(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3824677号
(P3824677)

(45)発行日　平成18年9月20日(2006.9.20)　(24)登録日　平成18年7月7日(2006.7.7)

(51)Int.Cl.　F I
G11B 11/105 (2006.01)　G11B 11/105 516A
G11B 11/105 516B
G11B 11/105 516F
G11B 11/105 501Z
G11B 11/105 506A

請求項の数 6　(全 66 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平7-109679
(22)出願日　平成7年5月8日(1995.5.8)
(65)公開番号　特開平8-129784
(43)公開日　平成8年5月21日(1996.5.21)
審査請求日　平成10年7月23日(1998.7.23)
審判番号　不服2003-22833(P2003-22833/J1)
審判請求日　平成15年11月25日(2003.11.25)
(31)優先権主張番号　特願平6-96690
(32)優先日　平成6年5月10日(1994.5.10)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願平6-143634
(32)優先日　平成6年6月24日(1994.6.24)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願平6-207696
(32)優先日　平成6年8月31日(1994.8.31)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000005810
日立マクセル株式会社
大阪府茨木市丑寅１丁目１番８８号
(74)代理人　100078134
弁理士　武　顕次郎
(72)発明者　島崎　勝輔
大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号　日立マクセル株式会社内
(72)発明者　吉弘　昌史
大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号　日立マクセル株式会社内
(72)発明者　太田　憲雄
大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号　日立マクセル株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光磁気記録媒体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

直接あるいは非磁性層を介して積層された複数の磁性層を有し、それら複数の磁性層のうち、少なくとも１の磁性層は、希土類と遷移金属とを主成分とする非晶質合金であって希土類原子の副格子磁気モーメントが遷移金属原子の副格子磁気モーメントよりも室温からキュリー温度にかけて優勢なフェリ磁性体からなる垂直磁化膜と、この垂直磁化膜と交換結合により磁気的に結合されたＰｔＣｏ合金からなる補助磁性膜とから構成されていて、外部磁界を印加したとき、２つの異なる磁界強度の範囲に光変調記録信号の搬送波の変化のピークをもち、他の磁性層は、補助磁性膜を有さず、垂直磁化膜単体で構成されていて、外部磁界を印加したとき、前記１の磁性層とは異なる１つの磁界強度の範囲に光変調記録信号の搬送波の変化のピークをもち、４段階の磁界強度が異なる外部磁界を印加することにより全体として４値の信号をダイレクトオーバーライトできることを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項２】

請求項１に記載の光磁気記録媒体において、前記各磁性層のうちの少なくとも１以上の磁性層の再生用レーザ光入射側に、再生用レーザ光が照射されたとき、前記磁性層に当該再生用レーザ光のスポット径よりも小さな開孔部を熱－磁気的に形成するための開孔部形成層を選択的に設けたことを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項３】

請求項２に記載の光磁気記録媒体において、前記開孔部形成層に接して切断層を設けた

ことを特徴とする光磁気記録媒体。
【請求項４】
請求項１に記載の光磁気記録媒体において、前記遷移金属が〔Ｃｏ，Ｆｅ〕から選択される少なくともいずれか１種類の遷移金属元素であり、前記希土類が〔Ｔｂ，Ｇｄ，Ｄｙ，Ｎｄ〕から選択される少なくともいずれか１種類の希土類元素であることを特徴とする光磁気記録媒体。
【請求項５】
請求項１に記載の光磁気記録媒体において、前記補助磁性膜の膜厚を、１～３０Åの範囲に調整したことを特徴とする光磁気記録媒体。
【請求項６】
請求項１に記載の光磁気記録媒体において、データ記録領域を複数のデータ記録単位に分割し、各データ記録単位の先頭部分に、当該データ記録単位に記録される多値記録信号に含まれる各信号のスライスレベルを設定するためのテスト領域を設けたことを特徴とする光磁気記録媒体。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、光磁気記録媒体に係り、特に、多値記録が可能な光磁気記録媒体における磁性層の積層構造に関する。
【０００２】
【従来の技術】
光磁気記録媒体の分野においては、記録密度の高密度化が最も重要な技術的課題の１つになっている。従来より、光磁気記録媒体の高密度化手段としては、例えば第１３回日本応用磁気学会学術講演概要集（１９８９年発行）の第６３頁や、Japanese Journal of Applied Physics,Vol.28(1989)Supplement 28-3 pp.343-347に記載されているように、信号を多値記録する方式が提案されている。公知例の多値記録方式は、互いに保磁力が異なる複数の磁性層を積層し、磁性層に印加する磁界強度を多段階に変調することによって、特定の磁性層の磁化を選択的に磁化反転させるというものである。これらの方式によれば、互いに保磁力が異なる３層の磁性層を設けることによって、信号の４値記録が可能になるとされている。
【０００３】
【発明が解決しようとする課題】
しかし、公知例に係る多値記録方式によると、信号の記録時に光磁気記録媒体にレーザビームを照射して各磁性層をキュリー温度の近傍まで昇温したときに、各磁性層の保磁力の差がほとんどなくなるため、各磁性層を選択的に磁化反転させることが事実上困難である。仮に、各磁性層の磁気特性を厳密に調整すると共に、記録時のレーザ強度及び外部磁界強度を厳密に制御することによって、各磁性層を選択的に磁化反転させることが実験室レベルで可能になったとしても、そのような光磁気記録媒体及び記録再生装置を量産することはコストの点から不可能である。また、記録時のレーザ強度及び外部磁界強度の変動に対するマージンが極めて小さくなるために、安定な記録再生状態を長期間維持することが不可能であり、到底実用性がない。なお、各磁性層をキュリー温度の近傍まで昇温せず、各磁性層の保磁力の差が充分に大きい状態で信号の記録を行うようにすれば、かかる不都合を生じないが、その反面、信号の記録消去に大磁界が必要になるため、磁気ヘッド等の磁界発生装置が大型化して記録再生装置が大型化し、かつ消費電力も増加するといった別の重大な不都合を生じるので、やはり実用化が事実上不可能である。
【０００４】
以下、図９４に基づいて、従来技術の不都合をより詳細に説明する。なお、ここでは、説明を容易にするために、図９４（ｂ）に符号Ａ，Ｂで示される保磁力の温度特性を有する２層の磁性膜（磁性層）が基板上に積層された光磁気記録媒体を例にとって説明する。
【０００５】

▲１▼記録用レーザビームの照射部は、各磁性層のキュリー温度以上あるいはその付近まで昇温されるため、図９４（ｂ）に示すように、各磁性層の保磁力が室温において大きく異なっても昇温部ではその差が著しく小さくなる。よって、各磁性層を選択的に磁化反転させることが事実上困難である。

【０００６】

▲２▼記録用レーザビームの照射部は、図９４（ａ）に示すように、その微小な領域内に、室温からキュリー温度以上にまで達する急俊な温度分布がある。したがって、それに伴う当該領域内の各磁性層における保磁力の分布も、図９４（ｃ）に示すように急俊となり、印加磁界をどの大きさに設定しても記録ドメインの大きさがわずかに変化するに過ぎず、２つの磁性層を印加磁界の大きさにより分離して記録することができない。

【０００７】

▲３▼各磁性層Ａ，Ｂから読みだされる信号の搬送波対雑音比は、記録時の外部磁界強度に対して、図９４（ｄ）に示すようになる。すなわち、磁性層Ａから読みだされる信号の搬送波対雑音比と磁性層Ｂから読みだされる信号の搬送波対雑音比とは、記録時の外部磁界強度に関して、未記録領域と記録領域の遷移領域とがほとんど重複しており、それぞれの磁化の違いによる記録部への漏洩磁界の差によりわずかにずれるに過ぎない。したがって、これらの各磁性層Ａ，Ｂを積層してなる光磁気記録媒体においては、読出し信号の搬送波対雑音比が図９４（ｅ）に示すように安定な記録状態が１つしかなく、外部磁界の切り換えによる記録信号の多値化は不可能である。

【０００８】

▲４▼また、従来技術では、信号のダイレクトオーバーライトができないという不都合がある。

すなわち、例えば図９４（ｂ）に示したＡの保磁力－温度特性を有する磁性層（Ａ層）及びＢの保磁力－温度特性を有する磁性層（Ｂ層）を２層に積層してなる光磁気記録媒体においては、図９４（ｂ）に示すH_1の大きさの外部磁界を印加した場合、図９５（ｂ）に示すようにＢ層のみが磁化反転し、図９４（ｂ）に示すH_2の大きさの外部磁界を印加した場合には、図９５（ｃ）に示すようにＡ層及びＢ層の両者が共に磁化反転する。したがって、図９５（ｃ）の状態の上に図９５（ｂ）の状態を記録しようとする場合には、一度消去方向にH_2の磁界を印加して初期状態｛図９５（ａ）｝に戻した後、H_1の磁界を記録方向に印加して記録をやり直さない限り図９５（ｂ）の状態にできず、信号のダイレクトオーバーライトが不可能である。

【０００９】

▲５▼さらに、この光磁気記録媒体に例えば磁界変調方式によって信号を記録する場合、より大きな外部磁界を印加して保磁力がより大きな磁性膜に対する信号の記録を行う際、外部磁界が所定の値に達するまでの遷移過程で必ず保磁力がより小さな磁性膜に対する記録磁界の値を通過するため、より大きな外部磁界による記録部分の周辺により小さな外部磁界による記録部分が必ず形成される。このため、高Ｓ／Ｎの再生信号が得られないばかりか、信号の記録を高密度に行うと、より大きな外部磁界による記録部分であるのか、本来のより小さな外部磁界による記録部分であるかの判別が困難になり、記録密度を高めることもできないという問題もある。かかる不都合は、光変調方式によって信号を記録する場合にも同様に起る。

【００１０】

本発明は、かかる従来技術の不備を解決するためになされたものであって、その目的は、多値記録における各値に対応する記録状態が外部磁界に対して安定に存在でき、多値記録のダイレクトオーバーライトが可能であり、小さな外部磁界と小出力のレーザで信号の記録及び消去を行うことができ、しかも高Ｓ／Ｎかつ高記録密度の信号記録を実現できる光磁気記録媒体を提供することにある。

【００１１】

【課題を解決するための手段】

本発明は、前記課題を解決するため、光磁気記録媒体について、直接あるいは非磁性層

を介して積層された複数の磁性層を有し、それら複数の磁性層のうち、少なくとも１の磁性層は、希土類と遷移金属とを主成分とする非晶質合金であって希土類原子の副格子磁気モーメントが遷移金属原子の副格子磁気モーメントよりも室温からキュリー温度にかけて優勢なフェリ磁性体からなる垂直磁化膜と、この垂直磁化膜と交換結合により磁気的に結合されたＰｔＣｏ合金からなる補助磁性膜とから構成されていて、外部磁界を印加したとき、２つの異なる磁界強度の範囲に光変調記録信号の搬送波の変化のピークをもち、他の磁性層は、補助磁性膜を有さず、垂直磁化膜単体で構成されていて、外部磁界を印加したとき、前記１の磁性層とは異なる１つの磁界強度の範囲に光変調記録信号の搬送波の変化のピークをもち、４段階の磁界強度が異なる外部磁界を印加することにより全体として４値の信号をダイレクトオーバーライトできるという構成にした。

【００１２】

具体的には、まず第１に、補助磁性膜を有し、印加される外部磁界に対して２つの異なる磁界強度の範囲に安定な磁化状態が存在する第１の磁性層と、補助磁性膜を有さず、該第１の磁性層とは異なる磁界強度の範囲に１つの安定な磁化状態が存在する第２の磁性層とを有し、外部磁界の大きさを４段階に切り換えることによって信号の４値記録が可能であるという構成にした。

【００１３】

第２に、補助磁性膜を有し、印加される外部磁界に対して２つの異なる磁界強度の範囲に安定な磁化状態が存在する第１の磁性層と、補助磁性膜を有し、該第１の磁性層とは異なる磁界強度の範囲に２つの安定な磁化状態が存在する第２の磁性層とを有し、外部磁界の大きさを４段階に切り換えることによって信号の４値記録が可能であるという構成にした。

【００１４】

第３に、光磁気記録媒体を構成する各磁性層のうち、少なくとも１以上の磁性層の再生用レーザ光入射側に、再生用レーザ光が照射されたとき、当該磁性層に当該再生用レーザ光のスポット径よりも小さな開孔部を熱－磁気的に形成するための開孔部形成層を設けるという構成にした。

【００１５】

第４に、光磁気記録媒体を構成する各磁性層のうち、少なくとも１以上の磁性層の再生用レーザ光入射側に、再生用レーザ光が照射されたとき、当該磁性層に当該再生用レーザ光のスポット径よりも小さな開孔部を熱－磁気的に形成するための開孔部形成層及び切断層を設けるという構成にした。

【００１６】

前記第１～第４の光磁気記録媒体における各磁性層のうち、少なくとも１以上の磁性層については、垂直磁化膜と、この垂直磁化膜と磁気的に結合された補助磁性膜とから構成することができる。垂直磁化膜としては、公知に属する全ての垂直磁化膜を用いることができるが、磁気光学効果が大きいことから、特に希土類と遷移金属との非晶質合金が好適である。補助磁性膜としては、少なくとも室温にて面内磁化膜となる磁性材料からなるものを用いることができる。この場合には、当該補助磁性膜及び前記垂直磁化膜からなる磁性層に、印加される外部磁界に対して２つの異なる磁界強度の範囲に安定な磁化状態を存在させることができる。なお、補助磁性膜としては、膜厚が１～３０Å程度の磁性薄膜が好ましい。

【００１７】

光磁気記録媒体のプリフォーマットに関しては、データ記録領域を複数のデータ記録単位に分割し、各データ記録単位の先頭部分に、当該データ記録単位に記録される多値記録信号に含まれる各信号のスライスレベルを設定するためのテスト領域及び／又は当該データ記録単位に記録される多値記録信号のエッジを検出するタイミングの基準となるタイミング信号を生成するためのテスト領域を設けるという構成にした。また、前記データ記録単位の先頭部分に、前記テスト領域と共に、又は前記テスト領域とは別個に、記録用又は再生用レーザビームのトラッキング制御を行うトラッキングピットと、多値記録信号の記録

再生に供されるクロック信号を引き込むための埋め込みピットを設けるという構成にした。さらには、ユーザがアクセスして信号の記録、再生、消去等を行うユーザ領域以外の領域に最適な記録条件を検出するためのテスト領域を設けるという構成にした。

【００１８】

印加される外部磁界に対して２つの異なる磁界強度の範囲に安定な磁化状態が存在する第１の磁性層と、該第１の磁性層とは異なる磁界強度の範囲に１つの安定な磁化状態が存在する第２の磁性層とを積層した光磁気記録媒体を用いると、各磁性層の各磁化状態に対応する４段階の異なる外部磁界を印加することによって、信号の４値記録が可能になる。また、印加される外部磁界に対して２つの異なる磁界強度の範囲に安定な磁化状態が存在する第１の磁性層と、該第１の磁性層とは異なる磁界強度の範囲に２つの安定な磁化状態が存在する第２の磁性層とを積層した光磁気記録媒体を用いた場合にも、各磁性層の各磁化状態に対応する４段階の異なる外部磁界を印加することによって、信号の４値記録が可能になる。

【００１９】

すなわち、垂直磁化膜と所定の補助磁性膜とを積層してなる第１の磁性層は、本願発明者等が先に特願平３－２１０４３０号及び特願平４－１５３８８２号（特開平５－１８２２６４号公報参照）で明らかにしたように、補助磁性膜の作用によって垂直磁化膜中の遷移金属の副格子磁気モーメントが容易に交換結合磁界方向に反転するので、例えば図９６に示すように、外部磁界に対する光変調記録信号の搬送波対雑音比が、２つのピーク（記録状態）をもつ。一方、補助磁性膜を有しない第２の磁性層は、補助磁性膜の作用を受けないので、例えば図９７に示すように、外部磁界に対する光変調記録信号の搬送波対雑音比が、１つのピークをもつ。また、垂直磁化膜と所定の補助磁性膜とを積層してなる第１の磁性層は、補助磁性層の作用によって垂直磁化膜中の遷移金属の副格子磁気モーメントが容易に交換結合磁界方向に反転するので、磁性層全体の磁化の向きを外部磁界方向又はそれと反対の方向に向けることができる。一方、補助磁性層を有さず、前記第１の磁性層とは異なる磁界強度の範囲に１つの安定な磁化状態が存在する第２の磁性層は、昇温状態で外部磁界の向きに容易に磁性層全体の磁化の向きが反転する。なお、前記所定の補助磁性膜としては、上述のように少なくとも室温にて面内磁化膜となる磁性材料からなるものを用いることができるが、特に、キュリー温度が垂直磁化膜のキュリー温度と同じ磁性材料又はキュリー温度が垂直磁化膜のキュリー温度よりも低い磁性材料を用いることが好ましい。

【００２０】

したがって、例えば図９８（ａ）に示すように、室温からキュリー温度にかけて希土類原子の副格子磁気モーメントが遷移金属原子の副格子磁気モーメントよりも優勢なフェリ磁性体からなる第１磁性層Ａと、室温からキュリー温度にかけて遷移金属原子の副格子磁気モーメントが希土類原子の副格子磁気モーメントよりも優勢なフェリ磁性体からなる第２磁性層Ｂとを積層し、下向きの外部磁界を記録方向の外部磁界、上向きの外部磁界を消去方向の外部磁界として信号の記録を行うと、

(i) 第１磁性層Ａの全体の磁化の向きを消去方向に向けられる大きさの外部磁界H_0（図９６に示す▲１▼領域の外部磁界）を消去方向に印加することによって、第１磁性層Ａの遷移金属原子の副格子磁気モーメントを記録方向に、第２磁性層Ｂの遷移金属原子の副格子磁気モーメントを消去方向に向けることができる。

(ii)第１磁性層Ａの全体の磁化の向きを記録方向に向けられる大きさの外部磁界H_1（図９６に示す▲２▼領域の外部磁界）を消去方向に印加することによって、第１磁性層Ａ及び第２磁性層Ｂの遷移金属原子の副格子磁気モーメントを共に消去方向に向けることができる。

(iii) 第１磁性層Ａの全体の磁化の向きを消去方向に向けられる大きさの外部磁界H_2（図９６に示す▲３▼領域の外部磁界）を記録方向に印加することによって、第１磁性層Ａ及び第２磁性層Ｂの遷移金属原子の副格子磁気モーメントを共に記録方向に向けることができる。

(iv)第１磁性層Ａの全体の磁化の向きを記録方向に向けられる大きさの外部磁界H_3（図９６に示す▲４▼領域の外部磁界）を記録方向に印加することによって、第１磁性層Ａの遷移金属原子の副格子磁気モーメントを消去方向に、第２磁性層Ｂの遷移金属原子の副格子磁気モーメントを記録方向に向けることができる。

【００２１】

光磁気記録媒体より信号として検出されるカー回転角の変化の大きさは、第１磁性層Ａ及び第２磁性層Ｂの各遷移金属原子の副格子磁気モーメントの合計に比例するから、H_0，H_1，H_2，H_3の外部磁界が順次印加された記録トラックからは、図９８（ｂ）に示す相対信号出力が得られる。よって、例えば同図に示すように、外部磁界H_1による記録状態を“０”、外部磁界H_0による記録状態を“１”、外部磁界H_3による記録状態を“２”、外部磁界H_2による記録状態を“３”にそれぞれ位置付けることによって、信号の４値記録ができる。

【００２２】

また、印加される外部磁界に対して２つの異なる磁界領域に記録状態が存在する第１の磁性層と、該第１の磁性層とは異なる磁界領域に２つの記録状態が存在する第２の磁性層とを積層した光磁気記録媒体を用いた場合も、これと同様の原理で信号の４値記録を行うことができる。例えば、図９９（ｂ）に１点鎖線で示される特性を有する第１磁性層と、同図に破線で示される特性を有する第２磁性層とを積層した場合、図９９（ａ）に示すH_0，H_1，H_2，H_3の各外部磁界を印加することによって、夫々図９９（ｂ）に示される４つの記録状態“０”、“１”、“２”、“３”を現出することができる。よって、例えばこれらの図に示すように、外部磁界H_0による記録状態を“０”、外部磁界H_1による記録状態を“１”、外部磁界H_2による記録状態を“２”、外部磁界H_3による記録状態を“３”にそれぞれ位置付けることによって、±１００（Ｏｅ）程度の外部磁界で信号の４値記録ができる。なお、この場合、図１００に示すように、外部磁界に直流バイアス磁界を印加して外部磁界の中心磁界を－５０（Ｏｅ）程度マイナス側にシフトさせれば、±５０（Ｏｅ）程度の小さな外部磁界での信号の３値記録も可能になる。

【００２３】

かように、本発明の光磁気記録媒体は、２層の磁性層で信号の４値記録ができることから、２層の磁性層で信号の３値記録しかできない従来の光磁気記録媒体に比べて、より簡単な構成でより高密度の信号記録を実現できる。また、図９６、図９９、図１００から明らかなように、各記録状態が外部磁界の変動に対してきわめて安定であり、各磁性層の磁気特性や記録再生時のレーザビーム強度それに外部磁界強度を微妙にマッチングさせる必要がないので、量産性及び信頼性に優れた光磁気記録再生システムを構築できる。

【００２４】

なお、磁性層を２層以上の多層に積層すれば、磁性層の積層数に応じたより高次の多値記録が可能になる。また、光磁気記録媒体として、磁性層が３層以上に積層され、そのうちの少なくとも１の磁性層が、印加される外部磁界に対して２以上の異なる磁界領域に記録状態が存在する光磁気記録膜で構成されたものを用いれば、外部磁界強度を各磁性層の記録状態に対応させることによって、５値以上の多値記録が可能になる。

【００２５】

以下、多値記録用の光磁気記録媒体に、当該光磁気記録媒体が有する安定な記録状態の磁界領域の数よりも多値の記録信号を記録する記録再生方式の作用を説明する。

【００２６】

光磁気記録媒体に記録される多値信号は、適宜の方法によって、複数の信号列に分割することができる。例えば、（００３１２２００１２０３２１３３１１３０２３０１１３２０３２１０）という４値記録信号は、先頭から２つずつ区切ることによって、（００）（３１）（２２）（００）（１２）（０３）（２１）　（３３）（１１）（３０）（２３）（０１）（１３）（２０）（３２）（１０）という信号列に変換でき、さらに、各組の第１番目の信号と第２番目の信号とを別個に取りだすことによって、（０３２０１０２３１３２０１２３１）という第１の信号列と、（０１２０２３１３１０３１３０２０）という第

２の信号列とに分割できる。

【００２７】

４値記録用の光磁気記録媒体に対する前記第１の信号列の記録は、先に説明した方法で行うことができる。また、光磁気記録媒体に書き込まれた第１の信号列上への前記第２の信号列の重ね書きは、第１の書き込み信号列の磁化を反転可能な条件にレーザ強度及び／又は外部磁界強度を設定すれば可能である。さらに、第１の書き込み信号列上に第２の信号列を重ね書きする際に、第１の書き込み信号列の幅（磁化ドメインの幅）よりも第２の信号列の幅を小さくし、第１の書き込み信号列の一部を第２の信号列に書き換えることも、レーザスポットの大きさを調整することによって可能である。加えて、第１の書き込み信号列の先頭と第２の書き込み信号列の先頭とを同期させることも、従来技術を用いて容易にできる。したがって、同一のトラック上に複数回記録用レーザビームを操作することにより、分割された複数の信号列を、同一のトラック上に、夫々異なる幅で記録することができる。

【００２８】

かように、同一のトラック上に、異なる幅で、第１の信号列及び第２の信号列をトラック方向に同期して重ね書きすると、第１及び第２の信号列の信号が共に“３”の領域と、第１の信号列の信号が“３”で第２の信号列の信号が“２”の領域と、第１の信号列の信号が“３”で第２の信号列の信号が“１”の領域と、第１の信号列の信号が“３”で第２の信号列の信号が“０”の領域と、第１の信号列の信号が“２”で第２の信号列の信号が“３”の領域と、第１の信号列の信号が“２”で第２の信号列の信号が“２”の領域と、第１の信号列の信号が“２”で第２の信号列の信号が“１”の領域と、第１の信号列の信号が“２”で第２の信号列の信号が“０”の領域と、第１の信号列の信号が“１”で第２の信号列の信号が“３”の領域と、第１の信号列の信号が“１”で第２の信号列の信号が“２”の領域と、第１の信号列の信号が“１”で第２の信号列の信号が“１”の領域と、第１の信号列の信号が“１”で第２の信号列の信号が“０”の領域と、第１の信号列の信号が“０”で第２の信号列の信号が“３”の領域と、第１の信号列の信号が“０”で第２の信号列の信号が“２”の領域と、第１の信号列の信号が“０”で第２の信号列の信号が“１”の領域と、第１及び第２の信号列の信号が共に“０”の領域とは、第１の書き込み信号列の幅と同じかそれよりも大径の再生用レーザスポットを照射したとき、夫々再生用レーザスポットが照射された領域の合計の磁化状態が異なるので、１６値の記録信号を検出できる。また、記録信号を３つの信号列に分割し、同一のトラック上にこれら３つの信号列を重ね書きすれば、同様の原理によって、６４値信号記録を行える。

【００２９】

よって、本発明に係る多値記録用の光磁気記録媒体を用いて、より高度な信号の多値記録を実現でき、安価にして記録情報量が大きい光磁気記録媒体を提供できる。

【００３０】

なお、４値記録信号は、例えば下記の方法で、２値記録信号より変換できる。すなわち、２値記録信号（０００１１０１１０１０００００１１０００１１１００１１１１１０１０１１１００１０１１０００１０１１１１０００１１１００１００）を先頭から２つずつ区切ることによって、（００）（００）（１１）（０１）（１０）（１０）（００）（００）（０１）（１０）（００）（１１）（１０）（０１）（１１）（１１）（０１）（０１）（１１）（００）（１０）（１１）（００）（０１）（０１）（１１）（１０）（００）（１１）（１０）（０１）（００）という信号列に変換する。次いで、（００）の組に信号“０”を、（０１）の組に信号“１”を、（１０）の組に信号“２”を、（１１）の組に信号“３”を夫々割り当てることによって、前出の（００３１２２００１２０３２１３３１１３０２３０１１３２０３２１０）という４値記録信号を得ることができる。

【００３１】

【発明の実施の形態】

まず、本発明に係る多値記録用光磁気記録媒体の代表的な例を、図３、図４　図６、図７、図８に基づいて説明する。

【００３２】
図３、図４　図６、図７、図８に例示するように、本発明に係る多値記録用の光磁気記録媒体は、公知例の多値記録用光磁気記録媒体のように、互いに保磁力が異なる複数の磁性層を積層するのではなく、記録層（磁性層）に作用する温度と外部磁界とを変化させたとき、高温状態においては、印加される外部磁界の変化に応じて、少なくとも３以上の異なる磁界強度の範囲に合計の磁化が安定な磁化状態となり、かつ低温状態においては、外部磁界がゼロの状態で、高温時に印加された外部磁界の大きさに応じて少なくとも３以上の磁化状態が安定に存在するという磁化特性をもつ複数の磁性層又はこれらと非磁性層との組合せによって記録層を形成したことを特徴とするものである。換言すれば、これらの図から明らかなように、高温状態において、ヒステリシスループが３つ以上の領域に分離された形態を成す複数の磁性層又はこれらと非磁性層との組合せによって記録層を形成したということもできる。
【００３３】
図３の光磁気記録媒体は、図示しない透明基板側から、ＳｉＮ膜と、ＲＥ（希土類）リッチのＴｂＦｅＣｏ膜と、ＳｉＮ膜と、ＲＥリッチのＴｂＦｅＣｏ膜と、ＰｔＣｏ膜とが順次積層されている。ここに、下方のＴｂＦｅＣｏ膜は第１磁性層、上方のＴｂＦｅＣｏ膜は第２磁性層、ＰｔＣｏ膜は第２磁性層の補助磁性層である。本例の光磁気記録媒体は、高温状態（１７０℃）及び低温状態（２５℃）におけるヒステリシスループが図の中央に示すような形に成り、磁化特性が図の右側に示すような形に成る。よって、H_0，H_1，H_2，H_3 の夫々に記録状態“０”，“１”，“２”，“３”を割り当てることによって、信号の４値記録が可能になる。
【００３４】
図４の光磁気記録媒体は、図示しない透明基板側から、ＳｉＮ膜と、ＲＥリッチのＴｂＦｅＣｏ膜と、ＰｔＣｏ膜と、ＴＭ（遷移金属）リッチのＧｄＦｅＣｏ膜と、ＳｉＮ膜とが順次積層されている。ここに、ＴｂＦｅＣｏ膜は第１磁性層、ＧｄＦｅＣｏ膜は第２磁性層、ＰｔＣｏ膜は第１磁性層及び第２磁性層の補助磁性層である。本例の光磁気記録媒体は、高温状態（１５０℃）及び低温状態（２５℃）におけるヒステリシスループが図の中央に示すような形に成り、磁化特性が図の右側に示すような形に成る。よって、H_0，H_1，H_2，H_3 の夫々に記録状態“０”，“１”，“２”，“３”を割り当てることによって、信号の４値記録が可能になる。
【００３５】
図５の光磁気記録媒体は、参考例であって、図示しない透明基板側から、ＳｉＮ膜と、ＲＥリッチのＴｂＦｅＣｏ膜と、ＴＭリッチのＧｄＴｂＦｅＣｏ膜と、ＳｉＮ膜と、Ａｌ膜とが順次積層されている。ここに、ＴｂＦｅＣｏ膜は第１磁性層、ＧｄＴｂＦｅＣｏ膜は第２磁性層である。本例の光磁気記録媒体は、高温状態（１８０℃）及び低温状態（２５℃）におけるヒステリシスループが図の中央に示すような形に成り、磁化特性が図の右側に示すような形に成る。よって、H_0，H_1，H_2，H_3 の夫々に記録状態“０”，“１”，“２”，“３”を割り当てることによって、信号の４値記録が可能になる。
【００３６】
図６の光磁気記録媒体は、図示しない透明基板側から、ＳｉＮ膜と、ＲＥリッチのＴｂＦｅＣｏ膜と、Ｃｏ膜と、ＳｉＮ膜と、ＲＥリッチのＴｂＦｅＣｏ膜と、ＰｔＣｏ膜と、ＳｉＮ膜とが順次積層されている。ここに、下方のＴｂＦｅＣｏ膜は第１磁性層、Ｃｏ膜はその補助磁性層、上方のＴｂＦｅＣｏ膜は第２磁性層、ＰｔＣｏ膜はその補助磁性層である。本例の光磁気記録媒体は、高温状態（１７０℃）及び低温状態（２５℃）におけるヒステリシスループが図の中央に示すような形に成り、磁化特性が図の右側に示すような形に成る。よって、H_0，H_1，H_2，H_3 の夫々に記録状態“０”，“１”，“２”，“３”を割り当てることによって、信号の４値記録が可能になる。
【００３７】
図７の光磁気記録媒体は、図示しない透明基板側から、ＳｉＮ膜と、ＴＭリッチのＴｂＦｅＣｏ膜と、ＳｉＮ膜と、ＴＭリッチのＴｂＦｅＣｏ膜と、ＲＥリッチのＧｄＦｅＣｏ膜

と、ＳｉＮ膜とが順次積層されている。ここに、下方のＴｂＦｅＣｏ膜は第１磁性層、上方のＴｂＦｅＣｏ膜は第２磁性層、ＧｄＦｅＣｏ膜はその補助磁性層である。本例の光磁気記録媒体は、高温状態（１６０℃）及び低温状態（２５℃）におけるヒステリシスループが図の中央に示すような形に成り、磁化特性が図の右側に示すような形に成る。よって、H_0，H_1，H_2 の夫々に記録状態“０”，“１”，“２”を割り当てることによって、信号の３値記録が可能になる。

【００３８】

図８の光磁気記録媒体は、図示しない透明基板側から、ＳｉＮ膜と、ＲＥリッチのＴｂＦｅＣｏ膜と、ＴｂＦｅＣｏ－Ｏ膜（酸化ＴｂＦｅＣｏ膜）と、ＴＭリッチのＴｂＦｅＣｏ膜と、ＳｉＮ膜とが順次積層されている。ここに、下方のＴｂＦｅＣｏ膜は第１磁性層、上方のＴｂＦｅＣｏ膜は第２磁性層、酸化ＴｂＦｅＣｏ膜はこれら第１及び第２磁性層の補助磁性層である。本例の光磁気記録媒体は、高温状態（１７０℃）及び低温状態（２５℃）におけるヒステリシスループが図の中央に示すような形に成り、磁化特性が図の右側に示すような形に成る。よって、H_0，H_1，H_2，H_3 の夫々に記録状態“０”，“１”，“２”，“３”を割り当てることによって、信号の４値記録が可能になる。

【００３９】

なお、図３、図４　図６、図７、図８に例示したように、磁性層材料としては、希土類と遷移金属の非晶質合金が最も好ましい。しかし、本発明に適用可能な磁性層材料はこれに限定されるものではなく、ガーネット系やフェライト系の酸化物磁性体、ＰｔやＰｄなどの貴金属とＦｅやＣｏなどの遷移金属及び／又はＴｂやＧｄなどの希土類金属の交互積層体、あるいはＰｔＭｎＳｂなどのホイスラー合金、それにＭｎＢｉなど、磁気光学効果が大きく、かつ薄膜化が可能な他の材料を用いることもできる。また、レーザ光が照射される側の磁性層が金属の場合には、光線が十分に透過できるように、当該磁性層を十分に薄くすることが必要であり、５００Å以下、より好ましくは、２５０Å以下にすることが望ましい。

【００４０】

次に、本発明に係る光磁気記録媒体の多値記録原理を、図１のヒステリシスループに基づいて説明する。図１（ａ）は、本発明に係る光磁気記録媒体の低温時（室温ないし再生用レーザビーム照射時までの温度範囲）における代表的なヒステリシスループであり、図１（ｂ）は、高温時（情報書換え時の温度範囲）における代表的なヒステリシスループである。

【００４１】

図１（ｂ）に示すように、この光磁気記録媒体は、高温時にH_0'，H_1'，H_2'，H_3'という４つの外部磁界領域に対して、夫々磁化が、M_0'，M_1'，M_2'，M_3'という１つの値をとる。一方、低温時においては、大ヒステリシスループは、1つの領域から成る。このループは、M_0 の磁化状態から外部磁界を印加してH_3 の大きさに達した後、外部磁界を０とすればM_3 の磁化状態となり、H_2 の大きさに達した段階で外部磁界を０に戻す操作、すなわち小ヒステリシスループを描く操作をすると、M_2 の磁化状態が安定に存在する。また、M_3 の磁化状態からマイナス方向に外部磁界を印加してH_0 の大きさに達した後、外部磁界を０とすればM_0 の磁化状態となり、H_1 の大きさに達した段階で外部磁界を０に戻すと、M_1 の磁化状態が安定に存在する。このように、低温領域においては、大ヒステリシスループと小ヒステリシスループにより、M_0，M_1，M_2，M_3という４つの磁化状態が外部磁界０で安定に存在する。よって、図２に示すように、H_0，H_1，H_2，H_3 の夫々に記録状態“０”，“１”，“２”，“３”を割り当てることによって、信号の４値記録が可能になる。

【００４２】

さらに、図１（ｂ）から明らかなように、ある信号を記録する以前の磁化状態がいかなる状態であったとしても、光磁気記録媒体を高温状態まで昇温し、かつ安定な磁化状態を得るに必要な所定の外部磁界を印加すると、それまでの履歴に拘りなく記録層の磁化は、降温後に、印加した外部磁界の大きさに対応する磁化状態になる。よって、本発明の光磁気

記録媒体は、情報のダイレクトオーバーライト、すなわち先に記録された情報を消去することなく、先に記録された情報の上から直接新たな情報の書込みが可能である。

【００４３】

なお、情報書換え時の温度は、再生用レーザ光の照射部の温度以上に設定すれば良いので、上記の高温領域におけるヒステリシスループの規定は、再生用レーザ光の照射部の温度からキュリー温度までのいずれかの温度にて実現されれば良い。通常、再生用レーザ光の照射部の温度は、８０℃以上である。

【００４４】

また、図３、図４　図６、図７、図８に例示した膜構造の光磁気記録媒体のみならず、図１に示したような高温時及び低温時のヒステリシスループをもつ光磁気記録媒体は、全て信号の多値記録が可能である。

【００４５】

以下に、前記の原理に基づく多値記録用光磁気記録媒体の構成例を挙げ、夫々について説明する。

【００４６】

〈第１構成例〉

図９（ａ）に示すように、本例に係る光磁気記録媒体は、片面に所望のプリフォーマットパターン２が形成された基板１と、プリフォーマットパターン２上に形成された第１エンハンス膜３と、第１エンハンス膜３上に形成された第１磁性層４と、第１磁性層４上に必要に応じて形成される第２エンハンス膜５と、第２エンハンス膜５又は第１磁性層４上に形成された第２磁性層６と、第２磁性層６上に必要に応じて形成される第３エンハンス膜７と、第３エンハンス膜７上に形成された反射膜８と、反射膜８上に形成された保護膜９とからなる。

【００４７】

透明基板１としては、例えばポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリメチルペンテン、エポキシなどの透明樹脂材料を所望の形状に成形したものや、所望の形状に形成されたガラス板の片面に所望のプリフォーマットパターン２が転写された透明樹脂層を密着したものなど、公知に属する任意の透明基板を用いることができる。なお、プリフォーマットパターン２の構成、配列、形成方法等については、公知に属する事項でありかつ本構成例の要旨でもないので、説明を省略する。

【００４８】

第１～第３のエンハンス膜３，５，７は、膜内で再生用光ビームを多重干渉させ、見掛け上のカー回転角を増加するために設けられるものであって、前記透明基板１よりも屈折率が大きい無機誘電体にて形成される。エンハンス膜材料としては、シリコン、アルミニウム、ジルコニウム、チタン、タンタルの酸化物又は窒化物が特に好適である。第１エンハンス膜３は６００Å～１２００Åの膜厚に形成される。また、第２及び第３のエンハンス膜５，７は、必要に応じて形成されるものであって、５００Å以下の任意の膜厚に形成され、場合によっては省略されうる。

【００４９】

反射膜８は、反射率を高めることで媒体の実効カー回転角を高めると共に、熱伝導率を調整することで媒体の記録感度を調整するために設けられるものであって、再生用光ビームに対して高い反射率を有する物質から形成される。具体的には、〔Ａｌ，Ａｇ，Ａｕ，Ｃｕ，Ｂｅ〕のグループから選択された１種以上の金属元素と、〔Ｃｒ，Ｔｉ，Ｔａ，Ｓｎ，Ｓｉ，Ｒｂ，Ｐｅ，Ｎｂ，Ｍｏ，Ｌｉ，Ｍｇ，Ｗ，Ｚｒ〕のグループから選択された１種以上の金属元素からなる合金が特に好適であり、この種の合金を用いた場合、３００Å～１０００Åの膜厚に形成される。

【００５０】

保護膜９は、膜体３～８を機械的衝撃や化学的な悪影響から保護するためのものであって、膜体全体を覆って被着される。保護層材料としては、樹脂材料を挙げることができる。特に、成膜が容易であることから、紫外線硬化型樹脂が好適である。

【００５１】
第１磁性層４は、室温からキュリー温度の範囲、又は室温から記録時又は消去時の最高到達温度までの温度範囲で希土類副格子磁化モーメントが優勢な希土類－遷移金属系の非晶質合金からなる膜厚が１００～５００Åの非晶質垂直磁化膜４ａと、これに接して設けられた膜厚が５～１００Åの補助磁性膜４ｂとをもって構成される。希土類－遷移金属系の非晶質垂直磁化膜としては、下記の一般式で表されるものが特に好ましい。
【００５２】

一般式；$(Tb_{100-A}Q_A)_X Fe_{100-X-Y-Z}Co_YM_Z$

但し、２０原子％≦Ｘ≦３５原子％

５原子％≦Ｙ≦１５原子％

０原子％≦Ｚ≦１０原子％

０原子％≦Ａ≦２０原子％

Ｔｂは希土類元素であるテルビウム、

Ｆｅは遷移金属である鉄、Ｃｏは遷移金属であるコバルト、

ＭはＮｂ，Ｃｒ，Ｐｔ，Ｔｉ，Ａｌから選択された少なくとも１種類の元素、

ＱはＧｄ，Ｎｄ，Ｄｙから選択された少くとも１種類の元素

・・・・・（1）。

【００５３】
補助磁性膜４ｂは、遷移金属元素を含有し、かつ垂直磁気異方性が小さい磁性体をもって構成される。具体例としては、
▲１▼〔Ｐｔ，Ａｌ，Ａｇ，Ａｕ，Ｃｕ，Ｒｈ〕などの貴金属元素群から選択された少なくとも１種類の元素と、〔Ｆｅ，Ｃｏ，Ｎｉ〕などの遷移金属元素群から選択された少なくとも１種類の元素との合金薄膜、
▲２▼例えばＧｄＦｅＣｏ合金、ＧｄＴｂＦｅＣｏ合金、ＧｄＤｙＦｅＣｏ合金、ＮｄＦｅＣｏ合金など、ＧｄやＮｄを含有することにより、垂直磁気異方性を低下させた希土類－遷移金属系合金、
▲３▼酸素や窒素を通常より多量に（例えば５原子％以上）含有することにより、垂直磁気異方性を低下させた希土類－遷移金属系合金、
▲４▼〔Ｆｅ，Ｃｏ，Ｎｉ〕などの遷移金属単体、あるいはこれらを多量に含有する合金を５～３０Åと数原子層の厚さで積層した膜、
などを挙げることができる。
【００５４】
これらの補助磁性膜４ｂは、組成によっては垂直磁気異方性エネルギが形状異方性と同じか若しくはそれより低くなり、外部磁界が印加される以前において、磁化を面内方向（補助磁性膜４ｂの膜面と平行な方向）に向けることができる。このように調整された補助磁性膜４ｂは、キュリー温度近傍まで昇温され、外部磁界が印加されると、磁化の方向が面内方向より立ち上がって外部磁界方向の磁気モーメント成分を生じ、これに接して積層されている非晶質垂直磁化膜４ａの遷移金属磁気モーメントに交換結合力を及ぼす。したがって、非晶質垂直磁化膜４ａと補助磁性膜４ｂとを積層してなる第１記録層は、外部磁界に対する光変調記録信号の搬送波及び雑音レベルの変化が、図９（ｂ）に示すように、２つのピークをもつようになる。
【００５５】
第２磁性層６は、前記第１磁性層４とは異なる磁界領域に少なくとも１以上の記録状態が存在する光磁気記録膜で構成される。したがって、前記第１磁性層４と同種の非晶質垂直

磁化膜及び補助磁性膜からなり、前記第１磁性層４とは異なる磁界領域に２つの記録状態が存在するものを用いることもできるし、前記第１磁性層４とは異なる構成を有し、図９（ｃ）に示すように、前記第１磁性層４とは異なる磁界領域に１つの記録状態が存在するものを用いることもできる。後者に属する第２磁性層６としては、▲１▼室温から記録、消去時の最高到達温度までの温度範囲で遷移金属副格子磁化が優勢な希土類－遷移金属系の非晶質垂直磁化膜からなるもの、▲２▼前記と同様の温度範囲で、希土類副格子磁化が優勢な希土類－遷移金属系の非晶質垂直磁化膜からなるもの、▲３▼室温からキュリー温度までの間に補償温度が存在する希土類－遷移金属系の非晶質垂直磁化膜からなるものなどを挙げることができる。具体的には、下記の一般式で表されるものが特に好ましい。なお、この第２磁性層６の膜厚は、１００～５００Åの範囲に形成することが好ましい。

【００５６】

一般式；$Tb_XFe_{100-X-Y-Z}Co_YM_Z$

但し、１５原子％≦Ｘ≦３０原子％

５原子％≦Ｙ≦１５原子％

０原子％≦Ｚ≦１０原子％

Ｔｂは希土類元素であるテルビウム、

Ｆｅは遷移金属である鉄、Ｃｏは遷移金属であるコバルト、

ＭはＮｂ，Ｃｒ，Ｐｔから選択された少くとも１種類の元素

・・・・・（２）。

【００５７】

前記の各膜体３～８は、例えばスパッタリングや真空蒸着などの真空成膜法によって、透明基板１のプリフォーマットパターン形成面に順次積層される。これらの各膜体３～８は、多値記録された光情報記録媒体から信号を読み出したとき、各記録レベルに応じた再生出力レベル（カー回転角の大きさ）の差が、相互にできるだけ均等になるように膜厚及び光学定数が選択される。その際の選択によっては、第２及び第３のエンハンス膜５，７及び／又は反射膜８は、省略することもできる。また、第１磁性層４と第２磁性層６とは、積層位置が相互に入れ替わっても良い。各磁性層の積層位置を入れ替えると、記録時の外部磁界の大きさや照射されるレーザパワーの大きさに対応する各記録状態のカー回転角の大きさが変化するが、信号の多値記録は可能であり、光磁気記録媒体としての特性や効果については何ら変化を有しない。また、磁性層を３層以上の多層に積層することによって、より高次の多値記録を行うことも可能であり、それに応じて各膜の組成を適宜変更することもできる。

【００５８】

以下に、本例に属する光磁気記録媒体の実施例を例示する。

【００５９】

〈第１実施例〉

図１０に示すように、本例の光磁気記録媒体は、透明基板１のプリフォーマットパターン形成面２に、膜厚が１００ｎｍのＳｉＮ膜と、膜厚が１５ｎｍの$Tb_{19}Fe_{62}Co_{10}Cr_9$膜と、膜厚が１０ｎｍのＳｉＮ膜と、膜厚が２０ｎｍの$Tb_{32}Fe_{56}Co_{12}$膜と、膜厚が５ｎｍの$Pt_{80}Co_{20}$膜と、膜厚が１０ｎｍのＳｉＮ膜と、膜厚が７０ｎｍのＡｌ膜とを順次積層し、これらの各膜を紫外線硬化性樹脂膜で覆っている。

【００６０】

膜厚が１００ｎｍのＳｉＮ膜は第１誘電体層３、膜厚が１０ｎｍの２つのＳｉＮ膜は、それぞれ第２及び第３の誘電体層５，７を構成している。$Tb_{19}Fe_{62}Co_{10}$膜は、単層で第１磁性層４を構成しており、特定の磁界領域に１つの記録状態が存在する。互いに直接積層された$Tb_{32}Fe_{56}Co_{12}$膜と$Pt_{80}Co_{20}$膜は、第２磁性層６を構成しており、第

１磁性層４とは異なる磁界領域に２つの記録状態が存在する。さらに、Ａｌ膜は反射膜８を構成し、紫外線硬化性樹脂膜は保護膜９を構成している。

【００６１】

〈第２実施例〉

図１１に示すように、本例の光磁気記録媒体は、透明基板１のプリフォーマットパターン形成面２に、膜厚が１００ｎｍのＳｉＮ膜と、膜厚が１５ｎｍの$Tb_{32}Fe_{56}Co_{12}$膜と、膜厚が２ｎｍの$Gd_{18}Fe_{67}Co_{15}$膜と、膜厚が１０ｎｍのＳｉＮ膜と、膜厚が２０ｎｍの$Tb_{19}Fe_{62}Co_{10}Cr_{9}$膜と、膜厚が１０ｎｍのＳｉＮ膜と、膜厚が７０ｎｍのＡｌ膜とを順次積層し、これらの各膜を紫外線硬化性樹脂膜で覆っている。

【００６２】

互いに直接積層された$Tb_{32}Fe_{56}Co_{12}$膜と$Gd_{18}Fe_{67}Co_{15}$膜は、第１磁性層４を構成しており、異なる磁界領域に２つの記録状態が存在する。$Tb_{19}Fe_{62}Co_{10}$膜は、単層で第２磁性層６を構成しており、第１磁性層４とは異なる磁界領域に１つの記録状態が存在する。本例の光磁気記録媒体は、第１実施例に係る光磁気記録媒体とは異なり、基板１に近い側、すなわち記録再生用レーザビームの入射側に設けられる第１磁性層４を、２つの磁性膜の積層体から構成したことを特徴とする。そこで、第２磁性層６へのレーザビームの入射量を減らさないことを目的として、第１磁性層４を構成する補助磁性膜としてレーザビームの吸収率が低いＧｄＦｅＣｏ膜を用いると共に、その膜厚を２ｎｍと極薄にした。その他の各部分については、第１実施例と同じであるので、対応する部分に同一の符号を表示して説明を省略する。

【００６３】

〈第３実施例〉

図１２に示すように、本例の光磁気記録媒体は、透明基板１のプリフォーマットパターン形成面２に、膜厚が１００ｎｍのＳｉＮ膜と、膜厚が１５ｎｍの$Tb_{32}Fe_{56}Co_{12}$膜と、膜厚が７ｎｍの$(Tb_{32}Fe_{56}Co_{12})_{92}O_{8}$膜と、膜厚が１０ｎｍのＳｉＮ膜と、膜厚が２０ｎｍの$Tb_{19}Fe_{62}Co_{10}Cr_{9}$膜と、膜厚が１０ｎｍのＳｉＮ膜と、膜厚が７０ｎｍのＡｌ膜とを順次積層し、これらの各膜を紫外線硬化性樹脂膜で覆っている。

【００６４】

互いに直接積層された$Tb_{32}Fe_{56}Co_{12}$膜と$(Tb_{32}Fe_{56}Co_{12})_{92}O_{8}$膜は、第１磁性層４を構成しており、異なる磁界領域に２つの記録状態が存在する。$Tb_{19}Fe_{62}Co_{10}$膜は、単層で第２磁性層６を構成しており、第１磁性層４とは異なる磁界領域に１つの記録状態が存在する。本例の光磁気記録媒体は、第２磁性層６へのレーザビームの入射量を減らさないことを目的として、第１磁性層４を構成する補助磁性膜としてレーザビームの吸収率が低い$(Tb_{32}Fe_{56}Co_{12})_{92}O_{8}$膜を用いると共に、その膜厚を７ｎｍに調整した。その他の各部分については、第１実施例と同じであるので、対応する部分に同一の符号を表示して説明を省略する。

【００６５】

〈第４実施例〉

図１３に示すように、本例の光磁気記録媒体は、透明基板１のプリフォーマットパターン形成面２に、膜厚が１００ｎｍのＳｉＮ膜と、膜厚が１５ｎｍの$Tb_{32}Fe_{56}Co_{12}$膜と、膜厚が２ｎｍの$Gd_{30}Fe_{48}Co_{22}$膜と、膜厚が１０ｎｍのＳｉＮ膜と、膜厚が２０ｎｍの$Tb_{34}Fe_{52}Co_{14}$膜と、膜厚が５ｎｍの$Pt_{94}Co_{6}$膜と、膜厚が１０ｎｍのＳｉＮ膜と、膜厚が７０ｎｍのＡｌ膜とを順次積層し、これらの各膜を紫外線硬化性樹脂膜で覆っている。

【００６６】

互いに直接積層された$Tb_{32}Fe_{56}Co_{12}$膜と$Gd_{30}Fe_{48}Co_{22}$膜は、第１磁性層４を構成しており、異なる磁界領域に２つの記録状態が存在する。また、互いに直接積層された$Tb_{34}Fe_{52}Co_{14}$膜と$Pt_{94}Co_{6}$膜は、第２磁性層６を構成しており、第１磁性層４とは異なる磁界領域に２つの記録状態が存在する。本例の光磁気記録媒体は、第２磁性層６へのレーザビームの入射量を減らさないことを目的として、第１磁性層４を構成する

補助磁性膜としてレーザビームの吸収率が低いＧｄＦｅＣｏ膜を用いると共に、その膜厚を２ｎｍに調整した。その他の各部分については、第１実施例と同じであるので、対応する部分に同一の符号を表示して説明を省略する。

【００６７】

〈第２構成例〉

本例に係る光磁気記録媒体は、前記第１構成例に例示したごとき多値記録用の光磁気記録媒体に、いわゆる磁気超解像を実現するための膜体を付加したことを特徴とする。

【００６８】

図１４はその一例を示す構成図であって、２つの磁性層を有する多値記録用の光磁気記録媒体に本発明を適用した場合を示している。この図から明らかなように、本例の光磁気記録媒体は、透明基板１上に、第１誘電体層１０１と、第１開孔部形成層１０２と、第１切断層１０３と、第１垂直磁化膜層１０４と、第１補助磁性層１０５と、第２誘電体層１０６と、第２開孔部形成層１０７と、第２切断層１０８と、第２垂直磁化膜層１０９と、第２補助磁性層１１０と、第３誘電体層１１１と、反射層１１２とから原則的に形成される。第１磁性層１２０は、第１垂直磁化膜層１０４と第１補助磁性層１０５との組合せによって構成され、第２磁性層１２１は、第２垂直磁化膜層１０９と第２補助磁性層１１０との組合せによって構成される。

【００６９】

第１開孔部形成層１０２と第１切断層１０３と第１磁性層１２０は、室温において互いに磁気的に交換結合する磁性膜をもって構成され、再生用レーザビームの入射方向に対して、この順に積層される。これらの磁性膜１０２，１０３，１２０は、第１開孔部形成層１０２のキュリー温度をTc_1、その保磁力をHc_1、第１切断層１０３のキュリー温度をTc_2、その保磁力をHc_2、第１磁性層１２０のキュリー温度をTc_3、その保磁力をHc_3とし、室温をT_0、第１切断層１０３及び第１磁性層１２０が第１開孔部形成層１０２に及ぼす交換磁界をH_w、再生時に印加する外部磁界（以下、再生磁界という）をH_rとすると下記の▲１▼～▲４▼の条件を満たすように、キュリー温度及び保磁力が調整される。

▲１▼$T_0 < Tc_2 < Tc_1, Tc_3$

▲２▼$Hc_1 + H_w < H_r$

（但し、再生時に第１切断層１０３のキュリー温度Tc_2またはその近傍まで昇温する領域において）

▲３▼$Hc_3 > H_r$

（但し、再生時に第１切断層１０３のキュリー温度Tc_2またはその近傍まで昇温する領域において）

▲４▼$Hc_1 < H_w$

（但し、室温において）。

【００７０】

なお、第２開孔部形成層１０７と第２切断層１０８と第２記録層１２１についても、これと同様に構成される。

【００７１】

以下、このように構成された光磁気記録媒体からの信号の再生原理を、図１５に基づいて説明する。光磁気記録媒体には、図１５（ａ）に示すように、記録トラックに沿って、再生用光ビーム１３０のスポット径Ｄよりも小径の記録マーク１２０ａ，１２１ａが、再生用光ビーム１３０のスポット径Ｄよりも小さなピッチで記録されている。

【００７２】

光学ヘッド及び磁気ヘッドに対して光磁気記録媒体を相対的に駆動しつつ、光磁気記録媒体に再生用光ビーム１３０を照射すると、そのエネルギによって第１開孔部形成層１０２、第１切断層１０３、第１磁性層１２０、第２開孔部形成層１０７、第２切断層１０８、第２磁性層１２１が昇温されるが、矢印Ａの方向に光磁気記録媒体を駆動しつつ記録トラックに沿って再生用光ビーム１３０を照射すると、相対的に走行する再生用光ビーム１３

０の照射部内の温度分布により、図１５（ｂ）に示すように、スポット１３１の後縁部分が最も高温になる。そこで、再生用光ビーム１３０の強度を、当該高温領域１３１ａの温度が第１及び第２の切断層１０３，１０８のキュリー温度Tc_2以上又はその近傍になるように調整すると、切断層１０３，１０８及び磁性層１２０，１２１が開孔部形成層１０２，１０７に及ぼす交換磁界H_wがゼロ若しくは非常に小さな値となり、開孔部形成層１０２，１０７と磁性層１２０，１２１との間の磁気的結合が断ち切られる。

【００７３】

この状態で、Hc_1+H_wよりも大きな再生磁界H_rを各磁性膜に印加すると、図１５（ａ）に示すように開孔部形成層１０２，１０７の高温領域１３１ａに対応する部分の磁化が再生磁界方向に揃えられ、その領域における開孔部形成層１０２，１０７の記録マーク１２０ａ，１２１ａは消失する。一方、高温領域１３１ａ以外の部分では、交換磁界H_wは大きな値を維持しており、開孔部形成層１０２，１０７と磁性層１２０，１２１とは磁気的に結合されているので、開孔部形成層１０２，１０７に記録された記録マーク１２０ａ，１２１ａはそのまま保たれている。したがって、記録トラックに沿って再生用光ビーム１３０を操作したとき、高温領域１３１ａ中の記録マーク１２０ａ，１２１ａが信号の読出しに関してマスクされ、スポット１３１のうちの高温領域１３１ａを除く三日月形の部分のみがアパーチャとなって、記録マーク１２０ａ，１２１ａからの信号が読み出される。よって、磁区間ピッチがスポット径Ｄの１／２程度に調整された光磁気記録媒体からの信号の読み出しが可能になり、再生分解能が向上する。

【００７４】

なお、磁性層１２０，１２１の保磁力Hc_3は、再生磁界H_rよりも大きく設定されているので、再生磁界H_rの印加によって磁性層１２０，１２１の記録マーク１２０ａ，１２１ａが消去されることはない。また、光磁気記録媒体の駆動に伴って再生用光ビーム１３０の照射部から外れた部分は、順次室温まで冷却され、切断層１０３，１０８の温度がTc_2以下まで冷却された段階で、再度各磁性膜間に交換磁界H_wが復活する。よって、その交換結合力によって磁性層１２０，１２１の反転磁区が開孔部形成層１０２，１０７に転写されるので、信号の再生動作を繰り返しても、当初の記録状態が消失することはない。よって、図１５（ｃ）に示すように、読み出されたトータルの再生信号を各信号レベルに合致した複数のスライス信号にてスライスすることによって、多値記録された信号を高い分解能で再生することができる。

【００７５】

図１６に、磁気超解像方式による多値記録信号再生方法の他の例を示す。本例の再生方式は、図１５の方法とは異なり、光学ヘッドの上流側において開孔部形成層１０２，１０７に初期化磁界を印加し、高温部１３１ａにアパーチャを形成することを特徴とする。

【００７６】

複数の開孔部形成層を有する光磁気記録媒体については、各磁性層と開孔部形成層との間に作用する交換結合力を相互に異ならせたり、あるいは各開孔部形成層のキュリー温度を相互に異ならせることによって、各磁性層ごとに再生信号を読みだすことができる。すなわち、再生光照射時の開孔部は、再生光入射側に近い第１磁性層１２０の方が大きくなる。そこで、高温部１３１ａにアパーチャを形成する光磁気記録媒体においては、第１磁性層１２０と第１開孔部形成層１０２との間に作用する交換結合力を第２磁性層１２１と第２開孔部形成層１０７との間に作用する交換結合力よりも強くするか、あるいは第１開孔部形成層１０２のキュリー温度を第２開孔部形成層１０７のキュリー温度よりも低く設定し、かつ適当な２パワーの再生用レーザビームを選び、図１７に示すように、第２磁性層には開孔部ができないような低パワーの再生用レーザビームを光磁気記録媒体に照射することによって、第１磁性層１２０のみから信号を再生することができる。また、図１８に示すように、第１記録層の開孔部が再生スポットのほぼ全域を覆うような高パワーの再生用レーザビームを光磁気記録媒体に照射することによって、第２磁性層のみから信号を再生することができる。

【００７７】

再生スポットの低温部にアパーチャを形成する光磁気記録媒体においては、第１磁性層１２０と第１開孔部形成層１０２との間に作用する交換結合力を第２磁性層１２１と第２開孔部形成層１０７との間に作用する交換結合力よりも弱くするか、あるいは第１開孔部形成層１０２のキュリー温度を第２開孔部形成層１０７のキュリー温度よりも高く設定することによって、第１又は第２の磁性層から選択的に信号を再生することができる。

【００７８】

なお、磁気超解像方式の多値記録用光磁気記録媒体は、必ずしも図１４に示した全ての膜体を備える必要はなく、必要に応じて１ないし複数の膜体を省略することもできる。図１９に、第４構成例に含まれる種々の膜構成を表示する。表中のブランクは、当該膜体が省略されていることを示している。

【００７９】

なお、前記第１及び第２構成例においては、誘電体層としてＳｉＮ膜を用いたが、他の材料を用いることもできる。すなわち、誘電体層材料としては、第１及び第２磁性層の記録時の温度分布をなるべく等しくしてそれぞれに形成される磁区の大きさを揃えるため、非磁性で熱伝導率が高い材料が良い。これに好適な材料としては、〔Ｓｉ，Ａｌ，Ｔｉ，Ｚｒ，Ａｕ，Ｃｕ，Ｍｏ，Ｗ〕のグループから選択される金属元素、又はこれらから選択された少なくとも１種類の金属元素を主成分とする合金、又はこれらの酸化物もしくは窒化物を挙げることができ、その組成が化学量論的組成より金属元素に富む材料が特に好適である。各誘電体層の膜厚は、光学的な条件を満たすように適宜調整される。

【００８０】

また、前記第１及び第２構成例における各垂直磁化膜のキュリー温度は、それぞれの記録層に形成される磁区の大きさを揃えるため、互いに近似していることが必要であり、最大±５０℃以内に設定することが好ましい。

【００８１】

その他、前記第１及び第２構成例における各垂直磁化膜の組成は、成膜を容易にするため、同一組成とすることが好ましい。また、前記補助磁性膜としては、少なくとも室温付近にて面内磁化膜となる磁性薄膜を用いることが好ましい。さらに、前記補助磁性膜は、前記垂直磁化膜の片面のみならず、レーザビーム入射側又はその反対側若しくはその双方に設けることができる。

【００８２】

以下に、光磁気記録媒体に対する高密度記録方法及び微細な記録磁区が形成された高密度記録媒体からのエラーの少ない記録再生方法を列挙する。

【００８３】

（１）パルス再生

ａ．再生用レーザビームを周期的又はパルス状に照射する光磁気再生方式。

【００８４】

ｂ．前記ａ．の信号再生方式において、再生用レーザ光の発光タイミングを、プリピットあるいは光磁気信号などの媒体から再生された信号によりタイミングクロックを作製して同期を取る方式。

【００８５】

（２）パルス再生の波形等化

ｃ．前記ａ．の方式による再生信号波形をD_0（ｔ）としたとき、下記の数１で表される信号処理を行う方法。

【００８６】

【数１】

$$D(t)=\sum_{n} a_n D_0(t+nt_0)$$

〔n:整数, t_0:（２）のタイミングクロック周期〕

【００８７】
ｄ．前記ｃ．の方法で、ｎ＝０，±１，±２，$a_n = a_{-n}$，$-1 < a_n < 0$なる信号処理を行う方法。
【００８８】
（３）磁界変調再生
ｅ．磁気超解像が可能な媒体に対して、印加する外部磁界の大きさ及び又は方向を変調して再生を行う方式。
【００８９】
ｆ．前記ａ．の方式において、再生用レーザ光の発光タイミングに同期して、印加する外部磁界の大きさ及び又は方向を変調する前記ｅ．の再生方式。
【００９０】
ｇ．再生光スポット内にレーザ進行方向ないしクロストラック方向に複数の記録ピットが存在し、それらの記録状態の各組合せにより発現する再生信号の各レベルが、各々確定された多段階にある記録再生方式。
【００９１】
（４）試し読み
ｈ．前記ａ．～ｇ．の方式において、再生用レーザ光の波形（高パワー、低パワーの各値、高パワーと低パワーの時間の比率）及び再生時に印加する磁場などを変えて再生を行い、最もエラーの少ない組合せを選択する再生方式。
【００９２】
ｉ．前記ｈ．の再生方式において、予め再生試行用のテストパターンを媒体に記録しておく方式。
【００９３】
ｊ．前記ｈ．の方式でえられた最適再生条件を媒体に記録し、次回の再生からは、それを読み取って再生を行う方式。
【００９４】
次に、本発明に係る光磁気記録媒体のフォーマット構成について説明する。
【００９５】
〈フォーマット構成の第１例〉
図２０に、サンプルサーボ方式の光磁気記録媒体に形成されるプリフォーマットパターンの一例を示す。プリフォーマットパターン２は、記録トラック及び当該記録トラックを分割してなるデータ記録単位を画定するものであって、透明基板１の表面に凹凸の形で記録することもできるし、磁性層４，６等に光磁気信号として記録することもできる。
【００９６】
本例においては、記録トラック１１が多数のデータ記録単位１２に分割され、各データ記録単位１２が、ＩＤ領域１３と、サーボ領域１４と、データ領域１５とに分割されている。ＩＤ領域１３には、各データ記録単位１２の境界を示すマークや当該データ記録単位のアドレス、それに誤り検出符号などが形成される。サーボ領域１４には、図２１に示すように、記録又は再生用のレーザビームを記録トラック１１に沿って走査するためのトラッキングピット１６と、最適な記録再生を行うためのテスト領域１７と、信号の記録再生に必要な基準クロックを引き込むために必要な埋め込みクロックピット１８とが形成される。テスト領域１７には、必要に応じて、記録領域１４に記録される多値記録信号に含まれる各信号のスライスレベルを設定するためのテスト信号（レベル検出用ピット）１７ａ及

び／又は多値記録信号のエッジを検出するタイミングの基準となるタイミング信号を生成するためのテスト信号（タイミング検出用ピット）１７ｂが記録される。また、データ領域１５には、多値記録信号が、光磁気記録信号として記録される。

【００９７】

なお、サーボ領域１４にトラッキングピット１６を備える構成に代えて、記録又は再生用のレーザビームを記録トラック１１に沿って案内する案内溝を、透明基板１に形成することもできる。

【００９８】

また、透明基板の表面に、例えば凹凸の形で形成されるプリピット（位相ピット）は、当該媒体に対応した多値記録にすることも可能である。プリピットの多値化は、プリピットの長さ、幅、深さの変調又はプリピット位置のトラック方向に垂直な方向への偏位量、あるいはこれらの組合せによって実現できる。

【００９９】

〈フォーマット構成の第２例〉

本例のフォーマット構成は、ユーザがアクセスして信号の記録、再生、消去等を行うユーザ領域以外の領域に、最適な記録条件を検出するためのテスト領域を設けたことを特徴とする。図２２は、ＣＡＶ（角速度一定）方式の光ディスクに応用した場合の実施例図であって、ユーザ領域２１を介して、ディスクの最内周部及び最外周部に、テスト領域２２が設けられている。なお、テスト領域２２は、ディスクの最内周部又は最外周部のいずれか一方にのみ設けることもできる。また、図２３は、ＺＣＡＶ（Zoned －ＣＡＶ）方式の光ディスクに応用した場合の実施例図であって、ゾーン境界部の近傍にテスト領域２２が設けられている。なお、ＺＣＡＶ方式の光ディスクにおいても、ＣＡＶ方式の光ディスクと同様に、ディスクの最内周部及び最外周部にテスト領域２２を設けることもできる。

【０１００】

なお、ユーザ領域内の各データ記録単位のフォーマット構成については、前記第１例で説明したと同じであるので、重複を避けるために説明を省略する。

【０１０１】

以下、本発明に係る光磁気記録媒体を用いた信号の多値記録方法について説明する。

【０１０２】

〈多値記録方法の第１例〉

本例の多値記録方法は、いわゆるトレリス符号化変調方式を用いて符号化した多値記録信号を記録することを特徴とする。光磁気記録媒体としては、第１構成例に係る光磁気記録媒体（図９～図１３の光磁気記録媒体）を用いることができる。

【０１０３】

第１例と同様にして光磁気記録媒体を駆動し、光学ヘッド及び磁気ヘッドを所定のトラックに位置付けた後、４相直交変調トレリス符号に対応する４値記録を行うために、図２４に示す畳み込み符号器で符号化を行う。図２５（ａ）は、図２４の畳み込み符号器にデータを入力したときのX_1，X_2の状態を示す。一方、前記したように、図９の光磁気記録媒体は、図２５（ｂ）に示すような外部磁界に対する信号特性をもっている。そこで、図２５（ａ）に示したX_1，X_2の順に信号振幅が割り振られるようにX_1，X_2を用いて印加磁界強度をH_0～H_3の４値に強度変調すると共に、この強度変調された４値の外部磁界を、記録クロックに同期して光情報記録媒体に印加する。そして、外部磁界が所定の値に切り替わった後、光学ヘッドより光パルスを照射して、光パルス照射部の各記録層を、外部磁界によって磁化反転できる温度まで加熱する。これによって、各光パルスの照射部に、外部磁界の大きさに応じた磁化ドメインが形成される。なお、この場合、外部磁界を変調しつつ、一定強度のレーザビームを連続的に照射してもよい。

【０１０４】

図２６は、本実施例の記録再生系の構成例である。本実施例においては、再生光をＩ－Ｖ変換した後、アナログ波形等化器を通すことにより光学的な符号間干渉を除去して、そのアナログ信号をＡ／Ｄ変換した。その後、デジタルトランスバーサルフィルタで内外周特

性差を吸収して４値を判定し、ビタビ復号器に供給して２値化した。再生クロックは、Ａ／Ｄ変換後の信号で生成した。

【０１０５】

〈多値記録方法の第２例〉

本例の多値記録方法は、外部磁界を記録信号に応じて４段階に変調すると共に、記録用レーザビームをパルス状に変調することを特徴とする。光磁気記録媒体としては、第１構成例に係る光磁気記録媒体（図９～図１３の光磁気記録媒体）を用いる。

【０１０６】

まず、光磁気記録媒体をターンテーブル等の媒体駆動部に装着し、透明基板側に光学ヘッドを、保護膜側に磁気ヘッドを配置する。媒体駆動部を起動して光磁気記録媒体と光学ヘッド及び磁気ヘッドとを相対的に所定の線速度で駆動し、光学ヘッド及び磁気ヘッドを所定のトラックに位置付ける。

【０１０７】

しかる後に、図２７（ａ）に示すように、磁気ヘッドより記録信号に応じて印加磁界強度がH_0～H_3の４値に信号変調され、かつ記録クロックに同期された外部磁界を光情報記録媒体に印加する。そして、外部磁界が所定の値に切り替わった後、光学ヘッドより図２７（ｂ）に示す光パルスを照射して、光パルス照射部の各記録層を、外部磁界によって磁化反転できる温度まで加熱する。これによって、各光パルスの照射部に、外部磁界の大きさに応じた図２７（ｃ）の磁化ドメインが形成される。

【０１０８】

なお、図２７（ｃ）においては、４値に記録された各磁化ドメインの磁化状態が、夫々、右下がり斜線と左下がり斜線と縦線と白地とで識別されている。白地は、第３構成例の光磁気記録媒体を構成する各垂直磁化膜の磁化方向の組合せが図３１（ａ）の状態“０”であることを表わし、左下がり斜線は、図３１（ａ）の状態“１”であることを表わす。また、右下がり斜線は、図３１（ａ）の状態“２”であることを表わし、縦線は、図３１（ａ）の状態“３”であることを表わしている。

【０１０９】

磁界強度の信号変調は、図２８の方式及び図２９又は図３０の信号変調回路によって行うことができる。なお、図２９及び図３０の磁気ヘッド駆動回路としては、図３２に示した回路を用いることができる。すなわち、図２７（ｅ）のタイミングチャートに示された記録クロック▲１▼とデータ信号（Ｓｉｇ．１）▲２▼の論理積をとることにより、奇数データ（Ｓｉｇ．２）▲３▼を生成する。また、記録クロック▲１▼を反転した信号とデータ信号▲２▼の論理積をとることにより、偶数データ（Ｓｉｇ．３）▲４▼を生成する。奇数データ▲３▼をシフトレジスタを用いて１／２クロック遅延させた信号と、元の奇数データ▲３▼との論理和をとることにより、奇数データ信号の長さを２倍化した信号▲５▼を生成する。同様に、偶数データ▲４▼から信号▲６▼を生成する。これらの信号▲５▼、▲６▼を、ゲインが異なる増幅器G_1，G_2でそれぞれ増幅し、これを加算する。次いで、この加算信号を磁気ヘッド駆動回路で電圧電流変換することによって、磁気ヘッドより図２８（ｂ）に示す外部磁界を印加するようにしている。

【０１１０】

また、図３０の回路では、記録信号を偶数ビットと奇数ビットとに分離し、タイミング合わせやパルス長の調整などの波形処理を行った後、ゲインが同一の増幅器Ｇでそれぞれ増幅する。次いで、各増幅信号を別々の磁気ヘッド駆動回路で電圧電流変換し、複数の巻線をもった磁気ヘッドより図２８（ｂ）に示す外部磁界を印加するようにしている。

【０１１１】

なお、磁気ヘッドに代えて、例えば電磁コイルなどの他の磁界発生装置を用いることも勿論可能である。さらに、１本の巻線をもった２つの磁気ヘッドを近接して配置し、これらの各磁気ヘッドより図２８（ｂ）に示す外部磁界を印加することもできる。

【０１１２】

各外部磁界の大きさに応じた磁化ドメインの記録状態は、図３１に示す通りである。した

がって、磁化ドメイン列から読みだされる再生信号は、図２７（ｄ）のようになる。この再生信号を各記録状態からの再生信号出力に応じて所定の値に設定された３つのスライスレベルでスライスすると、図２７（ｅ）のタイミングチャートに示すように、記録信号を復調できる。具体的には、スライスレベル１で図２７（ｄ）のアナログ再生信号を２値化すると、図２７（ｅ）のｓｉｇ．１が得られる。同様に、スライスレベル２からはｓｉｇ．２が得られ、スライスレベル３からはｓｉｇ．３が得られる。図２７（ｅ）の奇数データ信号▲５▼は、ｓｉｇ．２を反転した信号とｓｉｇ．３の信号との論理積をとった後、ｓｉｇ．１の信号との論理和をとり、さらにクロックと同期させるためにクロック信号▲１▼とｓｉｇ．３の論理積をとることによって得られる。そして、偶数データ信号▲６▼を１／２クロック遅延させた信号▲７▼と信号▲５▼との論理和をとることにより、データ信号を復調できる。図３３に、信号再生回路のブロック図を示す。

【０１１３】

以上の方式で４値記録を行うことにより、通常の２値記録媒体を用いてマークエッジ記録を行った場合と比較して、記録線密度を２倍にすることができる。図３４に、同じ最小記録ドメインサイズで同じ情報を記録した場合における２値記録のマークエッジ記録と４値記録の状態とを比較して示す。この図の通り、本発明の４値記録によると、２値記録のマークエッジ記録に比べて、線記録密度を２倍にすることができる。

【０１１４】

〈多値記録方法の第３例〉

本例の多値記録方法は、検出窓幅Ｔと同一か、あるいはその整数倍の一定周波数で磁気ヘッド（電磁コイル）を駆動して光磁気記録媒体に外部磁界を印加しつつ、レーザ照射のタイミングを変調することを特徴とする。図３５は本例の多値記録に適用されるレーザの照射タイミング変調回路のブロック図であり、図３６は回路各部で取り扱われる信号のタイミングチャートである。光磁気記録媒体としては、第１構成例に係る光磁気記録媒体（図９～図１３の光磁気記録媒体）を用いた。

【０１１５】

本例の多値記録方法においては、外部磁界の変化に同期して、その１周期に１回記録レーザパルスを照射し、各記録層を充分保磁力が小さくなる温度まで加熱して、冷却時に第１記録層の磁化及び第２記録層の磁化の双方又は一方を選択的に反転させる。磁化を反転させる状態の区別は、記録レーザパルスを照射するタイミングをずらすことによって行う。すなわち、図３６に示すように、タイミングがずれた４個のパルス列ｐａｌｓｅ１，ｐａｌｓｅ２，ｐａｌｓｅ３，ｐａｌｓｅ４を生成し、記録信号Ｄａｔａから分離した偶数ビット、奇数ビットの信号と論理演算して、各記録状態に相当する記録レーザ駆動パルスを生成する。

【０１１６】

図３７に信号再生回路のブロック図を、図３８に信号再生方式を示す。磁化ドメイン列から読みだされる再生信号を所定の値に設定された３つのスライスレベルでスライスし、それによって得られる３つの２値化信号ｓｉｇ１，ｓｉｇ２，ｓｉｇ３から、第１例の場合と同様の手順で記録信号を再生できる。

【０１１７】

〈多値記録方法の第４例〉

本例の多値記録方法は、検出窓幅Ｔと同一か、あるいはその整数倍の一定周波数で磁気ヘッド（電磁コイル）を駆動して光磁気記録媒体に外部磁界を印加しつつ、照射されるレーザの強度を変調することを特徴とする。図３９に本例の多値記録に適用されるレーザ強度変調回路のブロック図を示し、図４０に回路各部で取り扱われる信号のタイミングチャートを示す。

【０１１８】

図４１に信号再生回路のブロック図を、図４２に信号再生方式を示す。磁化ドメイン列から読みだされる再生信号を所定の値に設定された３つのスライスレベルでスライスし、それによって得られる３つの２値化信号ｓｉｇ１，ｓｉｇ２，ｓｉｇ３から、第２例の場合

と同様の手順で記録信号を再生できる。

【０１１９】

〈多値記録方法の第５例〉

本例の多値記録方法は、記録信号に応じて多段階に印加磁界強度が信号変調された外部磁界を光磁気記録媒体に印加しつつ、当該光磁気記録媒体の所望の記録トラックに記録信号に応じて多段階にレーザ強度が信号変調されたレーザビームを照射することによって、光磁気記録媒体に信号を多値記録することを特徴とする。光磁気記録媒体としては、第１構成例に係る光磁気記録媒体を適用できる。

【０１２０】

特定の磁化特性を有する光磁気記録媒体に特定の信号を記録する場合であっても、印加磁界強度Ｈと照射レーザ強度Ｐの組合せは、種々考えられる。例えば、図４３（ａ）の磁化特性を有する光磁気記録媒体に図４３（ｄ）の磁区列を記録する場合、図４３（ｂ）に示すように外部磁界Ｈを４段階に切り換えて、最も低レベルの外部磁界強度から順にH_0，H_1，H_2，H_3とすると共に、図４３（ｃ）に示すように照射レーザ強度Ｐを４段階に切り換えて、最も低レベルの照射レーザ強度から順にP_2，P_3，P_0，P_1とし、（H_0，P_0）の組合せを信号“０”に割当て、（H_1，P_1）の組合せを信号“１”に割当て、（H_2，P_2）の組合せを信号“２”に割当て、（H_3，P_3）の組合せを信号“３”に割当て、さらに印加磁界強度Ｈ及び照射レーザ強度Ｐを図４３（ｂ），（ｃ）のパターンで駆動すると、図４３（ｄ）の磁区列を記録できる。

【０１２１】

また、図４４（ｂ）に示すように外部磁界Ｈを４段階に切り換えて、最も低レベルの外部磁界強度から順に$-H_1$，$-H_0$，H_0，H_1とすると共に、図４４（ｃ）に示すように照射レーザ強度Ｐを２段階に切り換えて、低レベルの照射レーザ強度をP_1、高レベルの照射レーザ強度をP_0とし、（$-H_1$，P_1）の組合せを信号“０”に割当て、（$-H_0$，P_0）の組合せを信号“１”に割当て、（H_0，P_0）の組合せを信号“２”に割当て、（H_1，P_1）の組合せを信号“３”に割当て、さらに印加磁界強度Ｈ及び照射レーザ強度Ｐを図４４（ｂ），（ｃ）のパターンで駆動しても、図４４（ｄ）に示すように、図４３（ｄ）と同じ磁区列を記録できる。

【０１２２】

また、図４５（ｂ）に示すように外部磁界Ｈを２段階に切り換えて、低レベルの外部磁界強度を$-H_0$、高レベルの外部磁界強度をH_0とすると共に、図４５（ｃ）に示すように照射レーザ強度Ｐを２段階に切り換えて、低レベルの照射レーザ強度をP_1、高レベルの照射レーザ強度をP_0とし、（$-H_0$，P_1）の組合せを信号“０”に割当て、（$-H_0$，P_0）の組合せを信号“１”に割当て、（H_0，P_0）の組合せを信号“２”に割当て、（H_0，P_1）の組合せを信号“３”に割当て、さらに印加磁界強度Ｈ及び照射レーザ強度Ｐを図６３（ｂ），（ｃ）のパターンで駆動しても、図４５（ｄ）に示すように、図４３（ｄ）と同じ磁区列を記録できる。

【０１２３】

〈多値記録方法の第６例〉

本例の多値記録方法は、多値記録信号を光磁気記録媒体に信号順に記録するのではなく、多値記録信号を光磁気記録媒体に特定の磁化状態を記録する複数の磁界及び／又は照射レーザの組合せに分割し、各組合せごとに順次信号を記録することを特徴とする。磁界の変数としては、磁界の大きさ、変調振幅範囲、変調周波数、又はこれらの組合せを利用することができ、照射レーザの変数としては、レーザ強度、変調周波数、パルス幅、又はこれらの組合せを利用することができる。光磁気記録媒体としては、第１構成例に係る光磁気記録媒体を適用できる。

【０１２４】

図４６に示す磁化特性を有する光磁気記録媒体を例にとって、本例の多値記録方法を説明する。

【０１２５】

図４７はその第１例を示すものであって、まず第１回目の記録は、光学ヘッドを所望のトラックに位置付け、H_0 の磁場のもとで一定強度のレーザ光を照射し、トラック全体を状態“０”にする。次いで、光学ヘッドを第１回目の記録が行われたトラックに再度位置付け、H_1 の磁場のもとでデータ“１”に対応する位置でレーザ光をパルス照射し、状態“０”の中に状態“１”の記録磁区を形成する。３回目の記録は、光学ヘッドを第１回目及び第２回目の記録が行われたトラックに再度位置付け、H_2 の磁場のもとでデータ“２”に対応する位置でレーザ光をパルス照射し、状態“０”，“１”の中に状態“２”の記録磁区を形成する。この際、状態“２”の記録磁区が状態“１”の記録磁区上に形成されないように、予め信号を変調しておく。同様に、第４回目の記録においては、光学ヘッドを第１回目～第３回目の記録が行われたトラックに再度位置付け、H_3 の磁場のもとでデータ“３”に対応する位置でレーザ光をパルス照射し、状態“０”，“１”，“２”の中に状態“３”の記録磁区を形成する。この方式によると、外部磁場を高速で４値切り換えする必要がないので、記録再生装置の負担を軽いものにすることができる。

【０１２６】

図４８は、本方式の信号記録の第２例を示すものであって、第１回目の記録は、光学ヘッドを所望のトラックに位置付けた後、印加する外部磁界をH_0とH_1の２値に切り換えつつ、データ“０”と“１”に対応する位置でレーザ光をパルス照射することによって行う。次いで、光学ヘッドを第１回目の記録が行われたトラックに再度位置付け、印加する外部磁界をH_2とH_3の２値に切り換えつつ、データ“２”と“３”に対応する位置でレーザ光をパルス照射することによって行う。これによって、４値記録が完了する。この方式によると、外部磁界をH_0からH_3までの大きな振幅で高速に切り換える必要がなく、H_0～H_1及びH_2～H_3の小さな振幅で切り換えれば良いので、やはり記録再生装置の負担を軽いものにすることができる。

【０１２７】

なお、前例においては、トラックごとに各記録を繰り返したが、ゾーンごと、あるいはディスク全体にわたって同様の記録方式を適用することもできる。

【０１２８】

また、H_2，H_3が夫々$-H_1$，$-H_0$に等しい場合には、例えば２重コイルヘッドにより、一方でH_0～H_1間あるいはH_2～H_3間の変調振幅に相当する磁場を発生させ、もう一方で、（H_0-H_1）／２の一定磁界をバイアスとして発生させ、その＋と－を切り換えて重畳することにより、H_0～H_1間あるいはH_2～H_3間に相当する変調磁界を印加することができる。

【０１２９】

〈多値記録方法の第７例〉

本例の多値記録方法は、多値の信号レベルを正確に判定するため、信号を弁別するスライスレベルを設定するためのテスト信号を、光磁気記録媒体に記録することを特徴とする。光磁気記録媒体としては、前出の図２０及び図２１に示すフォーマットを有するものが用いられる。

【０１３０】

すなわち、多値記録方法の第１例と同様にして光磁気記録媒体を駆動し、光学ヘッドを所望のアドレスがあるトラックに、また、磁気ヘッドを当該所望のトラックの近傍に位置付けた後、磁気ヘッドより記録データに応じて外部磁界を印加しつつ、光学ヘッドよりレーザビームを照射して、外部磁界に応じた多値信号を記録する。このとき、記録した多値信号を弁別するスライスレベルを設定するためのテスト信号を図２０のテスト領域１７に記録し、その信号を再生することによって、スライスレベルの設定が行えるようにした。

【０１３１】

前記テスト信号のデータパターンは、図２９に示すように、多値の信号レベルの全てを少なくとも１ヵ所ずつ持つようにした。その信号長は、必要に応じて任意に設定できるが、多値の信号レベルを正確に判定するため、再生用レーザビームのスポット径よりも長くすることが特に好ましい。

【０１３２】
尚、ここで言う「多値の信号レベル」とは、各磁区の磁化の状態で規定される信号レベル、例えば図８２又は図８３において状態“０”、“１”、“２”で示される相対信号出力と、複数の微小な磁区が連続する磁区パターンの合計の磁化状態にて規定される信号レベル、例えば図８２又は図８３において状態（“０”、“２”）、（“１”、“２”）、（“０”、“１”）で示される相対信号出力の両者を含む。また、「信号長」とは、図８２又は図８３の例にあっては、“０”、“１”、“２”の磁化状態を現出する磁区の長さを指し、図８２又は図８３の例にあっては、（“０”、“２”）、（“１”、“２”）、（“０”、“１”）の磁化状態を現出するその磁区パターンの連続する長さを指す。これを再生用レーザビームのスポット径よりも長くすることによって、各信号のスライスレベルを設定するためのテスト信号の各レベルにおいて、前後の信号レベルを光学的な干渉によるレベルシフトを生じない領域とすることができる。また、磁気超解像型の光磁気記録媒体を考慮するならば、テスト信号の各レベルの信号に、前後の信号レベルと光学的な干渉によるレベルシフトを生じさせない領域をもたせることがより好ましい。

【０１３３】
多値記録信号の再生に当っては、図５０に示すように、テスト信号の再生時に、多値信号レベルの１～ｎのレベルを各々サンプルホールドし、信号レベルｋとｋ＋１のサンプルホールドレベルV_k とV_{k+1} から信号レベルｋとｋ＋１を弁別するためのスライスレベル$(V_k + V_{k+1})/2$を生成する。

【０１３４】
なお、前記テスト信号は、前記データ記録単位の先頭部分に記録することもできるし、データ記録単位中に一定間隔ごとに設けることもできる。また、前記データ記録単位は、セクタ構造を有する媒体の場合にはセクタ全体でも良いし、クロックの同期をとるための信号に挟まれた領域でも良い。さらには、データの変復調のブロックであっても良いし、任意のバイト数ごとに挿入しても良い。

【０１３５】
〈多値記録方法の第８例〉
本例の多値記録方法は、多値記録信号のエッジを検出するタイミングを正確に判定するためのテスト信号を、光磁気記録媒体に記録することを特徴とする。光磁気記録媒体としては、同じく、前出の図２０及び図２１に示すフォーマットを有するものが用いられる。

【０１３６】
すなわち、多値記録方法の第１例と同様にして光磁気記録媒体を駆動し、光学ヘッドを所望のアドレスがあるトラックに、また磁気ヘッドを当該所望のトラックの近傍に位置付けた後、磁気ヘッドより記録データに応じて外部磁界を印加しつつ、光学ヘッドよりレーザビームを照射して、外部磁界に応じた多値信号を記録する。このとき、記録した多値信号のエッジを再生するタイミングの基準信号を生成するためのテスト信号を図２１のテスト領域１７に記録し、その信号を再生することによって、エッジ検出の基準タイミングの生成が行えるようにした。

【０１３７】
前記テスト信号のデータパターンは、図５１に示すように、多値の信号レベル間の全てのエッジを少なくとも１ヵ所ずつ持つようにした。その信号長は、必要に応じて任意に設定できるが、各多値レベルの長さの光学的な位相シフトを防止するため、再生用レーザビームのスポット径の１／２よりも長くすることが特に好ましい。また、磁気超解像型の光磁気記録媒体を考慮するならば、テスト信号の各エッジの信号に、前後のエッジの信号と光学的な干渉によるレベルシフトを生じさせない長さ以上のエッジ間隔を設定することがより好ましい。

【０１３８】
本例の場合も、「多値の信号レベル」とは、各磁区の磁化の状態で規定される信号レベル、例えば図８２又は図８３において状態“０”、“１”、“２”で示される相対信号出力と、複数の微小な磁区が連続する磁区パターンの合計の磁化状態にて規定される信号レベ

ル、例えば図８２又は図８３において状態（“０”、“２”）、（“１”、“２”）、（“０”、“１”）で示される相対信号出力の両者を含む。また、「信号長」とは、図８２又は図８３の例にあっては、“０”、“１”、“２”の磁化状態を現出する磁区の長さを指し、図８２又は図８３の例にあっては、（“０”、“２”）、（“１”、“２”）、（“０”、“１”）の磁化状態を現出するその磁区パターンの連続する長さを指す。これを再生用レーザビームのスポット径の１／２よりも長くすることにより、多値記録信号のエッジを検出するタイミングの基準と成るタイミング信号を生成するためのテスト信号の各エッジの信号は、前後のエッジの信号レベルと光学的な干渉によるエッジシフトを生じない。

【０１３９】

多値記録信号の再生に当っては、テスト信号の再生時に、各区エッジを独立に検出し、エッジ検出信号の基準タイミングを生成する。データ信号再生時には、各区エッジを独立に検出し、図５２に示すように、テスト信号のエッジ検出タイミングを基準にして、各エッジ検出信号を合成する。

【０１４０】

なお、本例の場合にも、前記テスト信号は、前記データ記録単位の先頭部分に記録することもできるし、データ記録単位中に一定間隔ごとに設けることもできる。また、前記データ記録単位は、セクタ構造を有する媒体の場合にはセクタ全体でも良いし、クロックの同期をとるための信号に挟まれた領域でも良い。さらには、データの変復調のブロックであっても良いし、任意のバイト数ごとに挿入しても良い。

【０１４１】

〈多値記録方法の第９例〉

本例の多値記録方法は、多値の信号レベルを正確に判定するため、信号を弁別するスライスレベルを設定するためのテスト信号を光磁気記録媒体に記録すると共に、多値記録信号のエッジを検出するタイミングを正確に判定するためのテスト信号を光磁気記録媒体に記録することを特徴とする。光磁気記録媒体としては、前出の図２０及び図２１に示すフォーマットを有するものが用いられる。

【０１４２】

すなわち、多値記録方法の第１例と同様にして光磁気記録媒体を駆動し、光学ヘッドを所望のアドレスがあるトラックに、また、磁気ヘッドを当該所望のトラックの近傍に位置付けた後、磁気ヘッドより記録データに応じて外部磁界を印加しつつ、光学ヘッドよりレーザビームを照射して、外部磁界に応じた多値信号を記録する。このとき、記録した多値信号を弁別するスライスレベルを設定するためのテスト信号並びに記録した多値信号のエッジを再生するタイミングの基準信号を生成するためのテスト信号を図２１のテスト領域１７に記録し、その信号を再生することによって、スライスレベルの設定並びにエッジ検出の基準タイミングの生成が行えるようにした。

【０１４３】

前記各テスト信号のデータパターン並びに多値記録信号の再生方法については、前出の多値記録方法の第７例及び第８例と同じであるので、重複を避けるために説明を省略する。

【０１４４】

なお、本例の場合にも、前記テスト信号は、前記データ記録単位の先頭部分に記録することもできるし、データ記録単位中に一定間隔ごとに設けることもできる。また、前記データ記録単位は、セクタ構造を有する媒体の場合にはセクタ全体でも良いし、クロックの同期をとるための信号に挟まれた領域でも良い。さらには、データの変復調のブロックであっても良いし、任意のバイト数ごとに挿入しても良い。

【０１４５】

〈多値記録方法の第１０例〉

光磁気記録媒体にマークエッジ記録を行う一手段として、図５３に示すように、一定の周期で記録磁区を形成し、情報信号に応じて記録磁区のエッジ位置を記録磁区周期よりも十分に小さな範囲で２段階以上に段階的に変調させた。この方式を本発明の多値記録用光磁

気記録媒体と組み合わせることにより、時間方向（トラック方向）と振幅方向の２次元多値記録が実現できる。なお、記録磁区の形成周期は、任意のエッジの信号とその前後のエッジの信号との光学的な干渉によるエッジシフトを生じない長さ以上の磁区長及び磁区間隔とすることがより好ましい。

【０１４６】

記録方法としては、記録用レーザビームと外部磁界とを同時に変調して記録する方式において、記録用レーザビームの照射強度、照射時間、照射タイミング、それに印加する外部磁界の強度あるいは切り替えのタイミングなどを記録情報に応じて変調する方法がとられる。

【０１４７】

図５４は、記録用レーザビームの照射パルス幅を、記録情報信号に応じて段階的に変調した例を示している。光－磁気変調記録においては、光磁気記録媒体が記録可能な温度に昇温された範囲が媒体冷却時に外部磁界に応じた磁区となるので、エッジの位置は記録用レーザビームの照射開始タイミングに大きく依存する。したがって、図５５のように、パルス幅一定で照射タイミングを記録情報信号に応じて段階的に変調することも可能である。さらには、熱的な履歴が残ることによるエッジシフトを防止するために、図５６に示すように、光照射パルスの前エッジを当該記録情報信号によって、また後エッジを次の記録情報信号に応じて段階的に変調しても良い。

【０１４８】

図５７は、記録用レーザビームの照射強度を、記録情報信号に応じて段階的に変調した例を示している。記録用レーザビームの照射強度を変調すると、記録磁区の大きさ、すなわち記録磁区の磁化状態及び長さが光強度に応じて変調されるので、光照射タイミングを変調する場合と同様に、エッジ位置を制御できる。また、光強度単独に限られず、光照射タイミング制御や光照射パルス幅制御と併用することも可能である。

【０１４９】

図５８は、外部磁界の強度を変調することにより、エッジ位置を制御した例を示している。光磁気記録媒体に印加される外部磁界強度を変化させると、記録磁区の大きさが変化するので、記録用レーザビームの照射強度等を変調する場合と同様に、エッジ位置を制御できる。もちろん、これと光強度制御や光照射タイミング制御、それに光照射パルス幅制御と併用することも可能である。

【０１５０】

図５９は、外部磁界の印加タイミングを変調することにより、エッジ位置を制御した例を示している。この場合、記録磁区のエッジ位置は、印加磁界の切り替え位置と対応するので、記録用レーザビームは、パルスのみならずＤＣ光でも良い。

【０１５１】

〈多値記録方法の第１１例〉

光－磁界変調記録においては、光強度と光パルス幅により基本的な磁区形状が決まる。図６０に示すように、記録用レーザビームの強度と記録パルス幅を同時に制御することにより、記録磁区長を一定に保ちつつ、記録磁区幅を変化させることができる。すなわち、これによって各記録レベルを微小に変化させることができるので、情報信号に対応してレベルの微小変調を行うことにより、記録の多値化が実現できる。前出の多値記録方法の第９例に示した２次元多値記録と復号すれば、記録磁区のエッジ位置、磁化状態に対応したレベル位置、及び磁区の幅に対応したレベル位置の３パラメータによる３次元多値記録が実現できる。

【０１５２】

〈多値記録方法の第１２例〉

本例の多値記録方法は、光学ヘッドのトラッキング制御方式として、サンプルサーボ方式を用いることを特徴とする。光磁気記録媒体としては、前出の図２１及び図６１（ａ）に示すフォーマットを有するものが用いられる。

【０１５３】

図２１及び図６１（ａ）に示すように、本例の光磁気記録媒体は、記録トラック１１が多数のデータ記録単位（セグメント）１２に分割されており、各データ記録単位（セグメント）１２には、サーボ領域１４とデータ記録領域１５とが設けられている。また、サーボ領域１４には、トラッキングピット１６と埋め込みピット１８とが予め設けられている。

【０１５４】

図６２は、かかるサンプルサーボ方式の光磁気記録媒体に好適な記録再生装置のブロック図であって、レーザから出射したレーザビームは、絞り込みレンズにより記録層上にスポットを形成する。一方、レーザスポットの近傍には、磁気コイル（磁気ヘッド）が配置されており、多値信号で強度変調された磁界を記録層に印加できるように構成されている。レーザから出射したレーザビームは、記録トラック１１に沿って照射され、レーザビームのトラッキングは、サーボ領域１４に設けられたトラッキングピット１６を検出することによって行われる。一方、信号の記録再生は、サーボ領域１４に設けられた埋め込みピット１８より検出される信号からＰＬＬ回路でチャネルクロックを生成し、このチャネルクロックでレーザ駆動回路、多値符号器、それに多値復号器を制御することによって行う。

【０１５５】

なお、光磁気ディスクにおいては、一般に基板の微小な複屈折率の変動により、再生信号のＤＣレベルが変動する。一方、サンプルサーボ方式の光磁気ディスクには、１トラック当たり１０００個以上のセグメントが存在し、その範囲内では、再生信号のＤＣレベルは一定であるとみなすことができる。そこで、各セグメントの一部、例えばテスト領域１７に信号が記録されない未記録領域を設けておくことによって、当該未記録領域の反射率を基準としてＤＣレベルの変動の補正を行うことができ、多値記録信号の識別を容易にすることができる。図６３に、図６２の記録再生装置に適用されるＤＣレベル補正回路の一例を示す。レベルクランプゲートは、前記未記録領域からの再生信号が検出された時点で、サンプルサーボ回路（Ｓ／Ｈ回路）をホールドするように制御する。

【０１５６】

〈多値記録方法の第１３例〉

本例の多値記録方法は、駆動装置の温度、環境温度、駆動装置の性能のばらつき、光磁気記録媒体の特性のばらつき等に関係なく、多値記録信号振幅（多値記録磁区幅）を一定に制御するためのテスト信号を、光磁気記録媒体のユーザ領域外に設けられたテスト領域に記録し、その再生信号を基準信号と比較して、記録レーザパワー及び／又は記録レーザパルス幅を制御することを特徴とする。光磁気記録媒体としては、前出の図２２及び図２３に示すフォーマットを有するものが用いられる。

【０１５７】

まず、光磁気記録媒体を記録再生装置に装着し、光学ヘッドをテスト領域２２中の所望のアドレスに位置付ける。また、磁気ヘッドを当該所望のトラックの近傍に位置付ける。しかる後に、光学ヘッド及び磁気ヘッドを駆動して、当該テスト領域に、当該光磁気記録媒体に記録しようとする多値記録信号を組み合わせた一定のテストパターンを記録する。次いで、当該テスト信号を再生して信号振幅を基準の信号振幅と比較し、光磁気記録媒体上の記録温度を一定に制御する。

【０１５８】

テスト信号の記録は、光磁気記録媒体を記録再生装置に装着した後であれば、必要に応じて適宜のタイミングで行うことができる。例えば、光磁気記録媒体を記録再生装置に装着した時点で行うこともできるし、記録再生装置の動作開始時点で行うこともできる。また、光磁気記録媒体に対する信号の記録動作の直前で行うこともできる。さらには、光磁気記録媒体を記録再生装置に装着した後、一定の時間間隔で行うこともできる。

【０１５９】

テストパターンの記録は、図６４（ａ）に示すように、多値記録信号の相隣接する２つの信号レベル間に近似した再生信号が得られるように、一定レベルの外部磁界をパルス状に印加しつつ、レーザパワーを連続的又は段階的に変化させて、単一の周波数で行う。本例では、各多値記録レベルについて、レーザパワーを０．１ｍＷずつ８段階に切り替えて、

テストパターンの記録を行った。図６４（ｂ）にその再生信号波形を示す。そして、夫々の記録パワーの再生信号に対して信号の最小値、最大値をピークホールドし、信号振幅を求め、それらの信号振幅と基準の信号振幅との差が最も小さくなり、かつその差が一定の値以下になる条件を最適記録条件とする。最適記録条件が見つからない場合には、レーザパワーを上げてテスト記録を繰り返す。記録再生装置の最大パワーを超えても最適記録条件が見つからない場合には、エラーとして動作を終了する。

【０１６０】

図６５に、最適条件検出回路のブロック図を示す。基準の信号振幅は、媒体上のユーザ領域外でかつテスト領域外に予め記録された信号から求めることができる。また、媒体上に予め記録された基準信号振幅に関するデータを読み取って、記録再生装置で生成することもできる。さらには、記録再生装置に備えられたメモリに予め基準信号振幅に関するデータを記憶しておくこともできる。

【０１６１】

なお、前例においては、レーザパワーを変えることによってテストパターンを記録したが、記録パルス幅を変えてテストパターンを記録することもできるし、さらには、レーザパワーと記録パルス幅の両方を変えてテストパターンを記録することもできる。

【０１６２】

〈多値記録方法の第１４例〉

本例の多値記録方法は、駆動装置の温度、環境温度、駆動装置の性能のばらつき、光磁気記録媒体の特性のばらつき等に関係なく、多値記録信号振幅（多値記録磁区幅）を一定に制御するためのテスト信号を、光磁気記録媒体のユーザ領域外に設けられたテスト領域に記録し、その再生信号から各多値記録レベル間の振幅が等しくなるように記録外部磁界を制御することを特徴とする。光磁気記録媒体としては、前出の図２２及び図２３に示すフォーマットを有するものが用いられる。

【０１６３】

第１３例と同様に、まず、光磁気記録媒体を記録再生装置に装着し、光学ヘッドをテスト領域２２中の所望のアドレスに位置付ける。また、磁気ヘッドを当該所望のトラックの近傍に位置付ける。しかる後に、光学ヘッド及び磁気ヘッドを駆動して、当該テスト領域に、当該光磁気記録媒体に記録しようとする多値記録信号を組み合わせた一定のテストパターンを記録し、多値記録信号のレベル間の信号振幅が一定になるように外部磁界を制御する。

【０１６４】

テストパターンの記録は、図６６（ａ）に示すように、多値記録レベルの全てを含み、かつそのうちの２つの多値記録レベルを基準として、その他の各多値記録レベルの外部磁界を変化させるテストパターンを用いて行う。本例では、各多値記録信号レベルに対して、外部磁界を４段階に切り替えて、テストパターンの記録を行った。図６６（ｂ）にその再生信号波形を示す。そして、夫々の記録磁界の再生信号に対して信号レベルをサンプルホールドし、信号振幅を求める。また、得られた各多値信号レベルを比較して、信号レベル間隔が等しくなるような外部磁界の組合せを最適記録条件とする。図６７に、本例の記録再生方法に好適な最適条件検出回路のブロック図を示す。

【０１６５】

その他については、第１３例の記録再生方法と同じであるので、重複を避けるために説明を省略する。

【０１６６】

〈多値記録方法の第１５例〉

本例の多値記録方法は、光磁界変調記録を行う光磁気記録再生装置において、駆動装置の温度、環境温度、駆動装置ばらつき、光磁気記録媒体ばらつきに関係なく、多値記録信号の記録信号振幅（多値記録磁区幅）を一定に制御するために、レーザ光パワーおよびレーザ光パルス幅の少なくとも一方を変更しつつ、２種以上の光パルス周期でテスト信号の記録を行い、各々の信号レベルの平均値の差が一定の値になるように記録レーザパワーおよ

びレーザ光パルス幅の少なくとも一方を制御することを特徴とする。光磁気記録媒体の例としては図２２および図２３に示すフォーマットを有するものが用いられる。

【０１６７】

多値記録方法の第１３例、第１４例と同様に、まず、光磁気記録媒体を記録再生装置に装着し、光学ヘッドをテスト領域２２注の所望のアドレスに位置付ける。また、磁気ヘッドを当該所望のトラックの近傍に位置付ける。しかる後に、光学ヘッドおよび磁気ヘッドを駆動して、当該テスト領域に、当該光磁気記録媒体に記録しようとする多値記録信号を２種以上の光パルス周期で、レーザ光パワーおよびレーザ光パルス幅の少なくとも一方を変更しつつ記録する。ついで、当該テスト信号を再生して、前記の２種以上の周期の再生信号の各々の信号レベルの平均値の差が一定にすることにより、光磁気記録媒体の記録磁区幅を一定に制御する。

【０１６８】

テスト記録は、図６８あるいは図６９に示すように、多値記録信号の最も振幅の大きな２つのレベル間で２種以上の記録レーザ光パルス周期で行う。上記２つの記録レーザ光パルス周期のうち少なくとも１種の周期は、当該周期の記録磁区が重なり合わない周期に、少なくとも１種の周期は、当該周期の記録磁区が重なり合う周期に設定する。図６８あるいは図６９に示すようなタイミングで極性を切り替えつつ一定強度の記録外部磁界を印加しつつ、記録レーザパワーを段階的に変化させて記録を行う。図７０は図６８の再生信号波形を表している。また、図７１は図６９の再生信号波形を示している。図７０の場合も図７１の場合も、記録レーザパワーを変化させると、記録磁区が重なり合う周期で記録した信号の信号レベルの平均値に対して、記録磁区が重なり合わない周期で記録した信号の信号レベルの平均値が大きく変化する。段階的に変化させたすべての記録条件に対して、２つの周期の平均値の差（Δ1）を検出して、Δ1の値が基準値に最も近い条件を最適記録条件に設定する。このとき、予め設定した基準値が０の場合、光磁気記録媒体ばらつきや回路のＤＣオフセットやドリフトの影響を受けにくいので、基準値が０になるように記録磁区の重ならない周期を、実効的な光スポット径とほぼ等しくすることが望ましい。

【０１６９】

図７２に最適条件検出回路のブロック図の一例を示す。再生されたテスト信号は、上記記録レーザパルス周期より充分低いカットオフ周波数を持ったローパスフィルタを通すことにより、各々の記録レーザパルス周期の再生信号レベルの平均値になる。その上で、信号の最大値と最小値をピークホールドして差を取ることによりΔ1を検出することができる。

【０１７０】

その他については第１３例の記録再生方法と同じであるので、重複を避けるため説明を省略する。

【０１７１】

〈多値記録方法の第１６例〉

本例の多値記録方法は、多値記録用の光磁気記録媒体に、当該光磁気記録媒体が有する安定な記録状態の磁界領域の数よりも多値の記録信号を記録することを特徴とする。光磁気記録媒体としては、前出の第１構成例及び第２構成例に係る光磁気記録媒体を用いることができるが、ここでは４値記録用の光磁気記録媒体（第１構成例に係る光磁気記録媒体。具体的には、図９～図１３の光磁気記録媒体。）を用いて、１６値の記録を行う場合について説明する。

【０１７２】

まず、光磁気記録媒体をターンテーブル等の媒体駆動部に装着し、透明基板側に光学ヘッドを、保護層側に磁気ヘッドを配置する。媒体駆動部を起動して光磁気記録媒体と光学ヘッド及び磁気ヘッドとを相対的に所定の線速度で駆動し、光学ヘッド及び磁気ヘッドを所定のトラックに位置付ける。しかる後に、光学ヘッドより当該所定の記録トラックに沿って一定強度のレーザビームを照射しつつ、磁気ヘッドより所望の記録信号にてパルス状に信号変調された磁界を印加して信号の記録を行う。

【０１７３】
この場合、図７３に示すように、４値記録信号（００３１２２００１２０３２１３３１１３０２３０１１３２０３２１０）を先頭から２つずつ区切ることによって、（００）（３１）（２２）（００）（１２）（０３）（２１）（３３）（１１）（３０）（２３）（０１）（１３）（２０）（３２）（１０）という信号列に変換し、さらに、各組の第１番目の信号と第２番目の信号とを別個に取りだすことによって、（０３２０１０２３１３２０１２３１）という第１の信号列と、（０１２０２３１３１０３１３０２０）という第２の信号列とに分割する。

【０１７４】
そして、レーザビームが、所望の記録トラックの先頭位置に至ったとき、光学ヘッドより照射されるレーザビームの強度を記録レベルP_1に切り替えると共に、磁気ヘッドより第１の信号列にてパルス状に信号変調された磁界H_1を印加する。これによって、図７３（ａ）に示すように、光磁気記録媒体に幅広の第１の書き込み信号列２０１を形成する。

【０１７５】
次いで、レーザビームを、第１の書き込み信号列２０１が形成された記録トラックの先頭位置に再度位置付け、光学ヘッドより照射されるレーザビームの強度を、前記第１の書き込み信号列２０１を書き換え可能なレベルP_2（$P_1 > P_2$）に切り替えると共に、磁気ヘッドより第２の信号列にてパルス状に信号変調された磁界H_2を印加する。これによって、図７３（ａ）に示すように、第１の書き込み信号列２０１の中心部に、第１の書き込み信号列２０１の幅よりも狭い第２の書き込み信号列２０２を形成する。なお、第１の書き込み信号列２０１の幅よりも第２の書き込み信号列２０２の幅を小さくし、第１の書き込み信号列２０１の一部を第２の書き込み信号列２０２に書き換えることは、波長が異なる複数個のレーザ光を用いることにより、スポットの大きさを変更することによっても行うことができる。

【０１７６】
記録信号の再生は、第１の書き込み信号列２０１の幅よりもスポット径Ｄが大きな再生用レーザビーム２１０を、記録トラックに沿って照射することにより行える。すなわち、記録トラックに沿って第１の書き込み信号列２０１の幅よりもスポット径Ｄが大きな再生用レーザビーム２１０を照射すると、図７３（ｂ）に示すように、第１及び第２の信号列の信号が共に“３”の領域と、第１の信号列の信号が“３”で第２の信号列の信号が“２”の領域と、第１の信号列の信号が“３”で第２の信号列の信号が“１”の領域と、第１の信号列の信号が“３”で第２の信号列の信号が“０”の領域と、第１の信号列の信号が“２”で第２の信号列の信号が“３”の領域と、第１の信号列の信号が“２”で第２の信号列の信号が“２”の領域と、第１の信号列の信号が“２”で第２の信号列の信号が“１”の領域と、第１の信号列の信号が“２”で第２の信号列の信号が“０”の領域と、第１の信号列の信号が“１”で第２の信号列の信号が“３”の領域と、第１の信号列の信号が“１”で第２の信号列の信号が“２”の領域と、第１の信号列の信号が“１”で第２の信号列の信号が“１”の領域と、第１の信号列の信号が“１”で第２の信号列の信号が“０”の領域と、第１の信号列の信号が“０”で第２の信号列の信号が“３”の領域と、第１の信号列の信号が“０”で第２の信号列の信号が“２”の領域と、第１の信号列の信号が“０”で第２の信号列の信号が“１”の領域と、第１及び第２の信号列の信号が共に“０”の領域とでは、再生用レーザスポット２１０が照射された領域の合計の磁化状態が異なるので、前記各領域における合計の磁化状態に、夫々“０”～“１５”を割り当てることによって、１６値の記録信号を検出できる。

【０１７７】
かように、本例の記録再生方式によると、４値記録媒体を用いて、信号の１６値記録を実現できるので、安価にして記録情報量が大きい光磁気記録媒体を提供できる。

【０１７８】
なお、磁界変調方式に代えて、光変調方式によっても同様の１６値記録を実行できることは勿論である。

【０１７９】
〈多値記録方法の第１７例〉
本例の多値記録方法は、４値記録用の光磁気記録媒体に、光－磁界変調方式により信号を１６値記録することを特徴とする。
【０１８０】
第１６例の場合と同様に、光磁気記録媒体をターンテーブル等の媒体駆動部に装着し、透明基板側に光学ヘッドを、保護層側に磁気ヘッドを配置する。媒体駆動部を起動して光磁気記録媒体と光学ヘッド及び磁気ヘッドとを相対的に所定の線速度で駆動し、光学ヘッド及び磁気ヘッドを所定のトラックに位置付ける。しかる後に、図７４に示すように、光学ヘッドより当該所定の記録トラックに沿ってパルス状に強度変調されたレーザビームを照射しつつ、磁気ヘッドより所望の記録信号にてパルス状に信号変調された磁界を印加して信号の記録を行う。
【０１８１】
記録信号は、第１６例と同様の方法で、第１の信号列と第２の信号列とに分割する。そして、レーザビームが、所望の記録トラックの先頭位置に至ったとき、光学ヘッドより照射されるレーザビームをパルス状に切り替えると共に、その強度を記録レベルP_1に切り替える。また、磁気ヘッドより第１の信号列にてパルス状に信号変調された磁界H_1を印加する。これによって、図７４（ａ）に示すように、光磁気記録媒体に幅広の第１の書き込み信号列２０１を形成する。パルス状の記録用レーザビームは、磁気ヘッドより印加される外部磁界が目標値に到達したタイミングに併せて照射される。
【０１８２】
次いで、レーザビームを、第１の書き込み信号列２０１が形成された記録トラックの先頭位置に再度位置付け、光学ヘッドより照射されるレーザビームをパルス状に切り替えると共に、その強度を、前記第１の書き込み信号列２０１を書き換え可能なレベルP_2（$P_1 > P_2$）に切り替える。また、磁気ヘッドより第２の信号列にてパルス状に信号変調された磁界H_2を印加する。これによって、図７４（ａ）に示すように、第１の書き込み信号列２０１の中心部に、第１の書き込み信号列２０１の幅よりも狭い第２の書き込み信号列２０２を形成する。この場合にも、パルス状の記録用レーザビームは、磁気ヘッドより印加される外部磁界が目標値に到達したタイミングに併せて照射される。なお、本例の記録再生方式においては、第１回目の記録時と第２回目の記録時とで記録用レーザビームの発光タイミングを時間ｔだけずらしている。このようにすると、図７５に示すように、第１回目と第２回目の記録用レーザビームの発光タイミングを揃えた場合よりも、各領域より検出される再生信号の波形が、よりシャープになる。時間ｔは、再生信号の波形が、最もシャープになる値に調節される。
【０１８３】
記録信号の再生は、第１６例の場合と同様に、第１の書き込み信号列２０１の幅よりもスポット径Ｄが大きな再生用レーザビーム２１０を、記録トラックに沿って照射することにより行える。すなわち、記録トラックに沿って第１の書き込み信号列２０１の幅よりもスポット径Ｄが大きな再生用レーザビーム２１０を照射すると、図７４（ｂ）に示すように、第１及び第２の信号列の信号が共に“３”の領域と、第１の信号列の信号が“３”で第２の信号列の信号が“２”の領域と、第１の信号列の信号が“３”で第２の信号列の信号が“１”の領域と、第１の信号列の信号が“３”で第２の信号列の信号が“０”の領域と、第１の信号列の信号が“２”で第２の信号列の信号が“３”の領域と、第１の信号列の信号が“２”で第２の信号列の信号が“２”の領域と、第１の信号列の信号が“２”で第２の信号列の信号が“１”の領域と、第１の信号列の信号が“２”で第２の信号列の信号が“０”の領域と、第１の信号列の信号が“１”で第２の信号列の信号が“３”の領域と、第１の信号列の信号が“１”で第２の信号列の信号が“２”の領域と、第１の信号列の信号が“１”で第２の信号列の信号が“１”の領域と、第１の信号列の信号が“１”で第２の信号列の信号が“０”の領域と、第１の信号列の信号が“０”で第２の信号列の信号が“３”の領域と、第１の信号列の信号が“０”で第２の信号列の信号が“２”の領域と

、第１の信号列の信号が“０”で第２の信号列の信号が“１”の領域と、第１及び第２の信号列の信号が共に“０”の領域とでは、再生用レーザスポット２１０が照射された領域の合計の磁化状態が異なるので、前記各領域における合計の磁化状態に、夫々“０”～“１５”を割り当てることによって、１６値の記録信号を検出できる。

【０１８４】

本実施例によると、前記第１６例と同様の効果を奏するほか、磁気ヘッドによって印加される外部磁界が目標値に到達したタイミングに併せてパルス状の記録用レーザビームを照射するようにしたので、各磁化ドメインのエッジがシャープになり、ジッタに対するマージンを大きくできる。また、第１回目の記録時と第２回目の記録時とで記録用レーザビームの発光タイミングをずらしたので、第１回目と第２回目の記録用レーザビームの発光タイミングを揃えた場合よりも各領域よりシャープな再生信号を得ることができる。よって、これらの効果より、ピットエッジ記録が可能になる。

【０１８５】

なお、記録信号を３つの信号列に分割し、同一のトラック上にこれら３つの信号列を重ね書きすれば、同様の原理によって、６４値信号記録を行える。

【０１８６】

〈多値記録方法の第１８例〉

本例の多値記録方法は、記録トラックに沿って微小なプリピットが微小な間隔で形成された光磁気記録媒体に対して、信号を記録再生することを特徴とする。この光磁気記録媒体の構成及び用法としては、以下のようなものが考えられる。

【０１８７】

ａ．情報記録領域にデータ単位に分割されたプリピット群を有する基板上に光磁気記録層を形成し、プリピット内又はプリピット間に光磁気信号を記録する。

【０１８８】

ｂ．前記ａ．の媒体の上に、多値記録が可能な記録膜を積層する。

【０１８９】

ｃ．前記ａ．のプリピット群を、トラックごとに規則的に配列する。半径方向に直線上に並べたり、１／２周期ずらしたりする。これにより、クロストークの量子化が可能になる。

【０１９０】

ｄ．前記ａ．の媒体において、プリピットの内と外で、膜の組成や膜厚を変更することもできる。

【０１９１】

ｅ．前記ａ．の媒体のプリピットを再生光スポット径より小さく形成し、その上に磁気超解像が可能な記録膜を積層する。

【０１９２】

ｆ．その他、前記ａ．～ｅ．の媒体に対して、前記した各種の多値記録方法を適用する。

【０１９３】

光磁気記録媒体においては、記録密度の向上が、最も重大な技術的課題の１つである。記録磁区を微小化し、信号をトラック方向に詰めて記録すれば、記録密度を向上することはできる。しかしながら、記録磁区を微小化すると、隣接した磁区から再生される信号が相互に干渉しやすくなり、分離できなくなる。

【０１９４】

記録トラックに沿って微小なプリピットを微小な間隔で形成すると、記録トラックに沿って再生用レーザビームを照射したとき、光の回折や干渉によってプリピットがある部分からの反射光信号とプリピットがない部分からの反射光信号とが変化するので、その反射光信号（いわゆる和信号）を検出することによって、プリピットの有無を検出できる。一方、磁性膜に記録された光磁気信号（いわゆる差信号）は、プリピットの有無に関係なく、記録磁区の磁化の方向を検出することによって検出できる。したがって、記録磁区をプリピットと位置的に関連付けて形成すれば、記録磁区が微小化しても記録磁区の位置を明確

にすることができ、信号の分離が容易になって、記録密度の向上が図れる。

【０１９５】

図７６は、プリピット３０１上に記録磁区３０２を形成した場合を示している。本例の場合には、和信号と差信号が１対１に対応するので、和信号のピークを検出することによって、記録磁区３０２を検出できる。

【０１９６】

図７７（ａ）は、記録磁区３０２の先頭エッジがプリピット３０１に重なるように記録磁区３０２を形成した場合を示し、図７７（ｂ）は、相隣接するプリピット３０１の間に複数（本例では３個）の記録磁区３０２を形成した場合を示す。また、図７７（ｃ）は、プリピット３０１の配列中心と記録磁区３０２の配列中心をずらした場合を示し、図７７（ｄ）は、プリピット３０１の配列中心と記録磁区３０２の配列中心をずらすと共に、相隣接するプリピット３０１の間に複数（本例では３個）の記録磁区３０２を形成した場合を示す。

【０１９７】

図７８（ａ）は、プリピット３０１を凸形に形成した場合を示し、図７８（ｂ）は、プリピット３０１を楕円形に形成した場合を示す。また、図７８　（ｃ）は、２つの凸形のプリピット３０１ａ，３０１ｂ上に１つの記録磁区３０２を形成した場合を示し、図７８（ｄ）は、２つの凹形のプリピット３０１ａ，３０１ｂ上に１つの記録磁区３０２を形成した場合を示す。

【０１９８】

図７９は、プリピット３０１をトラック方向のみならず、トラック間方向にも規則性をもたせて形成した場合を示す。このように、隣接トラック上のプリピット相互の位置関係に規則性をもたせ、これを案内として記録磁区を形成すると、隣接トラックからに記録信号の漏れ込み、いわゆるクロストークのレベルを、記録パターンによって量子化されたレベルにできる。

【０１９９】

図８０は、中央のトラックを再生用レーザスポット２１０の中心が通るように再生用レーザスポット２１０を走査した状態を示す。このようにすると、再生信号レベルは、両側のトラックの記録パターンとの組合せによって、６つのレベルに分離された多値信号として出力される。元の信号は、各トラックの中央を再生用レーザスポット２１０の中心が通るように再生した信号の相互関係により、漏れ込んだ信号をキャンセルして再生する。この場合、１度多値記録として再生され、６段階に分離されているので、クロストークのキャンセルが容易になる。

【０２００】

本例の記録再生方法は、再生光スポット内にレーザの進行方向ないしクロストラック方向に複数の記録ピットが存在し、それらの記録状態の各組合せにより発現する再生信号の各レベルが各々画定された多段階にある記録再生方式であり、多値記録用の光磁気記録媒体のみならず、通常の２値記録用の光磁気記録媒体や磁気超解像形の光磁気記録媒体を用いた信号の記録再生にも応用できる。

【０２０１】

以下に、本発明の他の多値記録方法を列挙する。

【０２０２】

▲１▼透明基板上に積層される各膜の屈折率や膜厚、それに垂直磁化膜のカー回転角などを調整することによって、各記録状態に対応する相対信号出力の間隔を等しくする。例えば３値記録媒体の場合、図８１に示すように、状態“０”、“１”、“２”に対応する記録信号の各レベル間隔を等しくする。このようにすると、記録信号の各レベル間隔の遷移に対する再生信号のＳ／Ｎが均等になり、総合的に信号効率が高められる。本法は、最小記録磁区の大きさが、再生用光のスポット径に対して比較的大きい場合、例えばスポット径の１／２以上である場合に特に有効である。

【０２０３】

▲２▼最小記録磁区の大きさが、再生用光のスポット径よりも小さい場合、特にスポット径の１／２以下の大きさで記録を行う場合、微小磁区の波形間干渉で発生する信号レベルと各記録状態の大きな磁区から発生する信号レベルとが異なるようにする。

【０２０４】

最小記録磁区の大きさが、再生用光のスポット径に対して比較的小さい場合、例えばスポット径の１／２以下である場合には、これが連続すると、再生信号の波形間干渉により信号出力は両状態の中間値をとる。例えば、本発明の多値記録媒体に状態“０”と状態“２”の同じ大きさの微小記録磁区を繰り返し記録した場合、図８２に示すように、状態“１”に対する再生用光のスポット径に対して比較的大きい磁区の再生信号と同じレベルとなり、両者の区別ができなくなる。

【０２０５】

そこで、微小磁区の波形間干渉で発生する信号レベルと各記録状態の大きな磁区から発生する信号レベルとが異なるようにすると、状態“０”、状態“１”、状態“２”、それに状態“０”と状態“１”との間の波形間干渉レベル、状態“０”と状態“２”との間の波形間干渉レベル、状態“１”と状態“２”との間の波形間干渉レベルにそれぞれ信号を割り当てることによって、より高次の多値記録が可能になる。

【０２０６】

各信号レベルは、相互に一致しないようにし、好ましくは等間隔にする。その方法としては、媒体で行う方法と記録方式で行う方法がある。媒体で行う方法としては、図８３に示すように、微小磁区の波形間干渉で発生する信号レベルとは異なる信号レベルに各記録状態の大きな磁区から発生する信号レベルが位置するように、各膜の多重干渉条件を設定する方法がある。また、記録方式で行う方法としては、図８４に示すように、各記録状態の大きな磁区から発生する信号レベルとは異なる位置に、微小磁区の波形間干渉で発生する信号レベルが位置するように、記録磁区の面積比率を制御する方法がある。具体的には、媒体が記録再生装置に挿入された際に、装置が微小記録磁区の面積比率を変化させて記録を試行し、各記録状態の大きな磁区から発生する信号レベルと相互に一致せず、好ましくは等間隔にする面積比を選定するという方法をとることができる。また、これら媒体で行う方法と記録方式で行う方法とを併用することもできる。この併用方式によると、より各信号レベルの調整が容易となり、信号レベル間隔を等間隔にすることができる。また、記録磁区の面積比率を制御することにより、信号レベルを任意の位置に調整することもできる。

【０２０７】

▲３▼多値記録媒体に対するマークエッジ記録方法と、当該方法でマークエッジ記録がされた媒体からの信号再生方法。

図８５に、記録磁区の端部（マークエッジ）に３値の情報を担持させるマークエッジ記録方法、及び当該方法でマークエッジ記録がされた多値記録媒体からの信号再生方法を示す。光磁気記録媒体としては、磁性層に３値の情報を記録可能な光磁気記録媒体が用いられる。

【０２０８】

まず、当該光磁気記録媒体に対するマークエッジ記録方法について説明する。光磁気記録媒体に３値の情報“０”、“１”、“２”を記録するためには、磁性層の磁化状態（磁性層が複数層ある場合には、各磁性層が有する磁化状態の合計の磁化状態）を３段階に切り替える必要がある。それら３段階の磁化状態を夫々Ａ，Ｂ，Ｃ（但し、磁化の大きさは、Ａ＜Ｂ＜Ｃの順に大きくなるとする。）とし、図８５（ｃ）に示すように、▲１▼白地の磁化状態Ａが連続する部分、斜線の磁化状態Ｂから白地の磁化状態Ａに切り替わる部分、格子の磁化状態Ｃから白地の磁化状態Ａに切り替わる部分に“０”の情報を割り当て、▲２▼白地の磁化状態Ａから斜線の磁化状態Ｂに切り替わる部分、斜線の磁化状態Ｂが連続する部分、格子の磁化状態Ｃから斜線の磁化状態Ｂに切り替わる部分に“１”の情報を割り当て、▲３▼白地の磁化状態Ａから格子の磁化状態Ｃに切り替わる部分、斜線の磁化状態Ｂから格子の磁化状態Ｃに切り替わる部分、格子の磁化状態Ｃが連続する部分に“２”

の情報を割り当てて情報の記録を行うと、例えば３値情報（１０２０２２０１２１０）は、図８５（ａ）に示すマーク列で記録できる。

【０２０９】

次に、前記の方法で３値の情報がマークエッジ記録された媒体からの信号再生方法について説明する。図８５（ａ）のマーク列に沿って再生用光を照射すると、各記録磁区の磁化の大きさに対応して、図８５（ｂ）の再生信号波形が得られる。Ａの記録磁区から検出される再生信号出力をα、Ｂの記録磁区から検出される再生信号出力をβ、Ｃの記録磁区から検出される再生信号出力をγとしたとき、$\alpha < s_2 < \beta < s_1 < \gamma$という条件を満たす２つの異なるスライスレベル$s_1$，$s_2$にて、図８５（ｂ）の再生信号波形をスライスし、各スライスレベルs_1，s_2と再生信号出力とのクロス点を検出する。図８５（ｂ）の中欄に、各スライスレベルs_1，s_2で検出される信号の有無を、記号「○」又「－」で示す。当欄の上の列はスライスレベルs_1で検出される信号の検出パターンを示し、下の行はスライスレベルs_2で検出される信号の検出パターンを示している。これらの記載において、記号「○」はクロス点が検出された場合を表わし、記号「－」はクロス点が検出されない場合を表わす。

【０２１０】

この図から明らかなように、本例の場合には、スライスレベルs_1の検出信号とスライスレベルs_2の検出信号との組合せが、スライスレベルs_1の検出信号が「－」でスライスレベルs_2の検出信号が「○」の場合（以下、この組合せを「－，○」と表記する。以下同様に、スライスレベルs_1の検出信号を「」内の先に、スライスレベルs_2のクロス点を後に記載する。）と、「○，－」の場合と、「○，○」の場合と、「－，－」の場合の４種類になる。

【０２１１】

そこで、図８５（ｄ）に示すように、各信号検出部の１つ前のデータを記憶しておき、▲１▼当該１つ前のデータが「○，○」で検出信号が「－，－」の場合、１つ前のデータが「－，○」で検出信号が「○，－」の場合、それに１つ前のデータが「－，－」で検出信号が「○，○」の場合に、再生データの“２”を割り当て、▲２▼１つ前のデータが「○，○」で検出信号が「○，－」の場合、１つ前のデータが「－，○」で検出信号が「－，－」の場合、それに１つ前のデータが　「－，－」で検出信号が「－，○」の場合に、再生データの“１”を割り当て、さらには、▲３▼１つ前のデータが「○，○」で検出信号が「○，○」の場合、１つ前のデータが「－，○」で検出信号が「－，○」の場合、それに１つ前のデータが「－，－」で検出信号が「－，－」の場合に、再生データの“０”を割り当てることによって、図１０３（ｂ）の最下欄に示すように、元の３値情報（１０２０２２０１２１０）を再生することができる。

【０２１２】

なお、図８５においては、３値記録用の光磁気記録媒体を用いた場合のマークエッジ記録再生方法を例にとって説明したが、２値記録用の光磁気記録媒体又は４値記録以上の多値記録用光磁気記録媒体を用いた場合にも、前記と同様にして、情報のマークエッジ記録再生を実行することができる。

【０２１３】

また、図８５の例においては、白地の磁化状態Ａが連続する部分、斜線の磁化状態Ｂから白地の磁化状態Ａに切り替わる部分、格子の磁化状態Ｃから白地の磁化状態Ａに切り替わる部分に“０”の情報を割り当て、白地の磁化状態Ａから斜線の磁化状態Ｂに切り替わる部分、斜線の磁化状態Ｂが連続する部分、格子の磁化状態Ｃから斜線の磁化状態Ｂに切り替わる部分に“１”の情報を割り当て、白地の磁化状態Ａから格子の磁化状態Ｃに切り替わる部分、斜線の磁化状態Ｂから格子の磁化状態Ｃに切り替わる部分、格子の磁化状態Ｃが連続する部分に“２”の情報を割り当てて情報の記録を行ったが、いかなる磁化状態の変化にいかなる情報を割り当てるかは、本実施例に拘らず、必要に応じて適宜変更することができる。

【０２１４】

以下に、光磁気記録媒体の多値記録に適用可能な磁気ヘッド装置の構成例を示す。

【０２１５】

〈磁気ヘッド装置の第１構成例〉

本例の磁気ヘッド装置は、図８６に示すように、１つの磁気回路に２つの巻線を巻回してなり、それらの巻線を夫々独立に駆動できるようにしたことを特徴とする。この磁気ヘッド装置は、光磁気記録媒体の保護膜側に配置される。

【０２１６】

本例の磁気ヘッド装置は、多値記録方法の第１例、第４例、第５例に適用できる。すなわち、これらの多値記録方法を実行する際、２つの巻線に電流を印加する磁気ヘッド駆動回路１と磁気ヘッド駆動回路２を記録クロックに同期して独立に駆動することにより、光磁気記録媒体に多値の外部磁界を印加することができるので、これと同時に、記録クロックに同期した光パルスを照射することによって、当該光パルスの照射部に信号を多値記録できる。

【０２１７】

また、本例の磁気ヘッド装置は、多値記録方法の第２例、第３例に適用できる。すなわち、一方の巻線と磁気ヘッド駆動回路とで共振回路を構成し、記録クロックと同期した一定周波数の磁界を発生させると共に、他方の巻線に一定の電流を印加して一定のバイアス磁界を発生させることにより、磁界ゼロからオフセットした一定周期の磁界を光磁気記録媒体に印加することができる。

【０２１８】

なお、前記構成例においては、巻線数が２の場合を例にとって説明したが、巻線数が３以上の場合にも同様に構成できる。

【０２１９】

〈磁気ヘッド装置の第２構成例〉

本例の磁気ヘッド装置は、図８７に示すように、互いに独立して駆動可能な２つの磁気ヘッドを、互いに近接して配置したことを特徴とする。この磁気ヘッド装置も、光磁気記録媒体の保護膜側に配置される。

【０２２０】

本例の磁気ヘッド装置は、多値記録方法の第４例、第５例に適用できる。すなわち、これらの多値記録方法を実行する際、磁気ヘッド１と磁気ヘッド２とを記録クロックに同期して独立に駆動することにより、光磁気記録媒体に多値の外部磁界を印加することができるので、これと同時に、記録クロックに同期した光パルスを照射することによって、当該光パルスの照射部に信号を多値記録できる。

【０２２１】

また、本例の磁気ヘッド装置は、多値記録方法の第２例、第３例に適用できる。すなわち、一方の磁気ヘッドと磁気ヘッド駆動回路とで共振回路を構成し、記録クロックと同期した一定周波数の磁界を発生させると共に、他方の磁気ヘッドに一定の電流を印加して一定のバイアス磁界を発生させることにより、磁界ゼロからオフセットした一定周期の磁界を光磁気記録媒体に印加することができる。

【０２２２】

〈磁気ヘッド装置の第３構成例〉

本例の磁気ヘッド装置は、図８８に示すように、２つの磁気ヘッドを互いに近接して配置すると共に、これら２つの磁気ヘッドに近接してバイアス磁界印加用の永久磁石を配置したことを特徴とする。２つの磁気ヘッドは、互いに独立して駆動できるように構成される。本例の磁気ヘッド装置も、光磁気記録媒体の保護膜側に配置される。

【０２２３】

本例の磁気ヘッド装置は、多値記録方法の第４例、第５例に適用できる。すなわち、これらの多値記録方法を実行する際、磁気ヘッド１と磁気ヘッド２とを記録クロックに同期して独立に駆動することにより、光磁気記録媒体に多値の外部磁界を印加することができる。また、永久磁石によって、一定のバイアス磁界を光磁気記録媒体に印加することができ

る。したがって、磁界の印加と同時に、記録クロックに同期した光パルスを照射することによって、当該光パルスの照射部に信号を多値記録できる。

【０２２４】

また、本例の磁気ヘッド装置は、多値記録方法の第２例、第３例に適用できる。すなわち、磁気ヘッドと磁気ヘッド駆動回路とで共振回路を構成し、記録クロックと同期した一定周波数の磁界を発生させると共に、永久磁石により一定のバイアス磁界を印加することにより、磁界ゼロからオフセットした一定周期の磁界を光磁気記録媒体に印加することができる。

【０２２５】

本例の磁気ヘッド装置は、バイアス磁界の印加用に永久磁石を備えたので、磁気ヘッドに直流分の電流を加える必要がない。よって、消費電力の低減と信号伝送レートの高速化を図ることができる。

【０２２６】

〈磁気ヘッド装置の第４構成例〉

本例の磁気ヘッド装置は、図８９に示すように、２つの磁気ヘッドを互いに近接して光磁気記録媒体の保護膜側に配置すると共に、バイアス磁界として、絞り込みレンズアクチュエータからの漏洩磁界を利用したことを特徴とする。その他については、第３構成例に係る磁気ヘッド装置と同じであるので、説明を省略する。

【０２２７】

〈磁気ヘッド装置の第５構成例〉

本例の磁気ヘッド装置は、図９０に示すように、１つの磁気ヘッドとバイアス磁界印加用の永久磁石とを互いに近接して光磁気記録媒体の保護膜側に配置したことを特徴とする。

【０２２８】

〈磁気ヘッド装置の第６構成例〉

本例の磁気ヘッド装置は、図９１に示すように、１つの磁気ヘッドを光磁気記録媒体の保護膜側に配置すると共に、バイアス磁界として、絞り込みレンズアクチュエータからの漏洩磁界を利用したことを特徴とする。

【０２２９】

〈磁気ヘッド装置の第７構成例〉

本例の磁気ヘッド装置は、図９２に示すように、２つの磁気ヘッドを互いに近接して配置すると共に、これら２つの磁気ヘッドに近接してバイアス磁界印加用の電磁コイルを配置したことを特徴とする。本例の磁気ヘッド装置も、光磁気記録媒体の保護膜側に配置される。

【０２３０】

〈磁気ヘッド装置の第８構成例〉

本例の磁気ヘッド装置は、図９３に示すように、２つの磁気ヘッドを互いに近接して光磁気記録媒体の保護膜側に配置すると共に、バイアス磁界印加用の電磁コイルを絞り込みレンズアクチュエータの周囲に配置したことを特徴とする。本例の磁気ヘッド装置も、光磁気記録媒体の保護膜側に配置される。

【０２３１】

なお、前記実施例に掲げたのは本発明の実施の一例に過ぎず、その他にも、本発明に係る任意の媒体と任意の記録再生方式と記録再生装置とを組み合わせることによって、各種の信号記録を行うことができる。特に、磁気ヘッド装置については、前記構成例の記載に限定されるものではなく、磁気ヘッドの巻線数、磁気ヘッドの数量及び配置、それにバイアス磁界の印加手段である永久磁石や電磁コイルの数量や配置等を適宜変更して用いることができる。

【０２３２】

なお、前記実施例においては、説明を容易にするために、光磁気記録媒体の膜構造と、そのフォーマットと、多値記録再生方法と、磁気ヘッド装置とに分けて説明し、それらの組合せについては代表的なものだけを選択的に記載した。したがって、本発明の要旨は、前

記実施例に掲げた組合せに限定されるものではなく、前記実施例に記載された任意の光磁気記録媒体と多値記録再生方法と磁気ヘッド装置の組合せをもって、情報の多値記録を実行することができる。

【０２３３】

その他、本発明の特徴を逸脱しない範囲で、前記実施例で説明した光磁気記録媒体、記録再生方式、それに磁気ヘッド装置を変更することは、必要に応じて適宜行うことができる。例えば、複数の記録再生用レーザ光の照射部を有する光磁気ヘッドを備えた記録再生装置を用いて情報の記録再生を行う等の記録再生方法をとることも可能である。

【０２３４】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によると、より簡単な膜の積層構造で、より高密度な信号記録を実現できる。また、本発明の光磁気記録媒体は、各記録状態が外部磁界の変動に対してきわめて安定であり、各記録層の磁気特性や記録再生時のレーザビーム強度それに外部磁界強度を微妙にマッチングさせる必要がないので、安定性、量産性、実用性に優れた光磁気記録再生システムを構築できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明に係る光磁気記録媒体の特性を例示するグラフ図である。

【図２】本発明に係る多値記録方法の原理を示す説明図である。

【図３】本発明に係る光磁気記録媒体の膜構成と磁化特性との関係を例示する説明図である。

【図４】本発明に係る光磁気記録媒体の膜構成と磁化特性との関係を例示する説明図である。

【図５】　参考例に係る光磁気記録媒体の膜構成と磁化特性との関係を例示する説明図である。

【図６】本発明に係る光磁気記録媒体の膜構成と磁化特性との関係を例示する説明図である。

【図７】本発明に係る光磁気記録媒体の膜構成と磁化特性との関係を例示する説明図である。

【図８】本発明に係る光磁気記録媒体の膜構成と磁化特性との関係を例示する説明図である。

【図９】第１構成例に係る光磁気記録媒体の説明図である。

【図１０】第１実施例に係る光磁気記録媒体を模式的に示す要部断面図である。

【図１１】第２実施例に係る光磁気記録媒体を模式的に示す要部断面図である。

【図１２】第３実施例に係る光磁気記録媒体を模式的に示す要部断面図である。

【図１３】第４実施例に係る光磁気記録媒体を模式的に示す要部断面図である。

【図１４】第２構成例に係る光磁気記録媒体を模式的に示す要部断面図である。

【図１５】第２構成例に係る光磁気記録媒体を用いた磁気超解像再生方式の第１例を示す説明図である。

【図１６】第２構成例に係る光磁気記録媒体を用いた磁気超解像再生方式の第２例を示す説明図である。

【図１７】第２構成例に係る光磁気記録媒体を用いた磁気超解像再生方式の第３例を示す説明図である。

【図１８】第２構成例に係る光磁気記録媒体を用いた磁気超解像再生方式の第４例を示す説明図である。

【図１９】第２構成例に含まれる各光磁気記録媒体の膜構造を示す表図である。

【図２０】サンプルサーボ方式の光磁気記録媒体に形成されるプリフォーマットパターンの説明図である。

【図２１】図２０中のサーボ領域の説明図である。

【図２２】ＣＡＶ方式の光ディスクに設けられるテスト領域の実施例図である。

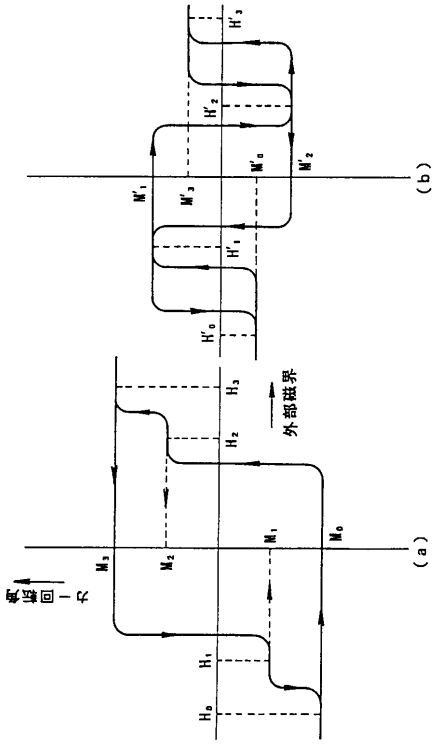
【図２３】ＺＣＡＶ方式の光ディスクに設けられるテスト領域の実施例図である。

【図２４】第１例に係る多値記録方式の実行に使用される畳み込み符号器の構成図である。
【図２５】図２４の畳み込み符号器の出力の状態遷移を示す説明図である。
【図２６】第１例に係る多値記録再生方式を実行する多値記録再生装置の構成図である。
【図２７】本発明に係る多値記録再生方式の第２例を示す説明図である。
【図２８】多値記録再生方式の第２例に係る外部磁界強度の信号変調方式を示す説明図である。
【図２９】多値記録再生方式の第２例に係る外部磁界強度変調回路の第１例を示す構成図である。
【図３０】多値記録再生方式の第２例に係る外部磁界強度変調回路の第２例を示す構成図である。
【図３１】第２例の多値記録再生方式によって記録された磁化ドメインの記録状態を示す説明図である。
【図３２】外部磁界印加回路の一例を示す回路図である。
【図３３】図３１の光磁気記録媒体から信号を読みだす信号再生回路の構成図である。
【図３４】第２例に係る多値記録再生方式の効果を示す説明図である。
【図３５】第３例に係る多値記録再生方式に適用されるレーザ照射タイミング変調回路の構成図である。
【図３６】図３５の回路の動作を示すタイミングチャートである。
【図３７】第３例に係る多値記録再生方式に適用される信号再生回路の構成図である。
【図３８】図３７の回路の動作説明図である。
【図３９】第４例に係る多値記録再生方式に適用されるレーザ強度変調回路の構成図である。
【図４０】図３９の回路の動作を示すタイミングチャートである。
【図４１】第４例に係る多値記録再生方式に適用される信号再生回路の構成図である。
【図４２】図４１の回路の動作説明図である。
【図４３】多値記録再生方式の第５例に適用される印加磁界と照射レーザ強度の組合せの第１例を示す説明図である。
【図４４】多値記録再生方式の第５例に適用される印加磁界と照射レーザ強度の組合せの第２例を示す説明図である。
【図４５】多値記録再生方式の第５例に適用される印加磁界と照射レーザ強度の組合せの第３例を示す説明図である。
【図４６】多値記録再生方式の第６例に適用される光磁気記録媒体の再生信号出力特性を示すグラフ図である。
【図４７】第６例に属する多値記録再生方式の説明図である。
【図４８】第６例に属する他の多値記録再生方式の説明図である。
【図４９】多値記録再生方式の第７例に係るテスト信号の説明図である。
【図５０】多値記録再生方式の第７例に係るテスト信号再生回路の構成図である。
【図５１】多値記録再生方式の第８例に係るテスト信号の説明図である。
【図５２】多値記録再生方式の第９例に係るテスト信号再生回路の構成図である。
【図５３】多値記録再生方式の第１０例を示す説明図である。
【図５４】多値記録再生方式の第１０例に属するマークエッジ記録方法の第１例を示す説明図である。
【図５５】多値記録再生方式の第１０例に属するマークエッジ記録方法の第２例を示す説明図である。
【図５６】多値記録再生方式の第１０例に属するマークエッジ記録方法の第３例を示す説明図である。
【図５７】多値記録再生方式の第１０例に属するマークエッジ記録方法の第４例を示す説明図である。
【図５８】多値記録再生方式の第１０例に属するマークエッジ記録方法の第５例を示す説

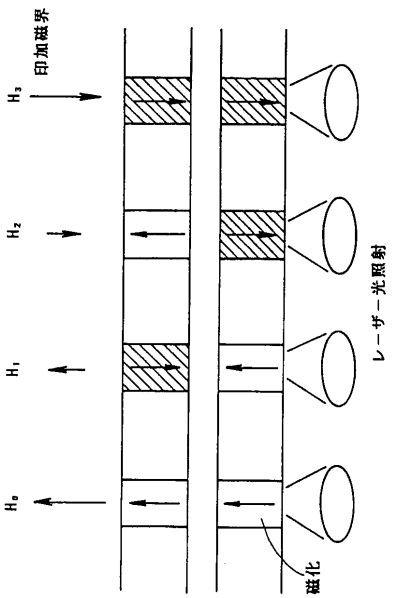
明図である。
【図５９】多値記録再生方式の第１０例に属するマークエッジ記録方法の第６例を示す説明図である。
【図６０】多値記録再生方式の第１１例を示す説明図である。
【図６１】多値記録再生方式の第１２例を示す説明図である。
【図６２】サンプルサーボ方式の光磁気記録媒体に好適な記録再生装置の構成図である。
【図６３】図６２の記録再生装置に適用されるＤＣレベル補正回路の回路図である。
【図６４】多値記録再生方式の第１３例を示す説明図である。
【図６５】第１３例に係る多値記録再生方式に適用される最適条件検出回路の一例を示す構成図である。
【図６６】多値記録再生方式の第１４例を示す説明図である。
【図６７】第１４例に係る多値記録再生方式に適用される最適条件検出回路の一例を示す構成図である。
【図６８】多値記録再生方式の第１５例に属するテスト信号記録方法の第１例を示す説明図である。
【図６９】多値記録再生方式の第１５例に属するテスト信号記録方法の第２例を示す説明図である。
【図７０】図６８の方法で記録されたテスト信号の再生信号波形を示す波形図である。
【図７１】図６９の方法で記録されたテスト信号の再生信号波形を示す波形図である。
【図７２】第１５例に係る多値記録再生方式に適用される最適条件検出回路を示す構成図である。
【図７３】多値記録再生方式の第１６例を示す説明図である。
【図７４】多値記録再生方式の第１７例を示す説明図である。
【図７５】第１７例に係る多値記録再生方式の効果を示す説明図である。
【図７６】多値記録再生方式の第１８例に属するピット上記録方法の第１例を示す説明図である。
【図７７】多値記録再生方式の第１８例に属するピット上記録方法の第２例を示す説明図である。
【図７８】多値記録再生方式の第１８例に属するピット上記録方法の第３例を示す説明図である。
【図７９】多値記録再生方式の第１８例に属するピット上記録方法の第４例を示す説明図である。
【図８０】多値記録再生方式の第１８例に属するピット上記録方法の第５例を示す説明図である。
【図８１】本発明に係る多値記録再生方式の他の例を示す説明図である。
【図８２】本発明に係る多値記録再生方式の他の例を示す説明図である。
【図８３】本発明に係る多値記録再生方式の他の例を示す説明図である。
【図８４】本発明に係る多値記録再生方式の他の例を示す説明図である。
【図８５】本発明に係る多値記録再生方式の他の例を示す説明図である。
【図８６】磁気ヘッド装置の第１例を示す構成図である。
【図８７】磁気ヘッド装置の第２例を示す構成図である。
【図８８】磁気ヘッド装置の第３例を示す構成図である。
【図８９】磁気ヘッド装置の第４例を示す構成図である。
【図９０】磁気ヘッド装置の第５例を示す構成図である。
【図９１】磁気ヘッド装置の第６例を示す構成図である。
【図９２】磁気ヘッド装置の第７例を示す構成図である。
【図９３】磁気ヘッド装置の第８例を示す構成図である。
【図９４】従来技術の説明図である。
【図９５】従来技術の説明図である。
【図９６】外部磁界に対して２つの記録状態が存在する記録層の外部磁界特性を例示する

グラフ図である。
【図９７】外部磁界に対して１つの記録状態が存在する記録層の外部磁界特性を例示するグラフ図である。
【図９８】本発明に係る光磁気記録媒体の多値記録原理の第１例を示す説明図である。
【図９９】本発明に係る光磁気記録媒体の多値記録原理の第２例を示す説明図である。
【図１００】本発明に係る光磁気記録媒体の多値記録原理の第３例を示す説明図である。
【符号の説明】
１　透明基板
２　プリフォーマットパターン
３　第１誘電体層
４　第１磁性層
４ａ　非晶質垂直磁化膜
４ｂ　補助磁性膜
５　第２誘電体層
６　第２磁性層
７　第３誘電体層
８　反射膜
９　保護膜
１１　記録トラック
１２　データ記録単位
１３　ＩＤ領域
１４　サーボ領域
１５　データ領域
１６　トラッキングピット
１７　テスト領域
１８　クロックピット
２１　ユーザ領域
２２　テスト領域
２０１　第１の書き込み信号列
２０２　第２の書き込み信号列
２１０　再生用レーザビーム
３０１　プリピット
３０２　記録磁区

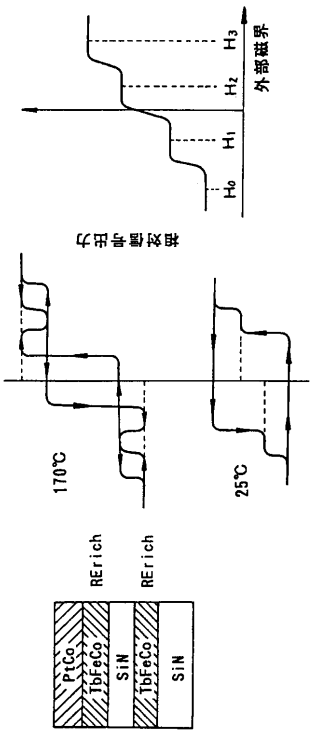
【図１】


(b)
(a)
外部磁界
再生回転

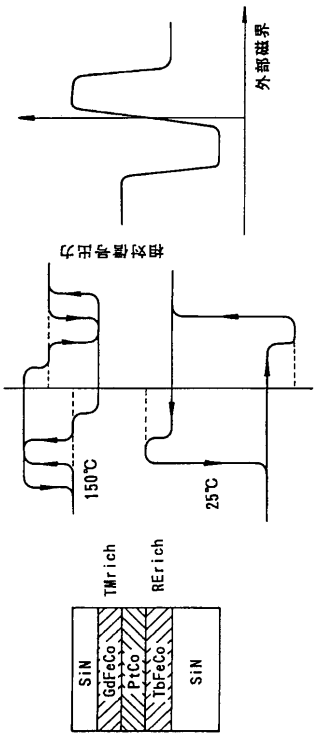
【図２】


印加磁界
レーザー光照射
磁化

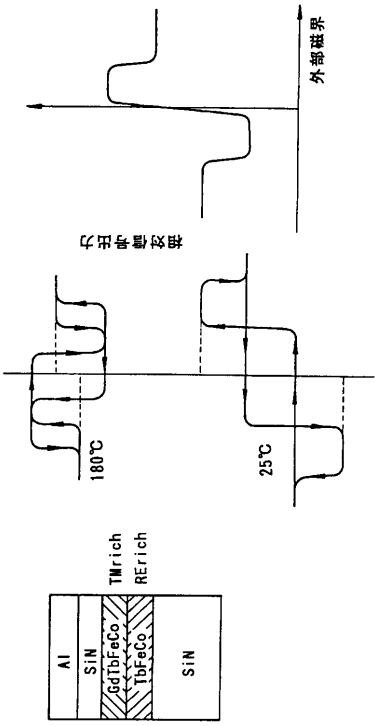
【図３】


外部磁界
相対信号出力
170℃
25℃
RErich
RErich
PtCo
TbFeCo
SiN
TbFeCo
SiN

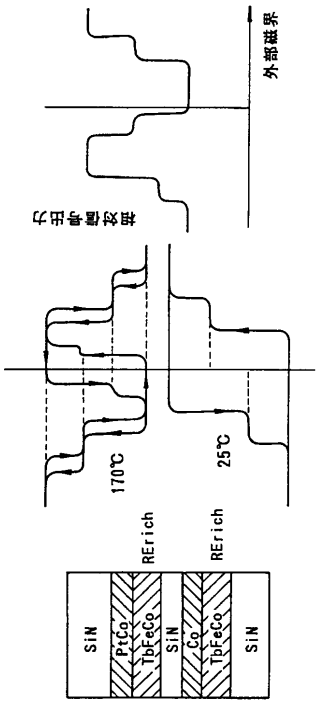
【図４】


外部磁界
相対信号出力
150℃
25℃
TMrich
RErich
SiN
GdFeCo
PtCo
TbFeCo
SiN

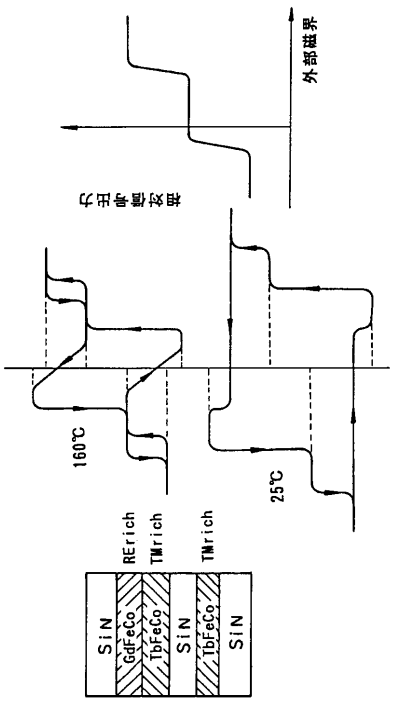
【図５】


外部磁界
相変信号出力
180℃
25℃
TMrich
RErich
Al
SiN
GdTbFeCo
TbFeCo
SiN

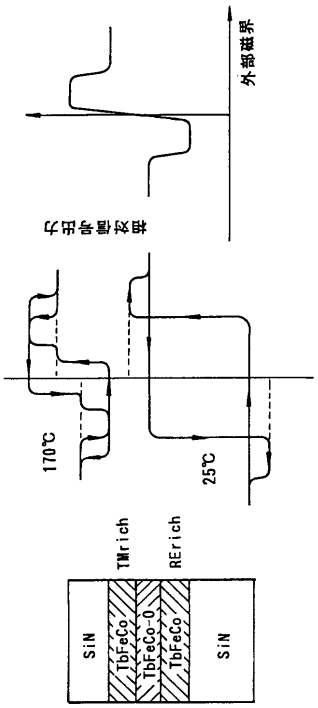
【図６】


外部磁界
相変信号出力
170℃
25℃
RErich
RErich
SiN
PtCo
TbFeCo
SiN
Co
TbFeCo
SiN

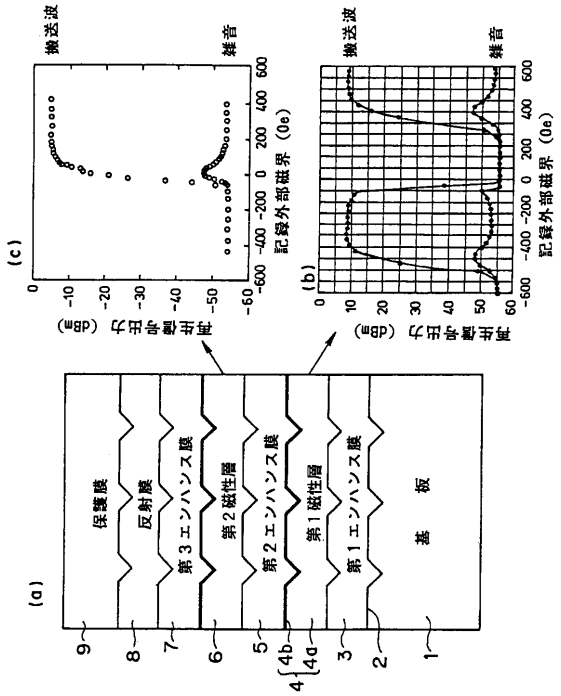
【図７】


外部磁界
相変信号出力
160℃
25℃
RErich
TMrich
TMrich
SiN
GdFeCo
TbFeCo
SiN
TbFeCo
SiN

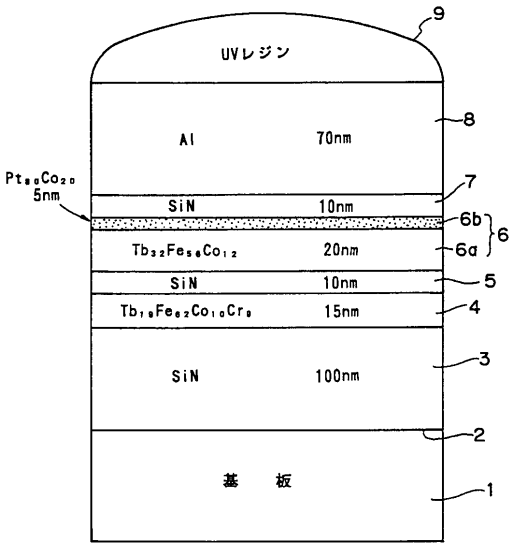
【図８】


外部磁界
相変信号出力
170℃
25℃
TMrich
RErich
SiN
TbFeCo
TbFeCo-O
TbFeCo
SiN

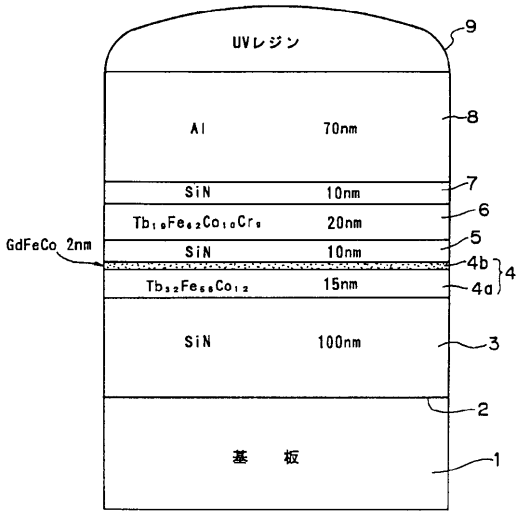
【図９】



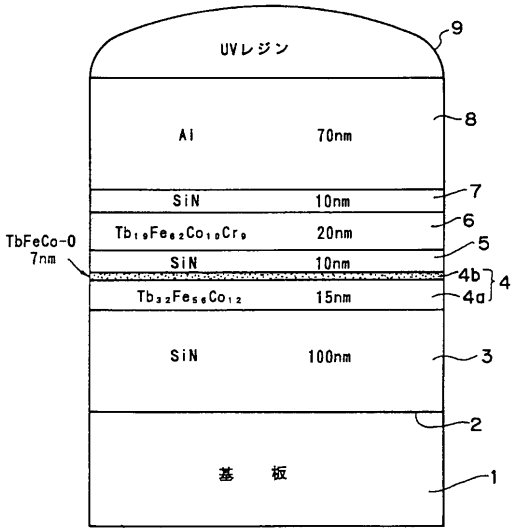
【図１０】



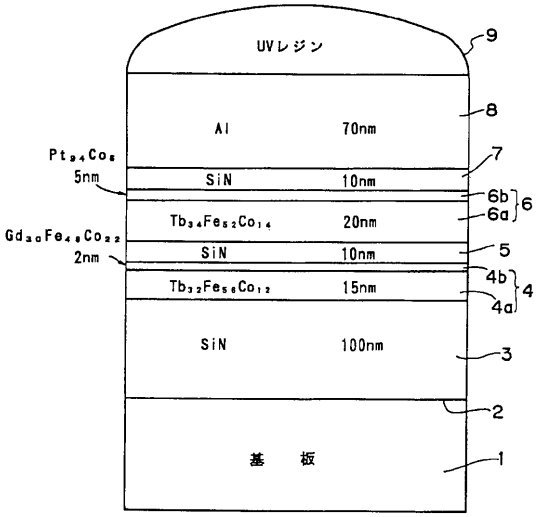
【図１１】



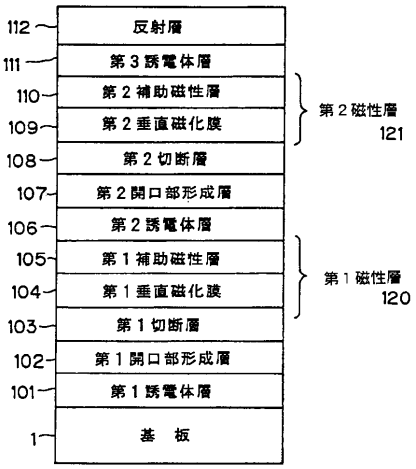
【図１２】



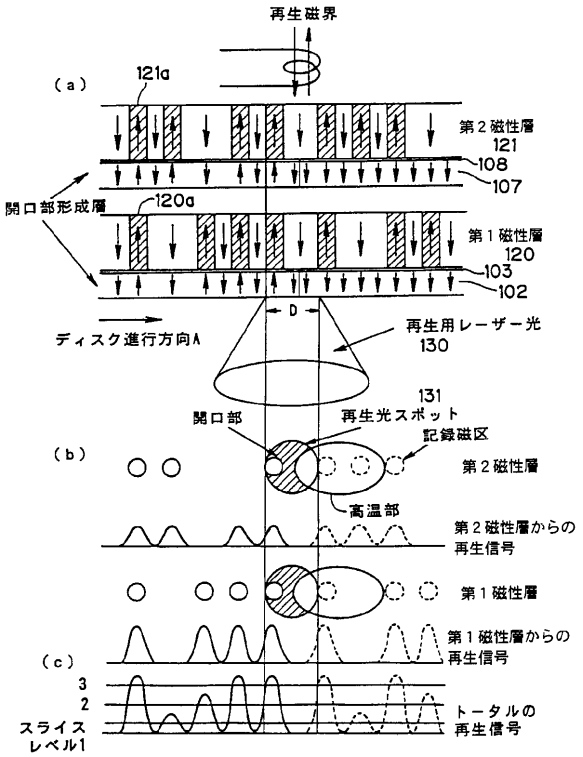
【図１３】



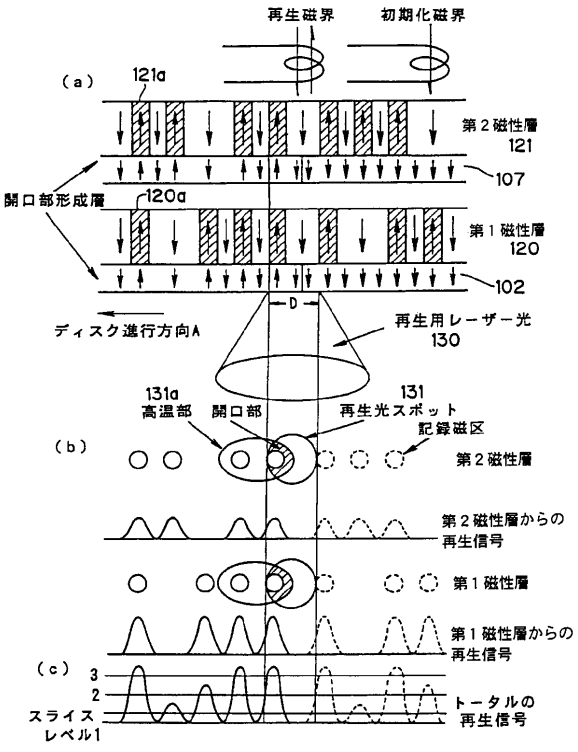
【図１４】



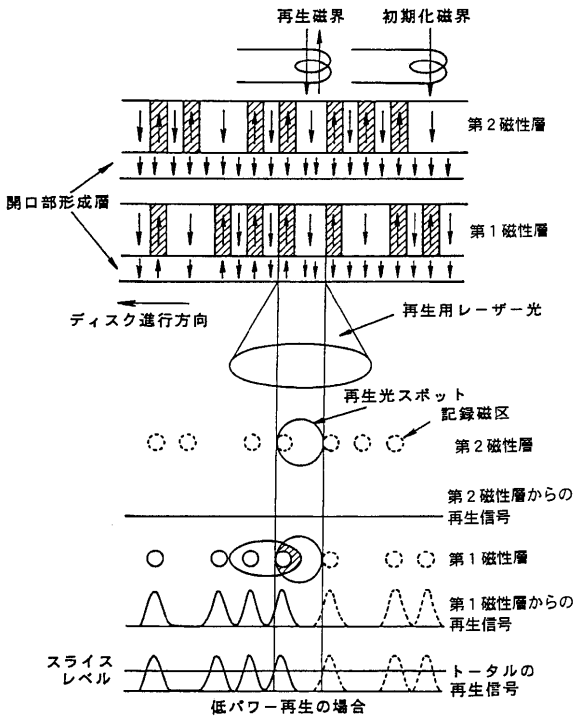
【図１５】



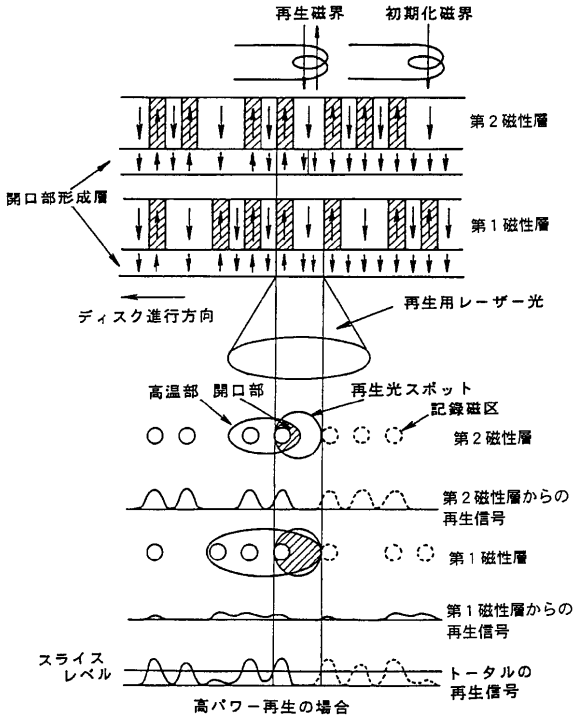
【図１６】



【図１７】



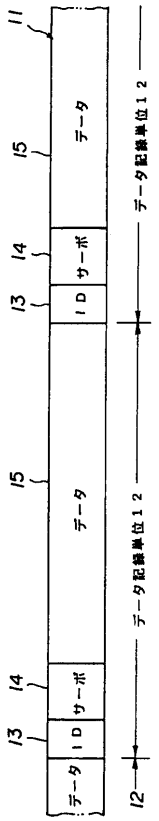
【図１８】



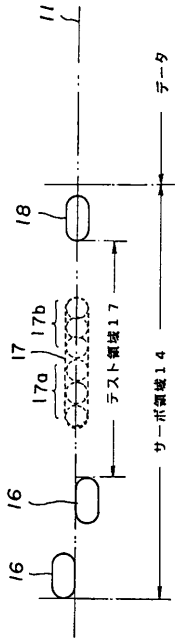
【図１９】

実施例 / 層	第５実施例	第６実施例	第７実施例	第８実施例
112	—	Al	—	—
111	SiN	SiAlON	SiN	SiN
110	PtCo	GdFeCo または PtCo	—	GdFeCo または PtCo
109	TbFeCo	GdTbFeCo	GdTbFeCo	GdTbFeCo
108	—	TbFeCoNb	—	—
107	GdFeCo	GdFeCo	—	—
106	SiN	SiAlON	—	SiN
105	—	TbFeCo-O, PtCo または Co	TbFeCo-O, PtCo または Co	TbFeCo-O, PtCo, Co, 又はなし
104	TbFeCo	TbFeCo	TbFeCo	TbFeCo
103	—	TbFeCoNb	—	—
102	GdFeCo	GdFeCo	GdFeCo	GdFeCo
101	SiN	SiAlON	SiN	SiN

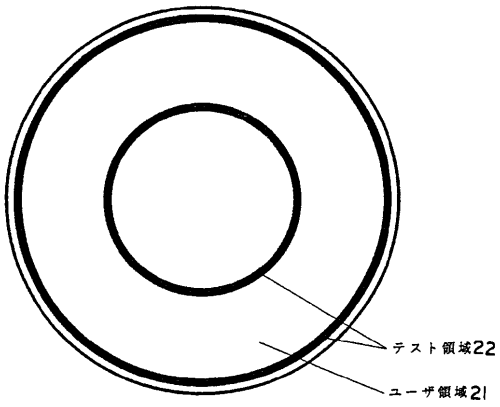
【図２０】



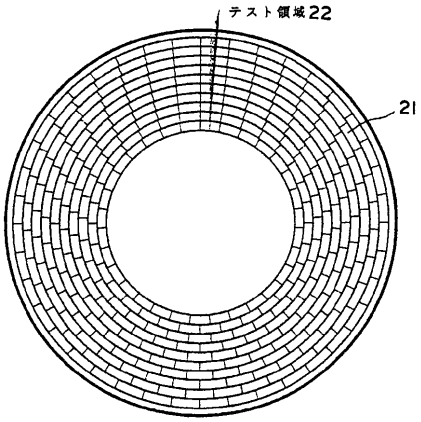
【図２１】



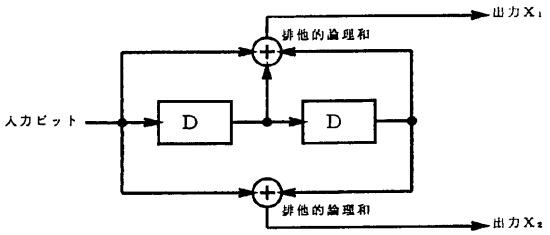
【図２２】



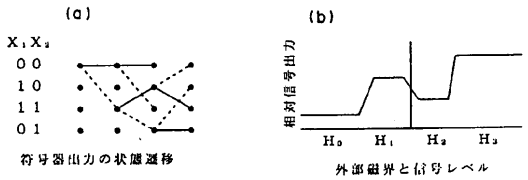
【図２３】



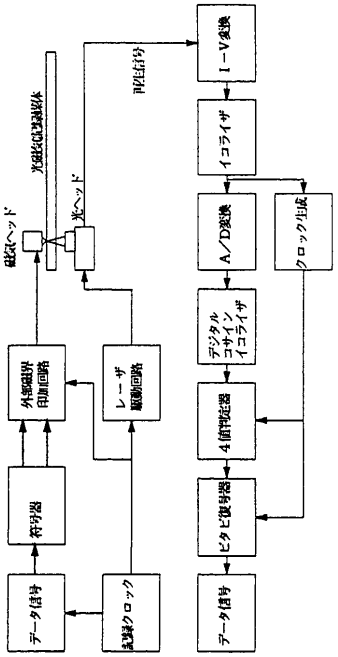
【図２４】



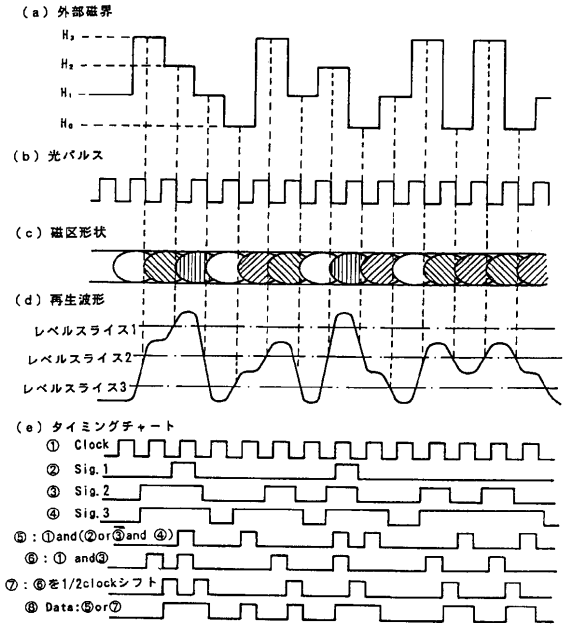
【図２５】



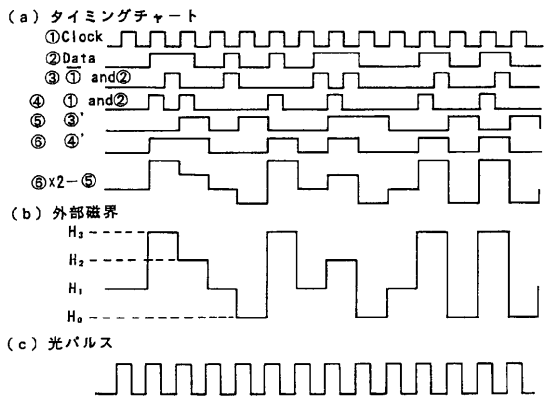
【図２６】



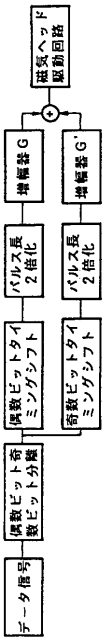
【図２７】



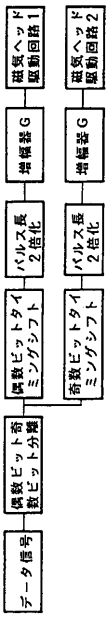
【図２８】



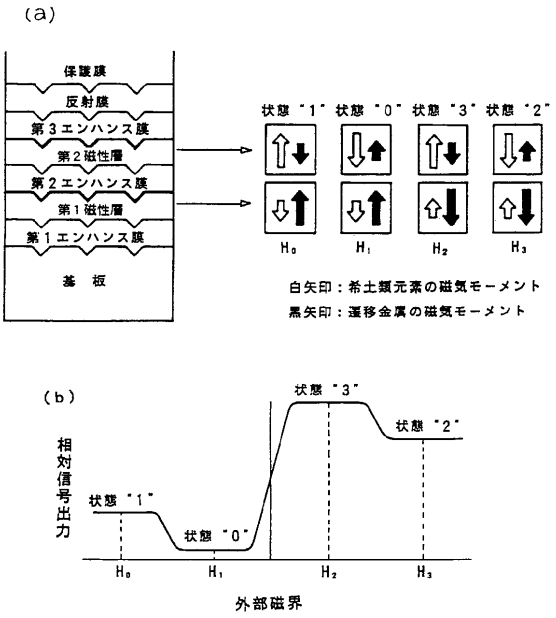
【図２９】



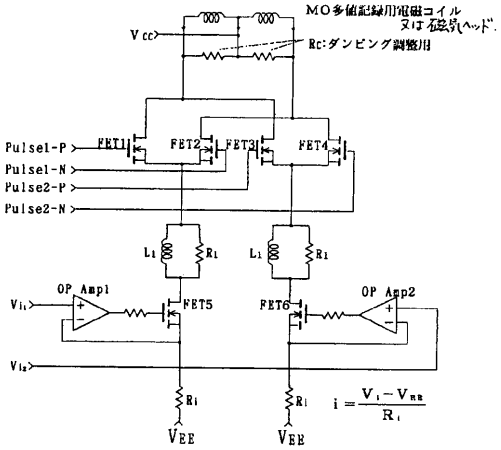
【図３０】



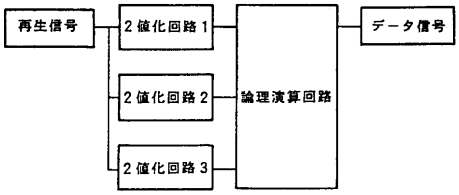
【図３１】



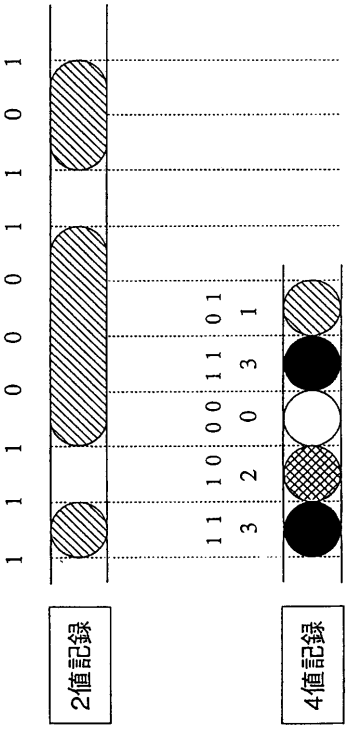
【図３２】



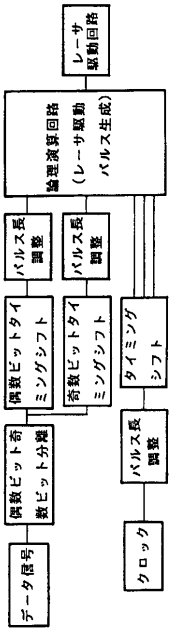
【図３３】



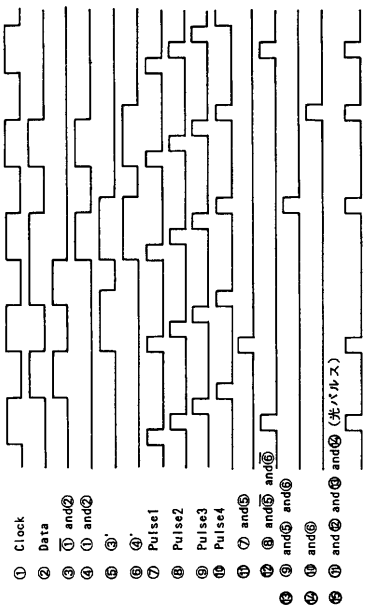
【図３４】



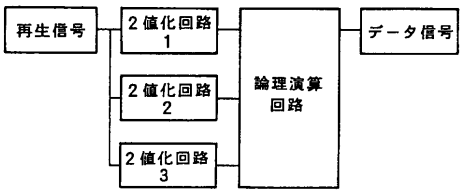
【図３５】



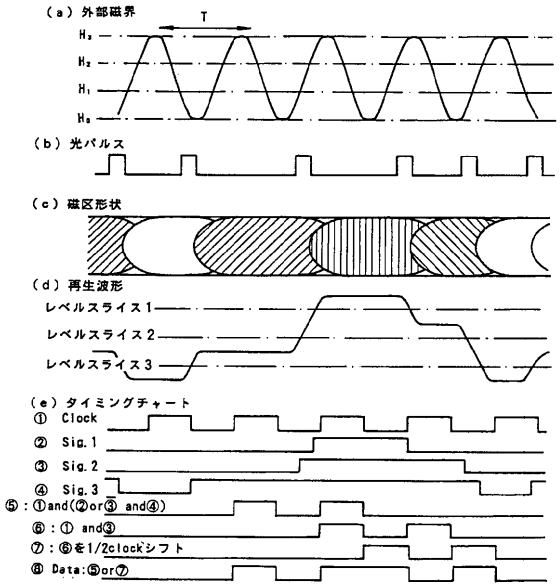
【図３６】



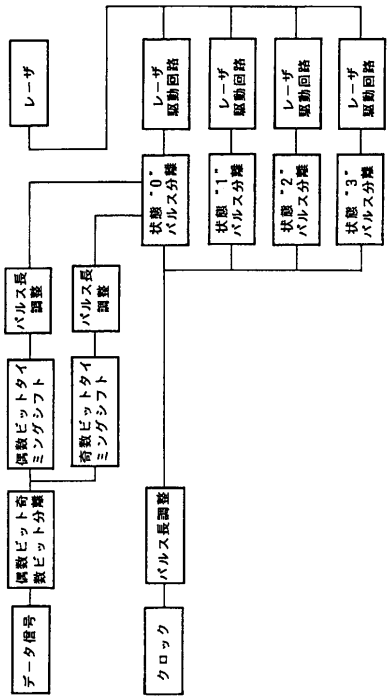
【図３７】



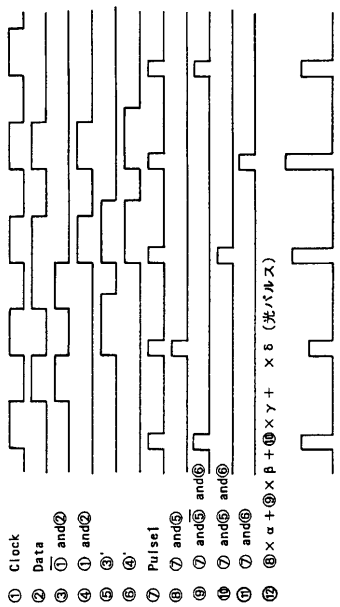
【図３８】



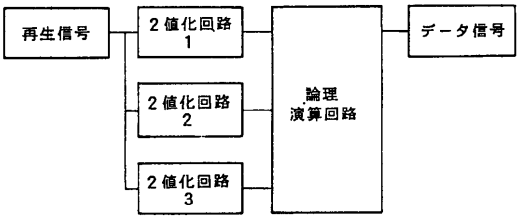
【図３９】



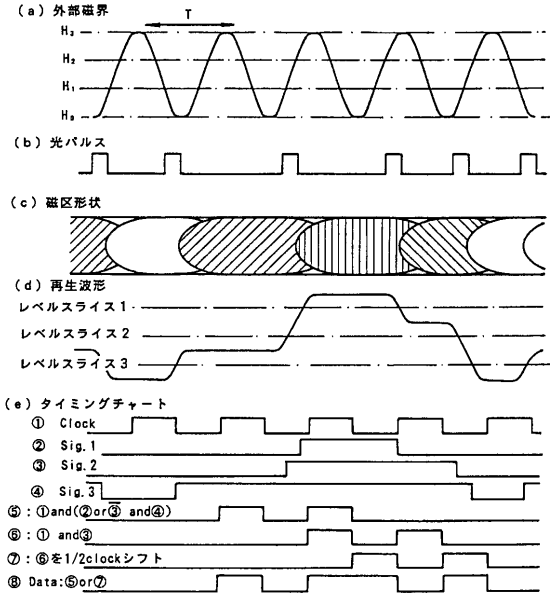
【図４０】



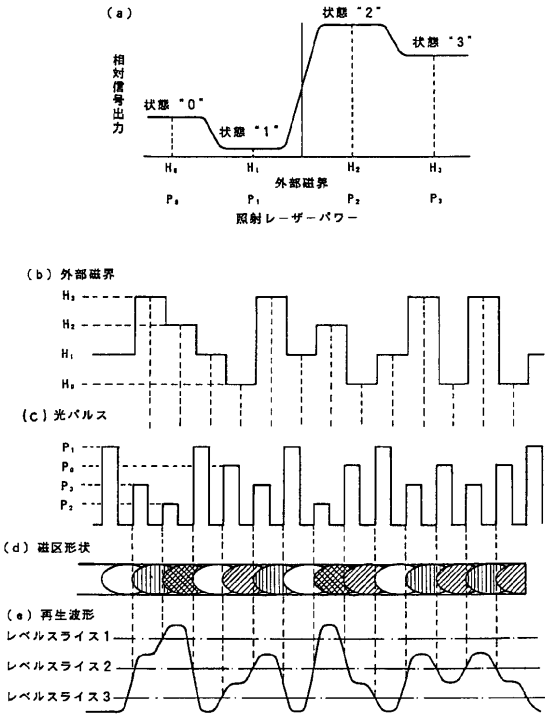
【図４１】



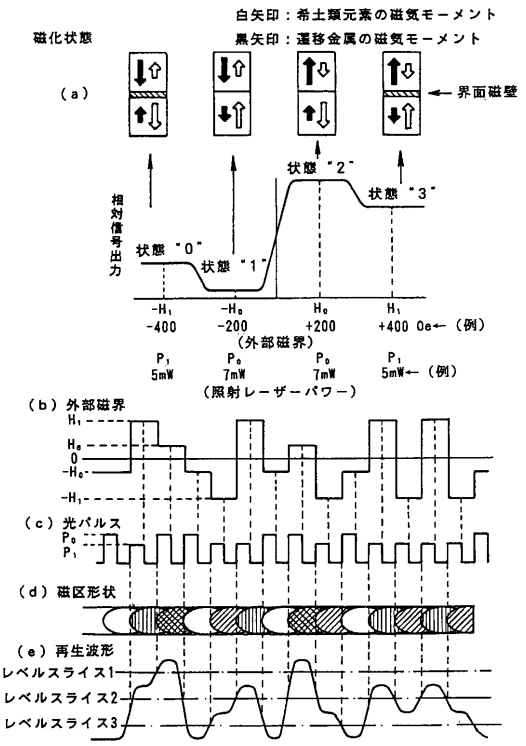
【図４２】



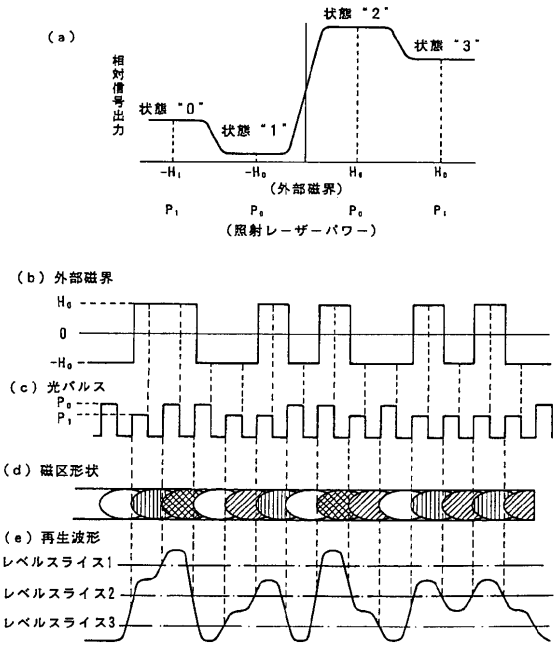
【図４３】



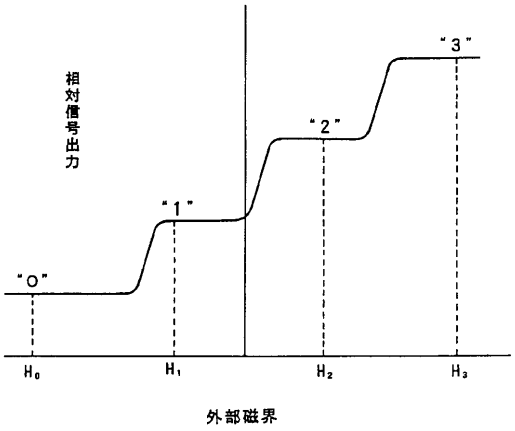
【図４４】



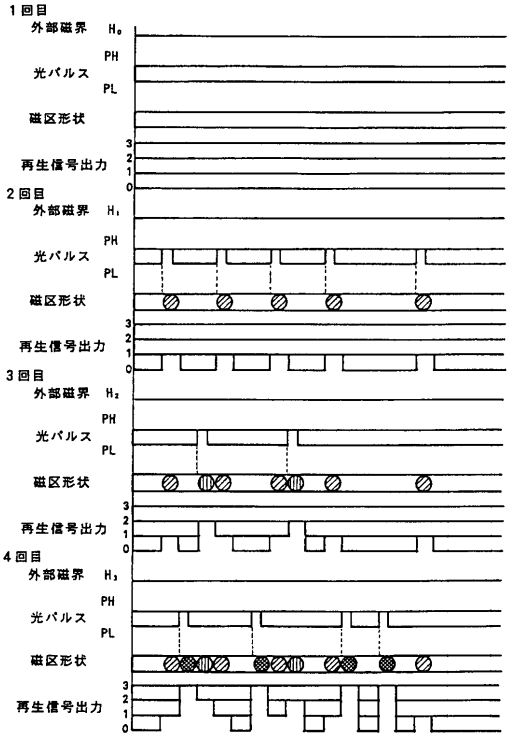
【図４５】



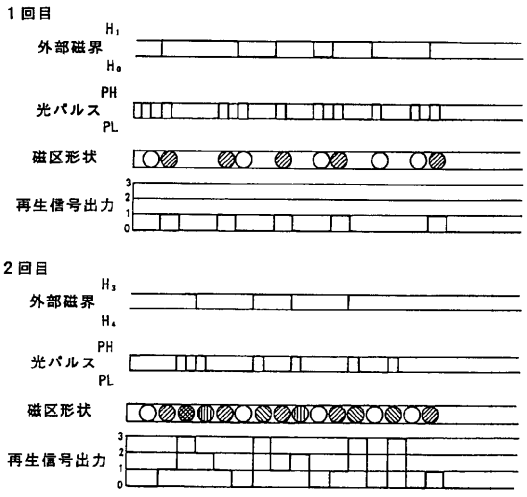
【図４６】



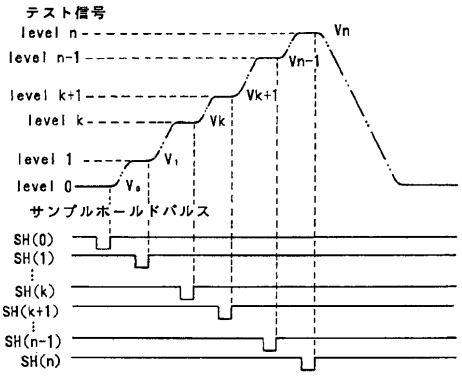
【図４７】



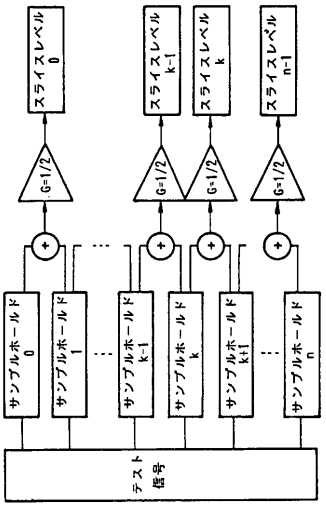
【図４８】



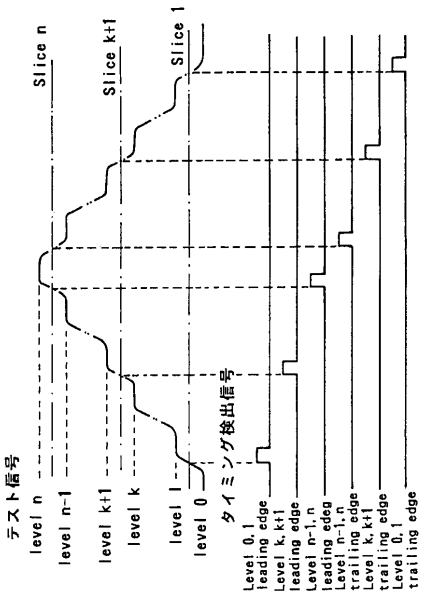
【図４９】



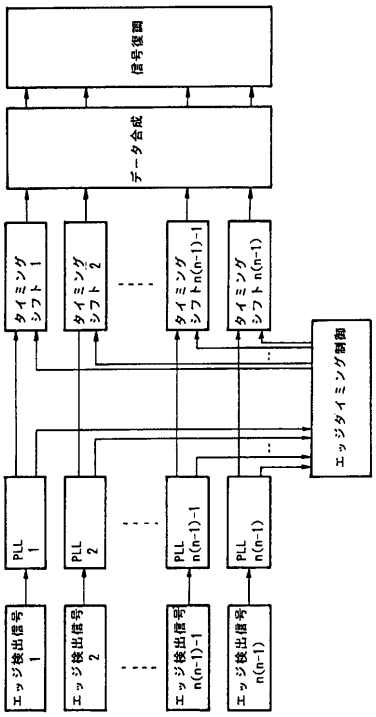
【図５０】



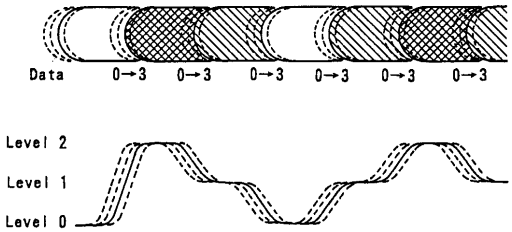
【図５１】



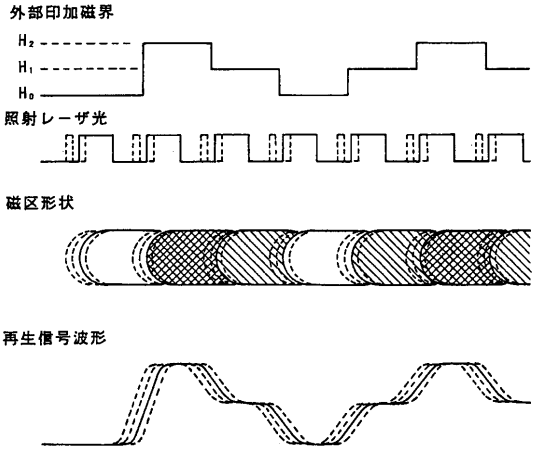
【図５２】



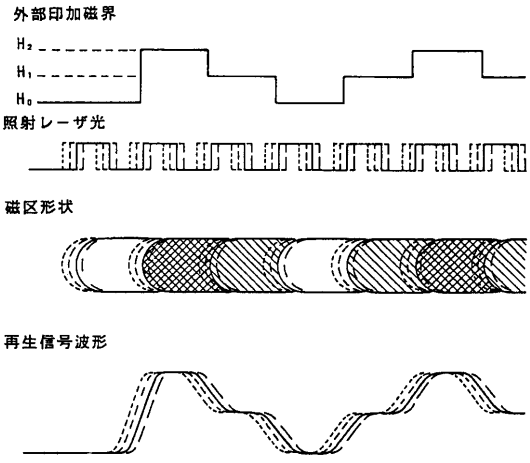
【図５３】



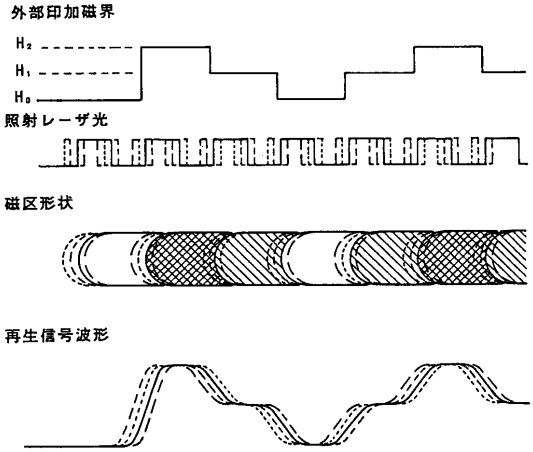
【図５４】



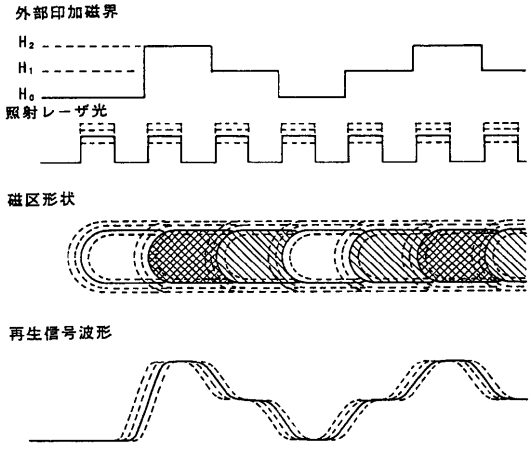
【図５５】



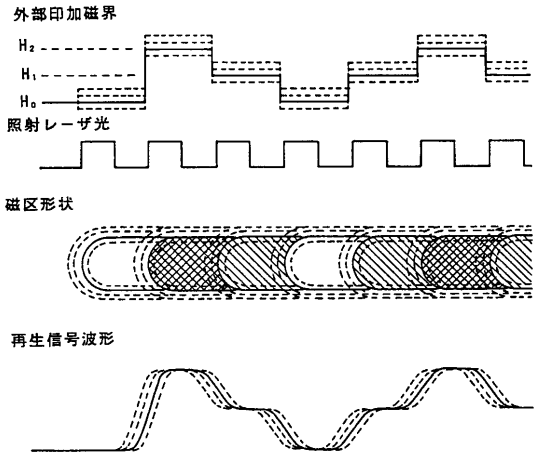
【図５６】



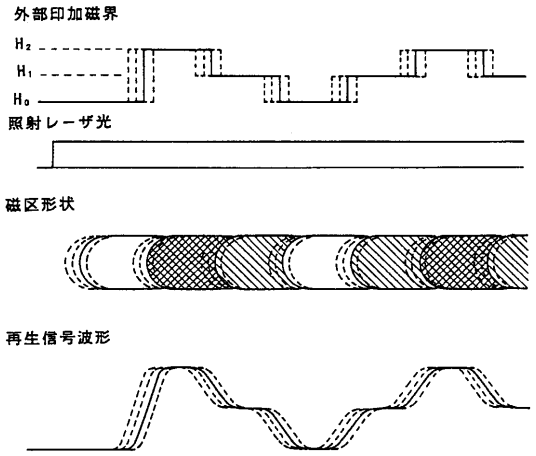
【図５７】



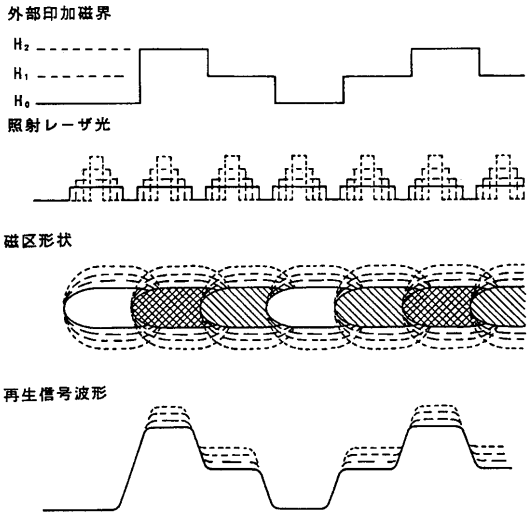
【図５８】



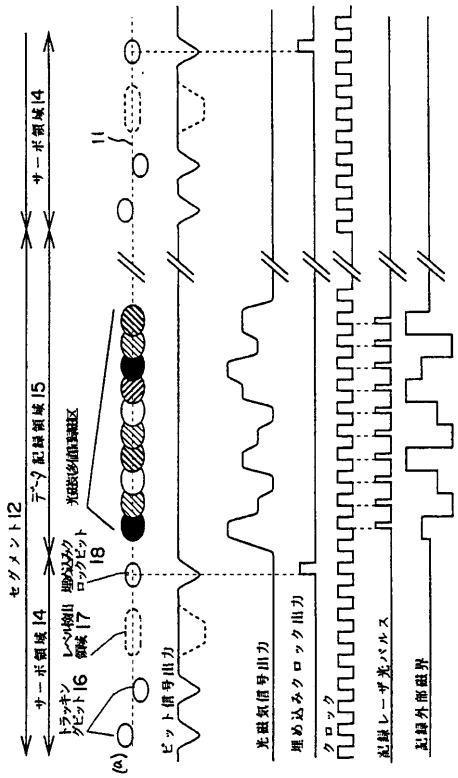
【図５９】



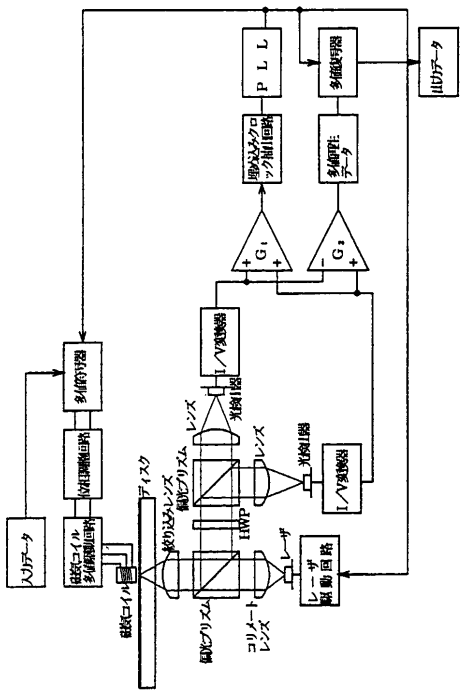
【図６０】



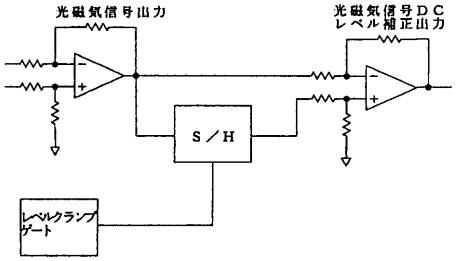
【図６１】



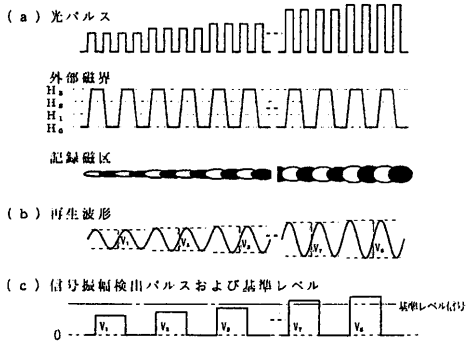
【図６２】



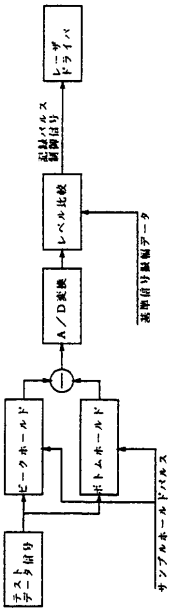
【図６３】



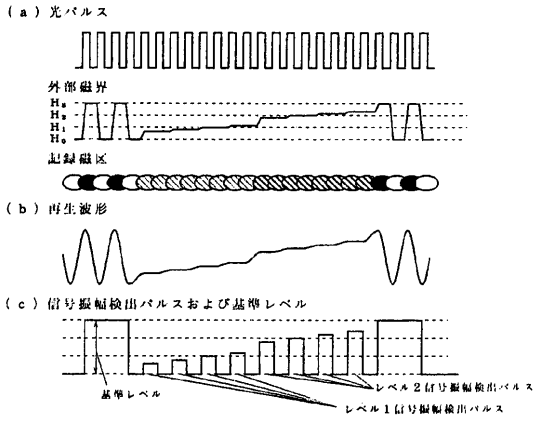
【図６４】



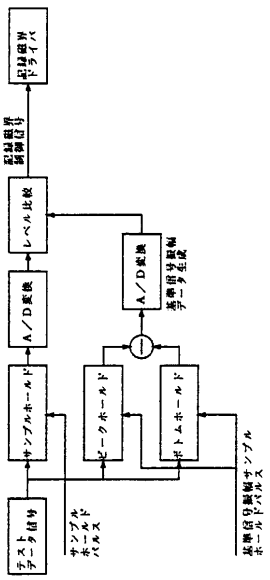
【図６５】



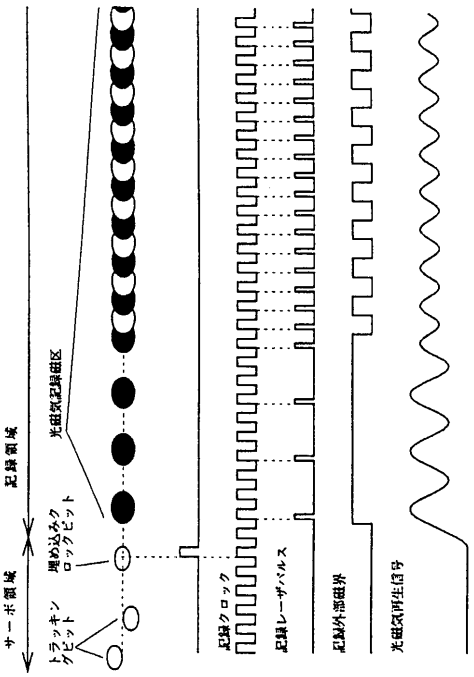
【図６６】



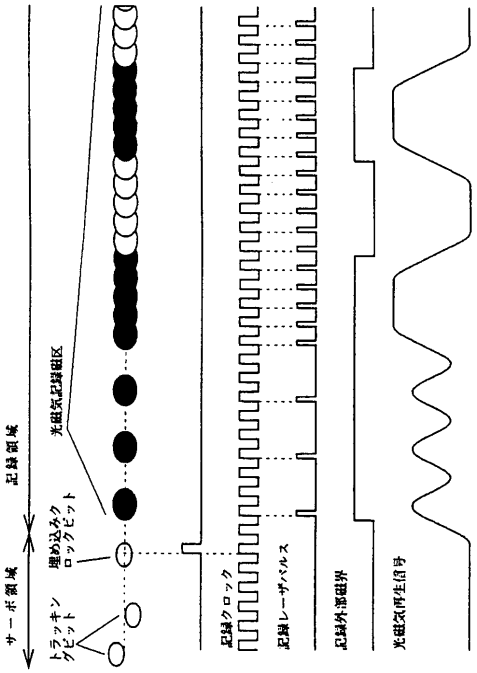
【図６７】



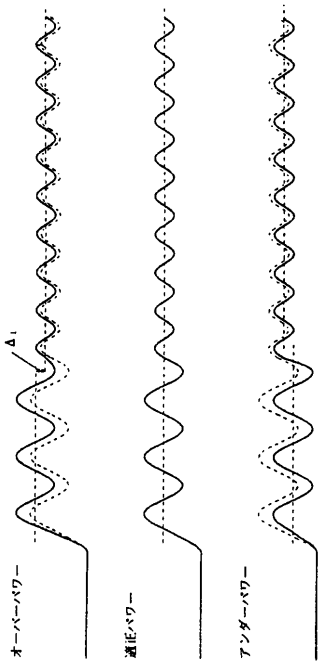
【図６８】



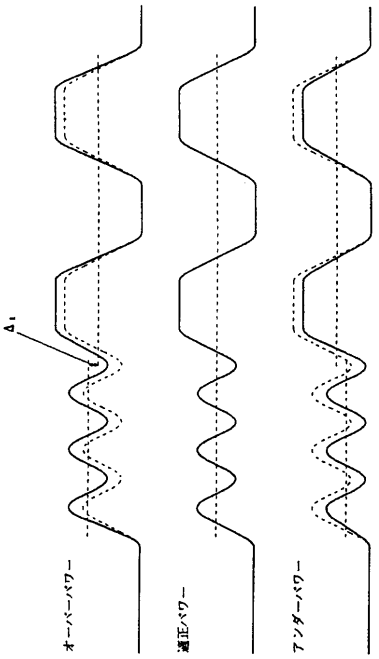
【図６９】



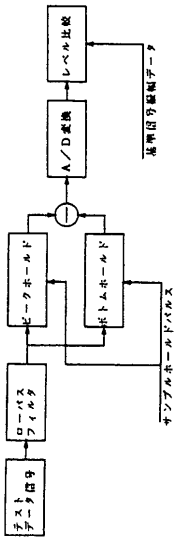
【図７０】



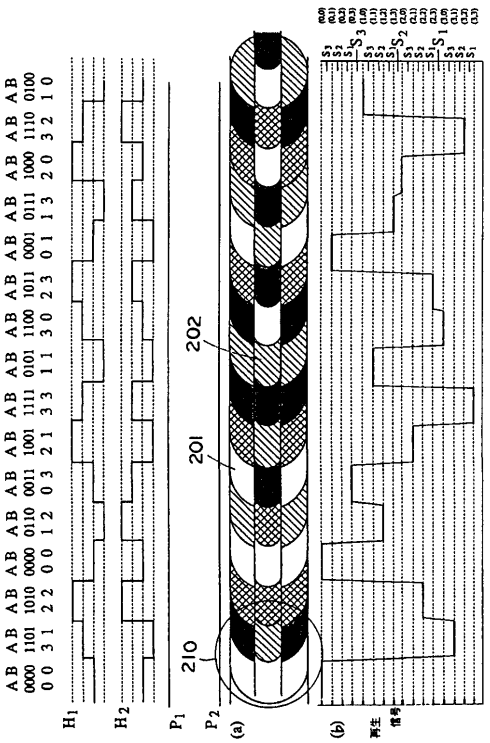
【図７１】



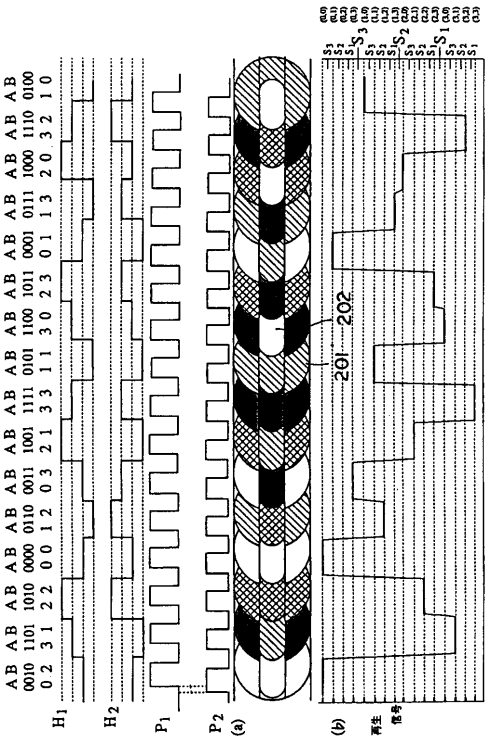
【図７２】



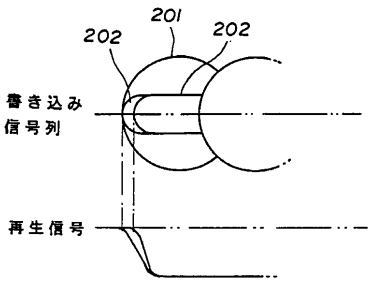
【図７３】



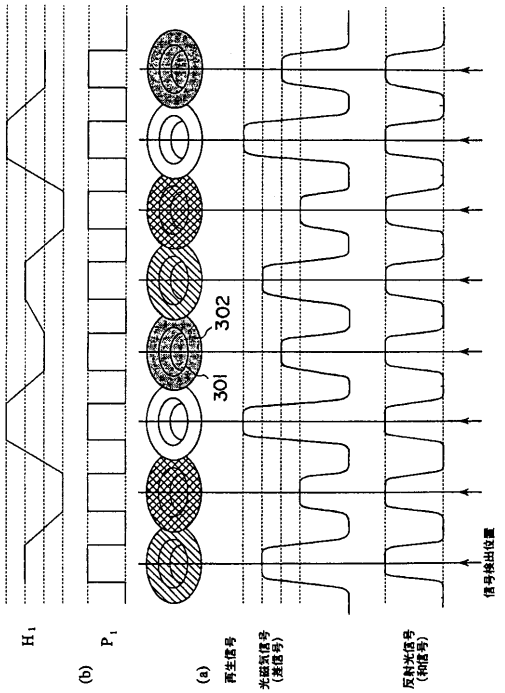
【図７４】



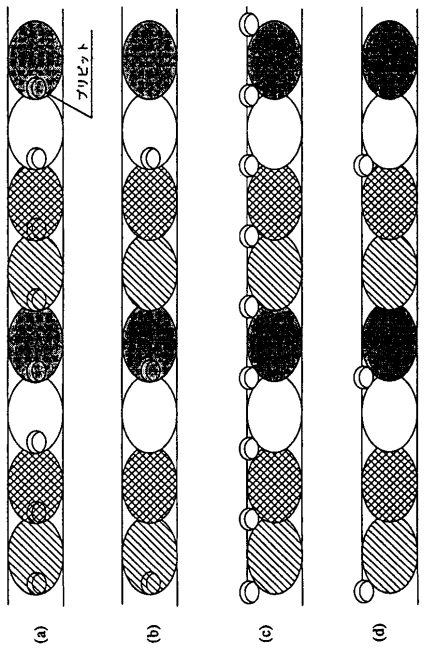
【図７５】



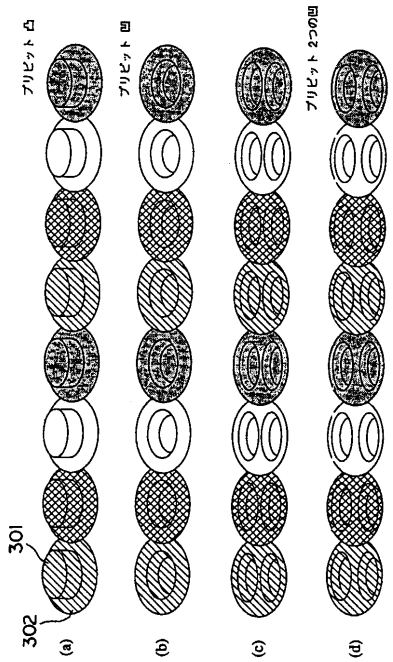
【図７６】



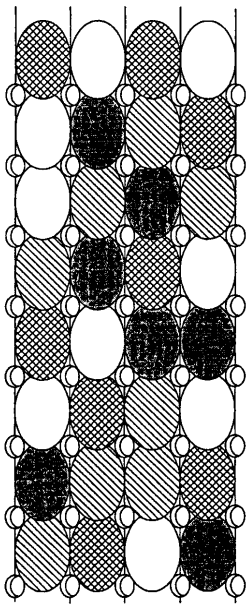
【図７７】



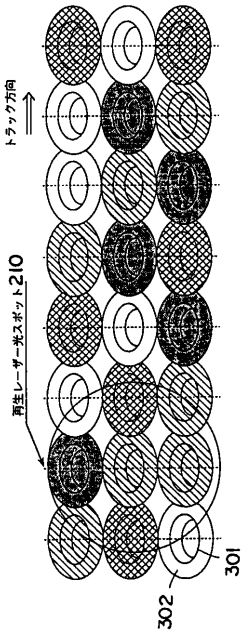
【図７８】



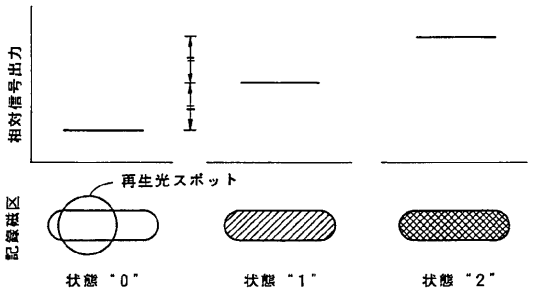
【図７９】



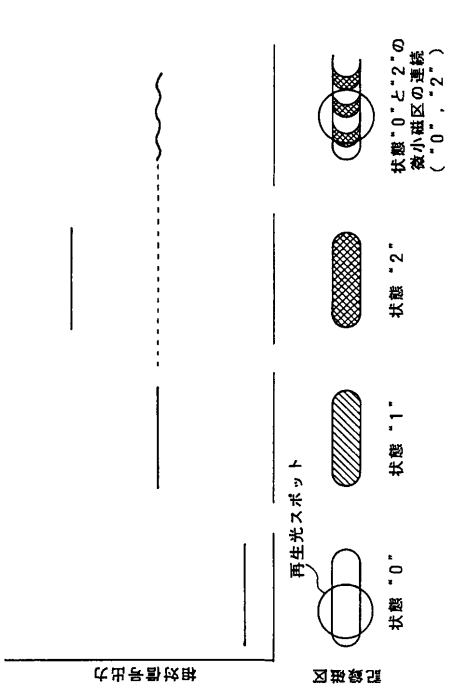
【図８０】



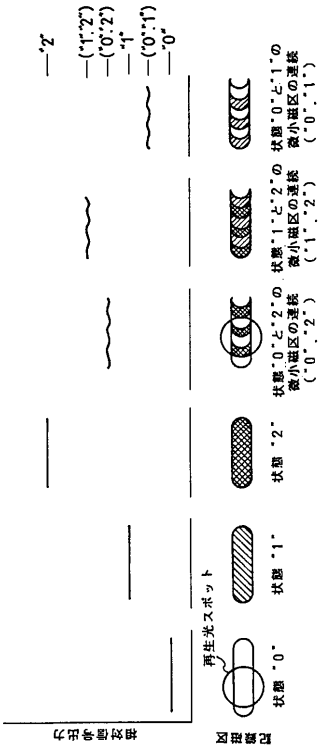
【図８１】



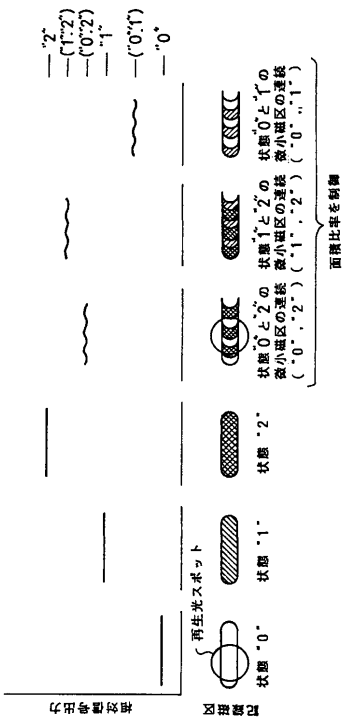
【図８２】



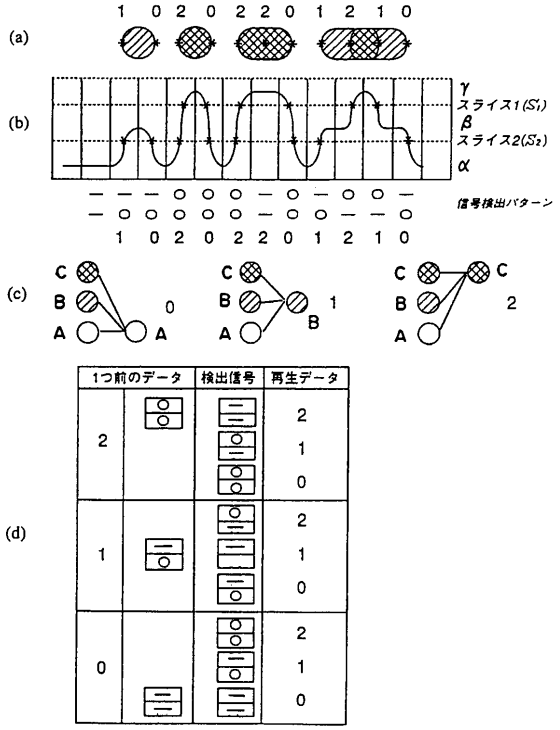
【図８３】



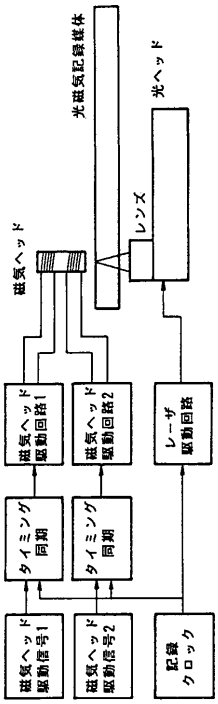
【図８４】



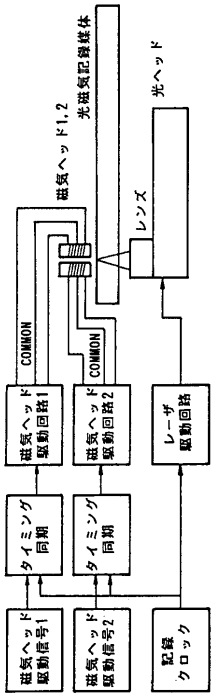
【図８５】



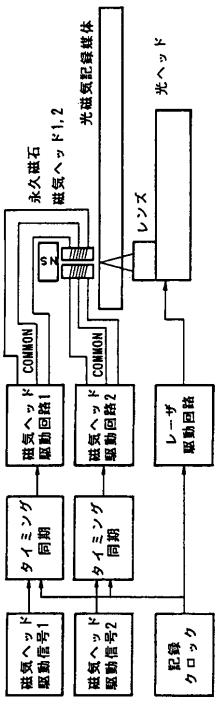
【図８６】



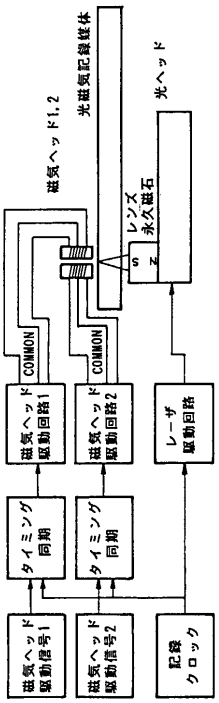
【図８７】



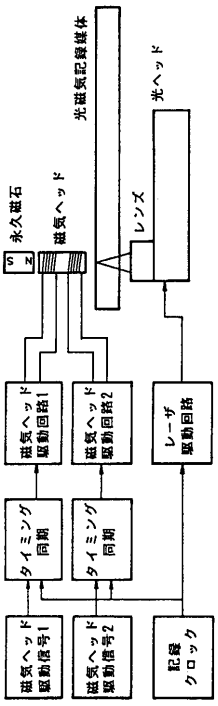
【図８８】



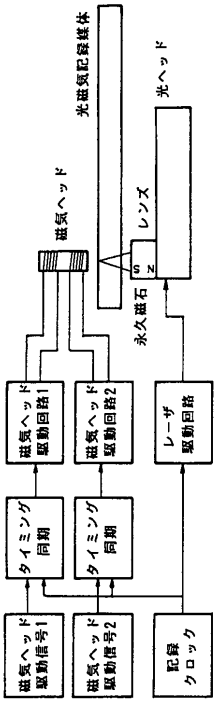
【図８９】



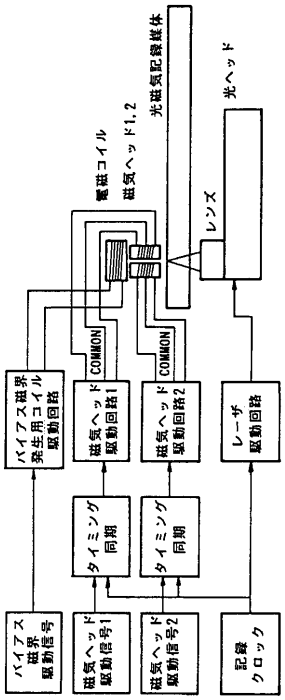
【図９０】



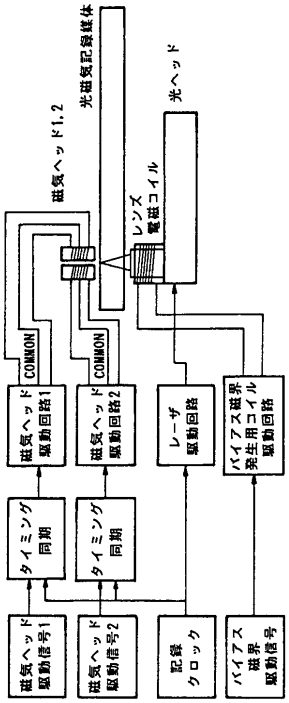
【図９１】



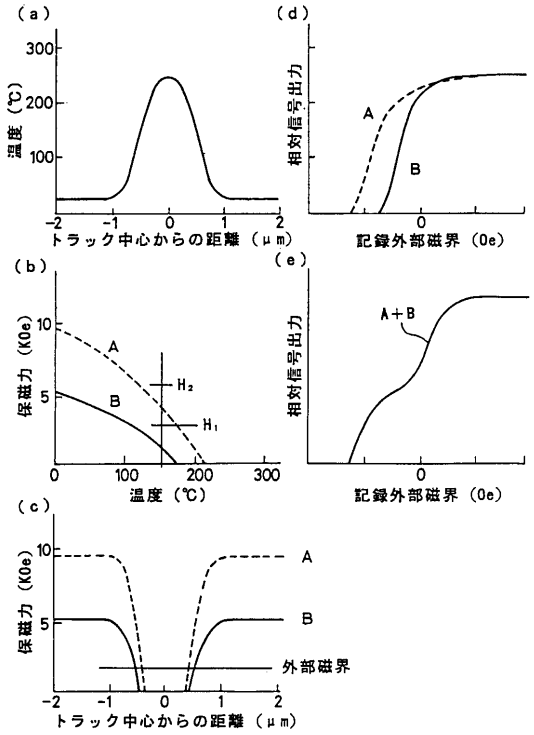
【図９２】



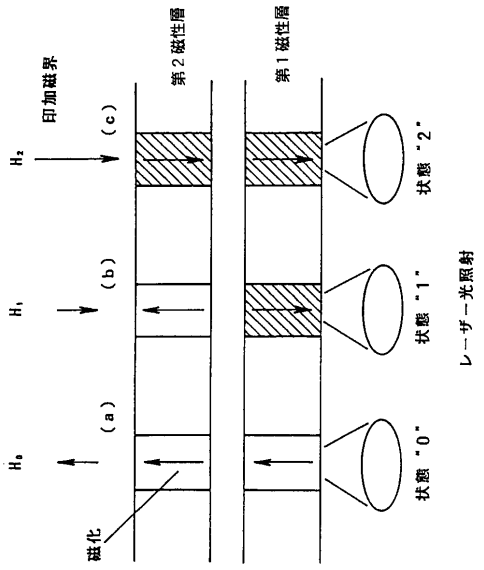
【図９３】



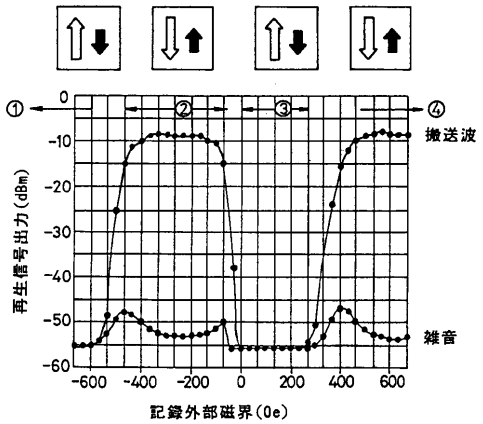
【図９４】



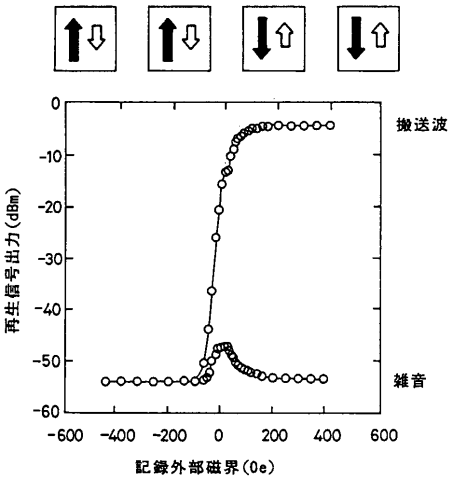
【図９５】



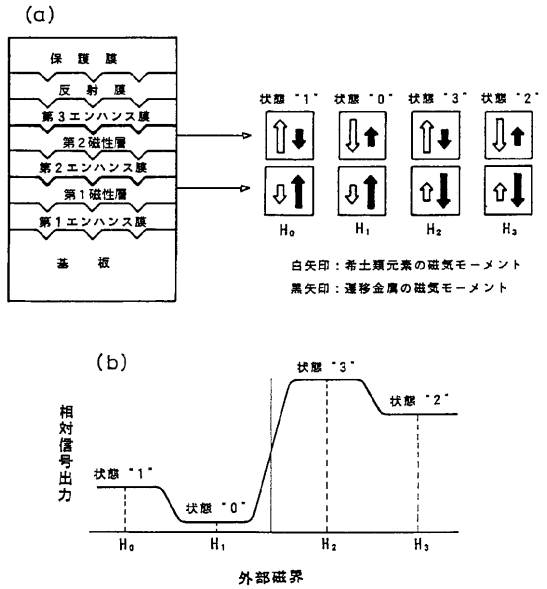
【図９６】



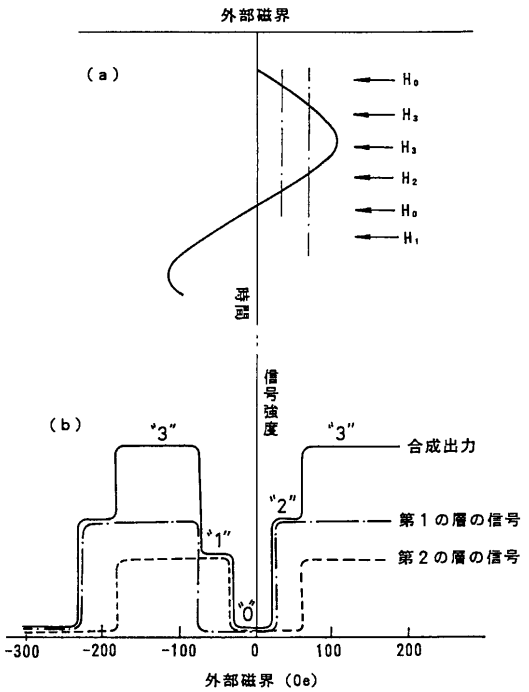
【図９７】



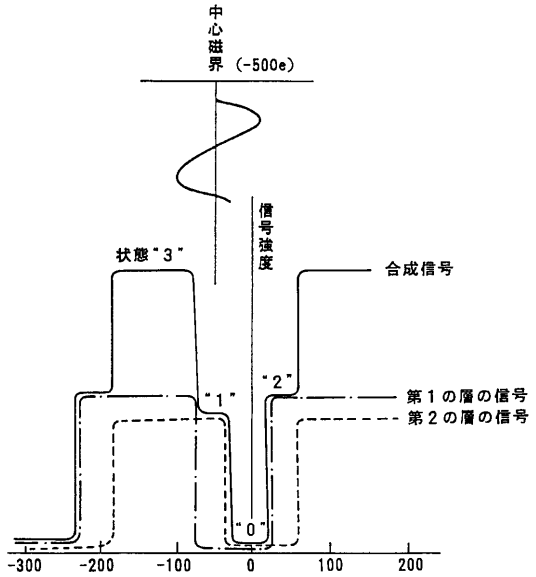
【図９８】



【図９９】



【図１００】


中心磁界 (-500e)
信号強度
状態"3"
合成信号
"1"
"2"
第１の層の信号
第２の層の信号
"0"
-300
-200
-100
0
100
200

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G１１B 11/105 ５１１C
G１１B 11/105 ５１１J
G１１B 11/105 ５１１M
G１１B 11/105 ５８１H
G１１B 11/105 ５８６B

(31)優先権主張番号 特願平6-213002
(32)優先日 平成6年9月6日(1994.9.6)
(33)優先権主張国 日本国(JP)

(72)発明者 酒本 章人
大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号 日立マクセル株式会社内
(72)発明者 石崎 修
大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号 日立マクセル株式会社内
(72)発明者 大貫 悟
大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号 日立マクセル株式会社内
(72)発明者 杉山 寿紀
大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号 日立マクセル株式会社内
(72)発明者 石塚 和子
大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号 日立マクセル株式会社内
(72)発明者 橋本 昌俊
大阪府茨木市丑寅一丁目１番８８号 日立マクセル株式会社内

合議体
審判長 片岡 栄一
審判官 川上 美秀
審判官 小林 秀美

(56)参考文献 特開平０１－１５５５３３（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－２８９９４７（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－３５５２３３（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２２５９７８（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－００７３８６（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－００７３８５（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－１６２７４７（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２３６５８６（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２３５６５６（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２２３４３１（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－３２９５４０（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－００７３５３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
G11B 11/00