

(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2004-134018

(P2004-134018A)

(43) 公開日 平成16年4月30日(2004.4.30)

(51) Int.Cl.⁷

G 1 1 B 20/14
G 1 1 B 7/0045
G 1 1 B 7/005
G 1 1 B 20/10

F I

G 1 1 B 20/14 3 4 1 A
G 1 1 B 7/0045 Z
G 1 1 B 7/005 B
G 1 1 B 20/10 3 1 1
G 1 1 B 20/10 3 2 1 A

テーマコード (参考)

5 D O 4 4
5 D O 9 0

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2002-298229 (P2002-298229)

(22) 出願日 平成14年10月11日 (2002.10.11)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

(72) 発明者 黒川 貴弘

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 宮本 治一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 峯邑 浩行

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 情報記録方法及び再生方法

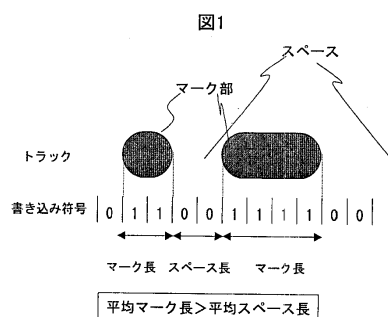
(57) 【要約】

【課題】従来の光ディスクにおいては、高信頼性と低エラーレートとを両立して記録、再生することが困難であった。

【解決手段】記録膜に、結晶状態を記録するときのR L L符号の平均ラン長が、アモルファス状態を記録するときのそれよりも短いようにする。

【効果】高信頼性と低エラーレートとを両立できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

R L L 符号化規則を用い、記録膜に、第 1 の状態と、前記第 1 の状態とは異なる第 2 の状態を形成し、前記第 1 の状態と前記第 2 の状態との境界に情報を持たせるように記録する情報記録方法であって、

前記第 1 の状態を記録するときの R L L 符号の平均ラン長が、第 2 の状態を記録するときのそれよりも短いようにして、情報を記録することを特徴とする情報記録方法。

【請求項 2】

前記第 1 の状態は結晶であり、前記第 2 の状態はアモルファスであることを特徴とする請求項 1 記載の情報記録方法。

10

【請求項 3】

前記情報を記録するためのデータは、スクランブルされていることを特徴とする請求項 1 記載の情報記録方法。

【請求項 4】

情報記録媒体に、NRZ 表現で、データ " 1 " に対応する状態と " 0 " に対応する状態を異なる物理状態として記録する情報記録方法であって、

前記 " 1 " に対応する状態と前記 " 0 " に対応する状態のノイズレベルが異なり、前記 " 1 " に対応する状態と前記 " 0 " に対応する状態の内、ノイズレベルの小さい状態を、より多く前記情報記録媒体に記録する変調符号を用いて、情報を記録することを特徴とする情報記録方法。

20

【請求項 5】

前記変調符号としてラン長制限符号であり、

ユーザデータビット列を変調データビット列に変換する場合に、

前記変調データビット列に含まれる " 1 " の数を N_1 、" 0 " の数を N_0 とし、

前記情報記録媒体の " 1 " に対応する状態のノイズレベル D_{N1} と " 0 " に対応する状態のノイズレベル D_{N0} として

$D_{N1} < D_{N0}$ の場合は $N_1 > N_0$ 、

$D_{N1} > D_{N0}$ の場合は $N_1 < N_0$ 、

かつ、

比率 $R = N_1 / N_0$ を略一定にするような変調符号を用いることを特徴とする請求項 4 記載の情報記録方法。

30

【請求項 6】

前記比率 R が、 $54\% < R$ もしくは $R < 46\%$ であることを特徴とする請求項 5 記載の情報記録方法。

【請求項 7】

前記比率 R を、累積電荷が 0 に近づくように制御することによって、略一定にすることを特徴とする請求項 5 記載の情報記録方法。

【請求項 8】

前記情報を記録するためのデータは、スクランブルされていることを特徴とする請求項 4 記載の情報記録方法。

40

【請求項 9】

記録膜に第 1 の状態を記録するときの R L L 符号の平均ラン長が、第 2 の状態を記録するときのそれよりも短いようにして、前記第 1 の状態と前記第 2 の状態との境界に情報を持たせるように記録された情報記録媒体に、光を照射して再生信号を得、前記再生信号を復号して、デジタル情報を得、前記情報を再生することを特徴とする情報再生方法。

【請求項 10】

前記情報を再生する工程は、

前記再生信号を、周波数特性補正を行う波形等化を行う工程と、

前記再生信号の振幅を所定の値にするゲイン制御を行う工程と、

50

前記再生信号を所定の判別レベルにより，“1”，“0”を判別して，変調データビット列を得る工程と，
前記変調データビット列をラン長制限符号規則により復号して，デジタル情報を得る工程を有し，
前記変調データビット列に含まれる“1”の数を N_1 ，“0”の数を N_0 としたとき，比率 $R = N_1 / N_0$ が予め定めた値になるように，前記，判別レベルの値を制御することを特徴とする請求項9記載の情報再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

10

本発明は、光ディスクに情報を記録する方法、記録された情報を再生する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

CDやDVDなどの光ディスクシステムにおいては、情報の記録にマークエッジ記録方式が用いられている。これは、記録マークとスペース（マーク間部）の境界（エッジ）に2値データ“1”を割り当て、その他の部分に“0”を割り当てる方式である。その際、光ディスクの光スポットの分解能の制限を超えた高密度（高効率）記録を行うために、“1”と“1”の間の連続する“0”の個数に制限を加えたラン長制限符号（RL符号）が用いられる。これにより、最短マークや最短スペースの長さを光の分解能限界より長く保ったまま高密度記録を行うことができる。たとえば、CD（Compact Disk）に使用されているEFM符号や、DVDに使用されているEFML符号（または8-16符号と呼ばれる）はマーク/スペース長の最小値が3T（Tはチャネルクロック周期）に制限されているラン長制限符号である。これらの符号については、例えば、米国特許第5696505号公報に開示されている。

20

【0003】

EFM符号、EFML符号（8-16符号）は（d、k）RL符号で $d = 2$ 、 $k = 10$ である。ここで $d = 2$ 、 $k = 10$ というのは、ラン長制限符号上での“1”と“1”の間に入る“0”の数の最小値と最大値である。実際の記録はエッジでなくマークを記録するので、NRZI変換を行った結果の“1”/“0”をマーク/スペースに対応させて行う。NRZI変換では、ラン長制限符号が“1”のとき、“1” “0”、“0” “1”のように符号の反転を行い、ラン長制限符号が“0”のときは符号はそのままという変換を行うので、 $d + 1$ が最小のマーク、スペースの長さとなる。すなわちEFM符号やEFML符号において最小のマーク、スペースの長さはともに3ビットであった。

30

【0004】

また最短ラン長 $d = 1$ の代表例としては、光磁気ディスクに採用されている1-7変調が有る。 $d = 1$ であるため最短マーク/スペース長は2Tとなる。

【0005】

近年、光ディスク装置においても更なる記録密度の高密度化が要求されている。このため、光ディスク装置においてパーシャルレスポンス再尤復号方式（Partial Response Maximum Likelihood：以後PRMLと略記する）の採用が検討されるようになってきた。

40

【0006】

従来から、磁気ディスク装置では記録密度を向上させるために通信分野で使われている技術を応用したPRMLが用いられていた。パーシャルレスポンス（PR）は、符号間干渉（隣り合って記録されているビットに対応する再生信号同士の干渉）を積極的に利用して必要な信号帯域を圧縮しつつデータの再生を行う方法である。また、ビタビ復号方式（ML）は、いわゆる再尤系列推定方式の1種であって、再生波形のもつ符号間干渉の規則を有効に利用し、複数時刻にわたる信号振幅の情報に基いてデータ再生を行う。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

50

しかしながら、従来の光ディスクにおいては、高信頼性と低エラーレートとを両立して記録、再生することが困難であった。

【0008】

本発明の目的は、常に高信頼かつ低エラーレートで記録再生することの可能な光記録再生システムを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本願発明者らは、上記従来の課題について、分析、検討した。光ディスクにおいては図6に記載のように、一般に記録マーク部とスペース部では物理的態様が異なるため、信号品質そのものが、マーク部とスペース部で異なるのが常であった。例えば、試作した相変化型記録媒体においては、スペース部分が結晶（多結晶）、記録部分がアモルファスと言う形態で記録されるが、アモルファス部分では、非常に均一な物理構造になっているのに対し、スペース部分では多結晶の結晶軸のばらつきや、結晶粒界での光の散乱などによって、一般にノイズが増加する傾向にある。図16は試作した相変化記録媒体の信号揺らぎ成分の分布を分析したものである。図中、位置で、マークと記載されていない箇所は、スペース領域である。図16より、スペースの部分にノイズ成分が集中していることが分かる。この例ではスペース部のノイズはマーク部に対して約6dBも高い。このため、たとえば、微細なマークを正確に形成できたとしても、スペース部分の信号揺らぎなどにより信号品質が劣化してしまい、結果として、高速・高密度記録再生が出来ないのである。また別の例として、追記型光ディスクでは色素や無機薄膜などの記録膜を用い、記録や基板の変形、材料の拡散などを利用して記録マークを形成したりするが、この場合には、高密度記録を行おうとした際に、微小な記録マークが安定に形成できないため、記録マークの信号品質が低い傾向にある。この場合も結果として高速・高密度記録再生が困難になる。

【0010】

そこで、本発明では、マークとスペースの部分のうち、記録再生信号品質が良好な側の信号成分を多くするように平均マーク長と平均スペース長の比を1:1からずらしたマーク記録符号を適用した。

【0011】

マーク長やスペース長はラン長+1チャンネルビット(1T)となっているため、別の言い方をすれば、平均ラン長がマークとスペース部で異なるような符号を適用したことに相当する。即ち、RLL符号化規則を用い、記録膜に、第1の状態と、前記第1の状態とは異なる第2の状態を形成し。第1の状態と第2の状態との境界に情報を持たせるように記録する際、第1の状態を記録するときのRLL符号の平均ラン長が、第2の状態を記録するときのそれよりも短いようにした。ここで、相変化記録の場合には、第1の状態は結晶であり、第2の状態はアモルファスである。この場合、上記のように、スペース部分(結晶)のノイズが、マーク部分(アモルファス)のノイズとくらべて大きいので、図1のように、平均スペース長が、平均マーク長よりも短いようにして、情報を記録する。

【0012】

上記平均マーク長と平均スペース長の比を1:1からずらす際には、マークが極端に多い部分と少ない部分が記録トラック上に混在すると、再生信号の低周波揺らぎとなり、サーボシステムや、同期システム(PLL)に悪影響を与えるため、比が媒体の特性などによってあらかじめ定めた一定の値になるように制御するのが望ましい。このことは、マーク部とスペース部の平均ラン長で議論する際にも同様である。

【0013】

上記比を一定の目標値に制御するためには、マークの部分で-1、スペースの部分で1としたときの累積値DSV(Digital Sum Value)を、一定期間ごとに所定の値を加えた値に近づくように制御するのが装置構成上簡便である。

【0014】

このような符号化を行うことにより、符号に含まれる低周波成分を低く抑えることができる。ただし、マーク部とスペース部の割合が異なるために、DC成分そのものはゼロには

10

20

30

40

50

ならず，所定の値となる。

【 0 0 1 5 】

一方、再生過程では、記録媒体からピックアップヘッドを用いて再生信号を得る過程、再生信号に周波数特性補正を行う波形等化過程、再生信号の振幅を所定の値にするゲイン制御過程、再生信号を所定の判別レベルにより、“1”、“0”を判別して、変調データビット列を得る過程、および変調データビット列をラン長制限符号規則により復号して、デジタル情報を得る過程からなり、変調データビット列に含まれる“1”の数を N_1 、“0”の数を N_0 としたとき、比率 $R = N_1 / N_0$ が予め定めた値になるように、判別レベルの値を適応的に制御する。

【 0 0 1 6 】

図2はマークとスペースの比を変えることにより信号品質がどのように向上するかを示したものである。スペース部のノイズがマーク部のノイズに対して5 dB高い場合と、10 dB高い場合の各々について、スペース/マーク比が1:1の場合とのトータルノイズレベルの差を計算したものである。マーク/スペース両者からの信号揺らぎ(ノイズ)影響(トータルノイズ)は、次式にて表される。

【 0 0 1 7 】

【 式 1 】

式 1

$$N_{total} = (P_{mark} \times (N_{mark})^2 + P_{space} \times (N_{space})^2)^{1/2}$$

ここで

P_{mark} : マーク部の割合

P_{space} : スペース部の割合

N_{mark} : マーク部のノイズレベル

N_{space} : スペース部のノイズレベル

である。

【 0 0 1 8 】

図2によると、たとえば、スペース部のノイズレベルがマーク部よりも10 dB高い系の場合、スペース割合を2割減らして0.3とすると、約2 dBのノイズレベルを低減できる。

【 0 0 1 9 】

なお、本願発明を完成させた後に、公知例調査を行った結果、特開2000-163887号が見いだされた。この公報には、マーク列に対応するビット列と、スペースに対応するビット列と、各々に対して、RLLの最小長さと最大長さを満足する範囲内で、所定大きさの量子化された値のみを有するように選択された変調データを選定して変調し、復調時に量子化条件に基づいて再生エラーを確認することが記載されている。しかし、この公報は、本願のように、平均ラン長がマークとスペース部で異なるような符号を適用するものではない。

【 0 0 2 0 】

【 発明の実施の形態 】

(実施例 1)

図3は、本発明の一実施例における光ディスク装置の概略構成を示すブロック図である。光ディスク装置は、以下に説明するように、コンピュータシステムの記憶装置として用い

10

20

30

40

50

られる場合もあれば、テレビと接続されて据え置き型の画像、音声記録再生装置として用いられる場合もある。また、携帯ビデオカメラ、携帯音楽再生装置などの記録再生装置として用いられる場合もある。

【0021】

図3において、上位装置6とはパーソナルコンピュータなどのホストコンピュータやビデオ制御装置などのアプリケーション機器である。記録符号化回路51は、ホストインターフェース61を介して上位装置から受け取った記録すべきユーザデータを、あらかじめ定められた規則に従って変調し、記録媒体1に記録できるデータに変換する(この処理を符号化という)。

【0022】

レーザドライバ52は、符号化されたデータを符号化回路51から受け取り、記録再生ヘッド2中のレーザ光源25を駆動するのに好適な電圧波形に変換する。記録再生ヘッド2では、受け取った電圧波形をレーザ光源25によってレーザ光に変換する。レーザ光はコリメータレンズ24によって、平行な光ビーム22となり、対物レンズ23によって絞り込まれて形成される光のスポット21により、ディスク様媒体1上にマークを書き込む。この際、アクチュエータ31によって対物レンズ23を動かすことによって光スポットの位置を制御する。記録は一般に光スポット21の光エネルギーにより、媒体記録膜の温度が上がるのを利用して行われる。これは、書き換え型DVDなどの相変化型記録媒体、追記型CDなどの色素系記録媒体などに共通である。

【0023】

データの読み出し時には、光スポット21の部分の反射光をビームスプリッタ28によって再生系に導き、レンズ24にて絞り込んで検出器27で検出する。このとき、マーク部とスペース部の光の反射強度の差を利用して、反射光によりデータを読み出し、読み出した情報を電気情報に変換する。この電気信号は、記録再生アンプにて適度な増幅が行われた後、再生ブロック41へと送られる。

【0024】

再生ブロック41に入力された再生信号はまず信号処理回路45に送られ、波形等化やフィルタリング(帯域制限)など適当な再生信号処理が行われた後、この信号をアナログデジタル変換(サンプリング)して振幅情報(デジタル)に変換し、復調回路44へ送出する。復号回路44では、この振幅情報に基づいてピタビ(ML)復調を行い、もっとも確

【0025】

得られたデータ列は、復号回路46において、符号化回路51と逆の符号変換が行われて(この処理を復号化という)、元のデータが復元される。この際、検出器27の出力差信号を、アドレス検出回路42でアドレス情報に変換した後、フォーマット制御回路43で、データ構造に従って生成されたタイミング信号を用いる。

光ディスク装置では、以上のような手順によってデータの記録再生が行われる。

【0026】

本実施例では、復調回路44で、PR(121)を用いる。すなわち、1ビットのマーク/スペース(1/-1)に対して、3ビットのインパルス応答(1, 2, 1/-1, -2, -1)があるものとして、データ再生回路内で波形等価し、ピタビ復調を行う。PR(121)を用いるとユークリッド距離4のエラーがもっともユークリッド距離の小さいエラーとなる。

【0027】

エラーの発生頻度はユークリッド距離の関数であり、ユークリッド距離が大きいエラーほど発生確率が低くなる。たとえば、ユークリッド距離の2乗が4のエラーのエラー発生確率が 4×10^{-3} (10^{-n} は、10のn乗を示す)のとき、ユークリッド距離の2乗が6のエラーの発生確率は、約 6×10^{-4} である。S/N比、エラーレートが良い場合には、ユークリッド距離の2乗が4のときとユークリッド距離の2乗が6の時のエラーの発生確率の比は更に広がる傾向にある。したがって、ユークリッド距離の小さいエラー発生パ

10

20

30

40

50

ターンをラン長制限符号により理論的に排除できれば、エラー発生率を小さく抑えることができる。

【0028】

PR(121)を用いた場合、ユークリッド距離の2乗が4のエラーパターンは $\pm(1, -1)$ または $\pm(1, -1, 1(-1, 1)^m)$ であり、ともに $\pm(1, -1)$ を含む。ここで、エラーパターンは、マーク/スペース(0/1)に対して乗ることを前提に示されており、マークの部分0をスペース1とエラー判定した場合、エラーパターンは1、スペースの部分1をマーク0とエラー判定した場合、エラーパターンは-1となる。符号の最小のマーク、スペースの長さが2以上であると、 $\pm(1, -1)$ のエラーパターンは発生することができず、ユークリッド距離4のエラーを排除できる。したがって、エラーの発生率を低く抑えることができる。なお、PRクラスは、3ビット以上のインパルス応答を持つものであれば、他のものであっても良い。

10

【0029】

本実施例の符号は、図4に示した変換表を用いて図5の符号化回路にて生成される。このとき最短マーク長及び最短スペース長は共に2とする機能を有している。図5の符号化出力405から出力される符号列の0の部分はマーク、1の部分はスペースになるように、媒体に書き込まれる。本発明の符号は、マークとスペースの境界部分(エッジ)に注目すると、エッジとエッジの間のラン長に制限がある(1, 10)RL符号である。

【0030】

これ以降、実施例中に用いられるデータの表記"0"及び"1"は、NRZ表現のデータを表すものとする。すなわち"0"及び"1"は直接マーク及びスペースに対応しているものとする。

20

【0031】

次に図5の符号化回路の構成及び動作を説明する。符号化回路51は、4-6変換器401、次ステートレジスタ402、DSVカウンタ406及び前符号語レジスタ403を有する。次ステートレジスタ402、DSVカウンタ406および前符号語レジスタ403は、初期状態では"0"に初期化されている。次ステートレジスタ402には、次の変換時使用されるステートが格納されている。前符号語レジスタは4-6変換器から出力される6ビット分の符号語が保持される。

【0032】

また、4-6変換器401から出力される符号列に従って、(1の数) \times 1+(0の数) \times (-1)+1の値がDSVカウンタ406の値に加えられる。

30

目標値レジスタ407の値は1シンボルの変換毎にDSVカウンタから減算される。

【0033】

目標値レジスタ407には1シンボルあたりの制御目標DSV値が保持される。この例では制御目標を0.5としているが、それよりも小さな刻みでも制御可能なように、DSVカウンタは0.25単位の値を保持できるように、通常のLSBの下位に2ビット分(0.5と0.25の位)の余分のビットを持っている。目標値が減算されることにより、DSVレジスタには符号語のDSV値そのものではなくDSVと目標値の差が保持されることになる。

40

【0034】

4-6変換器401では、次ステートレジスタ402及びDSVカウンタ406の値と信号線404を通して4-6変換器401に入力されたユーザデータにより、図4に示すテーブルに従った変換が行われる。DSVの制御は以下の論理によって4-6変換時に行われる。

(1) 次ステートレジスタの値が1または2でかつ入力データが0又は1の時：

DSVカウンタの値に変換表のDSV値を加えた値が0に近づくように、主変換表と副変換表の間で選択する。

(2) 次ステートレジスタの値が3または4の時：

(a) ステート3と4の符号語のうち前符号語との接続部でd, k制約を満たす符号語を

50

選択する。

(b) 上記 d, k 制約を満たす符号語が 2 つ有る場合は, D S V カウンタの値に変換表の D S V 値を加えた値が 0 に近づくように、主変換表と副変換表の間で選択する。この方法により 1 符号語あたりの D S V が目標値の 0.5 になるような符号を生成することが出来る。

【0035】

図 7 はこの符号回路により生成された符号の D S V 値の変化と, D S V と目標値 (1 符号語あたり 0.5) との差を示したものである。D S V が目標値の付近に制御されていることが分かる。

【0036】

図 8 は本実施例の符号化回路によって生成された符号語の信号スペクトルを示したものである。比較のために従来例である 1 - 7 変調の信号スペクトルを併記したが, 本実施例の方式の方が低周波成分がより抑圧されていることが分かる。このため, 記録再生時のサーボの安定性が良く, 再生時には信号位相追従してクロックを生成する PLL 回路や, レベルの変動に追従するレベル追従回路の追従帯域を高くしても信号そのものの影響で攪乱される心配がないため, ディスク回転変動などの低域のノイズ成分を効果的に抑圧する再生回路が容易に構成できる。すなわち高 S / N の再生が容易になる。

【0037】

図 9 は本実施例の符号を用いて, 相変化型光ディスクに実際に記録を行い再生したときのエラーレートを示したものである。この試作ディスクのノイズをマーク部とスペース部に 20 分けて解析した結果を示したのが図 16 である。このディスクではスペース部分のノイズレベルがマーク部分に比較して約 6 dB 高くなっているのが分かる。

【0038】

本実施例の符号を用いると前述のように 1 符号語あたりの D S V を約 0.5 に制御することが出来る。1 符号語の長さは 6 であるため, マークとスペースの比に換算すると 3.25 : 2.75 になる ($3.25 - 2.75 = 0.5$)。これはマークの Duty 比としては $3.25 / 6 \times 100 = \text{約 } 54\%$ に相当する。このとき平均ノイズレベルは図 2 より約 0.5 dB 低減できる。もちろん, マークの Duty 比を更に大きくする, すなわちスペースの割合を更に小さくすることで, 平均ノイズレベルを更に低減できることは, 図 2 から明らかである。例えば, マークの Duty 比が 64% の場合, 平均ノイズレベルを約 30 1 dB 低減できる。

【0039】

なお, この例とは逆に, マーク部分のノイズレベルの方が, スペース部分と比較して, 約 6 dB 高いディスクを用いる場合には, マークの Duty 比を約 46% ($= 2.75 / 6 \times 100$) 以下とすることで, 同様に平均ノイズレベルを約 0.5 dB 以上低減できることは言うまでもない。

【0040】

本実施例の符号を用いて, 試作ディスク上で記録再生を行い, エラーレートを測定した。このときの記録再生条件は, 波長 405 nm のレーザと NA 0.85 対物レンズを搭載した光学系を用い, トラックピッチ約 0.28 μm ランドグループ構造のディスク上に, 線 40 密度 0.09 $\mu\text{m/bit}$ となるように記録した。このときの線速度は約 4.5 m/s, 再生パワーは 0.3 mW であった。ちなみにこのときの記録容量は 120 mm ディスクで約 35 GB に相当する。エラーレートの測定結果を見ると, 本発明では図 9 で示したようにエラー率が約 100 万分の 1 となったが, 従来 1 - 7 変調を適用したところ図 9 で示したように約 3 桁悪いエラー率しか得られなかった。このときの 2T 繰り返し信号はどちらも 2T = 0.12 μm であるため S / N 比も同じで約 18 dB であった。この条件で, 再生光を意図的に小さくすると, 信号光量の低下に伴って S / N 比が劣化する。このときの S / N 比とエラーレートとの関係を調べた結果を実線で示した。本発明は同じ S / N 比に換算して, 2 dB 近いエラー率低減効果があることが分かる, 前述のノイズ低減効果自体は約 0.5 dB であったので, 残りの 1.5 dB は低周波信号成分抑制効果に起因するも 50

のである。

(実施例 2)

図 10 は本発明の別の実施例の符号化回路を示したものである。本実施例の符号は 8 ビットのユーザデータを 9 ビットに変換する 8 / 9 変換であり (0 , 8) R L L 符号である。d = 0 であることから最短マークスペース長は 1 T である。

【 0 0 4 1 】

符号化回路 50 は、DSV カウンタ 504、ラン長カウンタ 503、接続ビット選択器 505、合成出力回路 50 及び目標値レジスタ 507 より構成される。接続ビット選択器は入力ユーザデータ 501、DSV カウンタ出力 504、ラン長カウンタ 503 の値により直前の出力符号語 502 の入力ユーザデータの間の接続ビットを決定する

ラン長カウンタは直前の符号語の最後のラン長 (連続するゼロの個数) をカウントし、保持している。DSV カウンタは NRZI 変換後の DSV 値を計算し保持しており、実施例 1 と同様に 1 シンボル = 8 b i t 毎に目標値レジスタ 507 に保持されたが目標値が減算される。

【 0 0 4 2 】

接続ビット選択器の具体的な動作について説明する。接続ビット選択器は、直前のラン長カウンタの値と、入力ユーザデータの先頭部のラン長 (連続するゼロの個数) の値を加算しさらに、1 を加算した値を評価する。この値が 8 よりも大きくなる場合には接続ビットとして無条件に 1 を選択する。上記値が 8 以下の場合には、接続ビットとして 1 を選択した場合と、0 を選択した場合の NRZI 変換後の DSV の値を、直前の DSV の値と入力ユーザデータパターンから算出し、比較する。比較の結果、DSV が小さくなる方を接続ビットとして選択する。

【 0 0 4 3 】

その後、選択された接続ビットとユーザデータが合成出力回路 506 によって合成され、NRZI 変換回路 508 に送られ、NRZI 変換回路 508 は隣接するビット同士の排他的論理和演算により NRZI 変換を行い記録系列 509 を出力する。この系では、8 ビットの入力ユーザデータ後とに 1 ビットの接続ビットが付加されるため、出力ビットは 9 ビットとなり、符号化率は 8 / 9 となる。また、ラン長が 8 を越えないように接続ビットを選択する為、k = 8 となり、(0 , 8) R L L 符号となっている。

【 0 0 4 4 】

この例では、目標値として 3 . 5 から - 3 . 5 までの値を設定することが可能である。(この範囲外の場合符号空間が不足する為に DSV をコントロールすることが出来ない。) 本実施例の符号化回路は実施例 1 と同様に図 3 の記録再生装置の一部 (符号化回路 51) として用いることができる。本実施例の符号回路を目標値を 2 . 5 にしてとして動作させると、1 シンボルあたりのマークとスペースの D u t y の比は 5 . 7 5 : 3 . 2 5 となる (2 . 5 = 5 . 7 5 - 3 . 2 5) 。1 シンボルは 9 ビットの符号語に変化されるため、マークの D u t y 比は $5 . 5 / 9 \times 100 \% = \text{約 } 64 \%$ となる。したがって、実施例 1 の光ディスク (スペースの方がマークよりも 6 d B 高い) を用いた場合、図 2 より約 1 d B の S / N 比改善効果が得られることが分かる。

(実施例 3)

本実施例では、実施例 2 の記録符号に、ユーザデータのスクランブルを組み合わせた例を示す。図 11 は記録データのフォーマットを示したものである。ユーザデータ (c) はスクランブルされた後、前述の 8 / 9 変換により、接続ビット 71 を 8 ビットあたり 1 ビット挿入されて (0 , 8) R L L 符号に変換されて記録される。本実施例では、112 バイトのユーザデータに 1 バイト “ S e e d ” を付加してスクランブルを施し 113 バイトのデータとし、それを 8 / 9 変換で $113 \times 9 = 1017$ ビットの記録系列に変化する。各記録データ系列の先頭部には 27 ビット長の同期マーク (S Y N C) が配置される。合計 1044 ビットにて S y n c フレームが構成されている。S y n c はデータ系列の 10 T マークと 10 T スペースの組の他、番号を表す部分からなり、番号の部分で S y n c フレームの連続性を判定したり、エラー訂正ブロック内での位置を同定し同期を取るのに利用

10

20

30

40

50

される。ここでは詳細は割愛するが、この例では640個のSyncフレームで一つのエラー訂正(ECC)ブロックが構成されている。ECCブロックは計71680バイトの元データが含まれ、これはこのうち65536バイトが実際にユーザが使えるデータで残りは、エラー訂正用のパリティやIDが含まれる。Sync等も含めたトータルのフォーマット効率は88.3%となっている。

【0045】

図13は本実施例のスクランブル回路を、図12はスクランブル回路の動作原理を示している。ユーザデータはまず先頭部に任意のSeedバイトを付加しその後、図13のスクランブル回路に入力される。その際、スクランブル回路は実行的に変換後のスクランブルデータと次のユーザデータバイトの間で演算を行うように動作する。このため、デスクランブル時にはその逆演算を行うだけでよく、この演算、隣接する2バイトのみスクランブルデータを用いるだけで行えたデスクランブル時にシードの値を知る必要がない。すなわちシードの値によらず固定のアルゴリズムでデスクランブルが可能である。このため、記録時にシードを任意に選んで記録することが出来る。

10

【0046】

本実施例では、記録時にスクランブルを任意に選べることを利用して、複数の種類Seedを用いて変調を試行し、その複数の変調データ系列のうち最もDSVのばらつきやラン長のばらつきが少ないものを選択して記録することが出来る。本実施例では、変調データ系列の選択をSyncフレーム単位で行った。これにより、記録データ系列の一様性が向上する。図14は実施例2の符号をそのまま用いた場合と、本実施例のスクランブル方式を組み合わせた場合の記録符号のスペクトルを示したものである。本実施例の方式の方が低周波成分をより抑圧できている事がわかる。

20

【0047】

本実施例の記録符号・フォーマットを用いて記録再生を行った場合と、従来の通常の8/9変換(マークスペースDutyを1:1)に制御の場合と、さらに、前述の実施例2(Dutyを64%に制御)を用いた場合で再生特性の比較をおこなった。このときの記録再生条件は、波長405nmのレーザとNA0.85対物レンズを搭載した光学系を用い、トラックピッチ約0.25μmのランドグループ構造のディスク上に、線密度0.12μm/ビットから0.070μm/ビットまで変えて記録再生を行った。線速度は約4.5m/sである。再生パワーは0.3mWであった。

30

【0048】

結果を図15に示した。本実施例の方式が常にエラー率が低く、記録再生特性に優れていることが分かる。本実施例ではエラー率が 10^{-4} になる時の線記録密度は0.08μm/ビットとなっている。このときの記録容量はフォーマット効率Mまで考慮して120mmディスクで約56GBに相当する。すなわち、本方式の適用により、従来比約1.4倍の密度向上効果があることがわかる。

【0049】

ここでのバイトエラー率はエラー訂正を行う前の値である。一般的なエラー訂正方式ではバイトエラー率 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ のものを 10^{-12} 以下程度まで抑圧する訂正能力を持っている。

40

【0050】

実際に本方式のスクランブルの前にユーザデータに任意のM系列などを掛け合わせるプリスクランブルを行っておく方が、スクランブル語のデータ系列の一様性が向上する為より望ましい。また、Seedデータは必ずしも1バイト分必要ではなく例えば、Syncデータの一部をSeedとして用いることも可能で有り、このようにしてフォーマット効率の向上を図ることが出来る。

(実施例4)

図17は、本発明の実施例における復調回路を示したものである。この復調回路は変換器601、電圧比較器602、積分器603及びローパスフィルタ604から構成されている。

50

【0051】

この例では、データは記録媒体に、マークとスペースの比が3.25:2.75になるように記録されている。これはマークのDuty比としては $3.25 / 6 \times 100 = \text{約} 54\%$ に相当する。

【0052】

光ディスクから読み出された再生信号は、まず電圧比較器602に入力される。電圧比較器602には再生信号のほかに、電圧比較のための比較レベル、すなわち"0"、"1"の判定レベルが入力される。電圧比較器602では、チャネルクロック毎に再生信号と判定レベルとが比較され、再再生信号が判定レベルより小さい場合に"0"、大きい場合に"1"というようにデータ列が出力される。

10

【0053】

この例に用いられる相変化型記録媒体では、マーク部分の反射率が、スペース部分の反射率より低いため、再生信号レベルはマーク部分で低く、スペース部分で高くなる。このため、電圧比較器602の出力は、マーク部分では"0"、スペース部分では"1"となる。

【0054】

電圧比較器602から出力されたデータ列は、チャネルクロック毎に、変換器601に入力される。変換器601では、ある一定期間毎に入力された"0"の数と"1"の数の累積値がカウントされ、"0"の割合が、54%よりも小さい場合には、正の電圧レベルが出力され、逆に、上記の"0"の割合が54%よりも大きい場合には、負の電圧が出力される。変換器601の出力は、適当に定数が選ばれた積分器603及びローパスフィルタによって積算されて、上記の判定レベルとなり、上記の電圧比較器602に入力される。

20

【0055】

このようにして、上記の"0"の割合が54%よりも小さい場合には、上記の判定レベルが上がることによって、割合が大きくなり、逆に割合が54%より大きい場合には、判定レベルが下がることによって、割合が小さくなる。このため、"0"割合が54%に近づくように制御される。

【0056】

これにより、電圧比較器602の出力する"0"の割合が54%になるように制御されるため、上記の記録方法によってマークのDuty比が54%となるように記録されたデータを、正しく復調することができる。

30

(実施例5)

図18に、本発明の実施例における復調回路の別の例として、PRMLを用いた例を示す。この復調回路は変換器701、電圧加算器702、PRML復調器703、積分器704及びローパスフィルタ705から構成されており、上記の実施例4の復調回路における電圧比較器602を、電圧加算器702とPRML復調器703で構成されるブロックに置き換えたものとなっている。

【0057】

光ディスクから読み出された再生信号は、電圧加算器702に入力される。電圧加算器702にはもうひとつ、再生信号に加算する加算信号が入力される。再生信号は、電圧加算器702によって加算信号と加算されて出力され、PRML復調器703に入力される。この実施例で用いられているPRML復調器703は、上記の実施例1で、用いられているものと同じである。

40

【0058】

この例に用いられる相変化型記録媒体では、実施例4に用いられる記録媒体と同様に、マーク部分の反射率が、スペース部分の反射率より低いため、再生信号レベルはマーク部分で低く、スペース部分で高くなる。

【0059】

変換器701では、ある一定期間毎に入力された"0"の数と"1"の数の累積値がカウントされ、"0"の割合が、54%よりも小さい場合には、負の電圧レベルが出力され、

50

逆に，上記の " 0 " の割合が 5 4 % よりも大きい場合には，正の電圧が出力される。

【 0 0 6 0 】

変換器 7 0 1 の出力は，適当に定数が選ばれた積分器 7 0 4 及びローパスフィルタ 7 0 5 によって積算されて，上記の加算信号となり，上記の電圧比較器 7 0 2 に入力される。

【 0 0 6 1 】

このようにして，上記の " 0 " の割合が 5 4 % よりも小さい場合には，上記の加算信号のレベルが下がることによって，割合が大きくなり，逆に割合が 5 4 % より大きい場合には，加算信号のレベルが上がることによって，割合が小さくなる。このため，" 0 " 割合が 5 4 % に近づくように制御される。

【 0 0 6 2 】

これにより電圧比較器 7 0 2 の出力する " 0 " の割合が 5 4 % になるように制御されるため，上記の記録方法によってマークの D u t y 比が 5 4 % となるように記録されたデータを正しく復調することができる。

【 0 0 6 3 】

本発明の実施の形態及び効果は以上の実施例に限られるものではない。

【 0 0 6 4 】

記録媒体は，上記の実施例で用いた相変化型に限られるものではなく，エンボスピットによって情報を記録する再生専用記録媒体を用いてもよい。また相変化型のようにスペース部分のノイズレベルがマーク部分のノイズレベルと比べて高いものに限られるものではなく，例えば色素や無機薄膜の追記型記録媒体，あるいは光磁気記録媒体のように，マーク部分のノイズレベルの方が高い傾向にある記録媒体を用いてもよい。実施例では，記録信号の変調方式として，(1 , 1 0) 変調及び (0 , 8) 変調を用いたが，例えば E M F 及び E M F P l u s e の (2 , 7) 変調を用いてもよい。実施例ではデータの再生に P R 1 2 1 を用いたが，他のクラスのものを使ってもよく，例えば P R 1 1 1 1 , P R 1 2 2 1 あるいは P R (- 1 , 0 , 1) を使うこともできる。記録再生に用いるレーザの波長として，6 3 0 - 6 5 0 n m のものを用いてもよい。またヘッドの開口比は，0 . 6 5 や 0 . 7 5 でもよい。

【 0 0 6 5 】

【発明の効果】

本発明によれば、媒体の持つ S / N を最大限に発揮することの出来る高 S / N 記録再生の記録再生方法を提供することが出来るため，高速かつ高密度光ディスクシステムの実現が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の記録マークとスペースの関係を説明する図。

【図 2】本発明の原理説明図。

【図 3】本発明の 1 実施例の装置構成を表す図。

【図 4】本発明の 1 実施例の記録符号。

【図 5】本発明の 1 実施例の符号化回路説明。

【図 6】光ディスクのでマークとスペースでノイズが異なる原因を説明する図。

【図 7】本発明で D S V 制御の概念を示す図。

【図 8】本発明の 1 実施例で低周波域スペクトルの抑制効果を示す図。

【図 9】本発明の効果を表す図。

【図 1 0】本発明の 1 実施例の符号化回路。

【図 1 1】本発明の 1 実施例のデータフォーマットを説明する図。

【図 1 2】本発明の 1 実施例のスクランブル装置の動作概念図。

【図 1 3】本発明の 1 実施例のスクランブル装置の回路構成例。

【図 1 4】本発明の 1 実施例で低周波域スペクトルの抑制効果を示す図。

【図 1 5】本発明の効果を表す図。

【図 1 6】本発明の一実施例記録媒体のノイズ分布を示す図。

【図 1 7】本発明の一実施例の信号復調回路構成例。

10

20

30

40

50

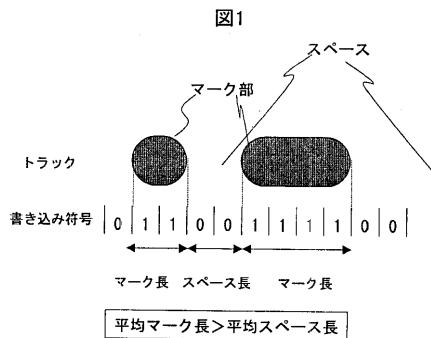
【図18】本発明の一実施例の信号復調回路構成例。

【符号の説明】

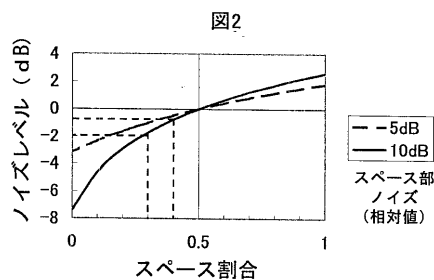
- 1 ... 記録媒体, 2 ... 記録再生ヘッド, 6 ... 上位装置,
 2 1 ... 光スポット, 2 2 ... 光ビーム,
 2 3 ... 対物レンズ, 2 4 ... レンズ, 2 5 ... レーザ光源,
 3 1 ... アクチュエータ,
 4 1 ... 再生ブロック, 4 2 ... アドレス検出回路, 4 3 ... フォーマット制御回路,
 4 4 ... 復調回路, 4 5 ... 信号処理回路, 4 6 ... 復号回路,
 5 1 ... 符号化回路, 5 2 ... レーザドライバ,
 6 1 ... ホストインターフェース,
 7 1 ... 接続ビット,
 4 0 1 ... 4 - 6 変換器, 4 0 2 ... 次ステートレジスタ, 4 0 3 ... 前符号語レジスタ,
 4 0 4 ... ユーザデータ, 4 0 6 ... DSVカウンタ, 4 0 7 ... 目標値レジスタ,
 5 0 1 ... ユーザデータ, 5 0 2 ... 変換符号語, 5 0 3 ... ラン長カウンタ,
 5 0 4 ... DSVカウンタ, 5 0 5 ... 接続ビット選択器, 5 0 6 ... 出力合成回路,
 5 0 7 ... 目標値レジスタ, 5 0 8 ... NRZI変換回路, 5 0 9 ... 記録ビット系列,
 6 0 1 ... 変換器, 6 0 2 ... 電圧比較器, 6 0 3 ... 積分器, 6 0 4 ... ローパスフィルタ,
 7 0 1 ... 変換器, 7 0 2 ... 電圧加算器, 7 0 3 ... PRML復調器,
 7 0 4 ... 積分器, 7 0 5 ... ローパスフィルタ。

10

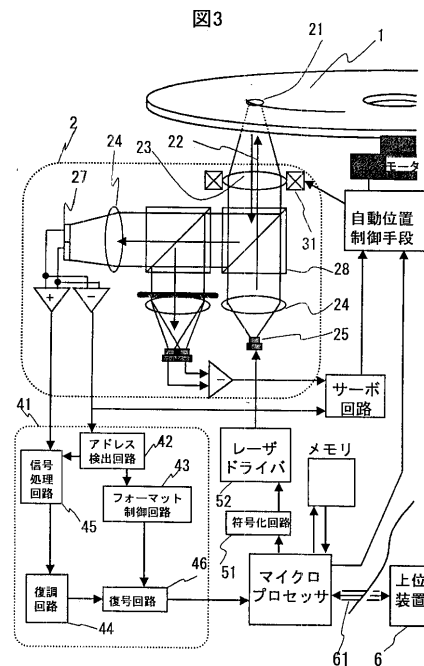
【図1】



【図2】



【図3】



【 図 4 】

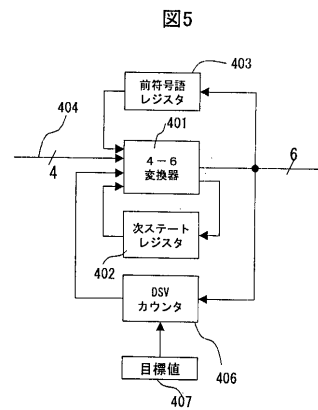
図4

RLL(1,10) 非対称記録符号 (NRZ表現)

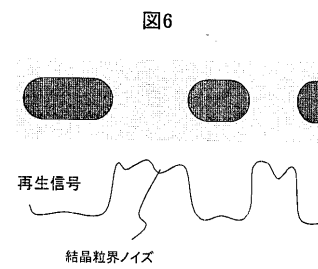
入力データ	1	2	3	4	状態
0	000110	1	111001	2	011110
1	000110	3	111001	4	011110
2	000001	2	111110	1	011001
3	000001	4	111110	3	011001
4	000011	1	111100	1	100000
5	000011	2	111100	2	011111
6	000011	4	111100	3	011111
7	000111	1	111000	1	011100
8	000111	2	111000	2	011100
9	000111	4	111000	3	011100
a	001111	1	110000	1	011000
b	001111	2	110000	2	011000
c	001111	4	110000	3	011000
d	001100	1	110011	1	000000
e	001100	2	110011	2	000000
f	001100	3	110011	4	000000
0	001110	1	110001	2	
1	001110	3	110001	4	

次ステート

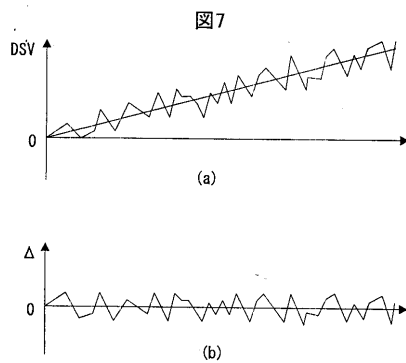
【 図 5 】



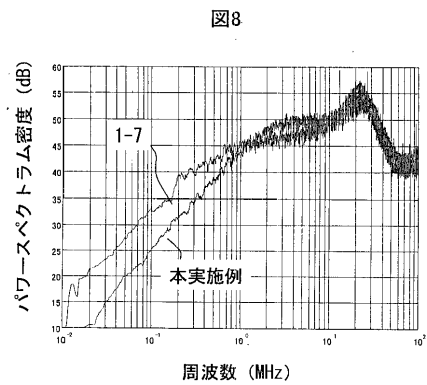
【 図 6 】



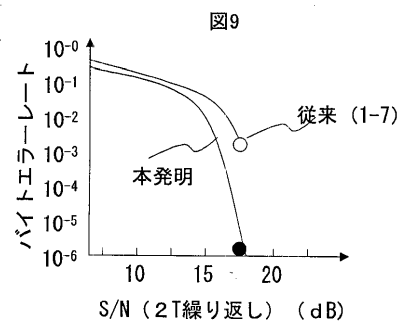
【 図 7 】



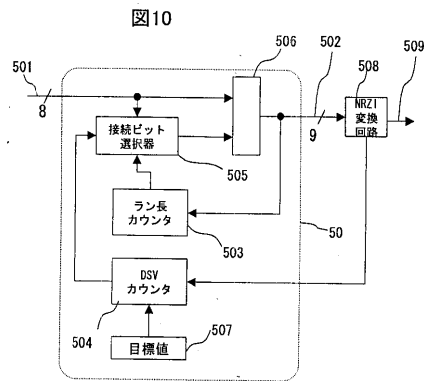
【 図 8 】



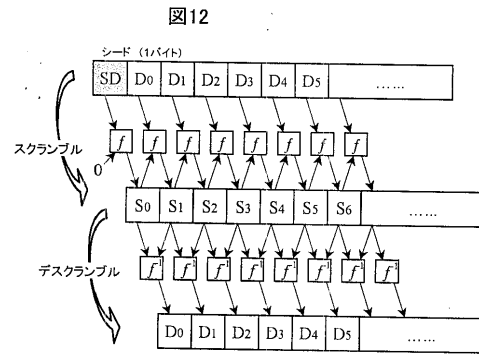
【 図 9 】



【図 10】



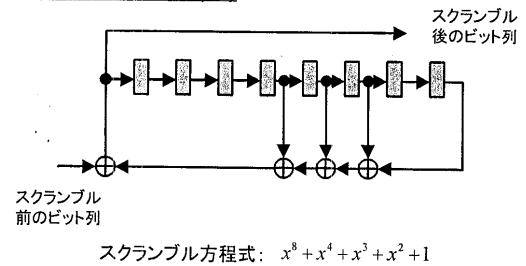
【図 12】



【図 13】

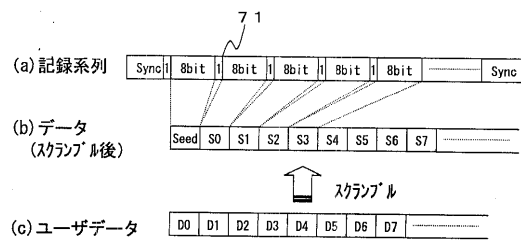
図13

スクランブル回路(例)

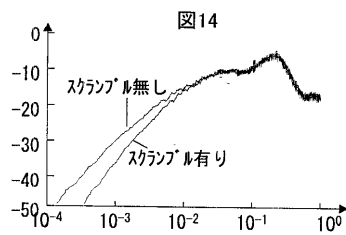


【図 11】

図11

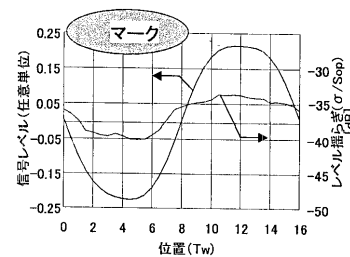


【図 14】

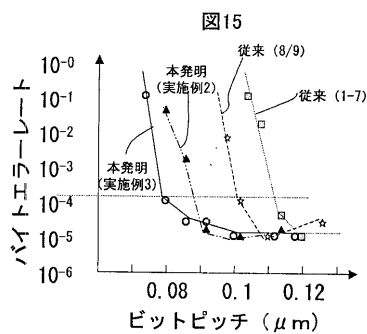


【図 16】

図16

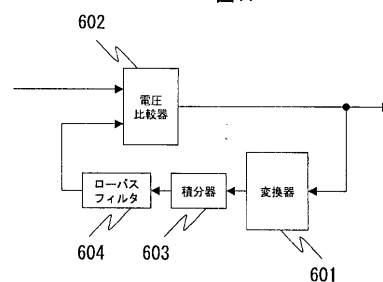


【図 15】

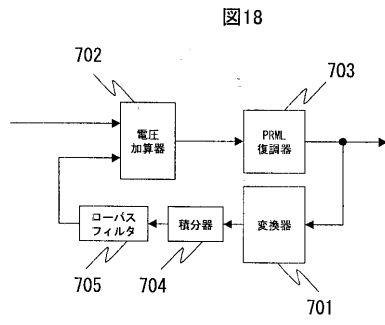


【図 17】

図17



【図 18】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5D044 BC06 CC04 FG01 FG06 GL18 GL20 GL21 GL22
5D090 AA01 BB05 CC01 CC04 CC12 DD03 EE14 EE17 FF42