

(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2004-171735

(P2004-171735A)

(43) 公開日 平成16年6月17日(2004.6.17)

(51) Int. Cl.⁷

G 1 1 B 7/0045

G 1 1 B 7/125

F I

G 1 1 B 7/0045

G 1 1 B 7/125

A

C

テーマコード (参考)

5 D 0 9 0

5 D 7 8 9

審査請求 未請求 請求項の数 30 O L (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2003-349064 (P2003-349064)
 (22) 出願日 平成15年10月8日 (2003.10.8)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-297295 (P2002-297295)
 (32) 優先日 平成14年10月10日 (2002.10.10)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-312432 (P2002-312432)
 (32) 優先日 平成14年10月28日 (2002.10.28)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000005821
 松下電器産業株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100101683
 弁理士 奥田 誠司
 (72) 発明者 東海林 衛
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内
 (72) 発明者 中村 敦史
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内
 (72) 発明者 石田 隆
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下
 電器産業株式会社内

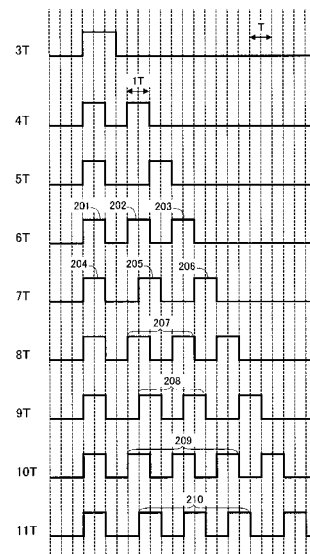
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学的データ記録方法

(57) 【要約】

【課題】高転送レートで記録を行う場合にも、正しく記録を行うことのできる光学的にデータを記録する方法を提供する。

【解決手段】本発明の光学的データ記録方法は、記録すべきデータを変調して複数の記録変調符号を生成し、パルス状の光ビームを光ディスクに照射することによって、前記複数の記録変調符号にそれぞれ対応する長さを有する複数の記録マークおよびスペースを前記光ディスクに形成する。前記複数の記録マークの少なくとも2つは、先頭に配置され、前記記録マークの始端部分を形成するためのファーストパルス201、204と、最後尾に配置され、前記記録マークの終端部分を形成するためのラストパルス203、206と、前記ファーストパルスおよび前記ラストパルスの間に配置され、前記記録マークの中央部を形成するためのマルチパルス列202、205とを含む記録パルス列に基づいて照射される光ビームにより形成され、前記記録変調符号の基準周期をTとしたとき、前記マルチパルス列202、205とのパルス周期をTよりも長くする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

記録すべきデータを変調して複数の記録変調符号を生成し、パルス状の光ビームを光ディスクに照射することによって、前記複数の記録変調符号にそれぞれ対応する長さを有する複数の記録マークおよびスペースを前記光ディスクに形成する、光学的データ記録方法であって、

前記複数の記録マークの少なくとも 2 つは、

先頭に配置され、前記記録マークの始端部分を形成するためのファーストパルスと、

最後尾に配置され、前記記録マークの終端部分を形成するためのラストパルスと、

前記ファーストパルスおよび前記ラストパルスの間に配置され、前記記録マークの中央部を形成するためのマルチパルス列と、

を含む記録パルス列に基づいて照射される光ビームにより形成され、

前記記録変調符号の基準周期を T としたとき、前記マルチパルス列のパルス周期を T よりも長くする、光学的データ記録方法。

【請求項 2】

前記複数の記録マークはそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、 n の異なる少なくとも 2 つの記録マークにおいて、それぞれ前記記録パルス列に含まれるパルスの数が等しい請求項 1 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 3】

前記少なくとも 2 つの記録マークにおいて、前記ファーストパルス、前記マルチパルス列および前記ラストパルスの少なくとも 1 つのパルスにより生成する光ビームの照射パワーは異なっている請求項 2 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 4】

前記複数の記録マークにおいて、 $2nT$ および $(2n+1)T$ の記録マークの記録パルス列に含まれるパルスの数が等しい請求項 2 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 5】

前記複数の記録マークにおいて、 $(2n-1)T$ および $2nT$ の記録マークの記録パルス列に含まれるパルスの数が等しい請求項 2 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 6】

前記複数の記録マークにおいて、前記ファーストパルスのパルス幅はすべて等しい、請求項 1 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 7】

前記複数の記録マークにおいて、前記ラストパルスのパルス幅はすべて等しい、請求項 1 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 8】

前記複数の記録マークにおいて、前記マルチパルス列のパルス幅およびパルス間隔はすべて等しい、請求項 1 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 9】

前記複数の記録マークは、1 つのパルスのみを含む記録パルス列に基づいて照射される光ビームにより形成される記録マークおよび、前記ファーストパルスおよび前記ラストパルスのみを含む記録パルス列に基づいて照射される光ビームにより形成される記録マークを含み、

前記記録パルス列のいずれのパルスのパルス幅は $1T$ 以上である請求項 1 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 10】

前記複数の記録マークは、1 つのパルスのみを含む記録パルス列に基づいて照射される光ビームにより形成される記録マークおよび、前記ファーストパルスおよび前記ラストパルスのみを含む記録パルス列に基づいて照射される光ビームにより形成される記録マークを含み、

前記記録パルス列のいずれの隣接する 2 つのパルスの間隔は $1T$ 以上である請求項 1 に

記載の光学的データ記録方法。

【請求項 1 1】

前記記録パルス列中、前記マルチパルス列が配置されたマルチパルス領域において、前記マルチパルス列のパルス幅を前記前記マルチパルス列の周期で除算したマルチパルスデューティ、または、前記マルチパルス領域の振幅積分値を前記マルチパルス領域の時間幅で除算したマルチパルス振幅平均値が所定の値となるように、前記記録パルス列の少なくとも 1 つのパルスの振幅および位置を設定する請求項 1 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 1 2】

前記マルチパルス列の周期を $2T$ に設定する請求項 1 1 に記載の光学的データ記録方法。

10

【請求項 1 3】

前記マルチパルス領域は、前記マルチパルス列の先頭パルスの立ち上りのタイミングから、最後尾のパルスの立ち下りのタイミングによって規定される請求項 1 1 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 1 4】

前記マルチパルス領域は、前記ファーストパルスの立ち下りのタイミングから、前記ラストパルスの立ち上りのタイミングによって規定される請求項 1 1 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 1 5】

前記記録パルス列の先頭のパルスの立ち上りタイミングおよび前記記録パルス列の各パルスのパルス幅を設定する請求項 1 1 に記載の光学的データ記録方法。

20

【請求項 1 6】

前記ファーストパルスと前記パルス列の先頭パルスとに挟まれた先頭スペース幅と、前記マルチパルス列の最後尾パルスと前記ラストパルスとに挟まれた後尾スペース幅とがほぼ等しくなるように、設定する請求項 1 5 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 1 7】

前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記設定される記録パルス列の少なくとも 1 つのパルスの振幅および位置は記録変調符号の長さによらず一定の値である請求項 1 1 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 1 8】

前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記設定される記録パルス列の少なくとも 1 つのパルスの振幅および位置は、記録変調符号の長さが T の奇数倍であるか偶数倍であるかによって異なった値に設定する請求項 1 1 に記載の光学的データ記録方法。

30

【請求項 1 9】

前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記設定される記録パルス列の少なくとも 1 つのパルスの振幅および位置は、記録変調符号の長さごとに異なった値に設定する請求項 1 1 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 2 0】

前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記複数の記録変調符号は、複数の符号群に分類され前記設定される記録パルス列の少なくとも 1 つのパルスの振幅および位置は、符号群ごとに異なった値に設定する請求項 1 1 に記載の光学的データ記録方法。

40

【請求項 2 1】

前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記マルチパルスデューティまたはマルチパルス振幅平均値を、前記記録変調符号の長さによらず一定の値に設定する請求項 1 1 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 2 2】

前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記マルチパルスデューティまたはマルチパルス振幅平均値を、記録変調符号の長

50

さが T の奇数倍であるか偶数倍であるかによって異なる値に設定する請求項 11 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 23】

前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記マルチパルスデューティまたはマルチパルス振幅平均値を、前記記録変調符号の長さごとに異なる値に設定する請求項 11 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 24】

前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記複数の記録変調符号は、複数の符号群に分類され、前記マルチパルスデューティまたはマルチパルス振幅平均値を、符号群ごとに異なった値に設定する請求項 11 に記載の光学的データ記録方法。 10

【請求項 25】

前記マルチパルスデューティまたはマルチパルス振幅平均値を、前記記録パルス列を用いて形成した記録マークを形成し、前記形成した記録マークを再生することにより得られる再生信号の中央近傍の振幅値を評価することにより決定する請求項 11 に記載の光学的データ記録方法。

【請求項 26】

光ディスクを載置し、回転させるモータと、
光源を含み、前記光源から前記モータに載置された光ディスクへ光ビームを照射する光ヘッドと、 20

記録すべきデータを変調し、複数の記録変調符号を生成する信号処理部と、

前記光ビームを照射することにより、前記複数の記録変調符号にそれぞれ対応する長さを有する複数の記録マークを前記光ディスクに形成するために、前記光源を駆動するための複数の記録パルス列を前記複数の記録変調符号に基づいて生成する記録パルス列生成部と、
を備え、

前記複数の記録パルス列の少なくとも 2 つは、

先頭に配置され、前記記録マークの始端部分を形成するためのファーストパルスと、

最後尾に配置され、前記記録マークの終端部分を形成するためのラストパルスと、

前記ファーストパルスおよび前記ラストパルスの間に配置され、前記記録マークの中央部を形成するためのマルチパルス列と、 30

を含み、前記記録変調符号の基準周期を T としたとき、前記マルチパルス列のパルス周期は T よりも長くなっているデータ記録装置。

【請求項 27】

前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、

前記記録パルス列生成部は、 n の異なる少なくとも 2 つの記録変調符号に対して、パルスの数等しい記録パルス列をそれぞれ生成する請求項 26 に記載のデータ記録装置。

【請求項 28】

前記少なくとも 2 つの記録変調符号に対応する記録パルス列において、前記ファーストパルス、前記マルチパルス列および前記ラストパルスの少なくとも 1 つのパルスにより生成する光ビームの照射パワーは異なっている請求項 26 に記載のデータ記録装置。 40

【請求項 29】

前記記録パルス列中、前記マルチパルス列が配置されたマルチパルス領域において、前記マルチパルス列のパルス幅を前記前記マルチパルス列の周期で除算したマルチパルスデューティ、または、前記マルチパルス領域の振幅積分値を前記マルチパルス領域の時間幅で除算したマルチパルス振幅平均値が所定の値となるように、振幅および位置が設定された少なくとも 1 つのパルスを含む記録パルス列を前記記録パルス列生成部が生成する請求項 26 に記載のデータ記録装置。

【請求項 30】

前記記録パルス列生成部は、2 Tの周期を有する前記マルチパルス列を生成する請求項29に記載のデータ記録装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ディスクなどのデータ記録媒体へ光学的にデータを記録する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

大容量のデジタルデータを記録する媒体として、光学的にデータを記録するデータ記録媒体(data storage medium)が注目されている。 10

【0003】

相変化型光ディスクは、記録可能なデータ記録媒体のひとつである。相変化型光ディスクは、加熱により溶融する記録膜を備えており、記録すべきデータに基づいて変調された半導体レーザの光ビームを回転するディスクに照射することにより、記録膜の光ビームが照射された部分に相変化を生じさせ、データを記録する。

【0004】

光ビーム強度が強い時、記録膜の光ビームが照射した部分は高温に加熱され、その後急速に冷却する。このため、記録膜の光ビームが照射した部分はアモルファス化する。光ビーム強度が比較的弱い時には、光ビームが照射した部分は中高温に加熱され、その後、徐々に冷却される。このため、光ビームが照射した部分は結晶化する。アモルファス化した部分を通常マークと呼び、マークとマークの間の結晶化した部分を通常スペースと呼ぶ。このマークとスペースを用いて二値データを記録する。マークおよびスペースの列は光ディスクにらせん状に設けられたトラック上に形成される。通常、光ビーム強度が強い時のレーザパワーをピークパワー、光ビーム強度が弱い時のレーザパワーをバイアスパワーと呼ぶ。 20

【0005】

相変化型光ディスクに記録されたデータを読み出す場合には、記録膜が相変化を起こさない程度に弱い光ビームを光ディスクに照射し、その反射光を検出する。通常アモルファス化したマーク部分は反射率が低く、結晶化したスペース部分は反射率が高い。よってマーク部分とスペース部分の反射光量の違いを検出して再生信号を生成し、再生信号を二値化した後、復調することによって記録されたデータを得る。 30

【0006】

相変化型光ディスクへのデータの記録方式としては、マークポジション記録方式とマークエッジ記録方式がある。通常はマークエッジ記録(マーク長記録)方式の方が情報記録密度を高くできる。マークエッジ記録方式では、マークポジション記録方式と比較して長いマークを記録する。

【0007】

相変化型光ディスクにピークパワーを照射して長いマークを記録すると、記録膜の熱蓄積のために、マークの後半部ほど半径方向の幅が太くなる。このため、ダイレクトオーバーライトを行う場合に消し残りが発生したり、トラック間の信号クロストークが発生したりして信号品質を大きく損ねるといった問題が生じる。 40

【0008】

この問題を解決するために、たとえば、特許文献1は、マークエッジ記録方式におけるマークを始端部、中間部および終端部分に分け、始端部および終端部をそれぞれ一定の長さを有する1つのレーザパルスで形成し、中間部を一定の周期を有する複数のレーザパルスで形成することを開示している。この方法によれば、中間部分を複数のレーザパルスで形成することにより、熱の蓄積を抑制し、マーク幅が広がるのを防止することができる。一方、マークの始端部分および終端部分は一定の長さのレーザパルスにより形成するため、十分な熱エネルギーが記録膜に与えられる。このため、ダイレクトオーバーライトを場合 50

であっても形成されるマークのエッジ部分によるジッタを低減することができる。

【0009】

図1および図2は従来の技術において、種々の長さのマークを形成するために用いられる記録パルス列の波形の一例を示している。例えば記録すべきデータをRun Length Limited(2, 10)変調方式で変換した記録変調符号をマークエッジ記録方式で記録する場合、最短の3Tから最長の11Tまでの長さを有する記録変調符号が存在する。ここでTは記録マークの記録変調符号の基準周期を表わしている。マークエッジ記録方式により記録されるマークおよびスペースは、記録変調符号の長さで表される連続した長さを有する。

【0010】

光ディスクにこれらのマークを形成する場合には、上述したように複数のレーザパルスが用いられる。図1に示すように、各長さを有するマークにおいて、先頭にあるパルス801をファーストパルスと呼び、最後尾にあるパルス804をラストパルスと呼ぶ。またファーストパルスとラストパルスとの間にあるパルス802とパルス803をマルチパルス列と呼び、周期Tのパルスで構成されている。

【0011】

6Tのマークのマルチパルス列は2つのパルスを含み、7Tのマークのマルチパルス列は3つのパルスを含む。また、5Tのマークのマルチパルス列は実際には1つのパルスで構成される。マークがTだけ長くなるごとにパルスの数が1つ増え、逆に、Tだけ短くなるごとにパルスの数が1つ減る。したがって、4Tのマークはファーストパルスとラストパルスのみで構成され、マルチパルス列はない。また3Tのマークは一つのパルスで構成される。通常ファーストパルスの幅は0.25Tから1.5Tであり、ラストパルスの幅は0.25Tから1Tである。また、マルチパルス列を構成する1つのパルスの幅は0.25Tから0.75Tである。

【0012】

図2に示すレーザパルスの波形は、ラストパルスの幅が図1に示すレーザパルスの波形と異なっているものの、中間部分を形成するマルチパルス列の個数とマークの長さとの関係は図1のレーザパルスと同じである。

【0013】

このような方法によりマークを形成する場合、中間部分のパルスの数を変えることによって容易に異なる長さのマークを形成することができる。しかしながら、この従来の方法によれば、高転送レートでデータを光ディスクに記録する場合など、データを記録する速度が速くなったとき、レーザダイオードの応答速度が理想的に十分大きくないことにより、発光波形におけるパルスの立ち上がりおよび立ち下がりが鈍り、設定された熱量を光ディスクの記録膜に与えることができなくなってくる。特にマルチパルス列のパルス幅は0.25Tから0.75T程度であるため、例えばレーザの立ち上がり時間、立ち下がり時間によっては、正弦波状のパルスを発生させることも困難となり、正しいマークを形成できないという問題が生じる。

【特許文献1】特開平9-7176号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明はこのような従来の問題を解決し、正しい記録を行うことのできる光学的にデータを記録する方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の光学的データ記録方法は、記録すべきデータを変調して複数の記録変調符号を生成し、パルス状の光ビームを光ディスクに照射することによって、前記複数の記録変調符号にそれぞれ対応する長さを有する複数の記録マークおよびスペースを前記光ディスクに形成する。前記複数の記録マークの少なくとも2つは、先頭に配置され、前記記録マークの始端部分を形成するためのファーストパルスと、最後尾に配置され、前記記録マーク

10

20

30

40

50

の終端端部分を形成するためのラストパルスと、前記ファーストパルスおよび前記ラストパルスの間に配置され、前記記録マークの中央部を形成するためのマルチパルス列とを含む記録パルス列に基づいて照射される光ビームにより形成され、前記記録変調符号の基準周期を T としたとき、前記マルチパルス列のパルス周期を T よりも長くする。

【0016】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録マークはそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、 n の異なる少なくとも 2 つの記録マークにおいて、それぞれ前記記録パルス列に含まれるパルスの数が等しい。

【0017】

ある好ましい実施形態において、前記少なくとも 2 つの記録マークにおいて、前記ファーストパルス、前記マルチパルス列および前記ラストパルスの少なくとも 1 つのパルスにより生成する光ビームの照射パワーは異なっている。 10

【0018】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録マークにおいて、 $2nT$ および $(2n + 1)T$ の記録マークの記録パルス列に含まれるパルスの数が等しい。

【0019】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録マークにおいて、 $(2n - 1)T$ および $2nT$ の記録マークの記録パルス列に含まれるパルスの数が等しい。

【0020】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録マークにおいて、前記ファーストパルスのパルス幅はすべて等しい。 20

【0021】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録マークにおいて、前記ラストパルスのパルス幅はすべて等しい。

【0022】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録マークにおいて、前記マルチパルス列のパルス幅およびパルス間隔はすべて等しい。

【0023】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録マークは、1 つのパルスのみを含む記録パルス列に基づいて照射される光ビームにより形成される記録マークおよび、前記ファーストパルスおよび前記ラストパルスのみを含む記録パルス列に基づいて照射される光ビームにより形成される記録マークを含み、前記記録パルス列のいずれのパルスのパルス幅は $1T$ 以上である。 30

【0024】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録マークは、1 つのパルスのみを含む記録パルス列に基づいて照射される光ビームにより形成される記録マークおよび、前記ファーストパルスおよび前記ラストパルスのみを含む記録パルス列に基づいて照射される光ビームにより形成される記録マークを含み、前記記録パルス列のいずれの隣接する 2 つのパルスの間隔は $1T$ 以上である。

【0025】

ある好ましい実施形態において、前記記録パルス列中、前記マルチパルス列が配置されたマルチパルス領域において、前記マルチパルス列のパルス幅を前記前記マルチパルス列の周期で除算したマルチパルスデューティ、または、前記マルチパルス領域の振幅積分値を前記マルチパルス領域の時間幅で除算したマルチパルス振幅平均値が所定の値となるように、前記記録パルス列の少なくとも 1 つのパルスの振幅および位置を設定する。 40

【0026】

ある好ましい実施形態において、前記マルチパルス列の周期を $2T$ に設定する。

【0027】

ある好ましい実施形態において、前記マルチパルス領域は、前記マルチパルス列の先頭パルスの立ち上りのタイミングから、最後尾のパルスの立ち下りのタイミングによって規 50

定される。

【0028】

ある好ましい実施形態において、前記マルチパルス領域は、前記ファーストパルスの立ち下りのタイミングから、前記ラストパルスの立ち上りのタイミングによって規定される。

【0029】

ある好ましい実施形態において、前記記録パルス列の先頭のパルスの立ち上りタイミングおよび前記記録パルス列の各パルスのパルス幅を設定する。

【0030】

ある好ましい実施形態において、前記ファーストパルスと前記パルス列の先頭パルスとに挟まれた先頭スペース幅と、前記マルチパルス列の最後尾パルスと前記ラストパルスとに挟まれた後尾スペース幅とがほぼ等しくなるように設定する。 10

【0031】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記設定される記録パルス列の少なくとも 1 つのパルスの振幅および位置は記録変調符号の長さによらず一定の値である。

【0032】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記設定される記録パルス列の少なくとも 1 つのパルスの振幅および位置は、記録変調符号の長さが T の奇数倍であるか偶数倍であるかによって異なった値に設定する。 20

【0033】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記設定される記録パルス列の少なくとも 1 つのパルスの振幅および位置は、記録変調符号の長さごとに異なった値に設定する。

【0034】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記複数の記録変調符号は、複数の符号群に分類され前記設定される記録パルス列の少なくとも 1 つのパルスの振幅および位置は、符号群ごとに異なった値に設定する。 30

【0035】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記マルチパルスデューティまたはマルチパルス振幅平均値を、前記記録変調符号の長さによらず一定の値に設定する。

【0036】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記マルチパルスデューティまたはマルチパルス振幅平均値を、記録変調符号の長さが T の奇数倍であるか偶数倍であるかによって異なる値に設定する。

【0037】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記マルチパルスデューティまたはマルチパルス振幅平均値を、前記記録変調符号の長さごとに異なる値に設定する。 40

【0038】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は 1 以上の整数) で表される異なる長さを有し、前記複数の記録変調符号は、複数の符号群に分類され、前記マルチパルスデューティまたはマルチパルス振幅平均値を符号群ごとに異なった値に設定する。

【0039】

ある好ましい実施形態において、前記マルチパルスデューティまたはマルチパルス振幅 50

平均値を、前記記録パルス列を用いて形成した記録マークを形成し、前記形成した記録マークを再生することにより得られる再生信号の中央近傍の振幅値を評価することにより決定する。

【0040】

本発明のデータ記録装置は、光ディスクを載置し、回転させるモータと、光源を含み、前記光源から前記モータに載置された光ディスクへ光ビームを照射する光ヘッドと、記録すべきデータを変調し、複数の記録変調符号を生成する信号処理部と、前記光ビームを照射することにより、前記複数の記録変調符号にそれぞれ対応する長さを有する複数の記録マークを前記光ディスクに形成するために、前記光源を駆動するための複数の記録パルス列を前記複数の記録変調符号に基づいて生成する記録パルス列生成部とを備える。前記複数の記録パルス列の少なくとも2つは、先頭に配置され、前記記録マークの始端部分を形成するためのファーストパルスと、最後尾に配置され、前記記録マークの終端部分を形成するためのラストパルスと、前記ファーストパルスおよび前記ラストパルスの間に配置され、前記記録マークの中央部を形成するためのマルチパルス列と、を含み、前記記録変調符号の基準周期を T としたとき、前記マルチパルス列のパルス周期は T よりも長くなっている。

10

【0041】

ある好ましい実施形態において、前記複数の記録変調符号はそれぞれ nT (n は1以上の整数)で表される異なる長さを有し、前記記録パルス列生成部は、 n の異なる少なくとも2つの記録変調符号に対して、パルスの数等しい記録パルス列をそれぞれ生成する。

20

【0042】

ある好ましい実施形態において前記少なくとも2つの記録変調符号に対応する記録パルス列において、前記ファーストパルス、前記マルチパルス列および前記ラストパルスの少なくとも1つのパルスにより生成する光ビームの照射パワーは異なっている。

【0043】

ある好ましい実施形態において、前記記録パルス列中、前記マルチパルス列が配置されたマルチパルス領域において、前記マルチパルス列のパルス幅を前記前記マルチパルス列の周期で除算したマルチパルスデューティ、または、前記マルチパルス領域の振幅積分値を前記マルチパルス領域の時間幅で除算したマルチパルス振幅平均値が所定の値となるように、振幅および位置が設定された少なくとも1つのパルスを含む記録パルス列を前記記録パルス列生成部が生成する。

30

【0044】

ある好ましい実施形態において、前記記録パルス列生成部は、 $2T$ の周期を有する前記マルチパルス列を生成する。

【発明の効果】

【0045】

本発明によれば、高転送レートでデータを記録する場合であっても、レーザの立ち上がり時間および立ち下がり時間の影響を受けにくく、正しい形状を有する記録マークを光ディスクなどのデータ記録媒体に形成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0046】

(第1の実施形態)

図3は本発明によるデータ記録装置の第1の実施形態を示すブロック図である。図3に示すように、データ記録装置100は、スピンドルモータ102と、光ヘッド103と、光ビーム制御部104と、サーボ部105と、再生二値化部106と、デジタル信号処理部107と、記録補償部108と、CPU109とを備える。

【0047】

スピンドルモータ102は、光ディスク101を載置し、回転させる。光ディスク101は、データを記録するためのスパイラル状もしくは同心円状の1または複数のトラックを有する。光ディスク101は、加熱により溶融する記録膜を備えており、記録すべきデ

50

ータに基づいて変調された半導体レーザの光ビームが照射されると、記録膜の光ビームが照射された部分に相変化を生じる。

【0048】

光ヘッド103は、光源であるレーザダイオードを有し、データを記録するための光ビームを光ディスク101に照射する。また、光ディスク101から反射する反射光を電気的な信号に変換し、変換した信号を再生信号として再生二値化部106に出力する。

【0049】

光ビーム制御部104は、光ヘッド103のレーザダイオードを駆動するための電流を発生し、CPU109の指示に基づいてレーザダイオードから出力される光ビームのパワーを制御する。

10

【0050】

サーボ部105は、光ヘッド103の位置を制御し、光ヘッド103から出射する光ビームのフォーカス制御およびトラッキング制御を行う。また、スピンドルモータ102の回転制御を行う。再生二値化部106は、光ヘッド103より得られた再生信号を増幅し、二値化処理を行い、二値化信号を生成する。また内部のPLL（図示せず）により、二値化信号に同期したクロックを生成する。

【0051】

デジタル信号処理部107は、二値化信号に所定の復調処理やエラー訂正処理を施す。データ記録時は記録データにエラー訂正コードを付加し、所定の変調処理を行い、変調データを生成する。記録補償部108は、変調データをパルス列から構成される光変調データに変換し、さらに光変調データのパルス幅等を、ディスク情報領域の再生信号から得られる情報や、あらかじめCPU109に記憶されている情報を基に調整し、マークの形成に適した記録パルス列の信号に変換して出力する。CPU109は、データ記録装置100全体の制御を行う。

20

【0052】

ホストPC110は、コンピュータ（図示せず）とアプリケーション（図示せず）やオペレーティングシステム（図示せず）で構成し、データ記録装置100に対して記録や再生の要求を行う。光ディスク101がデータ記録装置100に挿入されると、データ記録装置100は、光ヘッド103から所定の照射パワーを有する光ビームを出力し、光ディスク101のディスク情報領域（通常ディスク最内周付近に設けられている）を再生するよう光ビーム制御部104およびサーボ部105を制御する。これにより、記録を行う際の照射パワー情報等を獲得する。

30

【0053】

次に記録時の動作について図3から図5を参照しながら説明する。図4は、光ビーム制御部104の具体的な構成を示している。

【0054】

光ビーム制御部104は、光ヘッド103のレーザダイオード103aを駆動する電流を発生させる。このために、光ビーム制御部104は、レーザダイオード103aをバイアスパワーで発光させるための電流源122と、レーザダイオード103aをピークパワーで発光させるための電流源121と、スイッチ123、124、125とを含む。電流源121および電流源122は並列にレーザダイオード103aに接続されており、スイッチ123、124、125は、電流源121とレーザダイオード103aとの間において互いに並列に挿入されている。

40

【0055】

図3に示すように、記録時には、デジタル信号処理部107は、記録すべきデータにエラー訂正コードを付加し、所定の変調処理を行い、記録変調符号を含む変調データを生成する。記録補償部108は、変調データを受け取り、光変調データに変換する。光変調データは、変調データに含まれる記録変調符号に対応する記録マークおよび記録スペースを光ディスクに形成するためにレーザダイオードに印加すべき駆動パルス電流を生成する記録パルス列で構成される。このとき記録補償部108は、光ディスクのディスク情報領域

50

を再生して得られる情報や、CPU 109にあらかじめ記憶されていた情報に基づいて、記録パルス列の各パルスの幅やタイミングを微調整し、光ディスクの種類や記録速度に応じた最適なパルス波形となるよう、記録パルス列の調整も行う。

【0056】

図5は、記録補償部108が生成する光変調データを模式的に示している。ひとつの記録マークを形成するための記録パルス列130は、記録パルス列130の先頭に配置され、記録マークの始端部分を形成するためのファーストパルス131と、記録パルス列130の最後尾に配置され、記録マークの終端部分を形成するためのラストパルス132とファーストパルス131およびラストパルス132の間に配置され記録マークの中間部分を形成するためのマルチパルス列133とを含む。図5においてマルチパルス列133は1つのパルスのみを含んでいるが、記録マークの長さに応じてマルチパルス列133は2つ以上のパルスを含む場合がある。また、記録マークの長さによって、マルチパルス列133を含まず、ファーストパルス131およびラストパルス132のみを含む場合や、最短の長さを有する記録マークのみこれらのパルスとは異なる長さのパルスを含む場合がある。

10

【0057】

記録補償部108は、記録パルス列130のファーストパルス131、マルチパルス列133およびラストパルス132のみをそれぞれ含む信号111、112、113を生成し、光ビーム駆動部104のスイッチ123、124、125へそれぞれ出力する。信号111、112、113に含まれるファーストパルス131、マルチパルス列133およびラストパルス132はそれぞれ所定のタイミングでずらされている。

20

【0058】

信号111、112、113を受け取ったスイッチ123、124、125はそれぞれの信号がハイレベルとなる期間ONとなる。このため、記録パルス列130と等し波形を有し、ピークパワーおよびバイアスパワーをハイレベルおよびローレベルとする記録パルス列（駆動パルス列）が生成される。この駆動パルス列によりレーザダイオード103aが駆動され、レーザダイオードの照射を受けて、光ディスクに記録マークが形成される。

【0059】

以下本実施形態における、記録マークを形成するための記録パルス列を説明する。以下の具体的な例では、例えばRun Length Limited(2, 10)変調方式によって、記録データを

30

この変調方式は、基準クロック周期をTとして3Tから11Tまでのマークおよびスペースを用いる。

【0060】

図6は、本実施形態の第1の例による記録パルス列を示しており、上から順に、3Tから11Tの記録マークを形成するための記録パルス列をそれぞれ示している。

【0061】

図6に示すように、たとえば、6Tの記録マークを形成するための記録パルス列は、先頭に配置されたファーストパルス201と、最後尾に配置されたラストパルス203と、ファーストパルス201およびラストパルス203の間に配置されたマルチパルス列202とを含んでいる。

40

【0062】

また、7Tの記録マークを形成するための記録パルス列は、先頭に配置されたあるファーストパルス204と、最後尾に配置されたラストパルス206と、ファーストパルス204およびラストパルス206の間に配置されたマルチパルス列205とを含んでいる。

【0063】

これらの記録パルス列において、マルチパルス列202および205はいずれも1つのパルスから構成されている。また、8Tおよび9Tの記録パルス列では、マルチパルス列207および208は2つのパルスを含んでいる。10Tおよび11Tの記録パルス列で

50

は、マルチパルス列 2 0 9 および 2 1 0 は 3 つのパルスを含んでいる。

このように、本実施形態の記録パルス列では、 n を 2 以上の整数とすると、 $2nT$ と $(2n+1)T$ の記録マークを形成するための記録パルス列において、マルチパルス列に含まれるパルスの数は等しい。

【0064】

したがって、マークが $2T$ だけ長くなるごとにマルチパルス列中のパルスの個数が 1 つ増える。このときマルチパルスの発生タイミングには 2 通りあり、同数のパルスを有するマルチパルス列を含む 2 つの記録マークであっても、偶数の基準周期 T のマークのためのマルチパルス列の先頭のパルスは、奇数の基準周期 T のマークのためのマルチパルス列の先頭のパルスに比べて $0.5T$ だけ先行する。つまり、ファーストパルスとマルチパルス列の先頭パルスとの間隔は、偶数 T のマークのほうが $0.5T$ だけ短い。また、マルチパルス列の最後尾のパルスとラストパルスとの間隔は、偶数 T のマークのほうが $0.5T$ だけ短い。

10

【0065】

図 6 に示すように、 $3T$ から $11T$ の記録マークを形成するための記録パルス列において、ファーストパルス、ラストパルスおよびマルチパルス列の各パルスのパルス幅はほぼ等しく、基準周期 T に一致している。マルチパルス列のパルス間隔も基準周期 T に一致している。つまり、マルチパルス列におけるパルスの周期は、基準周期 T の 2 倍である $2T$ になっている。

【0066】

また、図 6 に示すように、第 1 の例では、 $4T$ および $5T$ のマークを形成する記録パルス列はファーストパルスとラストパルスのみで構成され、マルチパルス列を含まない。 $3T$ のマークを形成する記録パルス列は一つのパルスで構成される。したがって、ファーストパルスおよびラストパルスをあわせて考えると、第 1 の例の記録パルスでは、 n を 2 以上の整数としたときに、 $2nT$ と $(2n+1)T$ の記録マークを形成するための記録パルス列に含まれるパルスの数は等しくなっている。

20

【0067】

このような記録パルス列を用いて記録マークを形成する場合、マルチパルス列を構成するパルスのパルス幅は基準周期 T とほぼ等しく、従来のマルチパルス列を構成するパルスのパルス幅の約 2 倍となっている。一つのパルスにおけるレーザの立ち上がりおよび立ち下り時間の影響を相対的に低減することができ、記録マークが変形しにくくなる。またファーストパルスの幅およびラストパルスの幅が、各マークにおいて等しいため、各マークのエッジ位置を正しく記録することが容易となる。特に高転送速度でデータを光ディスクに記録することによって、マークのエッジ位置にばらつきが生じ、再生信号のジッタが増大する場合に、第 1 の例の記録パルス列は効果を発揮する。

30

【0068】

図 7 は、本実施形態の第 2 の例による記録パルス列を示している。図 6 に示す第 1 の例と同様、 $3T$ から $11T$ の記録マークを形成するための記録パルス列において、マルチパルス列を構成するパルスの数は、 $2nT$ および $(2n+1)T$ のマークにおいて等しくなっている。また、マークが $2T$ だけ長くなるごとにマルチパルス列中のパルスの個数が 1 つ増える。

40

【0069】

また、 $6T \sim 11T$ の記録マークを形成するための記録パルス列は、ファーストパルス、マルチパルス列およびラストパルスによって構成される。たとえば、 $6T$ の記録マークを形成するための記録パルス列は、先頭に配置されたあるファーストパルス 3 0 1 と、最後尾に配置されたラストパルス 3 0 3 と、ファーストパルス 3 0 1 およびラストパルス 3 0 3 の間に配置されたマルチパルス列 3 0 2 とを含んでいる。 $7T$ の記録マークを形成するための記録パルス列は、先頭に配置されたあるファーストパルス 3 0 4 と、最後尾に配置されたラストパルス 3 0 6 と、ファーストパルス 3 0 4 およびラストパルス 3 0 6 の間に配置されたマルチパルス列 3 0 5 とを含んでいる。 $3T$ の記録パルス列はファーストパ

50

ルスのみを含み、4 Tおよび5 Tの記録パルス列は、ファーストパルスおよびラストパルスのみによって構成されている。

【0070】

図7に示すように、各記録マークを形成する記録パルスにおいて、ファーストパルス、ラストパルス、およびマルチパルス列の各パルスにおいて、隣接するパルスとの間隔はいずれもほぼ等しくなっている。偶数Tの記録パルス列におけるファーストパルスおよびラストパルスの幅が他のパルスとことなっている。たとえば約1.5 Tである。奇数Tの記録パルス列におけるファーストパルスおよびラストパルスの幅、およびすべての記録マークにおけるマルチパルス列を構成するパルスの幅は約1 Tになっている。

【0071】

第2の例による記録パルス列によれば、いずれの記録パルス列においても隣接する2つのパルスの間隔がほぼ等しい。このため、第2の例による記録パルス列を用いて形成した記録マークはいずれも光ディスクの半径方向にほぼ等しい幅を有する。このため、レーザダイオードのピークパワーを適切に選ぶことによって、隣接するトラックからの再生信号のもれこみであるクロストークや、隣接トラックにおける記録の影響であるクロスイレーズによるジッタを低減させることができる。

【0072】

図8は、本実施形態の第3の例による記録パルス列を示している。図6に示す第1の例と同様、3 Tから11 Tの記録マークを形成するための記録パルス列において、マルチパルス列を構成するパルスの数は、 $2nT$ および $(2n+1)T$ のマークにおいて等しくなっている。また、マークが2 Tだけ長くなるごとにマルチパルス列中のパルスの個数が1つ増える。

【0073】

また、6 T～11 Tの記録マークを形成するための記録パルス列は、ファーストパルス、マルチパルス列およびラストパルスによって構成される。たとえば、6 Tの記録マークを形成するための記録パルス列は、先頭に配置されたあるファーストパルス401と、最後尾に配置されたラストパルス403と、ファーストパルス401およびラストパルス403の間に配置されたマルチパルス列402とを含んでいる。7 Tの記録マークを形成するための記録パルス列は、先頭に配置されたあるファーストパルス404と、最後尾に配置されたラストパルス406と、ファーストパルス404およびラストパルス406の間に配置されたマルチパルス列405とを含んでいる。3 Tの記録パルス列はファーストパルスのみを含み、4 Tおよび5 Tの記録パルス列は、ファーストパルスおよびラストパルスのみによって構成されている。

【0074】

第3の例による記録パルス列では奇数Tのマークの記録パルス列中のマルチパルス列の先頭パルスの幅が他のパルスの幅と異なっている。たとえば、約1.5 Tである。ファーストパルス、ラストパルスおよびマルチパルス列の先頭パルス以外のパルスの幅はすべてのマークにおいておおよそ等しく、その幅は約1 Tである。隣接するパルス間の幅は、奇数Tのマークにおいて、マルチパルス列の最後のパルスとラストパルスとの間隔が他の任意の隣接するパルス間の間隔よりも長くなっており、たとえば、マルチパルス列の最後のパルスとラストパルスとの間隔が約1.5 Tであるのに対して、他の任意の隣接するパルス間の間隔は約1 Tである。

【0075】

なお、奇数Tのマークの後方におけるレーザパワーが不足する場合には、マルチパルス列の先頭のパルスに換えて、最後尾のパルスの幅を他のパルスよりも長くし、また、ファーストパルスとマルチパルス列の先頭のパルスとの間隔を他の間隔よりも長くしてもよい。

【0076】

第3の例による記録パルス列は、第1の例の記録パルス列および第2の例の記録パルス列の特徴を備えており、記録マークのエッジ位置のばらつき、再生信号のクロストーク、

10

20

30

40

50

および記録時のクロスイレージによる影響が大きい場合に第3の例による記録パルス列を用いて記録マークを形成すれば、これらの影響を低減することができる。

【0077】

図9は、本実施形態の第4の例による記録パルス列を示している。これまでの例と同様、たとえば、7Tの記録マークを形成するための記録パルス列は、先頭に配置されたあるファーストパルス501と、最後尾に配置されたラストパルス503と、ファーストパルス501およびラストパルス503の間に配置されたマルチパルス列502とを含んでいる。8Tの記録マークを形成するための記録パルス列は、先頭に配置されたあるファーストパルス504と、最後尾に配置されたラストパルス506と、ファーストパルス504およびラストパルス506の間に配置されたマルチパルス列505とを含んでいる。

10

【0078】

これらの記録パルス列において、マルチパルス列502および505はいずれも1つのパルスから構成されている。また、9Tおよび10Tの記録パルス列では、マルチパルス列507および508は2つのパルスを含んでいる。11Tの記録パルス列では、マルチパルス列509は3つのパルスを含んでいる。

【0079】

このように、第4の例による記録パルス列では、 n を4以上の整数とするとき、 $(2n - 1)T$ と $2nT$ との記録マークを形成するための記録パルス列において、マルチパルス列に含まれるパルスの数は等しい。

【0080】

したがって、マークが2Tだけ長くなるごとにマルチパルス列中のパルスの個数が1つ増える。このときマルチパルスの発生タイミングには2通りあり、同数のパルスを有するマルチパルス列を含む2つの記録マークであっても、奇数の基準周期Tのマークのためのマルチパルス列の先頭のパルスは、偶数の基準周期Tのマークのためのマルチパルス列の先頭のパルスに比べて0.5Tだけ先行する。つまり、ファーストパルスとマルチパルス列の先頭パルスとの間隔は、奇数Tのマークのほうが0.5Tだけ短い。また、マルチパルス列の最後尾のパルスとラストパルスとの間隔は、奇数Tのマークのほうが0.5Tだけ短い。

20

【0081】

図9に示すように、3Tから11Tの記録マークを形成するための記録パルス列において、ファーストパルス、ラストパルスおよびマルチパルス列の各パルスのパルス幅はほぼ等しく、基準周期Tに一致している。マルチパルス列のパルス間隔も基準周期Tに一致している。つまり、マルチパルス列におけるパルスの周期は、基準周期Tの2倍である2Tになっている。

30

【0082】

また、第4の例では、5Tおよび6Tのマークを形成する記録パルス列はファーストパルスとラストパルスのみで構成され、マルチパルス列を含まない。3Tおよび4Tのマークを形成する記録パルス列は1つのパルスで構成される。ただし、4Tの記録パルス列は、3Tよりも0.5T長いファーストパルスを用いる。したがって、ファーストパルスおよびラストパルスをあわせて考えると、第4の例の記録パルスでは、 n を1以上の整数としたときに、 $(2n - 1)T$ および $2nT$ の記録マークを形成するための記録パルス列に含まれるパルスの数は等しくなっている。

40

【0083】

このような記録パルス列を用いて記録マークを形成する場合、マルチパルス列を構成するパルスのパルス幅は基準周期Tとほぼ等しく、従来のマルチパルス列を構成するパルスのパルス幅の約2倍となっている。1つのパルスにおけるレーザの立ち上がりおよび立ち下り時間の影響を相対的に低減することができ、記録マークが変形しにくくなる。またファーストパルスの幅およびラストパルスの幅が、各マークにおいて等しいため、各マークのエッジ位置を正しく記録することが容易となる。特に高転送速度でデータを光ディスクに記録することによって、マークのエッジ位置にばらつきが生じ、再生信号のジッタが増大

50

する場合に、第 4 の例の記録パルス列は効果を発揮する。

【 0 0 8 4 】

図 1 0 は、本実施形態の第 5 の例よる記録パルス列を示している。図 9 に示す第 4 の例と同様、3 T から 1 1 T の記録マークを形成するための記録パルス列において、マルチパルス列を構成するパルスの数は、 $(2n - 1)$ T および $2n$ T のマークにおいて等しくなっている。また、マークが 2 T だけ長くなるごとにマルチパルス列中のパルスの個数が 1 つ増える。

【 0 0 8 5 】

また、7 T ~ 1 1 T の記録マークを形成するための記録パルス列は、ファーストパルス、マルチパルス列およびラストパルスによって構成される。たとえば、7 T の記録マークを形成するための記録パルス列は、先頭に配置されたあるファーストパルス 6 0 1 と、最後尾に配置されたラストパルス 6 0 3 と、ファーストパルス 6 0 1 およびラストパルス 6 0 3 の間に配置されたマルチパルス列 6 0 2 とを含んでいる。8 T の記録マークを形成するための記録パルス列は、先頭に配置されたあるファーストパルス 6 0 4 と、最後尾に配置されたラストパルス 6 0 6 と、ファーストパルス 6 0 4 およびラストパルス 6 0 6 の間に配置されたマルチパルス列 6 0 5 とを含んでいる。3 T および 4 T の記録パルス列はファーストパルスのみを含み、5 T および 6 T の記録パルス列は、ファーストパルスおよびラストパルスのみによって構成されている。

【 0 0 8 6 】

図 1 0 に示すように、各記録マークを形成する記録パルスにおいて、ファーストパルス、ラストパルス、およびマルチパルス列の各パルスにおいて、隣接するパルスとの間隔はいずれもほぼ等しくなっている。偶数 T の記録パルス列におけるファーストパルスおよびラストパルスの幅が他のパルスとことなっている。たとえば約 1 . 5 T である。奇数 T の記録パルス列におけるファーストパルスおよびラストパルスの幅、およびすべての記録マークにおけるマルチパルス列を構成するパルスの幅は約 1 T になっている。

【 0 0 8 7 】

第 5 の例による記録パルス列によれば、いずれの記録パルス列においても隣接する 2 つのパルスの間隔がほぼ等しい。このため、第 5 の例による記録パルス列を用いて形成した記録マークはいずれも光ディスクの半径方向にほぼ等しい幅を有する。このため、レーザダイオードのピークパワーを適切に選ぶことによって、隣接するトラックからの再生信号のまれこみであるクロストークや、隣接トラックにおける記録の影響であるクロスイレーズによるジッタを低減させることができる。

【 0 0 8 8 】

図 1 1 は、本実施形態の第 6 の例よる記録パルス列を示している。図 9 に示す第 4 の例と同様、3 T から 1 1 T の記録マークを形成するための記録パルス列において、マルチパルス列を構成するパルスの数は、 $(2n - 1)$ T および $2n$ T のマークにおいて等しくなっている。また、マークが 2 T だけ長くなるごとにマルチパルス列中のパルスの個数が 1 つ増える。

【 0 0 8 9 】

また、7 T ~ 1 1 T の記録マークを形成するための記録パルス列は、ファーストパルス、マルチパルス列およびラストパルスによって構成される。たとえば、7 T の記録マークを形成するための記録パルス列は、先頭に配置されたあるファーストパルス 7 0 1 と、最後尾に配置されたラストパルス 7 0 3 と、ファーストパルス 7 0 1 およびラストパルス 7 0 3 の間に配置されたマルチパルス列 7 0 2 とを含んでいる。

【 0 0 9 0 】

7 T の記録マークを形成するための記録パルス列は、先頭に配置されたあるファーストパルス 7 0 4 と、最後尾に配置されたラストパルス 7 0 6 と、ファーストパルス 7 0 4 およびラストパルス 7 0 6 の間に配置されたマルチパルス列 7 0 5 とを含んでいる。3 T および 4 T の記録パルス列はファーストパルスのみを含み、7 T および 6 T の記録パルス列は、ファーストパルスおよびラストパルスのみによって構成されている。

【0091】

第6の例による記録パルス列では偶数Tのマークの記録パルス列中のマルチパルス列の先頭パルスの幅が他のパルスの幅と異なっている。たとえば、約1.5Tである。ファーストパルス、ラストパルスおよびマルチパルス列の先頭パルス以外のパルスの幅はすべてのマークにおいておよそ等しく、その幅は約1Tである。隣接するパルス間の幅は、奇数Tのマークのにおて、マルチパルス列の最後のパルスとラストパルスとの間隔が他の任意の隣接するパルス間の間隔よりも長くなっており、たとえば、マルチパルス列の最後のパルスとラストパルスとの間隔が約1.5Tであるのに対して、他の任意の隣接するパルス間の間隔は約1Tである。

【0092】

なお、奇数Tのマークの後方におけるレーザパワーが不足する場合には、マルチパルス列の先頭のパルスに換えて、最後尾のパルスの幅を他のパルスよりも長くし、また、ファーストパルスとマルチパルス列の先頭のパルスとの間隔を他の間隔よりも長くしてもよい。

【0093】

第6の例による記録パルス列は、第1の例の記録パルス列および第2の例の記録パルス列の特徴を備えており、記録マークのエッジ位置のばらつき、再生信号のクロストーク、および記録時のクロスイレージによる影響が大きい場合に第6の例による記録パルス列を用いて記録マークを形成すれば、これらの影響を低減することができる。

【0094】

このように本実施形態によれば、マルチパルス列におけるパルスの周期を記録変調符号の基準周期Tよりも長い2Tにすることによって、記録速度が速くなった場合でも、レーザの立ち上がり時間、立ち下がり時間の影響が受けにくくなり、正しい記録を行うことができる。

【0095】

なお、これまで示した例では、ピークパワーとバイアスパワーの二値パワーで光ディスク101への記録を行っているが、パワーの種類はこれに限らなくともよく、3種類以上の異なるパワーを用いて記録を行ってもよい。

【0096】

図12に示す第7の例による記録パルス列は、3Tを除く奇数Tのファーストパルスおよびラストパルスの振幅、つまりハイレベルに対応するレーザ照射パワーが他のパルスよりも大きくなっている点で図6に示す第1の例の記録パルス列と異なっている。

【0097】

図12に示すようにnを2以上の整数としたとき、2nTの記録パルス列のパルスの数と、(2n+1)Tの記録パルス列のパルスの数は等しい。(2n+1)Tの記録マークは、2nTの記録マークよりTだけ長く形成される必要があるため、(2n+1)Tの記録マークを形成する際、2nTの記録マークを形成する場合に比べて熱量が不足する可能性がある。このため、ファーストパルスおよびラストパルスのレーザ照射パワーを他のパルスよりも大きくする。たとえば、ファーストパルスおよびラストパルスのレーザパワーを他のパルスの1倍よりも大きく1.5倍以下にする。このような記録パルス列を生成するためには、たとえば、光ビーム制御部104に、電源121より大きな電流を出力する電源、および、互いに並列に接続され、電源に対してそれぞれ直列に接続された一対のスイッチを設ける。そして、5T以上の偶数記録パルス列を生成する場合、新たに設けた電源のスイッチをONにする制御信号を生成するように記録補償部108を調整する。

【0098】

2T離れたマークを構成するパルスのパワーを等しくすることによって、記録パルス列の生成に規則性を利用することができる。したがって、マークごとに個別にパワーを補正するように記録パルス列を生成する場合に比べて、光ビーム制御部104および記録補償部108の構成を簡単にすることができる。

【0099】

10

20

30

40

50

このようにすることによって、パルス間隔が $2nT$ の記録パルス列と比べて長くなるファーストパルスとマルチパルス列の先頭パルスとの間およびマルチパルス列の最後尾のパルスとラストパルスとの間において、レーザ照射パワーが不足して記録マークが細くなることを防止し、正しいマーク幅で記録マークを形成することができる。

【0100】

($2n+1$) T の記録パルス列のラストパルスのレーザ照射パワーを大きくする代わりに、($2n+1$) T の記録パルス列のマルチパルス列の最後尾のパルスのレーザ照射パワーを大きくしてもよい。また、 $3T$ の記録パルス列と $4T$ の記録パルス列においてレーザ照射パワーを異ならせても良い。

【0101】

同様に、第2から第6の例による記録パルス列についてもそれぞれ所定のパルスの照射パワーを補正することにより、 $2nT$ および ($2n+1$) T の記録パルス列あるいは、($2n-1$) T および $2nT$ の記録パルス列のパルスの数を等しくすることにより生じ得るレーザ照射パワーの不足を補うことができる。

【0102】

図13は、第2の例による記録パルス列の変形例であり、 $2nT$ の記録パルス列のファーストパルスおよびラストパルスの振幅、つまり、レーザ照射パワーを他のパルスに比べて大きくしている。

【0103】

図14は、第3の例による記録パルス列の変形例であり、($2n+1$) T の記録パルス列のマルチパルスの先頭パルスのレーザ照射パワーを小さくし、最後尾のパルスのレーザ照射パワーを大きくしている。

【0104】

図15は、第4の例による記録パルス列の変形例であり、 $2nT$ の記録パルス列のファーストパルスおよびマルチパルスの先頭パルスの最後尾のパルスのレーザ照射パワーを大きくしている。

【0105】

図16は、第5の例による記録パルス列の変形例であり、 $2nT$ の記録パルス列のファーストパルスおよびラストパルスのレーザ照射パワーを大きくしている。

【0106】

図17は、第6の例による記録パルス列の変形例であり、 $2nT$ の記録パルス列のマルチパルスの照射パワーをそれぞれ大きくしている。

【0107】

なお、本実施形態において、記録パルス列中にバイアスパワーよりも小さいパワーでレーザダイオードを駆動するためのレベルを設けてもよい。たとえば、ファーストパルスの立ち上がり位置やラストパルスの立ち下がり位置、ラストパルス後の一定時間、あるいはマルチパルスの前後にバイアスパワーよりも小さいパワーとなる期間を設けてもよい。本実施形態によれば、記録速度が速くなった場合でも、レーザの立ち上がり時間、立ち下がり時間の影響が受けにくくなるので、バイアスパワーよりも小さいパワーからピークパワーに立ち上がる場合にも効果がある。この場合、記録補償部108により、これらの期間の終了位置をマーク毎に微調整してもよい。これにより、より正しい位置にマークを記録することができる。

【0108】

また、図12から図17を参照して説明した例では、ピークパワーの出力を所定の位置において変更している。しかし、バイアスパワー等マークを形成する際に用いられる他のパワーを変更してもレーザ照射パワーを調整することが可能となり、これによって、より正しい形状のマークを光ディスクに形成することができる。

【0109】

また、記録補償部108および光ビーム制御部104により、たとえばファーストパルスの一部もしくは全区間、一部もしくは全てのマルチパルス、ラストパルスの一部もしくは

10

20

30

40

50

は全区間の照射パワーをマーク毎、もしくは全マーク共通に調整してもよい。これにより、より正しい位置にマークを記録することができる。

【0110】

なお、ファーストパルス、ラストパルス、およびマルチパルスの照射開始位置情報、照射幅情報、照射終了情報、照射パワー情報は、光ディスクに記録されていてもよい。光ディスクにこれらの情報を記録することにより、光ディスク装置は種々の光ディスクに対応することが可能となり、ディスク製造における設計の自由度を大きくすることができる。

【0111】

また、図2に示すように $2nT$ および $(2n+1)T$ の記録パルス列におけるパルス数が等しい記録方法、または、図6に示すように $(2n-1)T$ および $2nT$ の記録パルス列におけるパルス数が等しい記録方法のいずれであるかを識別する符号を光ディスクに記録してもよい。これにより、光ディスクの特性に応じて記録方法を選択することが可能となり、ディスク製造における設計の自由度を大きくすることができる。

10

【0112】

また、 $3T$ から $11T$ などの各記録マークが、1つのパルスで構成されるか、ファーストパルスのみで構成されるか、ファーストパルスとラストパルスのみで構成されるか、ファーストパルス、マルチパルス、ラストパルスで構成されるかを区別するマーク構成情報を光ディスクに記録してもよい。

【0113】

これらの情報を光ディスクに記録する場合には、たとえば、光ディスクの最内周部のディスク情報領域に記録し、光ディスクを光ディスク装置に挿入した直後の起動時、または、データを記録する直前に読み出すことができる。

20

【0114】

本実施の形態のようなパルス波形構成とすることにより、従来のような $1T$ 毎にマルチパルスが1つ増える場合に比べて、マルチパルス幅および隣り合うマルチパルス間隔が約2倍となり、記録速度が速くなった場合でも、正しい記録を行うことができる。

【0115】

またマルチパルスだけでなく、ファーストパルス、ラストパルスを含めた任意のパルスのパルス幅、および任意の隣り合うパルスのパルス間隔を $1T$ 程度とすることにより、より大きな効果が得られる。

30

【0116】

さらに本実施の形態のように、 $2T$ 毎にマルチパルスが1つ増えるというような規則性を持たせることにより、 $1T$ 毎にマルチパルスを発生させる場合と同様に簡単な構成でマルチパルスを生成することができる。

【0117】

本実施の形態では相変化ディスクについて説明してきたが、本実施形態は、光磁気ディスクにも適用することが可能であり、本実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0118】

(第2の実施形態)

第1の実施形態において説明したように、 $2nT$ および $(2n+1)T$ の記録パルス列、あるいは、 $(2n-1)T$ および $2nT$ の記録パルス列におけるマルチパルス列中のパルスの数を等しくすることにより、これら2つの記録パルス列のレーザ照射パワーが異なる可能性がある。これはマルチパルス列におけるマーク/スペースのデューティあるいは平均値が異なるからである。

40

【0119】

図18(a)および(b)は、図10に示すにおける $9T$ マークを形成するための記録パルス列2および $10T$ マークを形成するための記録パルス列8により形成した記録マークおよび形成された記録マークから得られる再生信号をそれぞれ示している。

【0120】

図18(a)に示すように、記録パルス列2において、ファーストパルス9およびラス

50

トパルス 10 は 1 T のパルス幅を有し、光ディスクの記録膜に適正なマーク形成熱エネルギーを与える。このため、形成される記録マーク 4 の幅はほぼ均一であり、再生信号 6 もマーク中央部が凹んでいない、おおよそ台形形状を有している。つまり、この再生信号 6 は、適正である。

【0121】

一方、記録パルス列 8 において、ファーストパルス 11 およびラストパルス 12 は 1.5 T の幅を有しているため、マーク始末端のマーク形成熱エネルギーが増大する。このため、形成される記録マーク 13 の幅は、始末端において太くなり、アレイ状のマーク 13 が形成される。このようなアレイ状の記録マーク 13 から得られる再生信号 14 は、立ち上がりおよび立ち下り部分の振幅が増大し歪んだ双峰型の波形を有する。このような双峰型の再生信号 14 を 2 値化もしくは A/D 変換してデジタル信号に変換すると、波形の立ち上がりおよび立ち下り部分でジッタが発生し、再生ビットエラーの原因となる。

10

【0122】

本実施形態では、どの記録パルス列においても、適正なマーク形成熱エネルギーが得られるように、マルチパルス列のデューティ値、もしくは振幅平均値を目標としてマルチパルス列のパルス位置およびパルス幅を設定する。

【0123】

図 19 は、本実施形態における記録パルス列 16 と、記録パルス列 16 により形成される記録マーク 15 と、記録マーク 15 より得られる再生信号 17 とを示しており、記録変調符号長が 10 T の場合を例に説明する。

20

【0124】

記録パルス列 16 は、ファーストパルス 18 とマルチパルス列 19 とラストパルス 20 とで構成されている。

【0125】

ファーストパルス 18 のタイミングは、ファーストパルス立ち上がりタイミング T S F P と、ファーストパルス立ち下がりタイミング T E F P で設定される。一方、ラストパルス 20 のタイミングは、ラストパルス立ち上がりタイミング T S L P と、ラストパルス立ち下がりタイミング T E L P で設定される。マルチパルス列 19 の配置は、マルチパルス列の立ち上がりタイミング T S M P と、パルス幅 T M P で設定される。

【0126】

このような記録パルス列 16 を構成するパラメータの変化と、記録マーク 15 の形状および再生信号 17 の波形との関係を次に説明する。

30

【0127】

記録マーク 15 の始端位置 21 は、ファーストパルス立ち上がりタイミング T S F P で決定される。記録マーク 15 の始端位置 21 は、一つ手前の記録マークからの熱干渉により前後し、これにより再生信号 17 は図 19 中の矢印 22 で示すように変化する。

【0128】

記録マーク 15 の始端位置 21 を適正な位置に制御するために、ファーストパルス立ち上がりタイミング T S F P を、一つ前のスペースの長さ及び記録マーク 15 自体の長さによって適応的に設定する。このようにすることにより、一つ手前のスペースおよびそれに続く記録マークがどのような組み合わせでも、記録マークの始端位置 21 を記録変調符号どおりの適正な位置に制御でき、再生信号波形の始端部 22 のジッタ成分を軽減することができる。一方、記録マーク 15 の終端位置 23 は、ラストパルス立ち下がりタイミング T E L P で決定される。記録マーク 15 の終端位置 23 は、一つ後ろの記録マークからの熱干渉により前後し、これにより再生信号 17 は図 19 中の矢印 24 で示すように変化する。

40

【0129】

記録マーク 15 の終端位置 23 を適正な位置に制御するために、ラストパルス立ち下がりタイミング T S L P を、一つ前のスペースの長さ及び記録マーク 15 自体の長さによって適応的に設定する。このようにすることにより、記録マークおよびその一つ後ろのス

50

ペースがどのような組み合わせでも、記録マークの終端位置 2 3 を記録変調符号どおりの適正な位置に制御でき、再生信号波形の終端部 2 4 のジッタ成分を軽減することができる。

【0130】

記録マーク 1 5 の始端部幅 2 5 は、ファーストパルス立ち下がりタイミング T E F P で決定される。ファーストパルス立ち下がりタイミング T E F P は、ファーストパルス 1 8 の幅を決定し、記録マークの始端部に与える熱エネルギーを制御できるため、記録マークの始端部幅 2 5 を適正な幅に制御できる。記録マークの始端部幅 2 5 は、記録マークの始端位置 2 1 のように、一つ前の記録マークからの熱干渉や、記録マーク 1 5 自体の符号長による影響が少ない。このために、ファーストパルス立ち下がりタイミング T E F P は、一つ手前のスペース符号長及び記録マーク 1 5 自体の符号長によらず一般的に一定値に設定する。

10

【0131】

このようにファーストパルス立ち下がりタイミング T E F P を設定することにより、記録マークの始端部幅 2 5 を適正な幅に制御でき、再生信号 1 7 の始端部におけるオーバーシュート部分 2 6 を軽減できる。このため、長い記録変調符号から得られる再生信号において、始端部の振幅変動によるジッタ成分が低減される。

【0132】

一方、記録マーク 1 5 の終端部幅 2 7 は、ラストパルス立ち上がりタイミング T S L P で決定される。ラストパルス立ち上がりタイミング T S L P は、ラストパルス 2 0 の幅を決定し、記録マークの終端部に与える熱エネルギーを制御できるため、記録マークの終端部幅 2 7 を適正な幅に制御できる。記録マークの終端部幅 2 7 も、記録マークの終端位置 2 3 のように、一つ後ろの記録マークからの熱干渉や、記録マーク 1 5 自体の符号長による影響が少ない。このために、ラストパルス立ち上がりタイミング T S L P は、一つ後ろのスペース長及び記録マーク 1 5 自体の符号長によらず一定値に設定する。

20

【0133】

このようにラストパルス立ち上がりタイミング T S L P を設定することにより、記録マーク 1 5 の終端部幅 2 7 を適正な幅に制御でき、再生信号 1 7 の終端部のオーバーシュート部分 2 8 を軽減できる。このため、長い記録変調符号から得られる再生信号において、終端部の振幅変動によるジッタ成分が低減される。

30

【0134】

記録マーク 1 5 の中央近傍の幅 2 9 は、マルチパルス列の立ち上がりタイミング T S M P と、マルチパルス列幅 T M P で決定される。第 1 の実施形態で説明したように、マルチパルス列の周期を 2 T に設定し、高転送レートにおいてもマルチパルス列によってレーザダイオードの駆動が確実に行えるようにしている。

【0135】

高転送レートでかつ高密度で記録する場合、低転送レート、低密度の場合よりもレーザ光の照射時間が短い。このため、適切な記録マーク幅を形成するために、より精密にマルチパルス列の幅を設定する必要がある。さらに、マルチパルス列の周期を 2 T に設定すると、1 T 周期の場合と比較して、マルチパルス列の幅 T M P やマルチパルス列のスペース 3 3 が広がるため熱エネルギーの分布が不均一になりやすい。このため、マルチパルス列の適切な設定は、最適な幅を有する記録マークを形成するために重要である。

40

【0136】

記録マーク 1 5 の中央近傍はマルチパルス列 1 9 の熱エネルギーの総和でマークが形成される。このため、マルチパルス列 1 9 の立ち上がりタイミング T S M P と、マルチパルス列 1 9 を構成するパルスのパルス幅 T M P とで、マルチパルス列 1 9 の構成が決定し、また、記録マークの本体中央近傍に与える熱エネルギーを制御することができる。したがって、記録マーク 1 5 の中央近傍の幅 2 9 を適正な幅に調節することができる。

【0137】

このように記録マーク 1 5 の中央近傍の幅 2 9 を適正な幅に調節することにより、再生

50

信号 17 の中央近傍における振幅の変動 30 を低減できる。このため、長い記録変調符号から得られる再生信号 17 における振幅変動によるジッタ成分が低減される。

【0138】

前述したように、記録マーク 17 の中央近傍はマルチパルス列 19 の熱エネルギーの総和で形成される。このとき、マルチパルス列 19 を含む領域は、2 つの異なる定義によって規定することが可能であり、光ディスクの記録材料の感度やマーク記録速度に応じて、異なる定義を用いる。

【0139】

比較的マーク記録速度が遅く、記録感度の低い記録材料を有する光ディスクでは、マルチパルス列 19 中の最初に配置された先頭マルチパルス 19 A の立ち上りのタイミングから、マルチパルス列中の最後に配置された後尾マルチパルス 19 C の立ち下りのタイミングまでの範囲が、主として記録マーク 15 の本体中央近傍のマーク形成に関与し影響を与える。これを第 1 マルチパルス領域 31 と呼ぶ。

10

【0140】

一方、比較的マーク記録速度が早く、記録感度の高い記録材料を有する光ディスクでは、ファーストパルス立ち上がりタイミング T E F P から、記録パルス列を構成するラストパルス立ち上がりタイミング T S L P までの範囲が、主として記録マーク 15 の中央近傍のマーク形成に関与し影響を与える。これを第 2 マルチパルス領域 32 と呼ぶ。

【0141】

また記録マーク 15 の中央近傍を形成するのに関与する熱エネルギーを示す指標も、光ディスクの記録材料のマーク形成過程により 2 種類存在する。

20

【0142】

記録マーク 15 の中央近傍を形成するために、マルチパルス領域における光照射部分に対する一定の冷却時間、すなわちマルチパルス列 19 のスペース 33 が重要な記録材料を有する光ディスクの場合は、マルチパルスデューティを熱エネルギーの指標にする。マルチパルスデューティとは、マルチパルス領域において、マルチパルス幅 T M P をマルチパルス列の周期 (図 19 では 2 T) で除算した値である。

【0143】

一方、記録マーク 15 の中央近傍を形成するために、マルチパルス領域における平均光照射エネルギーが重要な (あるいは相関が強い) 記録材料を有する光ディスクの場合は、マルチパルス振幅平均値を熱エネルギーの指標にする。マルチパルス振幅平均値とは、マルチパルス領域の振幅積分値をマルチパルス領域の時間幅で除算した値である。

30

【0144】

以上説明したように、マルチパルスデューティやマルチパルス振幅平均値を評価の指標として使い、マルチパルス列 19 の立ち上がりタイミング T S M P と、マルチパルス列幅 T M P を調整し、記録マーク 15 の中央近傍の幅 29 を適正に保つ。

【0145】

また、記録マークの始端部における幅 25、記録マークの中央近傍の幅 29 および記録マークの終端部における幅 27 の各々の幅が、よりバランスよく平坦に揃うようにするためには、以下に示すようなタイミングに設定操作するのがよい。

40

【0146】

すなわち、ファーストパルス 18 とマルチパルス 19 の先頭パルス 19 A とに挟まれた先頭スペース幅 F S P と、マルチパルス 19 の最後尾のパルス 19 C とラストパルス 20 とに挟まれた後尾スペース幅 L S P とが等しくなるように設定する。このように F S P = L S P に設定操作することにより、マルチパルス 19 によって与えられるエネルギーが、記録マークの始端あるいは終端に偏ることがなく、記録マークの中央近傍にバランスよく照射される。したがって、記録マークの幅 25、29、27 がおおよそ等しくなり、長さ方向に均一な幅を有する記録マークを形成することが可能となる。

【0147】

以上説明したように、マルチパルスデューティやマルチパルス振幅平均値を指標とし、

50

これらのパラメータが所定の目標となるよう、マルチパルス領域のマルチパルス列の立ち上がりタイミング T_{SMP} と、マルチパルス列の幅 T_{MP} 、先頭スペースの幅 FSP と、後尾スペースの幅 LSP を設定することにより、高転送レートでかつ高密度で記録する場合でも、適切な幅を有する記録マークを形成することができる。したがって、再生信号における中央近傍の波形振幅の減少 30 を低減し、長い記録変調符号における再生信号波形の振幅変動によるジッタ成分を低減することができる。

【0148】

次に、図 20 を参照しながら、本実施形態における記録パルス列 16 の各タイミングの具体的な演算方法を説明する。

図 20 において、上から順に、基準クロック、記録変調符号、偶数 nT の場合の記録パルス列および奇数 nT の場合の記録パルス列が示されている。これらは、いずれも水平方向が時間軸になっている。 10

【0149】

記録変調符号 35 は、基準単位長である基準クロック周期 T_{34} の n 倍 (n は 1 以上の自然数) の記録変調符号長を有する。 n が偶数の場合、偶数 nT_{36} で示す位置でパルスがたち下がり、 n が奇数の場合、奇数 nT_{37} で示す位置でパルスが立ち下がる。第 1 の実施形態と同様 $RLL(2, 10)$ 変調方式で記録変調符号 35 が変調される場合、符号長は、 $3T$ から $11T$ である。

【0150】

記録パルス列 16 は、前述したようにファーストパルス 18 とマルチパルス列 19 とラストパルス 20 とで構成されている。 20

【0151】

ファーストパルス 18 のタイミングは、ファーストパルス 18 の立ち上がりタイミング T_{SFP} とファーストパルス 18 の立ち下がりタイミング T_{EFP} で決定される。 T_{SFP} の値は、以降マルチパルス列の演算結果に影響を与えないのと、説明の簡略化のため図示していないが $T_{SFP} = 0$ としている。図 19 を参照して説明したように、 T_{SFP} は、一つ前のスペース符号長及び記録マーク自体の符号長によって適応的に設定する。 T_{EFP} は、前述したように一つ前のスペース符号長及び記録マーク自体の符号長によらず一般的に一定値に設定する。

【0152】

一方、ラストパルス 20 のタイミングはラストパルス 20 の立ち上がりタイミング T_{SLP} とラストパルス 20 の立ち下がりタイミング T_{ELP} で決定される。 T_{SLP} は、前述したように一つ後ろのスペース符号長及び記録マーク自体の符号長によらず一定値に設定する。 T_{SLP} は図示していないが、再生波形の終端部におけるオーバーシュートが少なくなる値である $T_{SLP} = 0$ に設定した。また、図 19 を参照して説明したように、 T_{ELP} は、一つ後ろのスペース符号長及び記録マーク自体の符号長によって適応的に設定する。 30

【0153】

次にマルチパルス領域のマルチパルス列 19 の立ち上がりタイミング T_{SMP} と、マルチパルス列の幅 T_{MP} 、先頭スペースの幅 FSP と、後尾スペースの幅 LSP のタイミング演算方法を説明する。 40

【0154】

第 1 の例を説明する。第 1 の例では、記録マークの中央近傍の幅に影響を与える範囲は第 1 マルチパルス領域 31 であり、マルチパルス列のタイミングを制御する指標はマルチパルスデューティである。

【0155】

まず、記録変調符号長が偶数 nT の場合 38 について演算する。偶数 nT では、マルチパルス列 19 の立ち上がりタイミング T_{SMP} は、記録変調符号 35 の立ち上がりタイミングから $2T$ 遅延した偶数基準タイミング T_{RE} を基準に演算する。

【0156】

先頭スペースの幅 FSP および後尾スペースの幅 LSP は図 20 より、以下の演算 (40) で求まる。

【0157】

$$FSP = 2T - TEF P + TSM P$$

$$LSP = 2T - TMP - TSM P \quad \dots (40)$$

【0158】

また記録マーク幅の始端および終端におけるバランスを保つため、前述したように $FSP = LSP$ とすると、演算 (40) より、マルチパルス列立ち上がりタイミング $TSM P$ は、以下の演算 (41) で求まる。

【0159】

$$TSM P = (TEF P - TMP) / 2 \quad \dots (41)$$

【0160】

次に、記録変調符号長が奇数 nT の場合 39 について演算する。

【0161】

奇数 nT の場合の $TSM P$ は、記録変調符号 35 の立ち上がりタイミングから $3T$ 遅延した奇数基準タイミング TRO を基準に演算する。

【0162】

先頭スペースの幅 FSP と、後尾スペースの幅 LSP は図 20 より以下の演算 (42) で求まる。

【0163】

$$FSP = 3T - TEF P + TSM P$$

$$LSP = 2T - TSM P - TMP \quad \dots (42)$$

【0164】

記録マーク幅の始端および終端におけるバランスを保つため、前述したように $FSP = LSP$ とすると、演算 (42) より、マルチパルス列立ち上がりタイミング $TSM P$ は、以下の演算 (43) で求まる。

【0165】

$$TSM P = (TEF P - TMP - 1T) / 2 \quad \dots (43)$$

【0166】

一方、制御目標であるマルチパルスデューティ MPD は、第 1 マルチパルス領域 31 において、マルチパルス列 19 の幅 TMP をマルチパルス列 19 の周期 (図 20 では $2T$) で除算した値なので、以下の演算 (44) で求まる。

【0167】

$$MPD = TMP / 2T$$

$$\text{従って、} TMP = 2T \cdot MPD \quad \dots (44)$$

【0168】

ここで、ファーストパルス 18 の立ち下がりタイミング $TEF P$ は、前述したように前スペース符号長及び記録マーク自体の符号長によらず一定値に設定する。本例では再生信号の波形の始端部におけるオーバーシュートが少ない以下の値に設定した。

【0169】

$$TEF P = 1.5T$$

【0170】

また、記録マークの中央近傍の幅 29 を適正に保つために必要なマルチパルスデューティ MPD は、再生信号の中央近傍の波形振幅の減少が少ない値を選ぶ。再生信号の波形を観測下結果から、本例では MPD は以下の値が適正值である。

【0171】

$$MPD = 0.5$$

【0172】

上述の $TEF P$ 、 MPD の値を (40) ~ (44) の演算式に代入して、各記録変調符号長における FSP 、 LSP 、 $TSM P$ 、 TMP の各タイミング値を求める。このように

10

20

30

40

50

し求めた本例における記録パルス列を図 2 1 に示す。

【 0 1 7 3 】

図 2 1 に示すように、第 1 マルチパルス領域 3 1 におけるマルチパルスデューティ M P D が各記録変調符号長で全て 0 . 5 と同じ値である。また先頭スペースの幅 F S P と後尾スペースの幅 L S P も同一記録変調符号内では等しい。

【 0 1 7 4 】

このように本例では記録マークの中央近傍の照射熱エネルギーと冷却時間とがどの記録変調符号長でも均一であり、始端および終端の熱エネルギーのバランスが各記録変調符号間で崩れることがない。このため、いずれの長さの記録変調符号を用いても、始端から終端まで均一な幅の記録マークを安定して形成できる。

10

【 0 1 7 5 】

比較的マーク記録速度が遅く、感度の低い記録材料を有し、マルチパルス領域における光照射部分に一定の冷却時間が必要な光ディスクの場合、図 2 1 に示す記録パルス列を用いデータの記録を行うことにより、形成される記録マークの幅は始端から終端まで均一に制御することができる。このため、再生信号が、図 1 8 に示すような双峰形の波形となることなく、再生信号の中央近傍の波形振幅の減少が少ない記録が可能である。

【 0 1 7 6 】

次に本実施形態による第 2 の例を説明する。第 2 の例では、記録マークの中央近傍のマーク幅に影響を与える範囲は第 1 マルチパルス領域 3 1 であり、マルチパルス列のタイミング制御する指標はマルチパルス振幅平均値である。図 2 0 に示すように、偶数 $n T$ では、マルチパルス列 1 9 の立ち上がりタイミング T S M P は、記録変調符号 3 5 の立ち上がりタイミングから 2 T 遅延した偶数基準タイミング T R E を基準に演算し、奇数 $n T$ の場合の T S M P は、記録変調符号 3 5 の立ち上がりタイミングから 3 T 遅延した奇数基準タイミング T R O を基準に演算する。

20

【 0 1 7 7 】

先頭スペースの幅 F S P と、後尾スペースの幅 L S P は図 2 0 より以下の演算 (4 5) で求まる。

【 0 1 7 8 】

$$F S P = 2 T - T E F P + T S M P \quad (\text{偶数 } n T \text{ の場合})$$

$$F S P = 3 T - T E F P + T S M P \quad (\text{奇数 } n T \text{ の場合})$$

$$L S P = 2 T - T M P - T S M P \quad \dots (45)$$

30

【 0 1 7 9 】

また記録マークの幅を均一に保つために、前述したように $F S P = L S P$ とすると、演算 (4 5) より、マルチパルス列 1 9 の立ち上がりタイミング T S M P は、以下の演算 (4 6) で求まる。

【 0 1 8 0 】

$$T S M P = (T E F P - T M P) / 2 \quad (\text{偶数 } n T \text{ の場合})$$

$$T S M P = (T E F P - T M P - 1 T) / 2 \quad (\text{奇数 } n T \text{ の場合})$$

$$\dots (46)$$

【 0 1 8 1 】

一方、制御目標であるマルチパルス振幅平均値 M P M は、第 1 マルチパルス領域 3 1 の振幅積分値を第 1 マルチパルス領域の時間幅で除算した値であるので、図 2 0 より以下の演算 (4 7) で求まる。ここで $I N T (X)$ は X の値の整数部分を計算する関数とする。

40

【 0 1 8 2 】

$$M P M = T M P \cdot I N T \{ (n T - 4 T) / 2 \} / (n T - 2 T - T E F P - F S P - L S P) \quad \dots (47)$$

【 0 1 8 3 】

式 (4 7) に式 (4 6) を代入し、さらにマルチパルス幅 T M P を求めると、次の演算式 (4 8) になる。

【 0 1 8 4 】

50

$$TMP = MPM \cdot (nT - 6) / [INT\{(nT - 4) / 2\} - MPM] \quad (\text{偶数 } nT \text{ の場合})$$

$$TMP = MPM \cdot (nT - 7) / [INT\{(nT - 4) / 2\} - MPM] \quad (\text{奇数 } nT \text{ の場合})$$

$$\dots (48)$$

【0185】

本例では、ファーストパルス18立ち上がりタイミングTEFPは、前述したように前スペース符号長及び録マーク自体の符号長によらず一定値に設定する。本例では再生信号の始端部に波形のオーバーシュートが少ない以下の値に設定した。

【0186】

$$TEFP = 1.5T$$

【0187】

また、記録マークの中央近傍の幅29を適正に保つために必要なマルチパルス振幅平均値MPMは、再生信号の中央近傍の波形振幅の減少が少ない値を選ぶ。再生信号の波形を観測した結果、本例ではMPM = 0.5が適正值であった。

【0188】

上述のTEFP、MPDの値を(45)～(48)の演算式に代入して、各記録変調符号におけるFSP、LSP、TSP、TMPの各タイミング値を求める。このようにして求めた本例における記録パルス列の波形を図22に示す。

【0189】

図22に示すように、第1マルチパルス領域31におけるマルチパルス振幅平均値MPMは記録変調符号に関わらず全て0.5と同じ値である。また先頭スペースの幅FSPと後尾スペースの幅LSPも同一記録変調符号内では等しい。

【0190】

このように本例では、記録マークの中央近傍における平均照射エネルギーが、どの記録変調符号でも均一で、始端および終端とマーク中央近傍との熱エネルギーバランスが、各記録変調符号間で崩れることがない。したがって、各記録変調符号によって始端から終端まで均一な幅を有する記録マークを安定して形成することができる。

【0191】

比較的マーク記録速度が遅く、感度の低い記録材料を有し、記録マーク形成にマルチパルス領域における平均光照射エネルギーが重要となる光ディスクでは、図22に示す記録パルス列を用いことにより、始端から終端まで均一な幅を有する記録マークを形成することができる。このため、再生信号が図18に示すような双峰形の波形となることなく、再生信号の中央近傍の波形振幅の減少が少ない記録が可能である。

【0192】

次に第3の例を説明する。第3の例では、記録マークの中央近傍のマーク幅に影響を与える範囲は第2マルチパルス領域32であり、マルチパルス列のタイミングを制御する指標はマルチパルス振幅平均値である。

【0193】

図20に示すように、先頭スペースの幅FSPと、後尾スペースの幅LSPは、第2の例と同様、図20より以下の演算(49)で求まる。

【0194】

$$FSP = 2T - TEPF + TSP \quad (\text{偶数 } nT \text{ の場合})$$

$$FSP = 3T - TEPF + TSP \quad (\text{奇数 } nT \text{ の場合})$$

$$LSP = 2T - TMP - TSP \quad \dots (49)$$

【0195】

また記録マーク幅の幅を等しく保つために、前述したようにFSP = LSPとすると、演算(49)より、マルチパルス列立ち上がりタイミングTSPは、以下の演算(50)で求まる。

【0196】

10

20

30

40

50

$$T S M P = (T E F P - T M P) / 2 \quad (\text{偶数 } n T \text{ の場合})$$

$$T S M P = (T E F P - T M P - 1 T) / 2 \quad (\text{奇数 } n T \text{ の場合}) \quad \cdots (50)$$

【0197】

一方、制御目標であるマルチパルス振幅平均値 M P M は、第 2 マルチパルス領域 3 2 の振幅積分値を第 2 マルチパルス領域 3 2 の時間幅で除算した値であるので、図 20 より次の演算 (51) で求まる。ここで I N T (X) は X の値の整数部分を計算する関数とする。

【0198】

$$M P M = T M P \cdot I N T \{ (n T - 4 T) / 2 \} / (n T - 2 T - T E F P) \quad \cdots (51)$$

10

【0199】

(51) 式よりマルチパルス幅 T M P を求めると、次の演算式 (52) になる。

【0200】

$$T M P = M P M \cdot (n T - 2 T - T E F P) / I N T \{ (n T - 4 T) / 2 \} \quad \cdots (52)$$

【0201】

本例では、ファーストパルス 1 8 の立ち下がりタイミング T E F P は、前述したように前スペース符号長及び記録マーク自体の符号長によらず一定値に設定する。本例では再生信号の始端部において波形のオーバーシュートが少ない以下の値に設定した。

【0202】

$$T E F P = 1.5 T$$

20

【0203】

また、記録マークの中央近傍の幅 2 9 を適正に保つために、必要なマルチパルス振幅平均値 M P M は、再生信号の中央近傍の波形振幅の減少が少ない値を選ぶ。再生信号の波形を観測した結果、本例では M P M = 0.5 が適正值である。

【0204】

上述の T E F P、M P D の値を (49) ~ (52) の演算式に代入して、各記録変調符号における F S P、L S P、T S M P、T M P の各タイミング値を求める。このようにして求めた本例における記録パルス列の波形を図 23 に示す。

【0205】

30

図 23 に示すように、第 2 マルチパルス領域 3 2 におけるマルチパルス振幅平均値 M P M が各記録変調符号に関わらず全て 0.5 と同じ値である。また先頭スペースの幅 F S P と後尾スペースの幅 F S P も同一記録変調符号内では等しい。

【0206】

このように本例では、記録マークの中央近傍の平均照射エネルギーがどの記録変調符号でも均一で、始端および終端とマーク中央近傍との熱エネルギーバランスが各記録変調符号間で崩れることがない。したがって、始端から終端まで均一な幅を有する記録マークを安定して形成することができる。

【0207】

比較的マーク記録速度が早く、感度の高い記録材料有し、記録マークの形成にマルチパルス領域における平均光照射エネルギーが重要となる光ディスクでは図 23 に示す記録パルス列を用いことにより、始端から終端まで均一な幅を有する記録マークを形成することができる。このため、再生信号が図 18 に示すような双峰形の波形となることなく、再生信号の中央近傍の波形振幅の減少が少ない記録が可能である。

【0208】

以上本実施形態では、制御する記録パルス列の各タイミング値 (F S P、L S P、T S M P、T M P) は、記録変調符号毎に演算し、設定した。しかし、記録装置の設定時間の短縮するため、もしくは、記録装置の回路規模を小さくし、あるいは回路を簡略化するために、これらタイミング値の設定を記録変調符号長の偶数 n T および奇数 n T の場合の 2 種類にすることも可能である。たとえば、図 21 に示す記録パルス列では、記録変調符号

50

毎に演算を行い、それぞれのタイミング値を求めたが、演算結果は偶数 nT と奇数 nT の場合の 2 種類になった。すなわち、各タイミング値は、下記のようになる。

【0209】

偶数 nT の場合：

$$FSP = LSP = 0.75T$$

$$TMP = 1.0T$$

$$TSP = 0.25T$$

奇数 nT の場合：

$$FSP = LSP = 1.25T$$

$$TMP = 1.0T$$

$$TSP = -0.25T$$

【0210】

また、同様の理由により、各記録変調符号をその符号長で分類した符号長群に分け、符号長群内では、記録パルスの各タイミング値 (FSP 、 LSP 、 TSP 、 TMP) を同一の値に設定してもよい。

【0211】

あるいは、回路規模を小さくする等の理由により、記録パルスの各タイミング値 (FSP 、 LSP 、 TSP 、 TMP) を、記録変調符号長に関わらず、全て同一の値に設定してもよい。

【0212】

一方、本実施形態の第 1 から第 3 の例では、再生信号の波形を観測した結果から、マルチパルスデューティまたはマルチパルス振幅平均値の目標値を 1 つ定め、その値を用いてすべての記録パルス列の各タイミング値を決定していた。しかし、より精密に記録マークの幅を制御するために、記録変調符号を特定の符号群に分け、符号群ごとに、マルチパルスデューティまたはマルチパルス振幅平均値の目標値を設定し、符号群ごとに異なる目標値を用いて各タイミング値を決定してもよい。さらに精密に記録マークの幅を制御するために、記録変調符号の偶数 nT と奇数 nT との場合の 2 種類に分けて、指標の目標値を設定したり、記録変調符号長毎に個別に目標値を設定にしてもよい。

【0213】

次に、図 24 を参照して、記録パルス列の各タイミング値の指標であるマルチパルスデューティおよびマルチパルス振幅平均値が適正かどうか判定するための再生信号の評価方法を説明する。

【0214】

マルチパルスデューティやマルチパルス振幅平均値が適正な値でないと、記録マークの中央近傍を照射するエネルギーが不足し、マーク中央部の幅が細くなった中細りマーク 5 が形成される。この中細りマーク 5 を再生すると、その再生信号 7 は中央近傍の波形振幅値が減少し、歪んだ双峰型の波形を有する。

【0215】

再生信号 7 をデジタルデータに変換するための 2 値化スライスレベル 57 は、通常再生信号 7 の波形の最大振幅の $1/2$ 程度に設定される。このため、スライスレベルが適切であれば、2 値化デジタル信号 59 が得られる。

【0216】

ここでスライスレベルを高くし、2 値化スライスレベル 58 を設定すると、再生信号 7 の中央近傍の振幅が小さくなった部分が、2 値化スライスレベル 58 により、切り取られ、2 つのパルスのパルスを含む 2 値化デジタル信号 60 が生成する。2 値化デジタル信号 60 には、ローレベル 61 が途中に生じているので、正しい記録変調符号に再生されない。

【0217】

したがって、まず、マルチパルス領域におけるマルチパルスデューティやマルチパルス振幅平均値を設定し、設定した値を用いて上述の方法により、記録パルス列の各タイミン

10

20

30

40

50

グ値を定める。定めた記録パルス列を用いて、記録マークを光ディスクに形成する。次に、形成した記録マークから得られる再生信号を通常のスライスレベルよりも高い2値化スライスレベルを用いて2値化する。得られた2値化信号にローレベルが含まれ、2つのパルスが生成していなかどうかを判断する。

【0218】

2値化信号が2つのパルスを含む場合、記録マークの中央部の幅が細くなっていると考えられる。つまり、マルチパルスデューティやマルチパルス振幅平均値として設定した目標値が適切ではないことが分かる。

【0219】

このように本実施形態によればマルチパルス列の周期を1T以上に設定し、マルチパルスデューティやマルチパルス振幅平均値が所定の目標値となるように、マルチパルス領域のマルチパルス列の立ち上がりタイミングTSPと、マルチパルス列の幅TMPと、先頭スペースの幅FSPと、後尾スペース幅のLSPとを設定する。これにより、高転送レートでかつ高密度で記録する場合でも、適切な幅を有する記録マークを形成することが可能な記録パルス列が得られる。このようにして形成した記録マークから得られる再生信号の波形において、中央近傍の振幅の減少は抑制されており、信号の立ち上がりおよび立ち下がり部分の歪みも少ない。このため、長い記録変調符号を記録する場合でも、ジッタの影響を低減させることができ、再生ビットエラーを抑制することができる。

【0220】

また本発明によれば、再生信号の波形において、中央近傍の振幅が減少しているのを検出することにより、記録マーク中央近傍の幅が細くなったことが検出できる。このため、マルチパルス領域におけるマルチパルスデューティやマルチパルス振幅平均値が適正な制御目標かどうかを判定することができる。

【産業上の利用可能性】

【0221】

本発明によれば、高転送レートでデータを記録する場合であっても、正しい形状を有する記録マークを光ディスクなどのデータ記録媒体に形成することができる。したがって、本発明の記録方法を高密度および高転送レートで記録を行う光ディスクやそのような光ディスクに対応した光ディスク装置に好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0222】

【図1】従来の記録パルス列の一例を示す図である。

【図2】従来の記録パルス列の他の例を示す図である。

【図3】本発明による記録装置の第1の実施形態を示すブロック図である。

【図4】図3に示す記録装置の光ビーム制御部の構成を示す図である。

【図5】光ビーム制御部に入力される信号および光ビーム制御部から出力される信号を示す図である。

【図6】第1の実施形態による記録パルス列の第1の例を示す図である。

【図7】第1の実施形態による記録パルス列の第2の例を示す図である。示す図である。

【図8】第1の実施形態による記録パルス列の第3の例を示す図である。

【図9】第1の実施形態による記録パルス列の第4の例を示す図である。

【図10】第1の実施形態による記録パルス列の第5の例を示す図である。

【図11】第1の実施形態による記録パルス列の第6の例を示す図である。

【図12】第1の実施形態による記録パルス列の第1の例の変形例を示す図である。

【図13】第1の実施形態による記録パルス列の第2の例の変形例を示す図である。

【図14】第1の実施形態による記録パルス列の第3の例の変形例を示す図である。

【図15】第1の実施形態による記録パルス列の第4の例の変形例を示す図である。

【図16】第1の実施形態による記録パルス列の第5の例の変形例を示す図である。

【図17】第1の実施形態による記録パルス列の第6の例の変形例を示す図である。

【図18】(a)および(b)は、それぞれ、従来の記録パルス列、記録パルス列により

10

20

30

40

50

形成される記録マーク、および記録マークを再生することにより得られる再生信号の波形を示している。

【図 19】それぞれ、第 2 の実施形態による記録パルス列、記録パルス列により形成される記録マーク、および記録マークを再生することにより得られる再生信号の波形を示している。

【図 20】第 2 の実施形態による記録パルス列を決定するためのパラメータを示す図である。

【図 21】第 2 の実施形態による記録パルス列の第 1 の例を示す図である。

【図 22】第 2 の実施形態による記録パルス列の第 2 の例を示す図である。

【図 23】第 2 の実施形態による記録パルス列の第 3 の例を示す図である。

10

【図 24】第 2 の実施形態において、パラメータを決定するための目標値が適正かどうかを判断するための評価方法を説明する図である。

【符号の説明】

【0223】

16 記録パルス列

18、201、301 ファーストパルス

19、202、302 マルチパルス

20、203、303 ラストパルス

34 基準クロック長

100 データ記録装置

20

101 光ディスク

102 スピンドルモータ

103 光ヘッド

104 光ビーム制御部

105 サーボ部

106 再生二値化部

107 デジタル信号処理部

108 記録補償部

109 CPU

110 ホストPC

30

TEFP ファーストパルス立ち下がりタイミング

TSLP ラストパルス立ち上がりタイミング

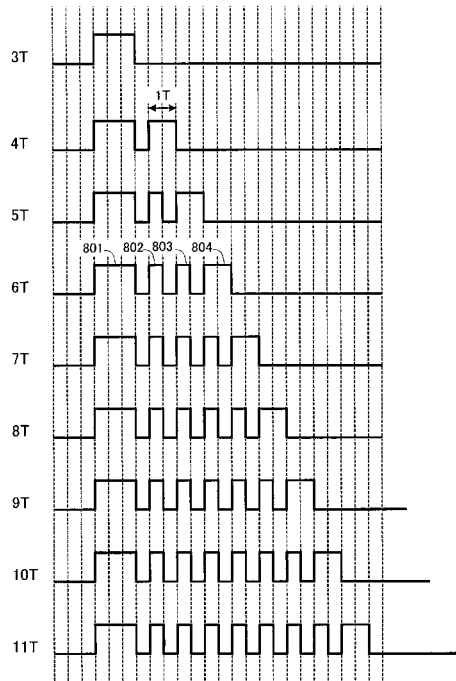
TMP マルチパルス幅

TSMP マルチパルス列の立ち上がりタイミング

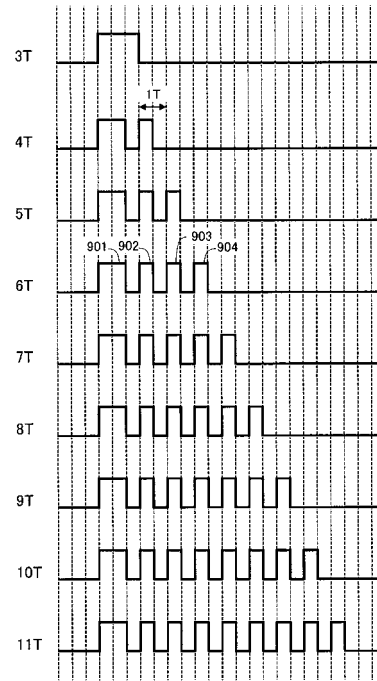
FSP 先頭スペース幅

LSP 後尾スペース幅

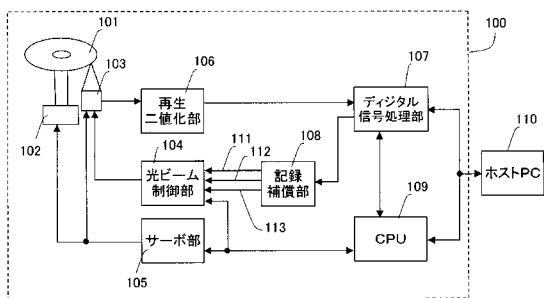
【図 1】



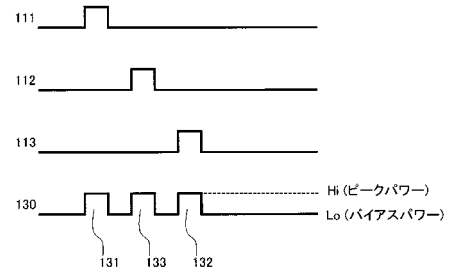
【図 2】



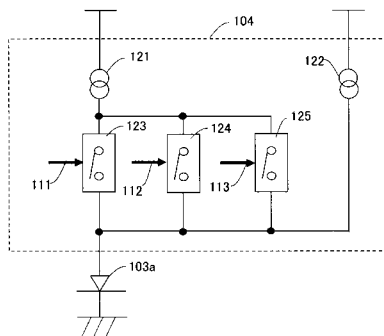
【図 3】



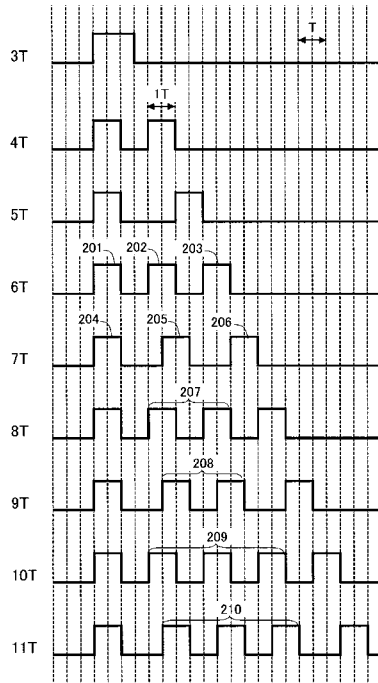
【図 5】



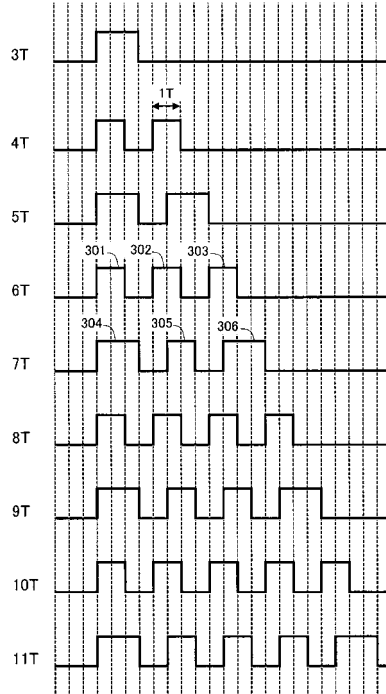
【図 4】



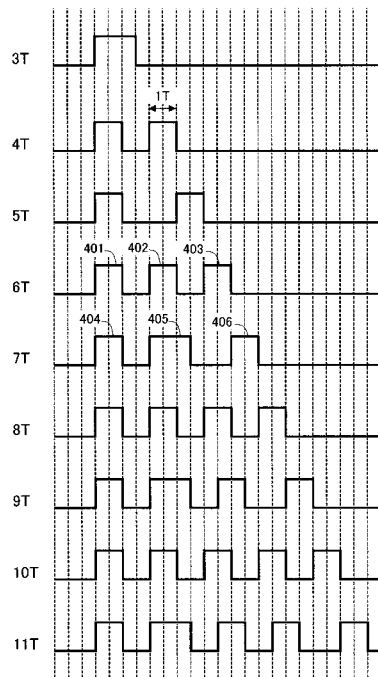
【図 6】



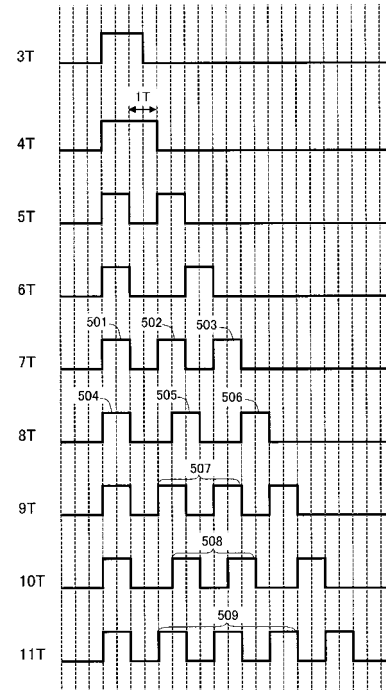
【図 7】



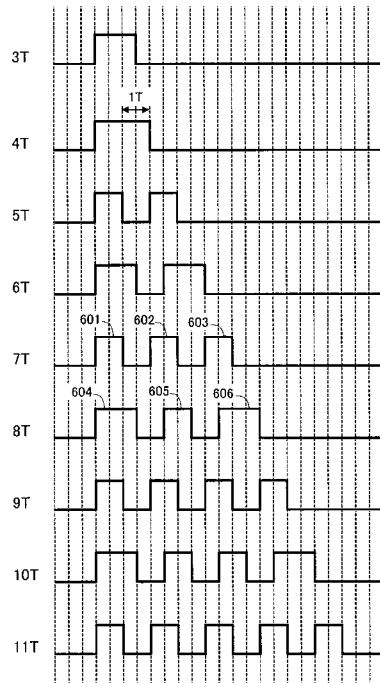
【図 8】



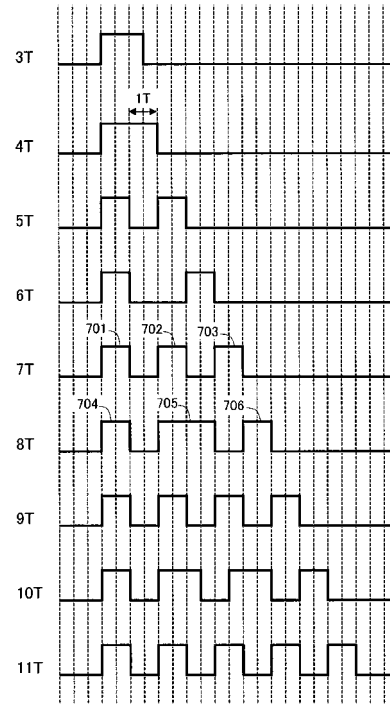
【図 9】



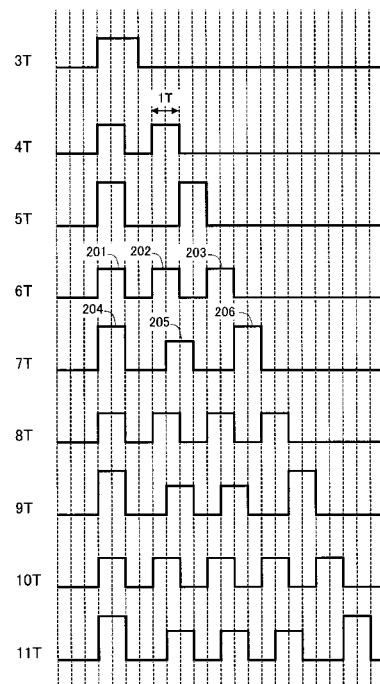
【図 1 0】



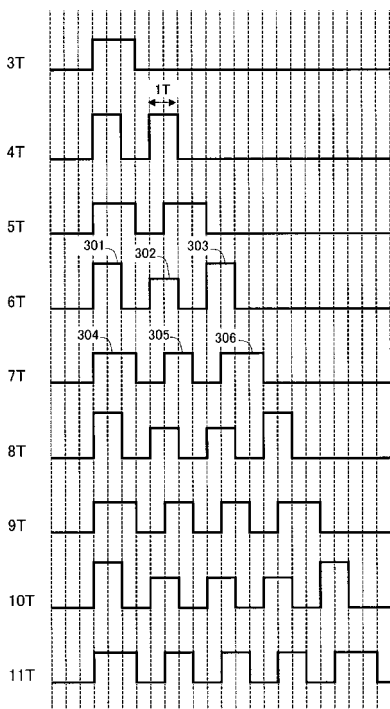
【図 1 1】



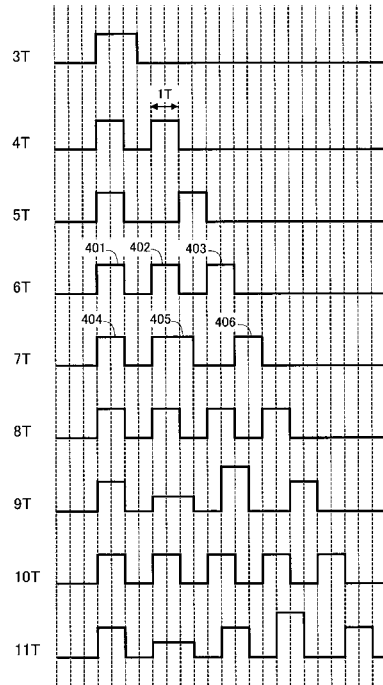
【図 1 2】



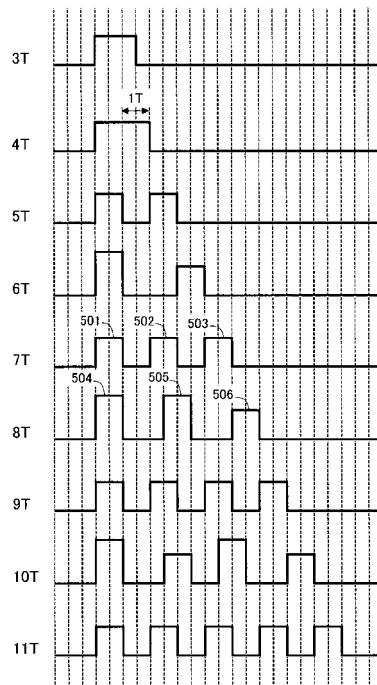
【図 1 3】



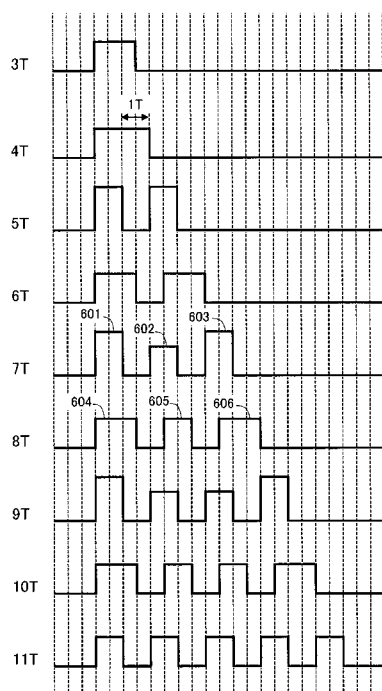
【図 1 4】



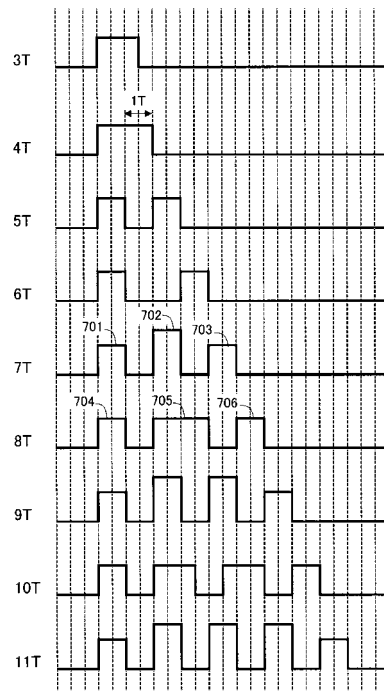
【図 1 5】



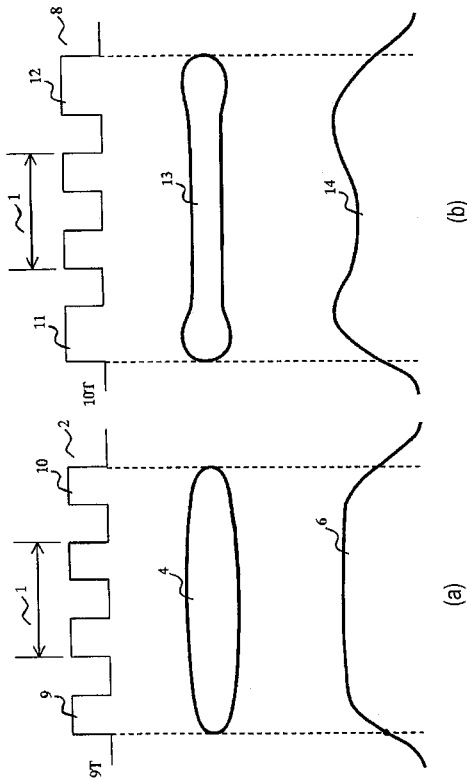
【図 1 6】



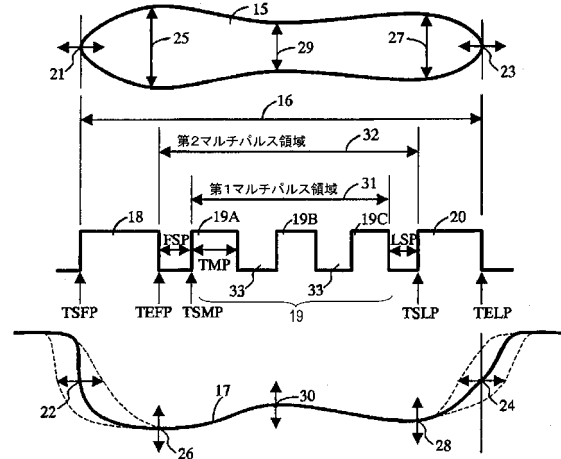
【図 1 7】



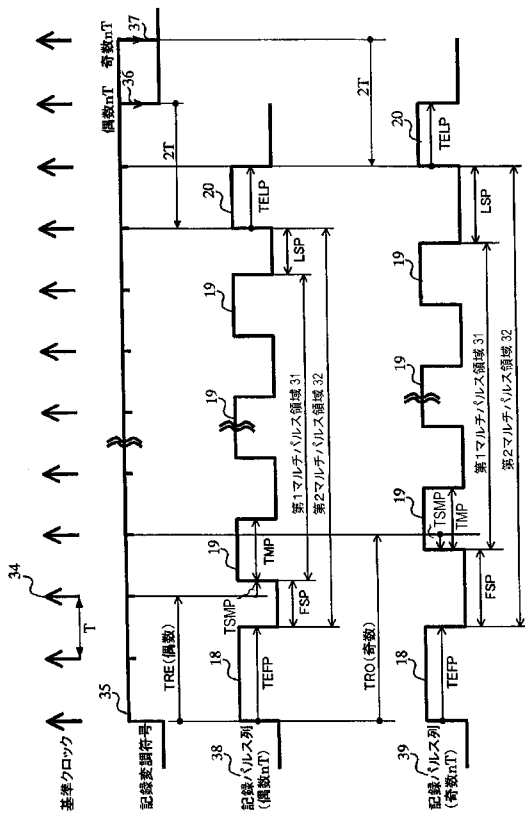
【図 18】



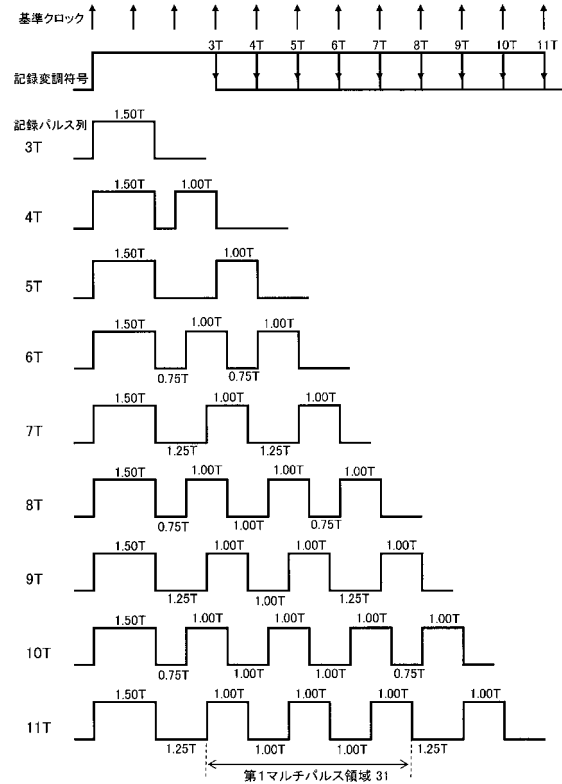
【図 19】



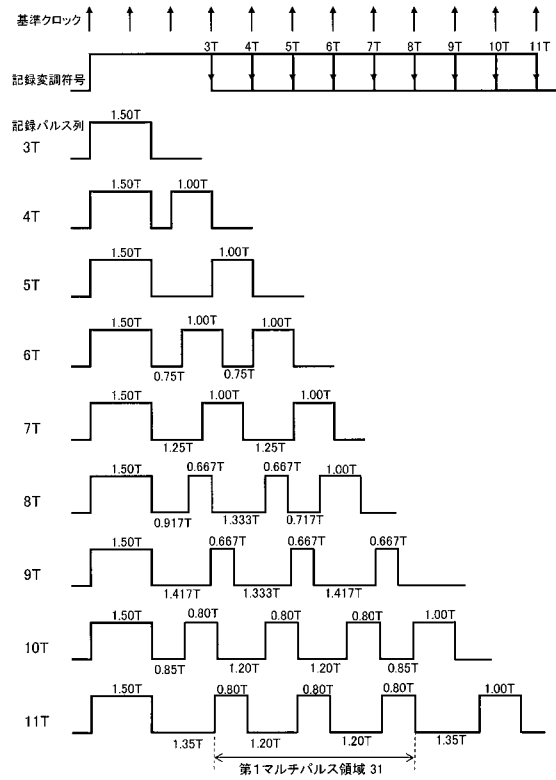
【図 20】



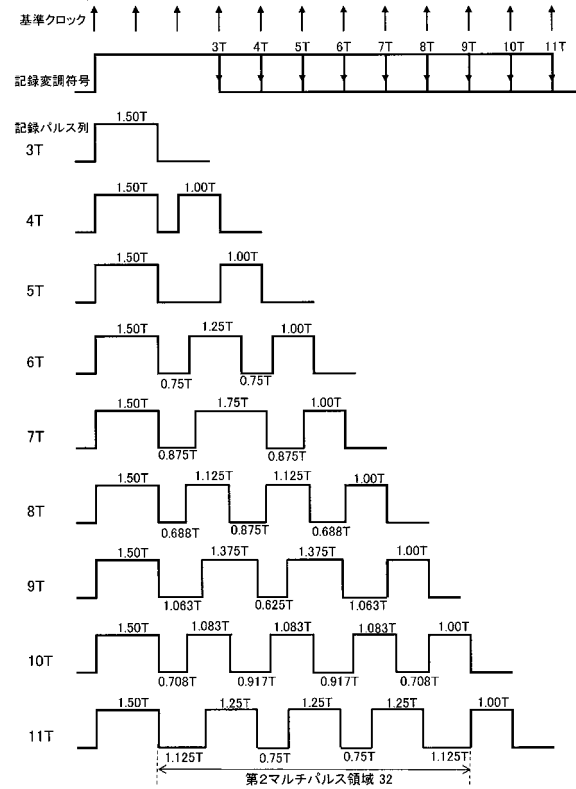
【図 21】



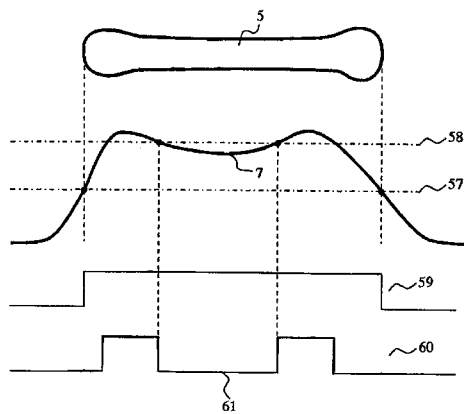
【図 22】



【図 23】



【図 24】



フロントページの続き

(72)発明者 小石 健二

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

(72)発明者 田坂 修一

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

F ターム(参考) 5D090 AA01 BB05 CC01 DD03 EE01 EE05 FF21 KK04 KK05

5D789 AA23 AA24 BA01 BB04 DA01 HA25 HA47 HA60

【要約の続き】

【選択図】図 6