密着露光法による光磁気ディスク*

太田賢司** 広兼順司*** 乾 哲也*** 山岡秀嘉**

Magneto-optical Disk Formed by Contact Printing

Kenji Ohta, Junji Hirokane, Tetsuya Inui, and Hideyoshi Yamaoka

A method of the formation of grooves and pre-formatted pits on a glass substrate for a magneto-optical disk by contact printing is described. Up to now, a laser cutting method, whereby grooves and pre-formatted pits are formed with a focussed Ar-laser, has been used, and it needs over thirty minutes to expose a disk. But by using a contact printing method, we succeeded in the exposure of a disk for fifteen seconds, thus a mass production of the glass substrate for the magneto-optical disk with high quality and high reliability was made possible.

Key words: magneto-optical disk, contact printing method, laser cutting method, pre-formatted pits, glass substrate

1. ま え が き

情報の書換えが可能な大容量高密度メモリーとして光磁気ディスクメモリーが実用化されている。この光磁気ディスクは、一般に図1に示すように情報を記録するためのデータ領域とディスク上の位置を判断するためのプリフォーマット領域からなっている。データ領域では、案内溝が $1.6\mu\text{m}$ ピッチでスパイラル状又は同心円状に並んでいる。この案内溝に沿って半導体レーザ光を絞り込み、情報の記録・再生・消去を行う。一方プリフォーマット領域では、データ領域の案内溝に連続したビット列によってトラックのアドレス情報などのプリフォーマットが記録されている。この情報を絞り込まれた半導体レーザの反射光強度がビットの回折により変化することを利用して読み取り、位置判断を行う。このような案内溝とプリフォーマットビットを有するディスク基板の量産技術として、射出成形法によりポリカーボネート等の樹脂基板に直接凹凸の案内溝を形成する方法や、紫外線硬化樹脂で凹凸の案内

溝を形成する2P法等がある。しかし、機械特性・光学特性・耐湿性を考えると樹脂基板よりガラス基板の方が優れている。そこで、我々はガラスディスク基板に密着露光法とドライエッチング法で直接凹凸の案内溝を形成し、高品質で高信頼性を有する光磁気ディスクを形成する量産技術確立した。ここでは、まず密着露光法による光磁気ディスクの形成プロセスと密着露光で使用するTaフォトマスクの形成プロセスについて、特にTaをマスク材として使用した際のTa薄膜の光学密度、Ta薄膜上に塗布したフォトレジストにたいするレーザカッティング特性、Ta薄膜のドラ

Fig.1 Plane figure of a magneto-optical disk

※原稿受付 昭和63年12月19日。昭和63年度関西地方定期学術講演会(昭和63年7月19日)にて発表

***正会員 シャープ(株)(天理市標本町2613-1)

***シャープ(株)

イエッチング特性及び、透明なガラス基板上に塗布したフォトレジストに対する密着露光特性について新たに解明したので報告する。最後に、密着露光法で形成した光磁気ディスクの録再特性について報告する。

2. ディスク基板形成プロセス

図2にディスク基板の形成プロセスを示す。洗浄したガラスディスク基板にフォトレジストをスピンコート法により塗布する。次にフォトレジストの露光を行う。従来は、左側に示すレーザカッティング法を用いて露光を行っていた。この方法で使用するレーザカッティング装置は、Arレーザ光をフォトレジスト面に絞り込む光学系と、ディスク基板を回転させるエアスピンドル及び $0.01\mu\text{m}$ の位置精度を有する精密な送り系から構成されており、装置の管理には細心の注意を必要とする。更に案内溝を1本1本露光する必要があるため、直径130mmのディスクのデータ領域の最内周(半径30mm)位置から、最外周(半径60mm)位置まで全面露光するため、30min以上の時間を必要とする。以上の理由からレーザカッティング法はディスク基板の量産には適さない。しかし、右側に示す密着露光法の場合、案内溝とプリフォーマットのパターンを形成したフォトマスクを、フォトレジストを塗布したディスク基板に密着させて紫外線光で一括露光するため、15s程度の時間で露光をすることができる。マスクの作製プロセスに余分な時間が必要ではあるが、後述するように1枚のフォトマスクで多量の基板が作製できるため量産に適する方法である。

Fig.2 Forming process of the magneto-optical disk

次に、露光されたフォトレジストを現像により取り除き、CF₄ ガスを使用してドライエッチングを行いガラス基板をエッチングして、残留フォトレジストをO₂ガスによるアッシングで取り除く。最後に、記録媒体を形成して光磁気ディスクが完成する¹⁾。

このように、密着露光法を利用することで、30 min以上かかっていた露光プロセスを15 s程度まで短くすることができ、光磁気ディスク用のガラス基板を量産することが可能となった。

3. フォトマスク

密着露光法でガラスディスク基板を形成するためには、フォトマスクが必要となる。ここで、Taフォトマスクの形成方法について詳しく述べる。

3.1 フォトマスク形成プロセス

図3にフォトマスクの形成プロセスを示す。フォトマスク基板にTa薄膜を付着させた後、スピンコート法でフォトレジストを塗布する。次にフォトレジスト面にArレーザ光を絞り込み、フォトマスク基板を回転させつつArレーザ光の位置を移動し、スパイラル状又は同心円状の案内溝とプリフォーマットを露光する(レーザカッティング法)。次に露光されたフォトレジストを現像により取り除き、CF₄ ガスを使用してドライエッチングを行いTa膜をエッチングする。最後に残留フォトレジストをO₂ガスでアッシングしてフォトマスクが完成する。

Fig.3 Forming process of the photo-mask

3.2 Ta 膜厚

マスク材の光学密度は最適露光量等の密着露光特性を決定する重要な定数となる。そこで、図4にTa膜厚と光学密度の関係を示す。フォトマスクとして必要となる光学密度は3程度であり、我々はマスク材であ

るTaの膜厚を80nmとした。

3.3 レーザカッティング

ここで、案内溝とプリフォーマットを形成する時のレーザカッティング特性について説明する。まずTa薄膜のドライエッチングに必要なレジスト厚を維持しつつ、最適なカッティング特性を得るためのレジスト厚を明らかにする必要がある。次に、プリフォーマット用のビット形状を適正化するため、レーザパルス波形を改良した。

3.3.1 データ領域

データ領域の案内溝を形成するためには、Arレーザ光を連続照射してカッティング（露光）を行う。図5に露光・現像後の断面図を示す。 W_g 、 D をそれぞれグルーブ幅（案内溝幅）、レジスト厚とする。

図6に照射するArレーザ光のパワーを3.5mW、3.0mW、2.5mWにしてカッティングした時の W_g と D の関係を示す。 D が315nm付近で W_g が最も広がっていることがわかる。このような極大値が存在するのは、レジスト面に入射するArレーザ光とTa面からの反射レーザ光とが、レジスト内で干渉しているためと思われる。我々は、レジスト厚の変動に対してグルーブ幅の変動が最も少なくなるこの極大点にレジスト厚を設定してレーザカッティングを行っている。

Fig.4 Optical density

Fig.5 Cross section of photo-resist pattern

Fig.6 Cutting properties of the pre-grooves

3.3.2 プリフォーマット領域

プリフォーマット領域は、種々の長さに変調されたビット列からなっており、Arレーザ光をパルス変調してカッティングが行われる。ここでは、8/10変調方式で形成したビットについて説明する。最短ビット長を1Tとして、2T、3Tの長さの違うビット列でプリフォーマット情報が形成される。図7に示すような1T、2T、3Tの長さの矩形レーザパルスで、カッティング及び現像を行った後のビット形状のSEM写真を図8に示す。このSEM写真から、2T、3Tのビットは、徐々にビット幅が広がっており、さらに1Tのビットはビット幅が非常に小さくなり、安定して形成されていないことがわかる。これは、Arレーザ光を絞込んで照射するためレジストの温度が上昇し、露光感度を上昇させることにより発生する。安定してプリフォーマット情報を再生するためには、1T

ビットをもっと大きくする必要がある。そこで我々はレーザパルスの立上がり部分を図9に示すように強調することで解決した。このように立上りを強調したレーザパルスを使用すると、レーザパルス照射初期の温度上昇していない部分がより高パワーのArレーザ光で露光されるため、図10に示すSEM写真のように、2T、3Tビットの非対称性は改善され、ビット長方向に一定の幅を有するビットが形成され、さらに1Tビットも十分な大きさに安定して形成することができた。

3.4 ドライエッチング

現像後、案内溝とプリフォーマットが形成されたレジストパターンをマスクとしてTa膜のエッチングを行う。一般にフォトマスクは、マスク材としてCr薄膜を使用し、ウェットエッチングでパターンを形成する。しかし、ウェットエッチングではサイドエッチングが起きるのを避けられない。サブミクロンのマスクパターンを再現性良く形成するためには、ドライエッチングでパターンを形成する必要がある。そこで、平行平板型のプラズマドライエッチング装置を使用し、 CF_4 ガスでTa膜のエッチングを行い、続いて O_2 ガスで残留レジストのアッシングを行いTaフォトマスクを形成した。図11は、アッシング後のフォトマスクのプリフォーマット領域のビットをSEMで観察したもので、ビット内のTa膜がエッチングにより取り除かれている。ドライエッチングを使用することで、レジストパターン通りに安定してフォトマスクを形成することができた。

Fig.7 Rectangular laser pulses

Fig.8 Pre-formatted pits formed by the rectangular laser pulses

Fig.9 Enhanced laser pulses at its starting point

Fig.10 Pre-formatted pits formed by the enhanced laser pulses

Fig.11 SEM photograph of a Ta photo-mask

4. 密着露光

ここでは、ガラス基板上に塗布したフォトレジストに安定してパターンを形成するため、露光時間とパターン形状の関係を調べ、密着不良の許容限度を認識するため、密着不良とパターン形状の関係を調べた。

図12は、ピッチ $1.6\mu m$ 、幅 $1.0\mu m$ の案内溝パターンを有するフォトマスクを使用し、露光時間を変えて露

光し、現像後のレジストパターン形状（グループ幅・レジスト厚）を測定したものである。レジスト厚は、露光時間を長くすると徐々に減少する。一方グループ幅は、露光時間を短くすると急激に狭くなっている。レジスト厚は、ドライエッチングする際ガラス基板と共にエッチングされて減少するが、エッチング中マスク材として残っていればガラス基板のエッチングは安定して行われ、均一な深さの溝を有するガラス基板を形成することができ、この図に示されている程度のレジスト厚の減少は問題にならない。しかし、溝幅はドライエッチングによりレジストパターンと同じ幅に形成されるため、できるだけ変動を抑える必要がある。この図によると、露光時間を適切に（1.6 s）選ぶことで、フォトマスクの溝パターン通りにレジスト溝パターンを安定して形成できることがわかる。

次に、図13に密着不良が発生した場合の影響を示す。図中A点では、フォトマスクのマスクパターンとガラスディスク基板とが完全に密着しており、B点、C点は、密着を途中で中止して密着不良の状態を作ったものであり、それぞれ0.3 μm 、0.6 μm 程度の密着不良が発生していた。この状態で紫外線光を照射し、現像後のパターン寸法を下図に示す。約0.3 μm の密着不良が存在するB点では、A点に比べてレジスト厚が多少減少しているだけでグループ幅はあまり変化しておらずほとんど問題はないが、約0.6 μm の密着不良が存在するC点では、さらにレジスト厚が減少しグループ幅もかなり狭くなっている。すなわち、密着露光法で光磁気ディスク基板を形成する際、密着不良の量を0.3 μm 程度以下に抑えることが、案内溝とプリフォーマットを安定して形成するために望ましいことになる。

Fig.13 Effects of imperfect contact

5. 光磁気ディスク基板のSEM写真

図14、図15に密着露光法により形成されたレジストパターンをマスクとしてガラス基板をドライエッチングし、残留レジストをアッシングで除去した後のSEM写真を示す。図14は、グループ記録方式と呼ばれ、情報を溝内に記録し、それに連続するプリフォーマットで位置判断をする。一方、図15はランド記録方式と呼ばれており、溝間の幅の広いランド部分に情報を記録し、プリフォーマットもランド部分に形成されている。

Fig.12 Exposure properties of contact printing

Fig.14 SEM photographs of a disk substrate whose data are recorded in the groove position

Fig.15 SEM photographs of a disk substrate whose data are recorded on the land position

6. 光磁気ディスクの録再特性

最後に、光磁気記録媒体を成膜した後のディスク特性について示す。図16は、記録ビット長とC/Nの関係を示している。ISO規格測定条件である記録ビット長が $0.76\mu\text{m}$ の時に52.7dBのC/Nが得られており、高品質な記録再生が可能である。また、記録ビット長が、 $0.57\mu\text{m}$ の小さな記録ビットでもデジタル記録で必要とされる45dBのC/Nを得ることができ、高密度記録が可能である。

次に表1にエラーの発生状況を示す。1枚のフォトマスクを使用し、100枚の光磁気ディスクを試作した後、半径60mmの位置に1.14MHzの記録周波数で10Mbitsの信号を記録再生した時のエラーの発生数を10枚ごとに示している。エラー数が1個の時、ビットエラーレート(B.E.R.)は 1×10^{-7} となる。一般にフォトマスクはパターンの欠落が発生しエラーの増加を招くが、今回開発したTaフォトマスクを使用することにより、エラーの少ない光磁気ディスクが再現性よく得られることがわかる。

7. ま と め

Taフォトマスクを使用して、密着露光法でガラスディスク基板を形成することにより、非常に高品質でエラーの少ない光磁気ディスクを量産することが可能となった。

Fig.16 C/N characteristics

Table 1 Bit error

Disk No.	Total error
10	0
20	1
30	1
40	0
50	2
60	1
70	1
80	0
90	1
100	0

Total error	B.E.R.
1	1×10^{-7}
2	2×10^{-7}

謝 辞

本研究を行うにあたり、終始ご助言ご指導を頂きました大阪大学工学部精密工学教室・森勇蔵教授、シャープ株式会社精密技術研究所・石川俊夫所長に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 太田 賢司, 広兼 順司, 乾 哲也, 高橋 明, 出口 敏久, 岡本 高明: 反応性イオンエッチングによる光磁気ディスク基板, 真空, 28, 2 (1985) 19.