8 T 信号よりも低い周波数帯域においては、中央領域 C 及びラジアル方向外側の領域 A とタンジェンシャル方向外側の領域 E とで位相を 1 8 0 deg ずらしている。

このように、領域ごとに、ハイパスフィルタ、ローパスフィルタ、バンドパスフィルタ、バンドストップ（又はノッチ）フィルタ等を構成し、光学だけでも電気だけでも実現しえないフィルタ特性を実現している。

#### 【 0 0 9 2 】

なお、本明細書の説明は、適応イコライザユニット（F I R フィルタ）のタップ係数が適応的に制御するものとしている。しかしながら、シミュレーションの結果、最良なタップ係数が求められた場合、そのタップ係数を固定したイコライザユニットを使用することや、同等の特性を有する F I R フィルタ以外のアナログフィルタ、デジタルフィルタを使用することも可能である。性能面では適応型が優れるが、タップ係数の適応的制御を行わないので良いので、処理及びハードウェアを簡略化することができる。また、複数チャンネルのうち、一部のチャンネルに固定タイプのイコライザユニットを使用し、その他のチャンネルには適応型のイコライザユニットを使用するようにすることも可能である。

#### 【 0 0 9 3 】

「パターン I V T 4 に最適な電気フィルタ」

図 1 1 から分かるように、I V T 4 は L D 3 5 G B における e-MLSE 特性も非常に良好であるとともに、高線密度化した場合にも、タンジェンシャル方向の中心位置が異なるチャンネルをもたないパターン R 3 及び H 3 A、I V 3 に比べて、e-MLSE が良好な状態を保つことができている。

#### 【 0 0 9 4 】

I V T 4 に最適な電気フィルタについて説明する。まず L D 3 5 G B の場合の、各領域と対応する各チャンネルのタップ係数（ここでは F I R フィルタのタップ数を 3 1 タップとしている）を図 1 6 A に示し、周波数振幅特性は、図 1 5 に示し、周波數位相特性は図 1 6 B に示す。周波數位相特性は、タンジェンシャル方向外側の領域 E に対応するチャンネルと、タンジェンシャル方向外側の領域 F に対応するチャンネル間の位相差を表している。

#### 【 0 0 9 5 】

図 1 5 及び図 1 6 に示す I V T 4 のフィルタ特性は、下記のような特徴を有する。

パターン H 3 A と同様に、中央領域はローパス的特性に、タンジェンシャル方向外側領域はハイパス的特性となっている（ここでいうハイパス的とは、信号再生に寄与している周波数帯域内で、より短いマークに対応する帯域を通すバンドパス特性を、相対的にハイパス的と表現している）。

#### 【 0 0 9 6 】

さらに、パターン I V T 4 では、タンジェンシャル方向の外側領域が独立に 2 チャンネルとなっており、その 2 領域が 3 T、4 T 相当の周波数帯（横軸の 4 3、3 2 の値の近傍）で 1 2 0 ~ 9 0 deg 程度の位相差となるようなフィルタを構成している（タップ係数を見ても分かるように、2 クロック分程度）。これにより、単純な総和信号による再生振幅に対して、短マークに関して、より感度の高い検出が可能となっている。短マーク再生に関して、領域間の位相差も活用することで、良好な再生信号特性を実現するとともに、より

10

20

30

40

50

高線密度化した際の良好な特性にも寄与している。

#### 【 0 0 9 7 】

4 T (横軸の値 3 2 の近傍)、3 T (横軸の値 4 3 の近傍)に対応する帯域において、その帯域の信号成分をほとんど含まない領域 C はローパスフィルタ特性でその領域に存在するクロストーク成分及び他のノイズ成分を抑圧し、さらに E、F の位相差によってクロストーク成分を低減し、それでも残留するクロストーク成分を C との周波数振幅特性のバランスによってキャンセルする構成となっている。その結果、E、F 及び A の周波数振幅特性も必要以上に持ち上げる必要がなく、それも良好な再生信号特性の実現につながっている。

#### 【 0 0 9 8 】

高線密度化にとっては、P R M L の拘束長を長くすることが効果的である。例えば拘束長 9 とした例として、P R ( 1、2、3、4、4、4、3、2、1 ) とした場合のシミュレーション結果を図 1 7 に示す。

シミュレーション条件は以下の通りである。

$T_p = 0.225 \mu\text{m}$  (ランド、グループのそれぞれが)  $NA = 0.85$

PR(123444321) 評価指標: e-MLSE グループ深さ ( 1 / 1 5 )

マーク幅 =  $T_p * 0.7$  DiscNoise, AmpNoise あり

タップ 1 T 間隔 3 1 タップ

摂動原点 (デフォーカスやディスクスキュー等が全て原点の状態)

#### 【 0 0 9 9 】

また、線密度は P R ( 1, 2, 3, 3, 3, 2, 1 ) を用いた場合と同様、直径が 1 2 0 mm ディスクでトラックピッチ  $T_p = 0.32 \mu\text{m}$  のときの面容量を用いて L D (  $T_p = 0.32 \mu\text{m}$  のときの面容量 ) のように表すこととする。

#### 【 0 1 0 0 】

図 1 7 のシミュレーション結果において、e-MLSE と表すグラフは、領域分割を行わない場合の結果である。図 1 7 から分かるように、P R ( 1, 2, 3, 3, 3, 2, 1 ) の場合と同様、タンジェンシャル方向に中心位置の異なるチャンネルを持たない I V 3 は、高線密度化による劣化が大きい。タンジェンシャル方向に中心位置の異なるチャンネルをもつ I V T 4 は、ラジアル及びタンジェンシャル方向の分割位置が同一な I V 3 に対して、線密度方向にやはり L D 3 G B 相当の高線密度化効果があることが分かる。

#### 【 0 1 0 1 】

高線密度化した際の特性を優先して光学フィルタ形状を最適化した I V T 4 H が、I V T 4 に対して、さらに L D 1 G B 相当の高線密度化効果がやはり得られることも確認できる。

#### 【 0 1 0 2 】

上述したように、チャンネルピット長、すなわち、マーク長を短くし、線密度方向に高密度化をはかり、また、トラックピッチを狭くすることによりトラック密度方向に高密度化をはかることにより、光ディスクの高密度化を実現する場合、信号記録面上には、2 次元的に記録マークが配置されることになる。

#### 【 0 1 0 3 】

光ディスクにおける再生信号は、記録マーク及びグループ等の周期構造によって発生する回折光が重なり干渉することによって起きる明暗の変化を検出している。周期 p の周期構造による  $\pm 1$  次回折光は、図 1 8 A に示すように、瞳半径を 1 とした場合に、中心のシフト量は  $1 / (NA * p)$  であらわされ、その重なりが大きいほど再生信号の振幅が大きくなり、重なりが小さいほど振幅は小さくなる。重なりがなくなる、すなわち、シフト量が  $1 / (NA * p) = 2$  となると、振幅はゼロとなる。その結果、MTF (Modulation Transfer Function: 振幅伝達関数) の空間周波数特性は、図 1 8 B のようになる。カットオフ空間周波数は、 $1 / (NA * p) = 2$  より、 $1 / p = 2 NA$  となり、これよりも小さい周期構造が連続した場合、振幅はゼロとなる。

#### 【 0 1 0 4 】

これを上述したような、波長405nm、NA=0.85の系に適用すると、 $1/p = 2NA/\lambda$ より、 $p = \lambda / (2NA) = 238\text{ nm}$ が再生可能な最小の周期構造となる。これはすなわち、低線密度の例としてあげた、RLLPで53nm/channelbitの系(LD35.2GB)においては、最短2Tマーク/スペースは $53\text{ nm} * 2 * 2 = 212\text{ nm}$ となるためカットオフ空間周波数を超え、2Tマーク/スペースの連続は振幅ゼロとなることを意味している。3Tマーク/スペース  $53\text{ nm} * 3 * 2 = 318\text{ nm}$ に相当する周期構造に対しては、シフト量  $\lambda / (NA * p) = 1.50$ となるため、図18Cの0次光と±1次光が重なっている領域が信号再生に寄与することとなる。少し高線密度化されLD41GB 45.47nm/channelbitの系になると、最短2Tマーク/スペースは $45.47\text{ nm} * 2 * 2 = 182\text{ nm}$ となるためカットオフ空間周波数を超え、3Tマーク/スペース  $45.47\text{ nm} * 3 * 2 = 273\text{ nm}$ に相当する周期構造に対しては、シフト量  $\lambda / (NA * p) = 1.75$ となるため、図18Dの0次光と±1次光が重なっている領域が信号再生に寄与することとなる。PRMLにより、2Tマーク/スペースの振幅がゼロとなるような密度でも、信号処理が破たんすることはないが、短マークの再生品質は重要な要素である。

#### 【0105】

上述したように、パターンH3A及びIVT4の電気光学フィルタ特性において、タンジェンシャル方向の外側の領域は、3Tや4T等の短いマークに対応する周波数帯域をハイバンドパスするフィルタとなっており、中央領域は5T以上の長いマークに対応する周波数帯域を多く通すようなローパス的なフィルタとなっている。図18C、図18Dとの対比からも分かるように、これは、空間光学的に短いマークに対応する帯域の再生に、より多く寄与すべき領域と、長いマークに対応する帯域の再生に、より多く寄与すべき領域とを効果的に分離し、さらにそれぞれの領域において、自トラックの再生信号成分の比率が高いはずの周波数成分を強調し、隣接トラックの再生信号成分の比率が高いはずの周波数成分は抑圧、遮断もしくは他の信号とバランスさせて相殺することで、自トラックの再生信号品質を高めることを実現していることを意味する。さらにIVT4の場合には、タンジェンシャル方向の外側の2つの領域からの信号に位相差をもたせることによって、単純な総和信号による再生振幅に対して、短マークに関して、より感度の高い検出を可能としているが、図18Cと図18Dの比較からも分かるように、高線密度化していくと、2Tマーク/スペースのみならず、3Tマーク/スペースの再生に寄与しうる領域も小さくなってしまふことから、単純な総和信号による再生では大きく不利な状況になるところを、位相差検出による高感度化によって特性劣化を抑えていることが分かる。

#### 【0106】

このように、空間光学的に線密度方向及びトラック密度方向に帯域の異なる複数の信号に分離するために、タンジェンシャル方向及びラジアル方向に領域分割し、それぞれの領域からの信号に、ハイパスフィルタ、ローパスフィルタ、バンドパスフィルタ、バンドストップ（又はノッチ）フィルタ等々、それぞれに最適な別々の特性を有する電気フィルタを作用させ、そののちに再び信号を合算することによって、符号間干渉及び隣接トラックからの信号の漏れこみが低減された良好な再生信号を得ることが可能となる。

#### 【0107】

単純にタンジェンシャル方向及びラジアル方向に領域分割するのではなく、IVT4やIVT4Hのように、空間光学的に帯域の異なる領域の信号を効果的に分離するフィルタを構成すると、摂動中心位置におけるe-MLSEを良好にするとともに、ラジアルコマ収差マージンをはじめとする各種マージンを拡大することが可能となる。図18E中で\*を付した、短マーク再生に対応する、トラック構造による回折光としては0次光の領域の信号だけでなく、トラック構造による±1次回折光との干渉領域（\*を付して示す）の領域の信号を分離することが有効である。

#### 【0108】

上述した図14及び図16の特性に示すように、ラジアル方向の外側の領域(A1, A2)は、幅広い帯域にわたって高いゲインとされているので、ノイズに対して敏感である。さらに、タンジェンシャル方向の外側のチャンネルを持つことは、高線密度化にとって

有利である。

【0109】

「アンプノイズの影響」

図19は、アンプノイズに代表されるランダムノイズの影響を示すためのシミュレーション結果である。図19では、PR(1233321)のPRMLを使用している。IVT4及びIVT4Hについてのシミュレーション結果が示されている。IVT4(Na+0)とIVT4(Na+3dB)の関係は、アンプノイズに代表されるランダムノイズが3dB増大した場合を意味している。IVT4H(Na+0)とIVT4H(Na+3dB)も同様の意味である。

【0110】

図19から分かるように、ラジアル方向の外側チャンネルの面積(光量)が大きいこと、並びにタンジェンシャル方向の外側チャンネルの面積(光量)が大きいことは、アンプノイズに代表されるランダムノイズの増大(もしくは信号光量が低下して相対的にアンプノイズに代表されるランダムノイズが増大した場合も同様)に対しても効果的である。

【0111】

図20は、アンプノイズに代表されるランダムノイズの影響を示すためのシミュレーション結果である。図20では、PR(123444321)のPRMLを使用している。IVT4及びIVT4Hについてのシミュレーション結果が示されている。この場合も上述と同様のことが示されている。

【0112】

図21Aは、アンプノイズに代表されるランダムノイズの影響を示すためのシミュレーション結果である。図21Aでは、PR(123444321)のPRMLを使用している。IVT4(図21Bに示す)についてのシミュレーション結果が示されている。ここでは、さらに簡単のため、アンプノイズ以外のランダムノイズが十分に小さく、ランダムノイズとしてはアンプノイズが支配的と仮定した場合の影響を示している。

【0113】

図21Aにおいて、(R 2amp)は、ラジアル方向の外側のチャンネルA1及びA2をそれぞれ別のディテクタで受光し、IVアンプを経て加算された場合を示している。2個のIVアンプを使用するので、アンプノイズが増大する。(T 2amp)は、タンジェンシャル方向の片側のチャンネルE又はFが2個のアンプを使用する場合を示し、(C 2amp)は、中央のチャンネルが2個のアンプを使用する場合を示す。(Na+3dB)は、4チャンネルの全てが2個のアンプを使用する場合を示す。

【0114】

図22は、アンプノイズの影響を示すためのシミュレーション結果である。図22Aでは、PR(123444321)のPRMLを使用している。IVT4H(図22Bに示す)についてのシミュレーション結果が示されている。図22Aにおいて、(R 2amp)、(T 2amp)、(C 2amp)、(Na+3dB)のそれぞれの意味は、図21Aと同様である。

【0115】

上記の場合から分かるように、アンプノイズの増大もしくは信号量の低下によって、e-MLSEの値は1~2%(0.01~0.02)劣化してしまうため、アンプノイズの低減及び、記録信号を劣化させない範囲での十分な再生パワーの確保、十分な信号量を確保できるディスクの反射率設計は重要となる。

【0116】

「最適なPRクラス」

上記においては、簡単のため、LD35GB~LD45GBの線密度範囲を拘束長7のPR(1,2,3,3,3,2,1)に、LD39GB~LD55GBの線密度範囲を拘束長9のPR(1,2,3,4,4,4,3,2,1)に固定してシミュレーションした結果を示した。

しかしながら、実際には、光学フィルタ形状、とくにタンジェンシャル方向に中心位置

10

20

30

40

50

の異なる複数の領域に対応するチャンネルを持つか否かであるとか、信号記録密度、とくに線密度方向の密度がどの程度であるかによって、最適な P R クラスは異なってくる。

#### 【 0 1 1 7 】

P R クラスとしては様々なものが考えられる。本開示で想定している光学フィルタ及び信号記録密度に対して有効と考えられる様々な P R クラスに対して、その適応等化目標の周波数特性を電気フィルタと同様に横軸  $n/(256T)$  で図 2 3 に示す。それぞれの P R クラスの特性を特徴づける指標値として、横軸 3 2 すなわち、4 T マーク / スペースに対応する周波数における等化目標 (ターゲットレベル) の値  $P R - T L (4 T)$  を用いることが有効である。高線密度化すると、空間光学的なカットオフ周波数が横軸方向で左にシフトしていくため、最適な P R クラスに対応する  $P R - T L (4 T)$  は小さくなっていく。

10

#### 【 0 1 1 8 】

実際に片面 3 層構造のディスクを作成し、複数の信号記録密度で記録したものに対して、タンジェンシャル方向に中心位置の異なる複数の領域に対応するチャンネルを持つ光学フィルタを有する構成、持たない光学フィルタを有する構成を用いて信号再生を行った結果を以下に示す。

#### 【 0 1 1 9 】

実験条件は以下の通りである。

ディスク

記録面が片面 3 層構造

$Tp=0.225 \mu m$  (ランド、グループのそれぞれが)

20

グループ深さ 約 ( 1 / 1 6 )

信号記録密度 LD35.18 G B (53nm/channelbit) 50.0 G B / 層、両面 6 層で 300 G B 相当

LD41.1 G B (45.4nm/channelbit) 58.5 G B / 層、両面 6 層で 351 G B 相当

LD47.0 G B (39.7nm/channelbit) 66.8 G B / 層、両面 6 層で 401 G B 相当

となるようにランドグループ双方にマルチトラック記録

再生光学系

$NA=0.85$

波長 405nm

#### 【 0 1 2 0 】

光学フィルタ

図 2 4 に記載の 2 種類

30

V H T 4 : タンジェンシャル方向に中心位置の異なる 3 つの領域 C , E , F に対応する 3 チャンネル及びラジアル方向外側の領域 A ( A 1 + A 2 ) に対応する 1 チャンネルの計 4 チャンネルの信号が得られる。上述の I V T 4 に非常に近い特性を有する光学フィルタである。タンジェンシャル方向に中心位置の異なる複数の領域をもつタイプ「 T 型」の代表例とする。

J R 4 : タンジェンシャル方向に中心位置の異なる複数の領域に対応するチャンネルを持たない。ラジアル方向に中心位置の異なる 3 つの領域 C , E , D に対応する 3 チャンネル及びタンジェンシャル方向外側の領域 ( A + B ) に対応する 1 チャンネルの計 4 チャンネルの信号が得られる。ラジアル方向に中心位置の異なる複数の領域をもつタイプ「 R 型」の代表例とする。

40

#### 【 0 1 2 1 】

適応イコライザ

タップ 2 T 間隔 2 5 タップ ( 4 9 T 幅 )

タップ初期値あり ( 図 2 5 に一例を示す )

P R クラス

表 1 に記載の PR (1,2,3,3,3,2,1) 及び PR (1,2,3,4,4,4,3,2,1) を含む、

$P R - T L (4 T) = 0.128 \sim 0.471$  の範囲のもの

評価指標

50

e-MLSE

【 0 1 2 2 】

【 表 1 】

		PR-TL (4T)
ISI5	PR (2,3,3,3,2)	0.557
ISI7	PR (1,4,7,8,7,4,1)	0.515
ISI7	PR (1,4,6,8,6,4,1)	0.502
ISI7	PR (1,4,6,7,6,4,1)	0.485
ISI7	PR (1,5,6,8,6,5,1)	0.471
ISI7	PR (1,3,4,5,4,3,1)	0.440
ISI7	PR (2,4,6,7,6,4,2)	0.408
ISI7	PR (1,2,3,3,3,2,1)	0.389
ISI7	PR (1,1,2,2,2,1,1)	0.341
ISI9	PR (1,5,6,10,11,10,6,5,1)	0.292
ISI9	PR (2,7,9,14,16,14,9,7,2)	0.274
ISI9	PR (1,3,4,6,7,6,4,3,1)	0.264
ISI9	PR (2,6,8,11,14,11,8,6,2)	0.251
ISI9	PR (1,2,3,4,5,4,3,2,1)	0.233
ISI9	PR (4,7,11,15,17,15,11,7,4)	0.223
ISI9	PR (2,3,5,7,7,7,5,3,2)	0.211
ISI9	PR (1,2,3,4,4,4,3,2,1)	0.201
ISI9	PR (6,9,15,19,20,19,15,9,6)	0.188
ISI9	PR (6,10,15,20,20,20,15,10,6)	0.181
ISI9	PR (4,6,9,12,12,12,9,6,4)	0.169
ISI9	PR (7,9,14,18,19,18,14,9,7)	0.154
ISI9	PR (7,8,12,15,17,15,12,8,7)	0.128

10

20

30

【 0 1 2 3 】

図 2 6 に LD35.18 G B (53nm/channelbit) 50.0 G B / 層、両面6層で300 G B 相当の場合における実験結果を示している。

図 2 7 に LD41.1 G B (45.4nm/channelbit) 58.5 G B / 層、両面6層で351 G B 相当の場合における実験結果を示している。

40

図 2 8 に LD47.0 G B (39.7nm/channelbit) 66.8 G B / 層、両面6層で401 G B 相当の場合における実験結果を示している。

横軸は再生に用いた P R クラスの 4 T マーク / スペースに対応する周波数における等化目標値 P R - T L ( 4 T ) であり、縦軸はそのときの十分に広い区間における e-MLSE の平均値を示している ( パーセント表記 ) 。

T 型と表記しているものは V H T 4 を用いた場合、 R 型と表記しているものは J R 4 を用いた場合に対応しており、 ( G ) はランドグループ双方記録したエリアにおけるグループ再生時、 ( L ) はランド再生時を示している。

【 0 1 2 4 】

50

図 2 6 及び表 1 から分かるように、LD35.18 G B においては、R 型の J R 4 の場合、ランド、グループともに PR(1,1,2,2,2,1,1)に近い P R - T L ( 4 T ) が 0 . 3 2 5 ~ 0 . 3 3 において最良となっており、T 型の V H T 4 の場合は、ランド、グループともに P R - T L ( 4 T ) が 0 . 4 1 以上で e-MLSE 特性がほぼフラットとなっている。このように、R 型と T 型とで最適な P R クラスは異なっていることが分かる。また、シミュレーションで用いていた P R ( 1,2,3,3,3,2,1)を基準にすると、R 型の最適 P R - T L ( 4 T ) は小さい側に、T 型の最適 P R - T L ( 4 T ) は大きい側にあり、P R 固定で比較するには妥当な P R クラスであったことも分かる。

#### 【 0 1 2 5 】

図 2 7 及び表 1 から分かるように、LD41.1 G B においては、R 型の J R 4 のランドは PR (2,3,5,7,7,7,5,3,2)、グループは PR(4,7,11,15,17,15,11,7,4) あたりが e-MLSE 最良となっており、T 型の V H T 4 のランドは PR(2,6,8,11,14,11,8,6,2)、グループは PR(1,3,4,6,7,6,4,3,1) あたりが e-MLSE 最良となっている。このように、R 型と T 型で最適な P R クラスが異なるのに加えて、ランドとグループでも最適な P R クラスは異なっている。

#### 【 0 1 2 6 】

図 2 8 及び表 1 から分かるように、LD47.0 G B においては、R 型の J R 4 のランドは PR (7,9,14,18,19,18,14,9,7)、グループは PR(4,6,9,12,12,12,9,6,4) あたりが e-MLSE 最良となっており、T 型の V H T 4 はランド、グループとも PR(6,9,15,19,20,19,15,9,6) あたりが e-MLSE 最良となっている。ここでも実験に用いた PR クラスとしては最良なものが同じでも、P R - T L ( 4 T ) 値という見方をするとランドとグループで差異があることが分かる。

#### 【 0 1 2 7 】

ここでも、高線密度条件でのシミュレーションで用いていた PR(1,2,3,4,4,4,3,2,1)を基準にすると、LD41.1 G B での最適 P R - T L ( 4 T ) は R 型、T 型ともに大きい側に、LD47.0 G B での最適 P R - T L ( 4 T ) は R 型、T 型ともに小さい側にあり、P R 固定で比較するには妥当な P R クラスであったことが分かる。

#### 【 0 1 2 8 】

R 型、T 型のランドとグループそれぞれの条件について、最適な P R - T L ( 4 T ) と線密度との関係をプロットしたのが図 2 9 である。e-MLSE 最良となる P R - T L ( 4 T ) が線密度と高い相関関係にあることから、R 型と T 型で最適 P R - T L ( 4 T ) が同等となる線密度の関係をグラフから読み取ると、おおむね L D 3 G B 前後に相当しており、P R を固定したシミュレーションにおいて確認していた T 型の高線密度化効果と同等な効果が実験でも確認できることが分かる。

#### 【 0 1 2 9 】

複数の P R クラスから最適な P R クラスを選択する際には、対応する P R - T L ( 4 T ) の値を基準に用いることが有効である。候補とする異なる P R - T L ( 4 T ) に対応する複数の P R クラスに対して再生特性を確認し、P R - T L ( 4 T ) に対するマージンセンタに最も近い P R クラスを選択すればよい。

#### 【 0 1 3 0 】

図 3 0 に最適な P R クラスを選んだ場合の e-MLSE 及び i-MLSE と線密度との関係を示す。最適な P R クラスを選んで再生した場合、線密度と e-MLSE との関係は R 型、T 型ともにほぼ同等な傾きで直線的に変化していることが分かる。また、LD35.18 G B では R 型、T 型ともに e-MLSE と i-MLSE はほとんど同じ値となっているのに対して、高線密度化するとともに、e-MLSE と i-MLSE の差が拡大していくことも分かる。これは先述したとおり、高線密度化した場合には、エラーを引き起こしやすいデータパターンが変化するため、そのパターンを追加している e-MLSE と追加していない i-MLSE の差が拡大していることによる。

#### 【 0 1 3 1 】

上記に示した実験結果は先述のシミュレーション結果に比べて、e-MLSE がやや悪めになっている。これは、実験結果では、測定区間内の記録状態によって、e-MLSE が 1 % 程度は変化することや、先述のアンプノイズ等のランダムノイズが片面 3 層構造の実験用ディス

10

20

30

40

50



クの場合にシミュレーションより大きくなっていること、記録マークの違い等で十分に説明がつく差異である。

【 0 1 3 2 】

ランダムノイズの影響度合いを把握するため、LD41.1 G Bにおいて、T型のV H T 4のグループに関して、再生パワーを1 . 4 倍にした場合のe-MLSEを図 2 8 に追加したものを図 3 1 に示す。再生パワーを1 . 4 倍にすることで、e-MLSEが1 % 近く改善していることが分かる。また、再生パワーによっても最適なP R クラス ( P R - T L ( 4 T ) ) が若干変化している。

【 0 1 3 3 】

「パターンの選択の一例」

図 3 2 は、本開示の一実施の形態における分割パターンの一例を示す。A 1、A 2、B、D、E、Fでそれぞれ示す6個の領域に分割する。本開示では、タンジェンシャル方向に分離した第1の領域E及び第2の領域Fが形成される。そして、各領域を別々のディテクタによって受光し、I V アンプを通した後に表 2 のように各チャンネルを演算する。

【 0 1 3 4 】

【表 2】

	IVT4M	IVR4M	IVL4M
channel 1	A1 + A2	E + F	E + F
channel 2	B + D	B + D	A1 + A2
channel 3	E	A1	B
channel 4	F	A2	D

【 0 1 3 5 】

表 2 に示すように、図 3 2 の分割パターンのそれぞれの領域の検出信号を、選択された組合せのパターン ( 以下、選択パターンと適宜称する ) でもって組み合わせて下記のように、4 個のチャンネルC h 1 ~ C h 4 をそれぞれ形成する。選択パターンI V T 4 M、I V R 4 M、I V L 4 Mが形成される。例えば各チャンネルのディテクタの検出信号を表 2 にしたがって合成するようになされる。

【 0 1 3 6 】

選択パターンI V T 4 M : C h 1 = A 1 + A 2、C h 2 = B + D、C h 3 = E、C h 4 = F

選択パターンI V R 4 M : C h 1 = E + F、C h 2 = B + D、C h 3 = A 1、C h 4 = A 2

選択パターンI V L 4 M : C h 1 = E + F、C h 2 = A 1 + A 2、C h 3 = B、C h 4 = D

I V T 4 Mが先の実験結果における「T型」に、I V R 4 Mが「R型」に相当する。

【 0 1 3 7 】

「適応イコライザの実際の収束到達点」

表 2 に示す各選択パターンに関して、等化誤差が大きい状態からスタートし、適応イコライザが収束する経過のシミュレーション結果を図 3 3 に示す。但し、アンプノイズ、ディスクノイズは付加しているが、ディフェクト等のバースト的なノイズは、付加していないため、経過チャンネルビット長の増加に伴い、e-MLSEの値は改善していく。比較例としてのパターンJ R 4 は、図 2 4 に示すものである。図 3 3 は、線密度がL D 35.18 G B ( 5 0 G B / L ) で、P R クラスがP R ( 1 2 3 3 3 2 1 ) の場合のシミュレーション結果である。

【 0 1 3 8 】

実機では、ディスクの基板、記録膜、記録信号品質等によって、グラフの横軸がどの段階まで到達できるかが変化すると考えられる。ディスク等の品質が良く、うまく収束でき

10

20

30

40

50

れば、I V T 4 M が最も特性が良好である。逆に、ディスク等の品質が悪く、収束を妨げるような信号の乱れが多い場合には、初期収束の早い I V R 4 M が有利と言える。さらに、I V L 4 M は、収束性が悪いと言える。適切なタップ係数初期値を与えれば、ある程度の収束性の差は吸収できるが、ディスク等の品質が悪く、収束を妨げるような信号の乱れが多い場合には、収束性の差が平均的な特性の差に反映されることになる。

【 0 1 3 9 】

図 3 4 は、線密度及び P R クラスを変更した場合のシミュレーション結果を示す。図 3 4 は、線密度が ( L D 4 4 G B ( 6 2 . 5 G B / L ) ) で、P R クラスが P R ( 2 3 5 7 7 7 5 3 2 ) の場合のシミュレーション結果である。パターン毎の傾向は、低線密度の図 2 6 と同様で、ラジアル方向の外側領域を別々のチャンネルとしている I V R 4 M ( 及び J R 4 ) 、すなわち R 型が収束性に優れている。

10

【 0 1 4 0 】

但し、収束初期を除くと、I V T 4 M すなわち T 型の特性のよさがより顕著に表れており、線密度及びディスク等の品質によって、同一な分割パターンから実現可能なパターンの間でも、優位なパターンが入れ替わることが分かる。

【 0 1 4 1 】

元の同一分割パターンから形成される複数のパターン ( 光学フィルタ ) を、O E I C ( Opto-Electronic Integrated Circuit ) のモード切替等により切替可能にすることが、「さまざまな品質のディスクへの対応」、「異なる密度への対応」等に対して、非常に有効である。

20

【 0 1 4 2 】

「パターンの選択の他の例」

図 3 5 に示すパターン I V N S T 6 の分割をもとに、表 3 に示すような様々な光学フィルタを形成することができる。この I V N S T 6 は I V T 4 をもとに、ラジアル方向への空間光学的に帯域の異なる領域の分割数を増やすために、中央領域 B を、ラジアル方向にさらに 3 分割したものである。ここで、ラジアル方向の領域分割位置は、瞳半径を 1.0 としたときに、 $\pm 0.25$ 、 $\pm 0.5$  及び  $\pm 0.7$  となる位置とし、タンジェンシャル方向の領域分割位置は、 $\pm 0.45$ 、 $\pm 0.65$  となる位置とした。

【 0 1 4 3 】

表 3 に示すように、4 チャンネルの出力とする場合には、上述した I V T 4 に加え、I V T S M 4、I V S P 4、I V o s 4、及び I V R 4 ( 領域 A が左右で別チャンネル ) 等のうち、少なくとも 2 つを切替可能な構成とすることが有効である。例えば O E I C で実現する場合、モード切替ピンに印加する電圧を、ハイレベル、ミッドレベル、ローレベルの 3 値として切替することが可能である。なお、4 チャンネル出力に限らず、5 チャンネル出力の場合も同様に I V T S P 5 と I V N S 5 を切りかえる等が可能である。

30

【 0 1 4 4 】

【表 3】

	IVT4	IVNST6	IVTSP5	IVTSM4	IVNS5	IVSP4	IVos4	IVR4
channel 1	A	A	A	A	A	A	A	E + F
channel 2	B + C + D	B	B + K <sub>s</sub> × C	$C + K_{sm} \times B + K_{sm} \times D$	B	B + K <sub>s</sub> × C	B + K <sub>s1</sub> × C	B + C + D
channel 3	E	C	D + K <sub>s</sub> × C	E	C	D + K <sub>s</sub> × C	D + K <sub>s2</sub> × C	A1
channel 4	F	D	E	F	D	E + F	E + F	A2
channel 5		E	F		E + F			
channel 6		F						

10

20

30

40

【 0 1 4 5 】

「パターン選択の他の例」

パターン選択としては、下記の表 4 に示すものも可能である。

【 0 1 4 6 】

【表 4】

	IVT4M (SD)	IVT4M	IVR4M	IVL4M
channel 1	A1 + A2	A1 + A2	E + F	E + F
channel 2	B + D	B + D	B + D	A1 + A2
channel 3	E + F	E	A1	B
channel 4	E - F	F	A2	D

## 【 0 1 4 7 】

10

上述したパターン選択（表 2）と比較すると、選択パターン I V T 4 M ( S D ) が追加されている。

選択パターン I V T 4 M ( S D ) : C h 1 = A 1 + A 2、C h 2 = B + D、C h 3 = E + F、C h 4 = E - F

すなわち、この選択パターンは、領域 E 及び F の和 ( E + F ) と差 ( E - F ) をそれぞれ形成して別々のチャンネルとして扱っている。

## 【 0 1 4 8 】

「本開示の実施の形態」

上述したように、「適応型電気光学多機能フィルタ ( A E R O (Adaptive ElectRo Opti cal)multi function filter)」は、再生特性を改善することができる。本開示は、かかる技術において、図 7 を参照して説明したように、適応等化の前段階で領域間の信号に関して演算を行うことによって、ディフェクト等の外乱の影響を低減し、より信号の品質を良好とするものである。本開示では、光束の分割数（領域数）と信号処理部に対する入力信号の個数（チャンネル数）とを等しいものとしている。この条件において、各領域からの信号を演算して信号処理部に対する入力信号を形成するものである。

20

## 【 0 1 4 9 】

一例として、上述したパターン V H T 4（図 2 4 参照）を例に説明する。この場合では、4 個の領域 A ( = A 1 + A 2 )、領域 C、領域 E、領域 F から信号が得られる。そして、下記の表 5 で示すような線形演算によって、4 チャンネルの信号を形成する。

## 【 0 1 5 0 】

30

【表 5】

演算方式	Rad方向 内外ブレンド和型	Rad方向 内外ブレンド差型	Rad方向 内外ブレンド和差型
Ch1	$K1 \cdot A + K2 \cdot C$	A (または C)	$K1 \cdot A + K2 \cdot C$
Ch2	C (または A)	$K3 \cdot C - K4 \cdot A$	$K3 \cdot C - K4 \cdot A$
Ch3	E	E	E
Ch4	F	F	F

40

## 【 0 1 5 1 】

表 5 に示される演算は、下記の種類のものである。

（ラジアル方向内外ブレンド和型：ラジアル方向の外側領域の信号と内側領域の信号を加算する。K 1 及び K 2 は、係数である。）

$$C h 1 = K 1 \cdot A + K 2 \cdot C$$

$$C h 2 = C \text{ (または } A \text{)}$$

$$C h 3 = E$$

$$C h 4 = F$$

ラジアル方向内外ブレンド和型の場合、適切な係数を選ぶことで低周波数領域の隣接トラッククロストークを自己相殺することができる。

50

## 【 0 1 5 2 】

(ラジアル方向内外ブレンド差型：ラジアル方向の外側領域の信号と内側領域の信号を減算する。K 3 及び K 4 は、係数である。)

$$C h 1 = A \text{ (または } C \text{)}$$

$$C h 2 = K 3 * C - K 4 * A$$

$$C h 3 = E$$

$$C h 4 = F$$

差演算はレーザノイズ等の同位相ノイズを除去できるので、同位相ノイズが多い状態で再生特性改善効果がある。

差演算により『ディフェクト等の外乱』を緩和することができる。

10

## 【 0 1 5 3 】

(ラジアル方向内外ブレンド和差型：ラジアル方向の外側領域の信号と内側領域の信号を加算及び減算する。K 1 ~ K 4 は、係数である。)

$$C h 1 = K 1 * A + K 2 * C$$

$$C h 2 = K 3 * C - K 4 * A$$

$$C h 3 = E$$

$$C h 4 = F$$

和型、差型の特徴をあわせもつ。

## 【 0 1 5 4 】

タンジェンシャル方向の領域 E 及び F に関しても、ラジアル方向と同様に、下記の表 6 20  
で示すような線形演算によって、4 チャンネルの信号を形成することができる。

## 【 0 1 5 5 】

## 【表 6】

演算方式	Tan方向 差和型	Tan方向 エンハンス型	Tan方向 ブレンド型
Ch1	A	A	A
Ch2	C	C	C
Ch3	E+F	$K5 * E - K6 * F$	$K7 * E + K8 * F$
Ch4	E-F	$K6 * E - K5 * F$	$K8 * E + K7 * F$

30

## 【 0 1 5 6 】

表 6 に示される演算は、下記の種類のものである。

(タンジェンシャル方向和差型：タンジェンシャル方向の領域 E 及び F の和及び差を形成する。K 5 及び K 6 は、係数である。)

$$C h 1 = A$$

$$C h 2 = C$$

$$C h 3 = E + F$$

$$C h 4 = E - F$$

40

タンジェンシャル方向和差型は、マーク位相の状態を検出する精度が高い。

差のチャンネル C h 4 は、レーザノイズ等の同位相ノイズが除去できるため、同位相ノイズが多い状態で、再生特性改善効果がある。図 3 6 における破線で示すように、タンジェンシャル方向和差型は、優位である。

## 【 0 1 5 7 】

(タンジェンシャル方向エンハンス型：タンジェンシャル方向の二つの領域の信号を減算する。K 5 及び K 6 は、係数である。)

$$C h 1 = A$$

$$C h 2 = C$$

$$C h 3 = K 5 * E - K 6 * F$$

50

$$Ch4 = K6 * E - K5 * F$$

タンジェンシャル方向エンハンス型は、EとFの位相差をエンハンスする効果があり、マーク位相によって再生特性が改善する。

【0158】

(タンジェンシャル方向ブレンド型：タンジェンシャル方向の二つの領域の信号を加算する。K7、K8は、係数である。)

$$Ch1 = A$$

$$Ch2 = C3 * C - K4 * A$$

$$Ch3 = K7 * E + K8 * F$$

$$Ch4 = K8 * E + K7 * F$$

和差型及びエンハンス型の特徴をあわせもつ。

【0159】

さらに、タンジェンシャル方向の領域E、Fとラジアル方向の領域Aとの差を下記の表7に示すようにとるようにしても良い。

【0160】

【表7】

演算方式	RadTan差型	Rad方向 内外ブレンド和差型 + TanRad差型
Ch1	A	$K1 * A + K2 * C$
Ch2	C	$K3 * C - K4 * A$
Ch3	$K9 * E - K10 * A$	$K9 * E - K10 * A$
Ch4	$K9 * F - K10 * A$	$K9 * F - K10 * A$

【0161】

表7に示される演算は、下記の種類のものである。

(タンジェンシャルラジアル差型：タンジェンシャル方向の領域E及びFから領域Aを減算する。K9及びK10は、係数である。)

$$Ch1 = A$$

$$Ch2 = C$$

$$Ch3 = K9 * E - K10 * A$$

$$Ch4 = K9 * F - K10 * A$$

【0162】

(ラジアル方向内外ブレンド和差型 + タンジェンシャルラジアル差型)

$$Ch1 = K1 * A + K2 * C$$

$$Ch2 = K3 * C - K4 * A$$

$$Ch3 = K9 * E - K10 * A$$

$$Ch4 = K9 * F - K10 * A$$

【0163】

実際の光ディスク再生装置においては、装着されるディスクの品質は一定ではなく、ディフュクトの多いディスクが装着される場合もある。すなわち、ディフュクト等の外乱として、記録面上の異物、溝成形不良、記録膜の不良等の小さなものから、中間層やカバー層に含まれる異物や気泡等の大きなもの、さらにはディスク表面に付着した塵埃や指紋等が考えられる。このようなディフュクト等の外乱が多いディスクで、領域間の差をとる演算を用いることで、エラーの発生を抑圧することができる。

【0164】

なお、マーク位相やディフュクトの傾向により演算の係数を変えてもよい。係数の値は、係数は差をとる領域間の面積比、光量比を基準に最適化することができる。

ディフュクト等の外乱が多いディスクで、領域間の差をとる演算を用いることで、エラ

10

20

30

40

50

一の発生を抑圧することができる。

【 0 1 6 5 】

「本開示の効果」

以下、本開示の効果について、パターン V H T 4 を例に説明する。図 3 7 は、領域の信号に関する演算を行わない場合で、ディフェクトの少ないディスクを再生した場合のエラーレートの測定例のグラフである。例えば図 1 に示すディスク再生装置が使用される。使用したディスクは、下記に示す片面 3 層構造のディスクである。なお、実線のグラフは、グループ再生時のエラーレートであり、破線のグラフは、ランド再生時のエラーレートである。横軸は、クロック数であり、縦軸がエラーレートである。図 3 7 に示すように、ディフェクトの少ないディスクを再生した場合では、特に問題が生じない。

10

【 0 1 6 6 】

記録面が片面 3 層構造

$Tp=0.225\ \mu m$ (ランド、グループのそれぞれが)

信号記録密度 LD35.18 G B (53nm/channelbit) 50.0 G B / 層、両面 6 層で 300 G B 相当  
ランドグループ双方に記録

【 0 1 6 7 】

図 3 8 及び図 3 9 は、ディフェクトの多いディスクを再生した場合のエラーレートの測定例のグラフである。使用したディスク及びグラフの縦軸及び横軸は、図 3 7 と同様である。図 3 8 は、グループ再生時のデータであり、図 3 9 は、ランド再生時のデータである。図 3 8 及び図 3 9 において、実線のグラフは、領域の信号に関する演算を行わない場合のデータを示し、破線のグラフは、表 8 に示すように、領域の信号に関する演算を行う本開示によるデータである。図 3 8 及び図 3 9 に示すように、ディフェクトの多いディスクを再生した場合では、本開示によってエラーレートを下げることができる。

20

【 0 1 6 8 】

すなわち、ディフェクト等の外乱が多いディスクで、領域間の差をとる演算を用いることで、エラーの発生を抑圧することができる。なお、マーク位相やディフェクトの傾向により演算の係数を変えてもよい。係数によって、差をとる領域間の面積比、光量比を基準に最適化することができる。特に、このような効果は、タンジェンシャル方向に中心位置が異なる複数の領域からの出力を使用する分割パターン ( T タイプと称する ) の場合に大きいものとなる。

30

【 0 1 6 9 】

【表 8】

演算方式	LD35.2GBGroovebER-min	LD35.2GBG,L共通	LD35.2GBLandbER-min
Ch1	A	A	$A+0.5*C$
Ch2	$C-2.5*A$	$C-3*A$	$C-5*A$
Ch3	$E-0.5*A$	$E-0.7*A$	$E-1.2*A$
Ch4	$F-0.5*A$	$F-0.7*A$	$F-1.2*A$

40

【 0 1 7 0 】

表 8 に示す演算は、ラジアル方向内外ブレンド和差型 + タンジェンシャルラジアル差型の型である。さらに、グループ再生時の演算と、グループ及びランドで共通の演算と、ランド再生時の演算とが示されている。

グループ再生時：

$Ch1 = A$

$Ch2 = C - 2.5 * A$

$Ch3 = E - 0.5 * A$

$Ch4 = F - 0.5 * A$

グループ及びランド共通の演算：

50

$Ch1 = A$   
 $Ch2 = C - 3 * A$   
 $Ch3 = E - 0.7 * A$   
 $Ch4 = F - 0.7 * A$   
 ランド再生時：  
 $Ch1 = A * 0.5 C$   
 $Ch2 = C - 5 * A$   
 $Ch3 = E - 1.2 * A$   
 $Ch4 = F - 1.2 * A$

【 0 1 7 1 】

10

上述した図 3 2 に示す分割パターン I V T 4 M の 6 個の領域 A 1、A 2、B、D、E、F を、表 2 に示すように、選択パターン I V T 4 M、I V R 4 M、I V L 4 M に対応して演算するようにしている。このような場合に対しても本開示を適用できる。各選択パターンについての演算例を以下に示す。ここでは、ラジアル方向の外側の領域と差をとる構成としている。例えば、ラジアル方向内外ブレンド和差型 + タンジェンシャルラジアル差型である。

【 0 1 7 2 】

選択パターン I V T 4 M ( S D ) の演算例を表 9 に示す。

【 0 1 7 3 】

【表 9】

20

演算方式	IVT4M (SD)	Rad方向 内外ブレンド和差型 + TanRad差型
Ch1	A1+A2	$K1*(A1+A2)+K2*(B+D)$
Ch2	B+D	$K3*(B+D)-K4*(A1+A2)$
Ch3	E+F	$K9'*(E+F)-K10*(A1+A2)$
Ch4	E-F	E-F

【 0 1 7 4 】

30

選択パターン I V T 4 M の演算例を表 1 0 に示す。

【 0 1 7 5 】

【表 1 0】

演算方式	IVT4M	Rad方向 内外ブレンド和差型 + TanRad差型
Ch1	A1+A2	$K1*(A1+A2)+K2*(B+D)$
Ch2	B+D	$K3*(B+D)-K4*(A1+A2)$
Ch3	E	$K9*E-K10*(A1+A2)$
Ch4	F	$K9*F-K10*(A1+A2)$

40

【 0 1 7 6 】

選択パターン I V R 4 M の演算例を表 1 1 に示す。

【 0 1 7 7 】



【表 1 0】

演算方式	IVR4M	Rad方向 内外ブレンド和差型 + TanRad差型
Ch1	E+F	$K9' \cdot (E+F) - K10 \cdot (A1+A2)$
Ch2	B+D	$K3 \cdot (B+D) - K4 \cdot (A1+A2)$
Ch3	A1	A1
Ch4	A2	A2

10

【 0 1 7 8 】

選択パターン I V L 4 M の演算例を表 1 2 に示す。

【 0 1 7 9 】

【表 1 2】

演算方式	IVL4M	Rad方向 内外ブレンド和差型 + TanRad差型
Ch1	E+F	$K9' \cdot (E+F) - K10 \cdot (A1+A2)$
Ch2	A1+A2	$K1 \cdot (A1+A2) + K2 \cdot (B+D)$
Ch3	B	$K3' \cdot B - K4 \cdot (A1+A2)$
Ch4	D	$K3' \cdot D - K4 \cdot (A1+A2)$

20

【 0 1 8 0 】

選択パターン I V R 4 M に関して、係数の設定例を表 1 3 に示す。

【 0 1 8 1 】

【表 1 3】

演算方式	LD35.2GBGroovebER-min
Ch1	$0.7(E+F) - (A1+A2)$
Ch2	$(B+D) - 1.75(A1+A2)$
Ch3	A1
Ch4	A2

30

【 0 1 8 2 】

表 1 3 のように係数を設定して、ディフェクトの多いディスクを再生した場合のエラーレートの測定例を図 4 0 のグラフに示す。使用したディスク及びグラフの縦軸及び横軸は、図 3 7 と同様である。図 4 0 は、グループ再生時のデータである。図 4 0 において、実線のグラフは、領域の信号に関する演算を行わない場合のデータを示し、破線のグラフは、表 1 3 に示すように、領域の信号に関する演算を行う本開示によるデータである。図 4 0 に示すように、ディフェクトの多いディスクを再生した場合は、本開示によってエラーレートを下げることができる。

40

【 0 1 8 3 】

すなわち、ディフェクト等の外乱が多いディスクで、領域間の差をとる演算を用いることで、エラーの発生を抑圧することができる。なお、マーク位相やディフェクトの傾向により演算の係数を変えてもよい。係数によって、差をとる領域間の面積比、光量比を基準に最適化することができる。

【 0 1 8 4 】

「領域間の演算を行った場合でも信号特性が大きく劣化しないことの説明」

50

上述したように、本開示の実施の形態では、領域間の演算として、演算前の信号数と演算後の信号数とが等しい演算を行うようにしている。上述した「和と差」以外にも領域間演算前後の信号数が等しい演算は、種々の場合が考えられる。

【 0 1 8 5 】

パターン V H T 4 を例に領域間の演算を行っても、信号特性が大きく劣化しないことを説明する。説明の便宜上、領域に対応する信号名を図 4 1 に示すように変える。以下に説明するように、平均信号レベルが同等から 2 倍程度のゲイン（係数）を乗じて加減算しても、信号特性が大きくは劣化しない。

【 0 1 8 6 】

第 1 の例として下記の演算を行った場合に、係数  $K_{tr}$  に対する  $e - M L S E$  の変化のシミュレーション結果を図 4 2 に示す。

【 0 1 8 7 】

$$Ch 1 = R$$

$$Ch 2 = Ta + K_{tr} * R$$

$$Ch 3 = C$$

$$Ch 4 = Tb + K_{tr} * R$$

【 0 1 8 8 】

シミュレーションの条件は、下記のものである。

$Tp = 0.225 \mu m$  (ランド、グループのそれぞれが)

信号記録密度 LD35.18 G B (53nm/channelbit)

50 G B / 層

ランドグループ双方に記録

【 0 1 8 9 】

図 4 2 において、破線は、( $K_{tr} = -0.6$ 、 $K_{tr} = 0.6$ ) の位置をそれぞれ示している。この破線は、タンジェンシャル方向の外側の領域  $Ta$ 、 $Tb$  とラジアル方向の外側の領域  $R$  との平均光量比に対応している。( $K_{tr} = 0.6$ ) とした場合の値 ( $0.6R$ ) が  $Ta$  と平均光量比でほぼ等しいものとなる。すなわち、図 4 2 のシミュレーション結果は、タンジェンシャル方向の外側に対応する信号  $Ta$ 、 $Tb$  に対して、(平均光量比程度の信号  $R$  を加算 ~ 平均光量比のほぼ 2 倍程度の信号  $R$  を減算) の範囲内では、信号特性の劣化が小さいことを示している。

【 0 1 9 0 】

第 2 の例として下記の演算を行った場合に、係数  $K_{cr}$  に対する  $e - M L S E$  の変化のシミュレーション結果を図 4 3 に示す。

【 0 1 9 1 】

$$Ch 1 = R$$

$$Ch 2 = Ta$$

$$Ch 3 = C + K_{cr} * R$$

$$Ch 4 = Tb$$

【 0 1 9 2 】

シミュレーションの条件は、下記のものである。

$Tp = 0.225 \mu m$  (ランド、グループのそれぞれが)

信号記録密度 LD35.18 G B (53nm/channelbit)

50 G B / 層

ランドグループ双方に記録

【 0 1 9 3 】

図 4 3 において、破線は、( $K_{cr} = -2$ 、 $K_{cr} = 2$ ) の位置をそれぞれ示している。この破線で挟まれる範囲は、タンジェンシャル方向の外側の領域  $Ta$ 、 $Tb$  とラジアル方向の外側の領域  $R$  との平均光量比に対応している。( $K_{cr} = 2$ ) とした場合の値 ( $2R$ ) が  $C$  と平均光量比でほぼ等しいものとなる。すなわち、図 4 3 のシミュレーション結果は、中央の領域に対応する信号  $C$  に対して、(平均光量比程度の信号  $R$  を加減算) の範

圈内では、信号特性の劣化が小さいことを示している。

【0194】

第3の例として下記の演算を行った場合に、係数  $K_{rtct}$  に対する  $e - M L S E$  の変化のシミュレーション結果を図44に示す。

【0195】

$$Ch1 = R + K_{rtct} * (Ta + C + Tb)$$

$$Ch2 = Ta$$

$$Ch3 = C$$

$$Ch4 = Tb$$

【0196】

シミュレーションの条件は、下記のものである。

$Tp=0.225\mu m$ (ランド、グループのそれぞれが)

信号記録密度 LD35.18 G B (53nm/channelbit)

50 G B / 層

ランドグループ双方に記録

【0197】

図44において、破線は、( $K_{rtct} = 0.3$ 、 $K_{rtct} = -0.3$ )の位置をそれぞれ示している。この破線で挟まれる範囲は、タンジェンシャル方向の外側の領域  $Ta$ 、 $Tb$  及び中央領域  $C$  とラジアル方向の外側の領域  $R$  との平均光量比に対応している。( $K_{rtct} = 0.3$ )とした場合の値( $0.3(Ta + C + Tb)$ )が  $R$  と平均光量比でほぼ等しいものとなる。すなわち、図44のシミュレーション結果は、ラジアル方向の外側の領域に対応する信号  $R$  に対して、(平均光量比程度の信号( $Ta + C + Tb$ ))を加算～平均光量比の2倍程度の信号( $Ta + C + Tb$ )を減算)の範囲内では、信号特性の劣化が小さいことを示している。

【0198】

上述したように、本開示は、領域間の演算を行い、ディフェクト等の外乱に対する耐性を向上できるものである。上述したシミュレーション結果から分かるように、平均光量比(平均信号レベル)が同等から2倍程度の範囲内の係数を乗じて加減算しても信号特性が大きく劣化しない。

【0199】

なお、係数は、固定してもよいし、いくつかの定数を用意し、定数を切り換えてもよい。さらに、係数を可変としてもよい。さらに、領域間演算は、O E I C (P D I C) 上でアナログ回路を用いて行ってもよいし、O E I C 出力を別に設けたマトリクス回路(アナログ回路)で行ってもよいし、A / D コンバータでデジタル信号に変換した後、デジタル回路で行ってもよい。

【0200】

さらに、本開示において、ディフェクト耐性改善のための演算を用いる場合と、演算を用いない場合とを切り換えて、特性の差異を計測することによって、ディフェクトを検出することもでき、ディフェクト対策に検出結果を利用することができる。さらに、ディスク表面の塵埃に関して、ドライブまたはライブラリ内に風を噴射したり、拭き取り等によって、ディスクをクリーニングする機構を設けることは有用である。ディスク検出結果を使用してクリーニングする機構の動作を制御するようにしても良い。大容量化のために両面ディスクとしている場合には、特に塵埃の影響を受けやすいので、ディスクをクリーニングする機構を設けることは、効果的である。

【0201】

<変形例>

以上、本開示の実施の形態について具体的に説明したが、上述の各実施の形態に限定されるものではなく、本開示の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。例えば、上述したレーザ光源の波長、トラックピッチ、記録線密度の数値等は、一例であって、他の数値を使用しても良い。さらに、再生性能を評価するための指標としては、上述したもの

10

20

30

40

50

外を使用しても良い。さらに、光ディスクに対して記録及び再生の一方のみを行う光ディスク装置に対しても本開示を適用できる。

【0202】

また、上述の実施の形態の構成、方法、工程、形状、材料及び数値などは、本開示の主旨を逸脱しない限り、互いに組み合わせることが可能である。

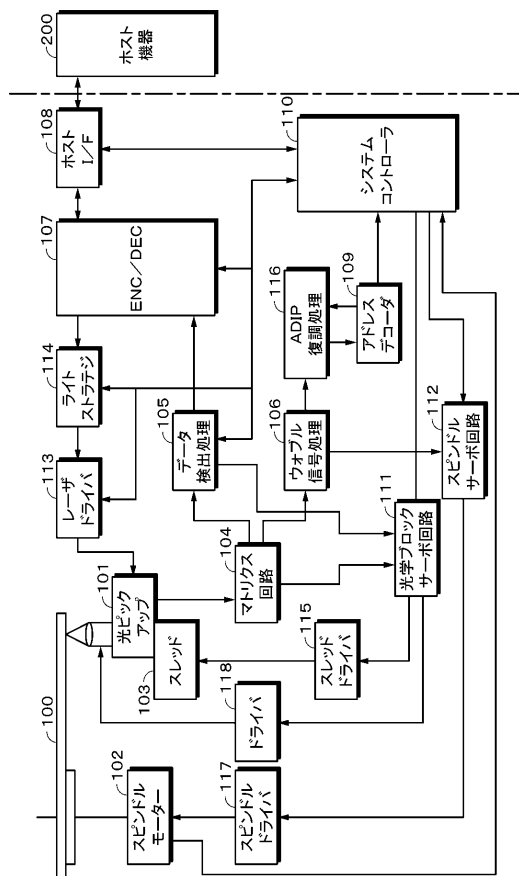
【符号の説明】

【0204】

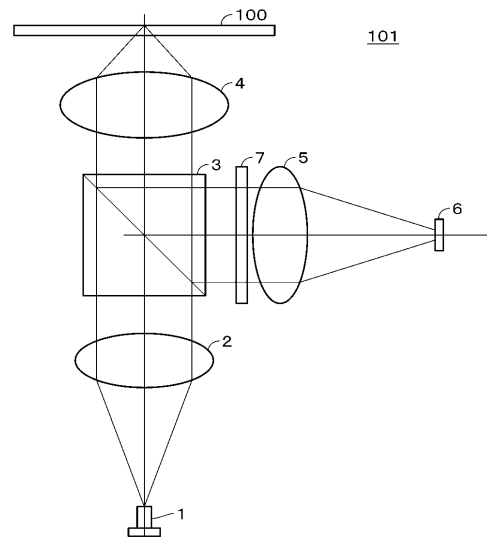
- 13 多入力適応イコライザ
- 14 2値化検出器
- 15 PR畳込器
- 21～23 適応イコライザユニット
- 100 光ディスク
- 101 光ピックアップ
- 105 データ検出処理部
- 131 光学フィルタ
- 132 演算部
- 133<sub>1</sub>～133<sub>n</sub> 電気フィルタ

10

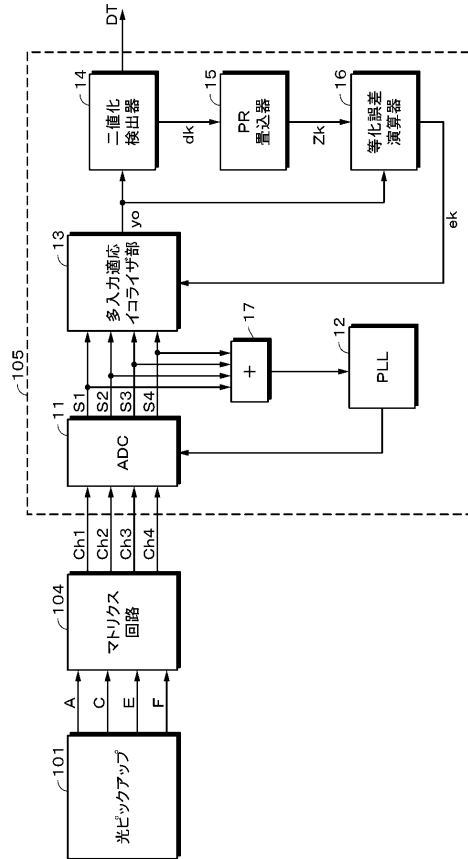
【図1】



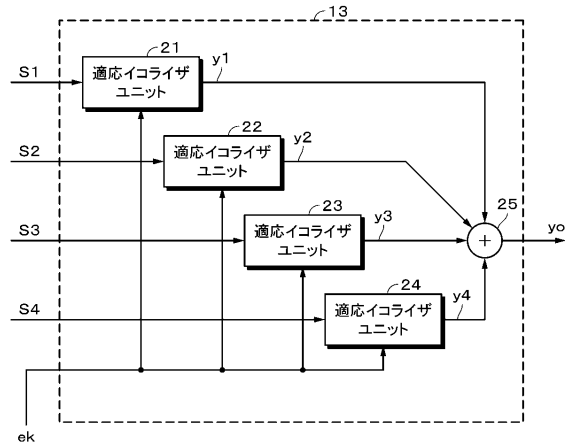
【図2】



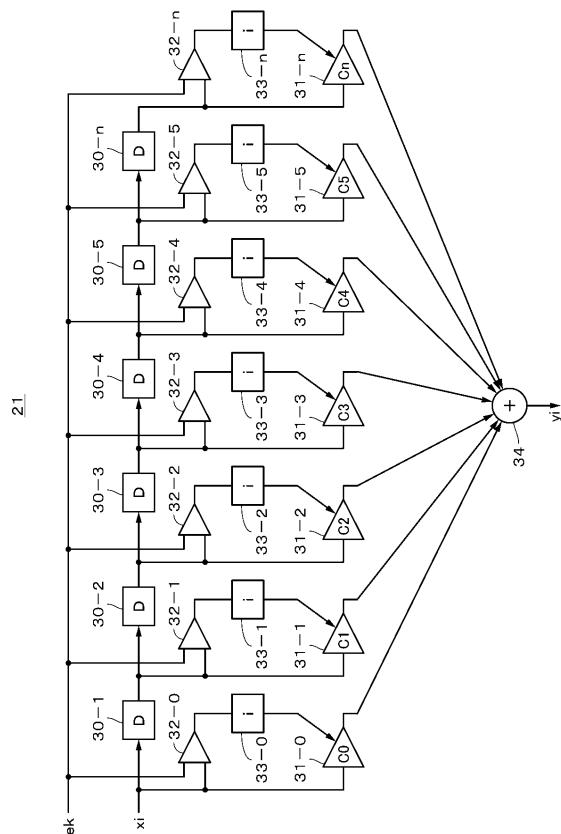
【図 3】



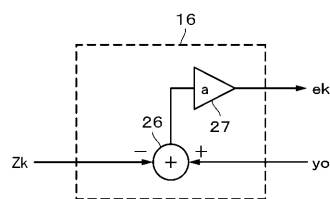
【図 4】



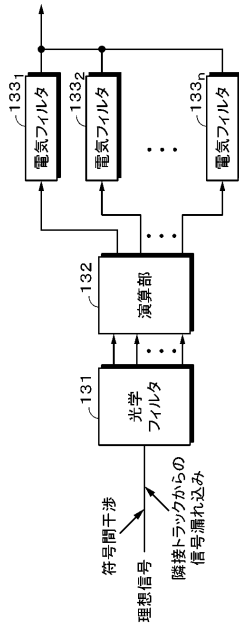
【図 5】



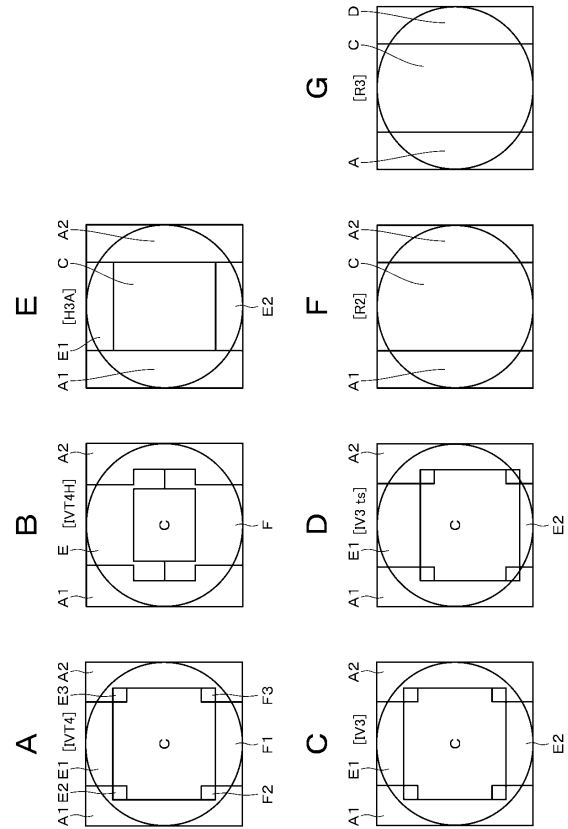
【図 6】



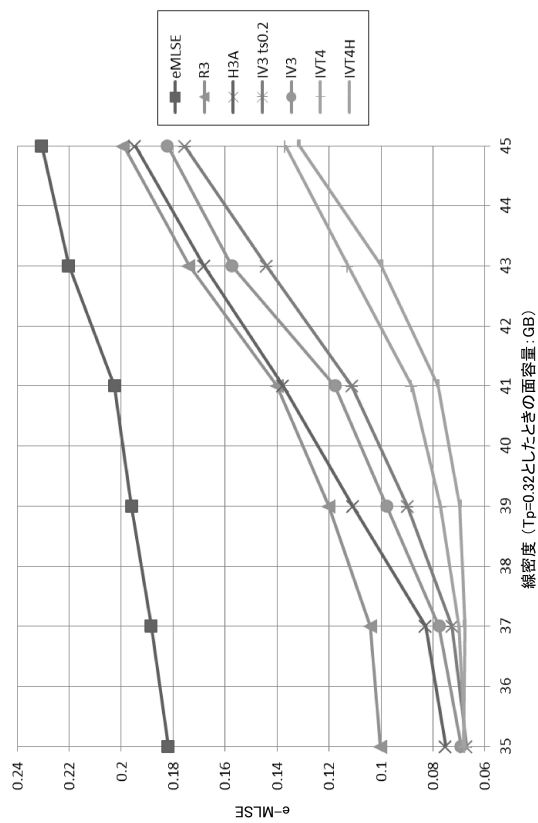
【図 7】



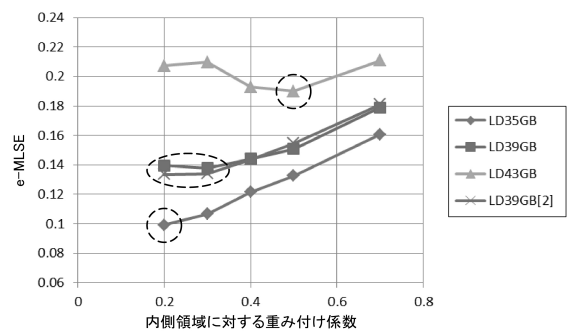
【図 8】



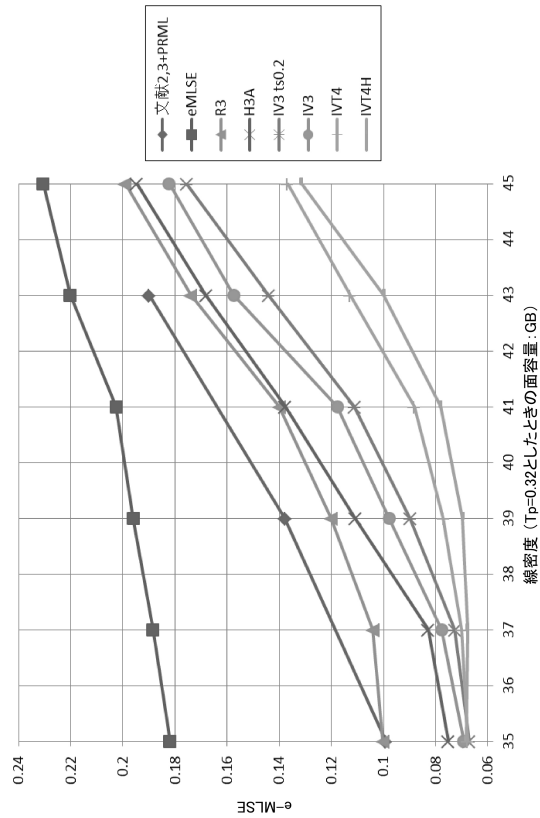
【図 9】



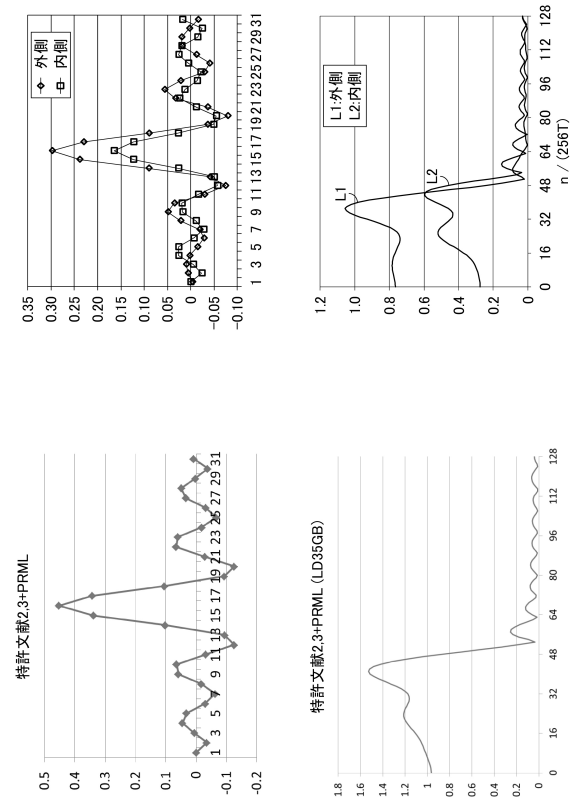
【図 10】



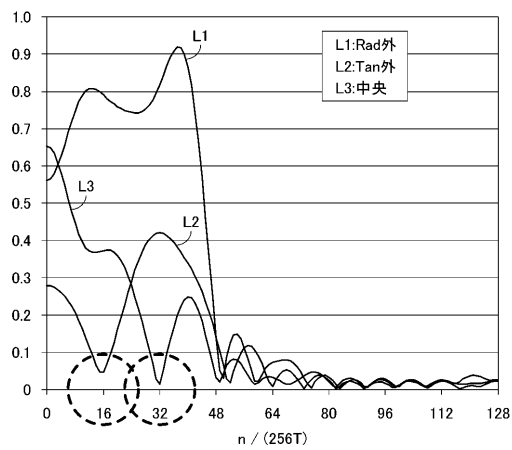
【図 1 1】



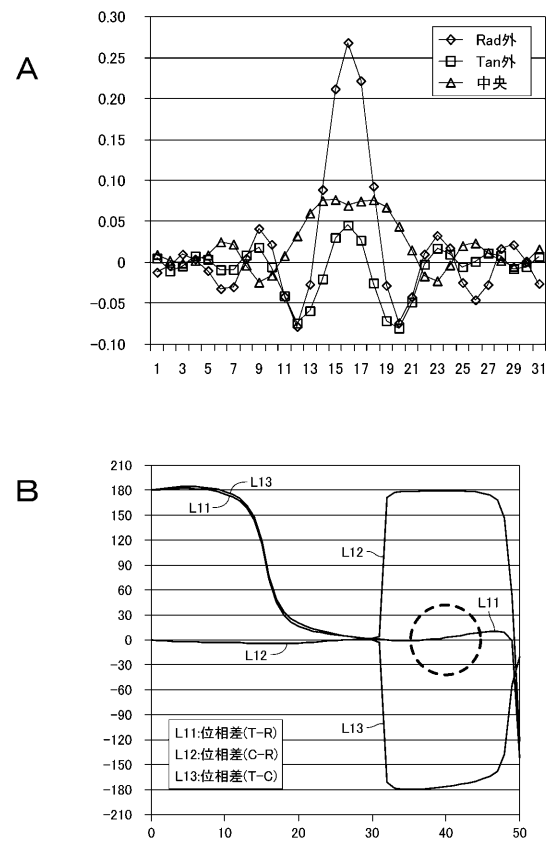
【図 1 2】



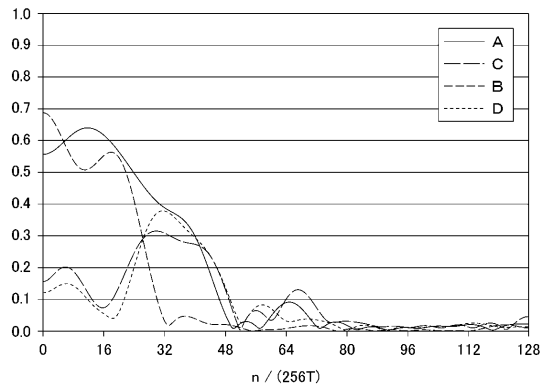
【図 1 3】



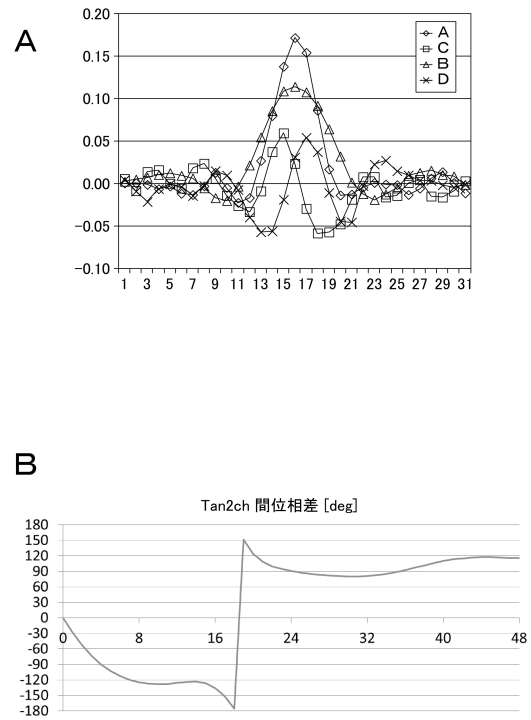
【図 1 4】



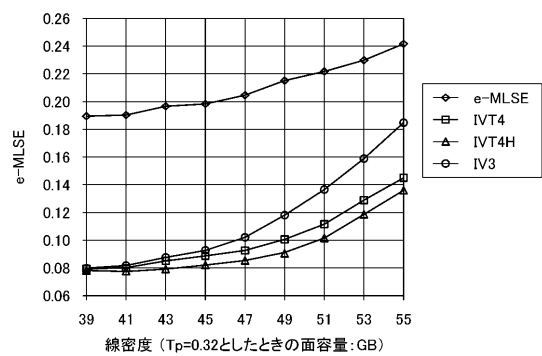
【図 15】



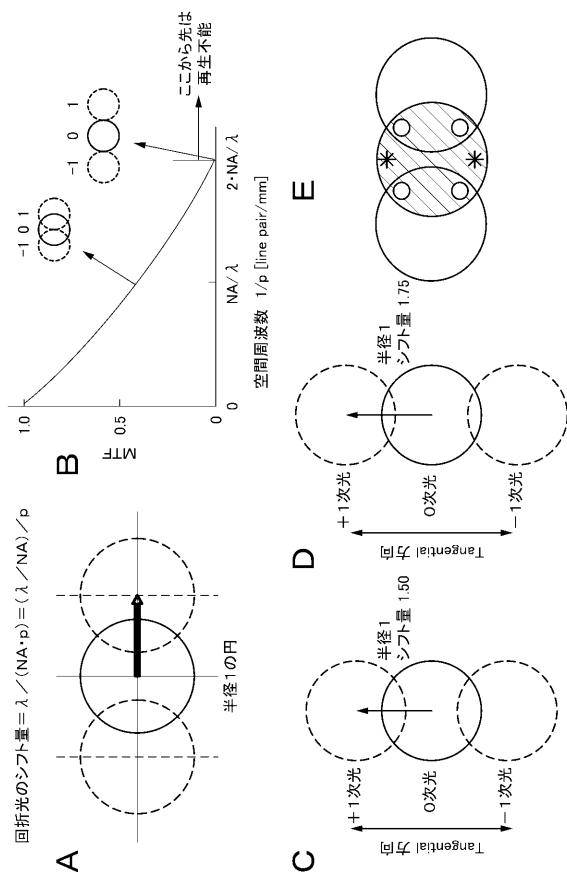
【図 16】



【図 17】

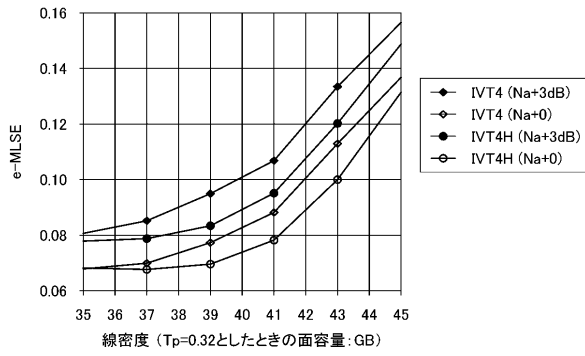


【図 18】

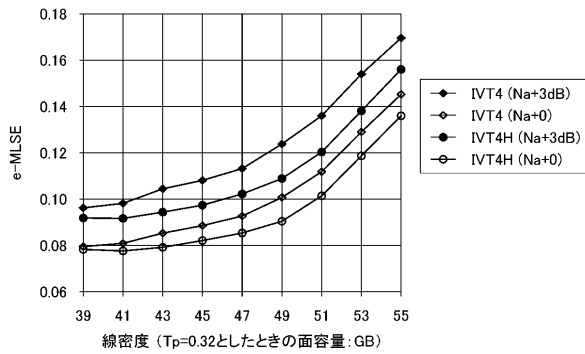




【図 19】

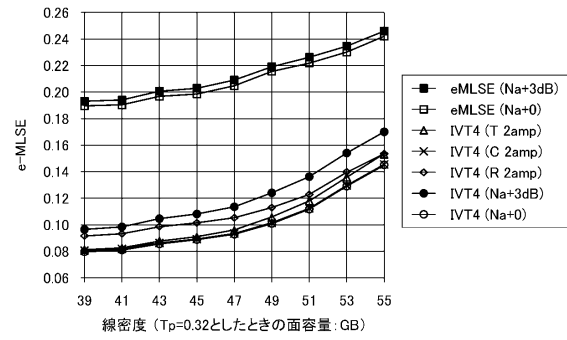


【図 20】

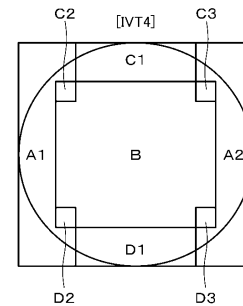


【図 21】

A

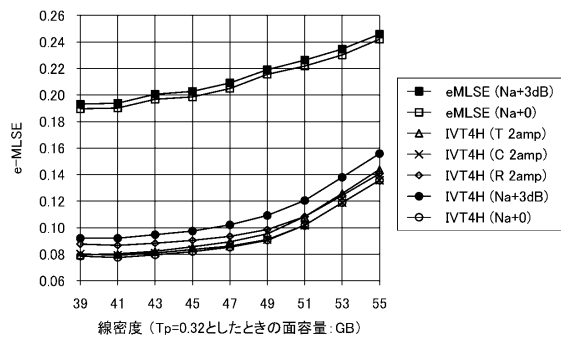


B

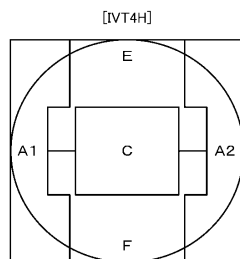


【図 22】

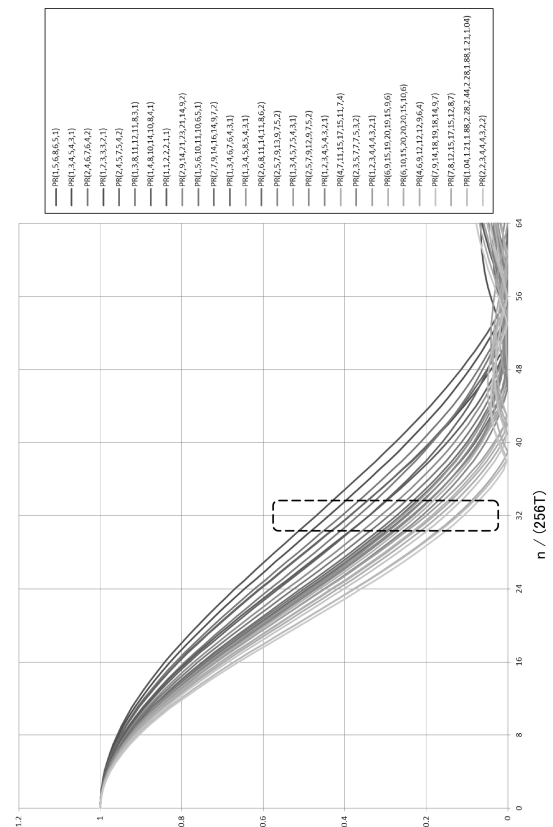
A



B

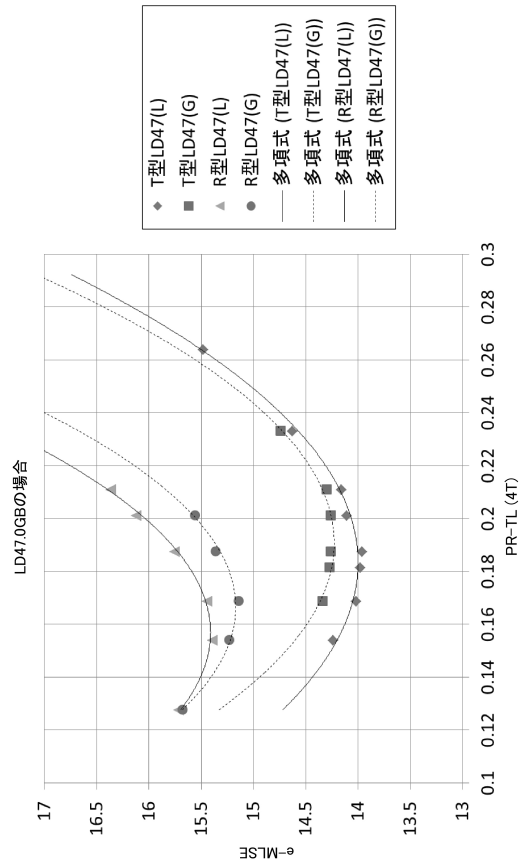


【図 23】

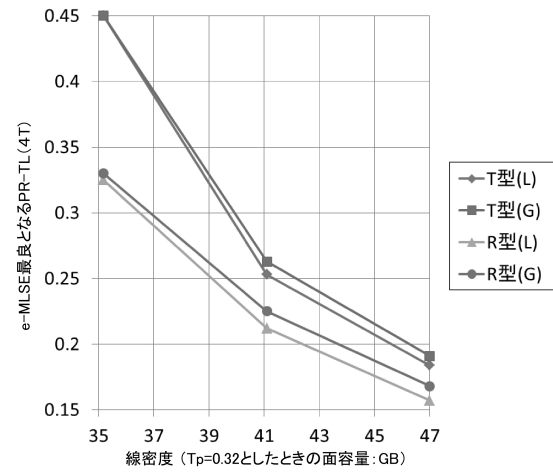




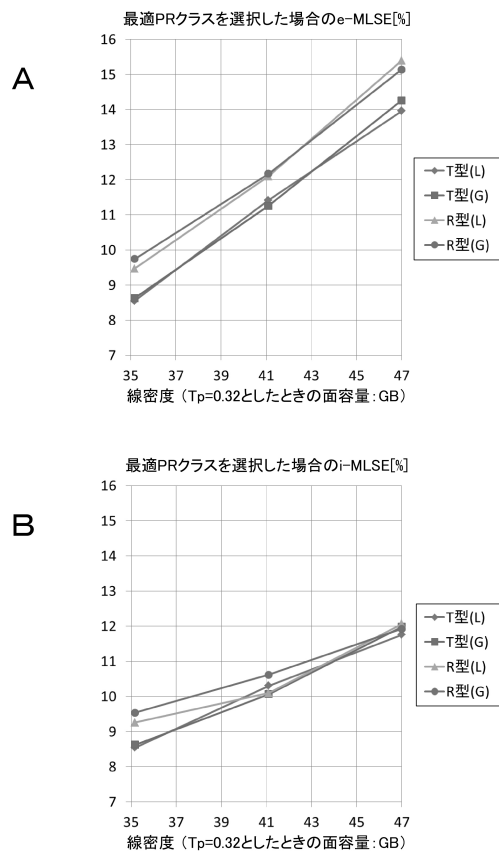
【図 28】



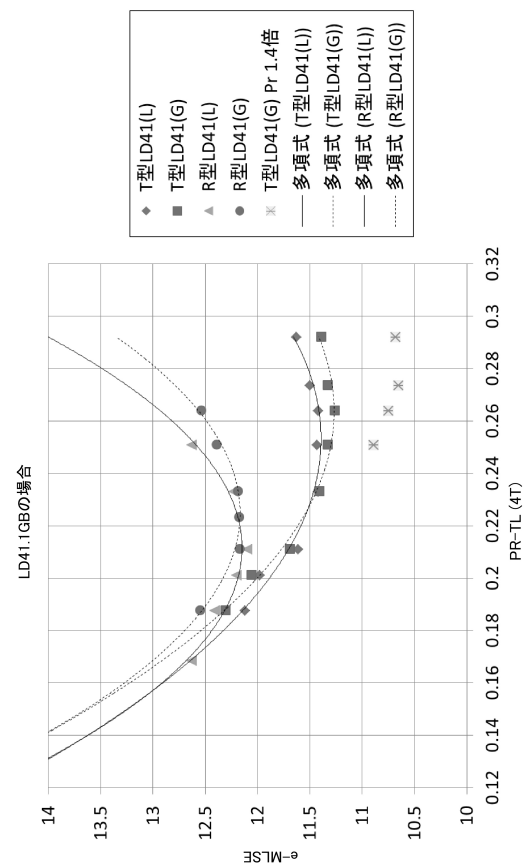
【図 29】



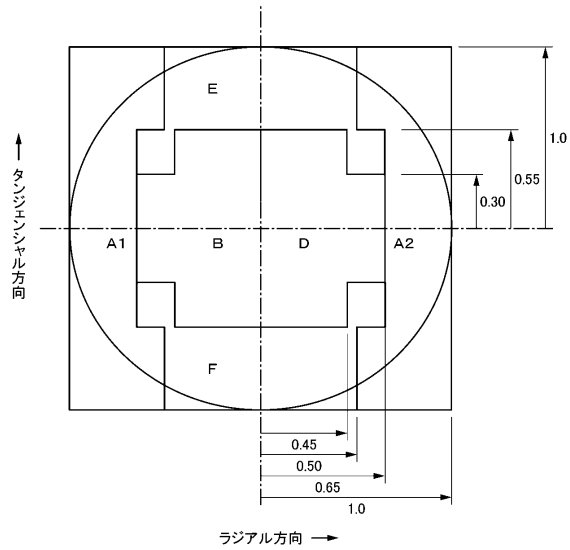
【図 30】



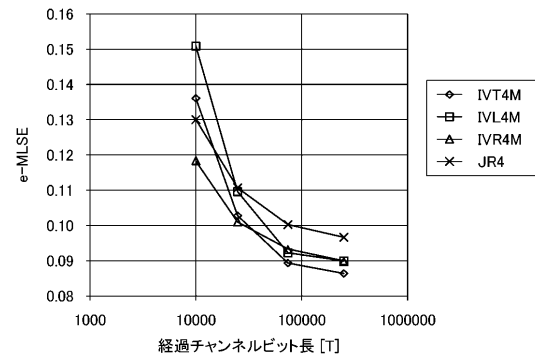
【図 31】



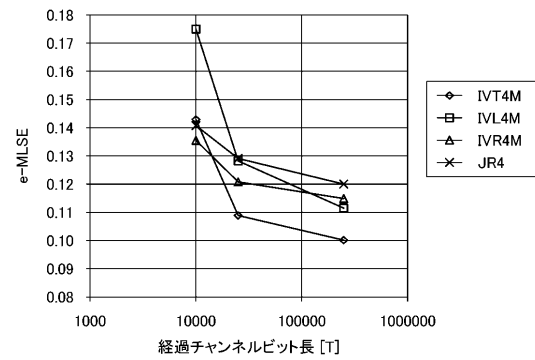
【図 3 2】



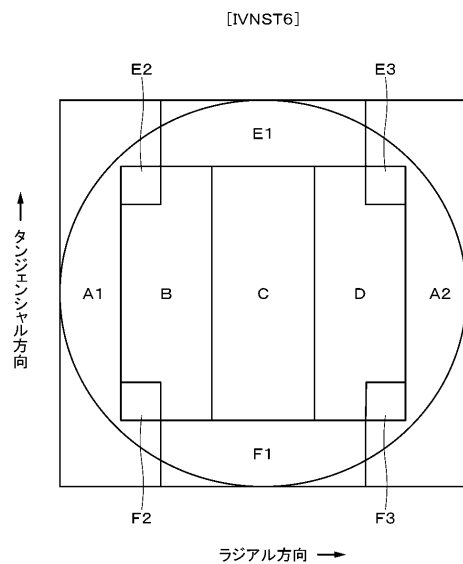
【図 3 3】



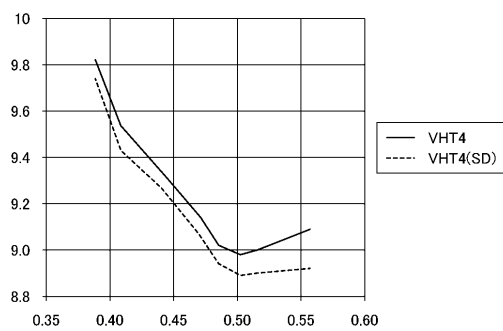
【図 3 4】



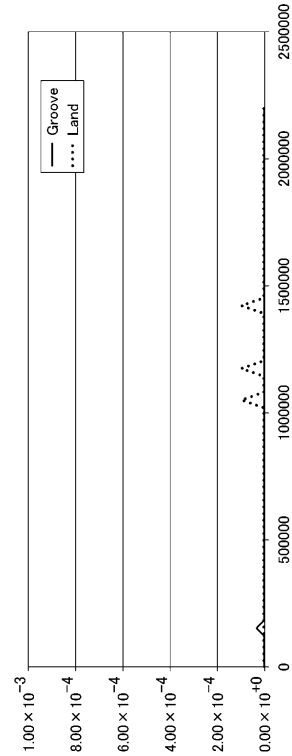
【図 3 5】



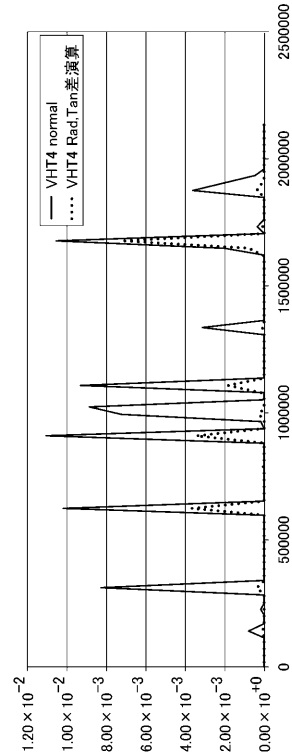
【図 3 6】



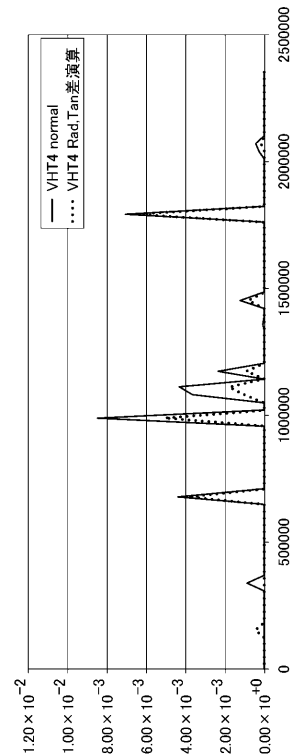
【図 3 7】



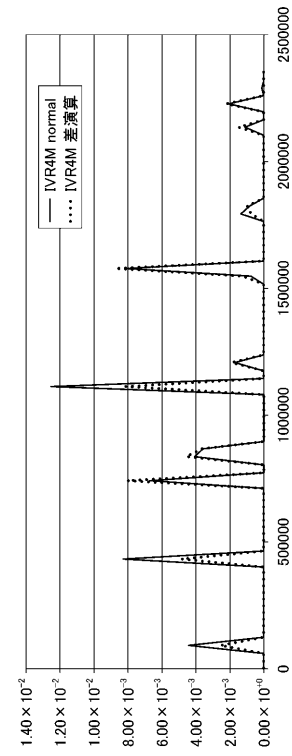
【図 3 8】



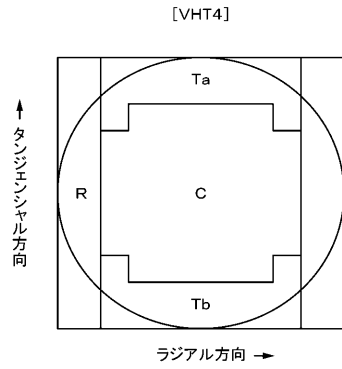
【図 3 9】



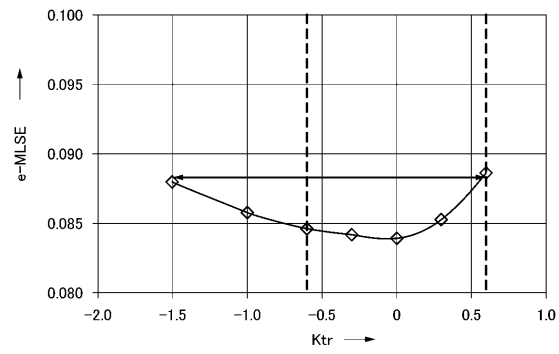
【図 4 0】



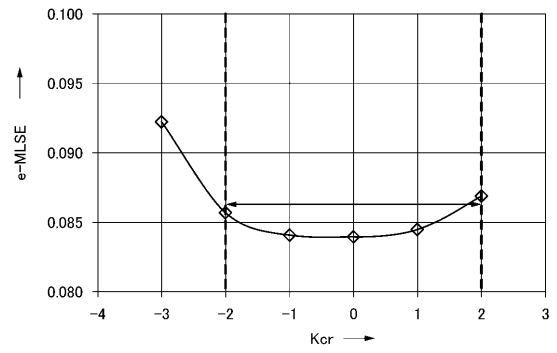
【図 4 1】



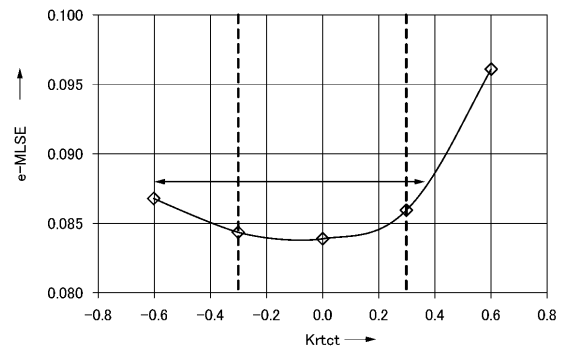
【図 4 2】



【図 4 3】



【図 4 4】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
G 1 1 B 20/18 5 7 2 C  
G 1 1 B 20/18 5 7 2 F

(72)発明者 白石 淳也  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内  
(72)発明者 安藤 伸彦  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 川中 龍太

(56)参考文献 国際公開第2014/207972(WO,A1)  
国際公開第2014/054246(WO,A1)  
特開2009-199635(JP,A)  
国際公開第2014/203526(WO,A1)  
特開2011-248972(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)  
G 1 1 B 7 / 0 0 - 7 / 0 1 3  
G 1 1 B 7 / 1 2 - 7 / 2 2