

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3862845号
(P3862845)

(45) 発行日 平成18年12月27日(2006.12.27)

(24) 登録日 平成18年10月6日(2006.10.6)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N 13/14 (2006.01)

GO 1 N 13/14

B

GO 1 B 11/30 (2006.01)

GO 1 B 11/30

Z

請求項の数 10 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願平10-24801	(73) 特許権者	000002325
(22) 出願日	平成10年2月5日(1998.2.5)		セイコーインスツル株式会社
(65) 公開番号	特開平11-223638		千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
(43) 公開日	平成11年8月17日(1999.8.17)	(74) 代理人	100079212
審査請求日	平成17年1月28日(2005.1.28)		弁理士 松下 義治
		(72) 発明者	光岡 靖幸
			千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内
		(72) 発明者	千葉 徳男
			千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内
		(72) 発明者	笠間 宣行
			千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 近接場用光プローブ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

近接場を生成及び／または散乱させる微小開口を有する近接場用光プローブであって、
逆錐状の穴が貫通して形成され、前記逆錐状の穴の頂部を前記微小開口とする平面基板と、

微小なレンズを有した平板レンズと、

前記平板レンズに光を入射させる光源と、を含み、

前記平面基板において、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に、前記平板レンズをそのレンズの焦点が前記微小開口に位置するように配置し、

前記平板レンズの面上に前記光源を配置したことを特徴とする近接場用光プローブ。

10

【請求項2】

前記平面基板は、前記微小開口を複数有し、

前記平板レンズは、前記複数の微小開口に適合するべく複数の微小なレンズを有し、

前記光源は、前記複数の微小レンズに適合するべく少なくとも1つであることを特徴とする請求項1記載の近接場用光プローブ。

【請求項3】

前記平板レンズは、屈折率勾配を有していることを特徴とする請求項1または2記載の近接場用光プローブ。

【請求項4】

前記平板レンズは、表面の一部がレンズ球面となっていることを特徴とする請求項1乃至

20

3のいずれか1つに記載の近接場用光プローブ。

【請求項5】

前記平板レンズは、回折を利用するレンズであることを特徴とする請求項1または2記載の近接場用光プローブ。

【請求項6】

前記平板レンズは、前記逆錐状の穴の内部に配置されたことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1つに記載の近接場用光プローブ。

【請求項7】

前記平面基板に代えて、突起部に前記微小開口を設けた光導波路の形成されたカンチレバーが配置され、

前記平板レンズは、前記光導波路の光入射面に適合するように配置されたことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1つに記載の近接場用光プローブ。

【請求項8】

近接場を生成及び/または散乱させる微小開口を有する近接場用光プローブであって、逆錐状の穴がその頂部を前記微小開口とするように貫通して形成された平面基板と、入射された光を前記微小開口に導くミラーを複数有する集光層と、

前記集光層に光を入射させる光源と、を含み、

前記平面基板において、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に、前記集光層をその集光点が前記微小開口に位置するように配置し、

前記集光層の面上に前記光源を配置したことを特徴とする近接場用光プローブ。

【請求項9】

前記平面基板に代えて、突起部に前記微小開口を設けた光導波路の形成されたカンチレバーが配置され、

前記集光層は、前記光導波路の光入射面に適合するように配置されたことを特徴とする請求項8記載の近接場用光プローブ。

【請求項10】

前記光源に代えて光検出器を配置し、前記微小開口において散乱される散乱光を検出することを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1つに記載の近接場用光プローブ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、近接場を利用して高密度な情報の再生及び記録を可能とする近接場用光プローブに関し、特にアレイ化された近接場用光プローブに関する。

【0002】

【従来の技術】

試料の光学特性分布を観察する通常の光学顕微鏡は、試料の照射に用いられる可視光、すなわち伝搬光の回折限界によって、その波長の1/2以下の分解能における構造観察は実現できない。よって、この光学顕微鏡においては、試料の構造を分析するための最小単位が数百ナノメートルに制限されてしまう。しかしながら、肉眼観察の延長となる像を得ることができるため、解析を簡単にすると共に顕微鏡の構成を簡略化することができた。

【0003】

一方、より高分解能な試料表面観察を可能にした電子顕微鏡においては、観察対象となる試料の表面にエネルギーの高い電子線を照射するため、試料にダメージを与えたり、顕微鏡の構成が大型、複雑となる傾向があった。

【0004】

また、更なる高分解像が得られる走査型トンネル顕微鏡（STM）や原子間力顕微鏡（AFM）に代表される走査型プローブ顕微鏡（SPM）に至っては、試料表面の原子・分子像を得ることが可能であり、顕微鏡を構成する装置も比較的小型化することができた。しかしながら、検出している物理量は、トンネル電流や原子間力などのプローブと試料表面との間に生じる相互作用であり、得られる表面形状像の分解能はプローブ先端形状に依存

10

20

30

40

50

されていた。

【0005】

そこでいま、伝搬光を使用し、プローブと試料表面近接場との間に生じる相互作用を検出することで前述の光学顕微鏡における伝搬光の回折限界を打破し、且つSPMの装置構成を取り入れた近接場光学顕微鏡が注目されている。

【0006】

近接場光学顕微鏡においては、観察に用いられる伝搬光の波長以下の微小な開口を有するプローブによって、光の照射された試料の表面に生じる近接場を散乱させ、その散乱光を検出することで、上記光学顕微鏡の観察分解能を越えた、より微小な領域の観察を可能としている。また、試料表面に照射する光の波長を掃引することで、微小領域における試料の光学物性の観測をも可能としている。

10

【0007】

近接場光学顕微鏡には、通常、光ファイバを先鋭化して周辺を金属でコーティングすることにより、その先端に微小開口を設けた光ファイバプローブが使用されており、近接場と相互作用することによって生じた散乱光をプローブ内部に通過させて光検出器に導く。

【0008】

また、その光ファイバプローブを通して試料に向けて光を導入させることによって、光ファイバプローブ先端部に近接場を生じさせ、この近接場と試料表面の微細構造との相互作用によって生じた散乱光を更に付加された集光系を用いて光検出器に導くことも可能である。

20

【0009】

更に、顕微鏡としての利用だけでなく、光ファイバプローブを通して試料に向けて光を導入させることによって、試料表面にエネルギー密度の高い近接場を局所的に生成でき、それによって試料表面の構造または物性を変えることができ、高密度メモリが実現される。その場合、前記した近接場の検出方法に、試料に照射する光の波長または強度の変調を含めることで、記録された情報の記録・再生を可能とする。

【0010】

近接場光学顕微鏡に使用されるプローブとして、例えば米国特許第5,294,790号に開示されているように、フォトリソグラフィ等の半導体製造技術によってシリコン基板にこれを貫通する開口部を形成し、シリコン基板の一方の面には絶縁膜を形成して、開口部の反対側の絶縁膜の上に円錐形状の光導波層を形成したカンチレバー型光プローブが提案されている。このカンチレバー型光プローブにおいては、開口部に光ファイバを挿入し、光導波層の先端部以外を金属膜でコーティングすることで形成された微小な開口に光を透過させることができる。

30

【0011】

更に、そのカンチレバー型光プローブの開口部には、挿入される光ファイバからの光を光導波層先端に集光するために、ボールレンズまたはレンズ形成用レジンを装填している。

【0012】

また、上記した米国特許第5,294,790号によるカンチレバー型光プローブに挿入される光ファイバに代えて、光導波路を用いたカンチレバー型光導波路プローブが知られている。例えば米国特許第5,354,985号に開示されているカンチレバーは、開口に光を導入させる光導波路と共にAFM技術を利用できるようにキャパシタ層を形成し、カンチレバーの振動及び撓み量の検出ができるように構成されている。

40

【0013】

更に、そのカンチレバー型光導波路プローブによれば、カンチレバー表面にレーザを照射して、その反射位置によってカンチレバーの撓み量を検出するタイプのAFM技術を利用するように、前記したキャパシタ層またはpiezo抵抗層の形成を省き、更に光導波路上に開口方向に凹状のレンズ、またはフレネルゾーンプレートを形成して導波路から導入された光を開口に向かって集光させることができる。

【0014】

50

更に、上述したプローブのような先鋭化された先端をもたない平面プローブの使用もまた提案されている。その平面プローブは、シリコン基板に異方性エッチングによって逆ピラミッド構造の開口を形成したものであり、特にその頂点が数十ナノメートルの径を有して貫通されている。そのような平面プローブは、半導体製造技術を用いて、同一基板上に複数作成すること、すなわちアレイ化が容易であり、特に近接場を利用した光メモリの再生記録に適した光ヘッドとして使用できる。この平面プローブの開口部に前述したボールレンズを装填することにより、平面プローブ表面に入射された光を開口先端部に集光することも可能である。

【 0 0 1 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、以上に説明した光ファイバプローブにおいては、先鋭化された先端を有しているために機械的強度が十分でなく、大量生産及びアレイ化にも適していない。また、近接場を乱すことで得られる散乱光は非常に微弱であるため、光ファイバを通してその散乱光を検出する場合には、検出部において十分な光量を得るための工夫が必要になる。また、光ファイバを通して十分な大きさの近接場を生成する場合には、その開口に光を集光する工夫が必要となる。

【 0 0 1 6 】

また、以上に説明したカンチレバー型光プローブにおいては、その開口部に光ファイバを挿入して、光導波層からの散乱光の受光、または光導波層への伝搬光の導入を達成するため、光導波層と光ファイバとの間において十分な光量を損失なく伝搬することはできなかった。

【 0 0 1 7 】

更に、その開口部にボールレンズを装填した場合であっても、ボールレンズは必ずしも光ファイバの光入出面または光導波層の先端部に焦点を合わせることができず、最適な集光は行えない。

【 0 0 1 8 】

また、以上に説明したカンチレバー型光導波路プローブにおいても、光導波路と光検出器への伝搬光または光源からの伝搬光との間において、上記したカンチレバー型光プローブを使用した場合と同様の問題を有する。

【 0 0 1 9 】

カンチレバー型光プローブ及びカンチレバー型光導波路プローブは共に、アレイ化、特に2次元に配列するアレイ化の実現は困難である。また、これらは元来、顕微鏡としての利用を目的としているために光メモリの情報記録・再生を念頭においてはおらず、記録媒体上の高速な掃引は困難である。

【 0 0 2 0 】

以上に説明した平面プローブにおいては、大量生産及びアレイ化に適しており、突出した先鋭部をもたないために機械的強度も十分ではあるが、その開口部にボールレンズを装填することによって集光を実現しているため、上記したカンチレバー型光プローブにおけるボールレンズの使用と同様の問題を有する。

【 0 0 2 1 】

従って、本発明は、上記した従来の微小な開口を有するプローブにおいて、十分な近接場強度を検出及び生成できるプローブ、特に近接場を利用した光メモリの情報記録・再生を実現させるために、大量生産及びアレイ化に適した光メモリ用ヘッドとしての近接場用光プローブを提供することを目的とする。

【 0 0 2 2 】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る近接場用光プローブにおいては、近接場を生成及び／または散乱させる微小開口を有する近接場用光プローブにおいて、逆錐状の穴がその頂部を前記微小開口とするように貫通して形成された平面基板と、微小なレンズを有した平板レンズと、前記平板レンズに光を入射させる光源と、を含み、前記平面基板において、前記微小開口が形成され

10

20

30

40

50

た面と反対側の面上に、前記平板レンズをそのレンズの焦点が前記微小開口に位置するように配置し、前記平板レンズの面上に前記光源を配置したことを特徴としている。

【0023】

従って、微小開口の上方に位置した平板レンズの作用によって、光源からもたらされる光を効率よく微小開口に集束でき、生成される近接場の増大が図れると共にコンパクトな構成の光プローブを提供できる。

【0024】

また、本発明に係る近接場用光プローブにおいては、前記平面基板は、前記微小開口を複数有し、前記平板レンズは、前記複数の微小開口に適合するべく複数の微小なレンズを有し、前記光源は、前記複数の微小レンズに適合するべく少なくとも1つであることを特徴

10

【0025】

従って、複数の微小開口の上方に、それに適合するように位置した複数の平板レンズの作用によって、光源からもたらされる光を効率よく微小開口に集束できると共に、本発明に係る近接場用光プローブを光メモリ用ヘッドとして使用する場合に、プローブの高速な掃引を必要としない情報の記録・再生が可能とした光プローブを提供できる。

【0026】

また、本発明に係る近接場用光プローブにおいては、前記平板レンズが屈折率勾配を有していることを特徴としている。

【0027】

20

従って、微小開口の上方に配置する平板レンズとして、平面状のレンズ部を有し、且つ大量生産に適したコンパクトな構成の光プローブを提供できる。

【0028】

また、本発明に係る近接場用光プローブにおいては、前記平板レンズの表面の一部がレンズ球面となっていることを特徴としている。

【0029】

従って、微小開口の上方に配置する平板レンズとして、通常のレンズ形状の効果を及ぼせる微小なレンズ部を有し、且つ大量生産に適したコンパクトな構成の光プローブを提供できる。

【0030】

30

また、本発明に係る近接場用光プローブにおいては、前記平板レンズが回折を利用するレンズであることを特徴としている。

【0031】

従って、微小開口の上方に配置する平板レンズとして、平らな表面を有するレンズ部を備え、且つ大量生産に適したコンパクトな構成の光プローブを提供できる。

【0032】

また、本発明に係る近接場用光プローブにおいては、前記平板レンズが前記逆錐状の穴の内部に配置されたことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1つに記載の近接場用光プローブ。

【0033】

40

従って、微小開口の直前にレンズが配置され、大量生産に適したより一層コンパクトな構成の光プローブを提供できる。

【0034】

また、本発明に係る近接場用光プローブにおいては、前記平面基板に代えて、突起部に前記微小開口を設けた光導波路の形成されたカンチレバーが配置され、前記平板レンズは、前記光導波路の光入射面に適合するように配置されたことを特徴としている。

【0035】

従って、微小開口の上方に位置した平板レンズの作用によって、光源からもたらされる光を効率よく微小開口に集束でき、生成される近接場の増大が図れると共に、従来のカンチレバー型の光プローブを使用した技術を適用できる光プローブを提供できる。

50

【 0 0 3 6 】

また、本発明に係る近接場用光プローブにおいては、近接場を生成及び／または散乱させる微小開口を有する近接場用光プローブにおいて、逆錐状の穴がその頂部を前記微小開口とするように貫通して形成された平面基板と、入射された光を前記微小開口に導くミラーを複数有する集光層と、前記集光層に光を入射させる光源と、を含み、前記平面基板において、前記微小開口が形成された面と反対側の面上に、前記集光層をその集光点が前記微小開口に位置するように配置し、前記集光層の面上に前記光源を配置したことを特徴としている。

【 0 0 3 7 】

従って、微小開口の上方に位置した集光層の作用によって、光源からもたらされる光を効率よく微小開口に集束でき、生成される近接場の増大が図れると共にコンパクトな構成の光プローブを提供できる。

10

【 0 0 3 8 】

また、本発明に係る近接場用光プローブにおいては、前記平面基板に代えて、突起部に前記微小開口を設けた光導波路の形成されたカンチレバーが配置され、前記集光層は、前記光導波路の光入射面に適合するように配置されたことを特徴としている。

【 0 0 3 9 】

従って、微小開口の上方に位置した集光層の作用によって、光源からもたらされる光を効率よく微小開口に集束でき、生成される近接場の増大が図れると共に、従来のカンチレバー型の光プローブを使用した技術を適用できる光プローブを提供できる。

20

【 0 0 4 0 】

また、本発明に係る近接場用光プローブにおいては、前記光源を光検出器に代えて、前記微小開口において散乱される散乱光を検出することを特徴としている。

【 0 0 4 1 】

従って、微小開口の上方に位置した平板レンズまたは集光層の作用によって、微小開口からもたらされる散乱光を効率よく光検出器に供給でき、検出される散乱光の増大が図れると共にコンパクトな構成の光プローブを提供できる。

【 0 0 4 2 】

【 発明の実施の形態 】

以下に、本発明に係る近接場用光プローブの実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

30

【 0 0 4 3 】

[実施の形態 1]

図 1 は、実施の形態 1 に係る近接場用光プローブの一部の断面図を示している。

【 0 0 4 4 】

図 1 において、開口 3 を有するシリコン基板 1 上に平板マイクロレンズ 5 が設けられ、更にその平板マイクロレンズ 5 の上に面発光レーザ 4 が設けられている。

【 0 0 4 5 】

シリコン基板 1 はこれを貫通するようにテーパ部 2 が形成され、微小な開口 3 を有している。開口 3 は、テーパ部 2 から導入される光によって近接場が生成されるように、例えば 50 ナノメートルの径を有している。テーパ部 2 は、従来のフォトリソグラフィやシリコン異方性エッチングなどを用いた微細加工によって形成される。例えば、(1 0 0) 平面を有するシリコン基板 1 の両面に、続いて行う異方性エッチングのマスクとなる熱酸化膜または Au / Cr 金属膜などを設け、その一方の表面のマスクの開口窓となる部分を除去して (1 0 0) 平面を露出させる。続いて、開口窓が形成された面をエッチング溶液にさらし、シリコン基板 1 に逆ピラミッド構造をした四方面のテーパを形成し、同時にその先端が開口 3 となるように他方の面のマスク裏面が露出される。次にシリコン基板 1 の両面のマスク材料を除去することにより、所望の開口 3 を有してテーパ部 2 が形成されたシリコン基板 1 を得ることができる。

40

【 0 0 4 6 】

50

従って、以上のような半導体製造プロセスに用いられる技術によって微小な開口を形成できるため、このような開口を有するシリコン基板は、近接場を生成できる平面プローブとして活用でき、良好な再現性を伴った大量生産に適し、特に同一シリコン基板上に複数の開口を形成するアレイ化が容易となる。

【0047】

平板マイクロレンズ5は、その平板の一方の表面から他方の表面に向かって屈折率が連続的に変化した屈折率勾配を有しており、平板の一方の表面に入射した光を他方の表面側に集光またはコリメートできるレンズとして機能する。

【0048】

屈折率勾配を有する平板マイクロレンズ5は、同一平板上に複数形成でき、上述したシリコン基板上のアレイ化された開口にそれぞれ適合させることができる。

10

【0049】

図2は、屈折率勾配を有する平板マイクロレンズ5の製法例を示している。先ず、図2(a)に示すように、ガラス基板21上に真空蒸着またはスパッタリングにより金属膜22を形成し、続いて、図2(b)に示すように、フォトリソグラフィによって円形開口23を形成する。次に、図2(c)に示すように、このガラス基板を熔融塩に浸すことにより選択イオン交換を行う。この時、ガラス基板中に拡散移入させるイオンは、電子分極率の大きいイオンを選び、円形開口23という制限をうけた拡散は開口周辺にも回り込みながら3次元的な濃度分布を形成し、それに比例した屈折率勾配を生じ、図2(d)に示すように、複数のレンズの形成が実現される。その一つ一つのレンズは円形開口の中心を最高屈折率として点対称に半球状の屈折率分布を有するレンズとなる。

20

【0050】

このようにして複数のレンズ部を有する平板マイクロレンズ5に入射される光が、前述したシリコン基板のそれぞれの開口に集束するように、平板マイクロレンズ5をシリコン基板1上に設置する。この際、シリコン基板1と平板マイクロレンズ5との張り付けは、例えば有機接着剤を使用して行う。

【0051】

なお、平板マイクロレンズ5の製法は上記した選択イオン交換によらず、他の方法、例えばCVD法であってもよい。

【0052】

平板マイクロレンズ5の表面、すなわち外部から光が入射される面の上には、光源となる面発光レーザ4が設けられている。この面発光レーザ4からもたらされる光は平板マイクロレンズ5へと入射し、入射された光は、平板マイクロレンズ5の有する屈折率勾配によってレンズ同様の効果が及ぼされ、平板マイクロレンズ5の下方に配置されたシリコン基板1の開口3に集光される。集光されることによって、局所的な高エネルギーの光が集められ、開口3に生じる近接場の強度を増大させる。

30

【0053】

次に、以上に説明したシリコン基板1、平板マイクロレンズ5及び面発光レーザ4とを積層した構成を光メモリ用ヘッドとして記録媒体上に配置し、開口3に生成される近接場によって光記録を行う方法を説明する。

40

【0054】

記録媒体として例えば円盤状の平面基板を用い、その上方にアレイ化された前記光メモリ用ヘッドを配置する。光メモリ用ヘッドの開口に生成される近接場を記録媒体に作用させるために、開口と記録媒体との間を開口径程度まで近接させなければならない。そこで、光メモリ用ヘッドと記録媒体の間に潤滑剤を充填し、光メモリ用ヘッドを十分に薄く形成することで、潤滑剤の表面張力を利用して光メモリ用ヘッドと記録媒体との間隔を十分に小さく維持できる。更には、記録媒体の撓みに対しても追従できる。

【0055】

なお、光メモリヘッドと記録媒体との近接状態を上記した潤滑剤によらずに、ハードディスク技術に用いられているフライングヘッドと同様にエアベアリングによって制御しても

50

よい。

【0056】

記録媒体として用いられる材料を、例えば相変化記録方式を適用できる材料とした場合に、その記録は光エネルギーのヒートモードを用いるために、光の高密度化は重要なファクタとなる。従って、近接場を利用した光記録の場合も十分に大きな強度の近接場の生成が望まれ、本発明による光メモリ用ヘッドにおいては、平板マイクロレンズの作用効果によって、その近接場の強度増加を達成している。

【0057】

上述した説明においては、光メモリ用ヘッドの開口に光を集光して近接場を生成させる、いわゆる近接場光学顕微鏡で言うイルミネーションモードであるが、他の光学系によって記録媒体面に光を照射し、記録媒体面上の微小な情報記録構造によって生じる近接場を微小な開口によって検出する、いわゆるコレクションモードに対しても本発明による近接場用光プローブは有効となる。その場合、開口で検出された近接場は散乱光に変換されて平板マイクロレンズ表面へと入射して、平板マイクロレンズはコリメートレンズとして機能されるため、平板マイクロレンズの上面には面発光レーザに代えて光検出器を配置しなければならない。

10

【0058】

また、本発明による光メモリ用ヘッドとしての近接場用光プローブは、開口とそれに光を集光する平板マイクロレンズを複数個配列できるために、記録媒体上におけるヘッドの掃引を最小限に抑え、高速な光記録及び読み出しが可能となり、更には、前記配列間隔を記録媒体上の情報記録単位間隔に適合させることによってトラッキングレスが実現できる。

20

【0059】

なお、上述した説明において、シリコン基板1の上面に平板マイクロレンズ5を配置するとしたが、シリコン基板1に形成されたテーパ部2内に、平板マイクロレンズ5のガラス基板に相当する、例えばSiO₂を積層し、これに選択イオン交換法により屈折率勾配を与えてレンズ化してもよい。この場合、積層されるSiO₂の表面はテーパ部2内に収まっている限り平面である必要はなく曲面であってもよい。また、通常のレンズ形状を有して、その形状によるレンズ効果と屈折率勾配によるレンズ効果とを併せ持っていてもよい。

【0060】

[実施の形態2]

30

図3は、実施の形態2に係る光メモリ用ヘッドの一部の断面図を示している。

【0061】

図3においては、実施の形態1を説明した図1の平板マイクロレンズ5に代えて、マイクロレンズ基板6を配置している。マイクロレンズ基板6は、実施の形態1に説明された選択イオン交換法において、ガラス基板中に拡散移入させるイオンとして半径の大きいイオンを選び、それら交換されるイオン半径の違いによって円形開口部に膨らみを生じさせている。従って、実施の形態1における選択イオン交換法の効果である屈折率勾配の生成と異なり、通常のレンズ形状によるレンズ化が施されている。この膨らみにより、マイクロレンズ基板6の表面は平坦でないため、その上に直接に面発光レーザ4を配置することはできない。従って、マイクロレンズ基板6と面発光レーザ4とは隔たりを設ける必要があり、図示しないスペーサによって固定される。

40

【0062】

このような選択イオン交換法によって製作されるマイクロレンズ基板6は、レンズ部のアレイ化が容易であり、同じくアレイ化されたシリコン基板の開口に適合させることができる。

【0063】

なお、このような膨らみを有する通常のレンズ形状によるレンズ化は、上述した選択イオン交換法によらずに、他の方法、例えば感光性ガラスに紫外線照射して結晶化部と微小な球面を形成してレンズ化する結晶化ガラス法であってもよい。

【0064】

50

以上のように作成されたマイクロレンズ基板 6 は、実施の形態 1 における平板マイクロレンズによる効果と同じく、イルミネーションモードとした場合に、面発光レーザ 4 からもたらされる光をシリコン基板 1 の開口 3 に集光でき、面発光レーザ 4 を光検出器に代えてコレクションモードとした場合に、開口 3 からもたらされる散乱光を光検出器にコリメートできる。

【 0 0 6 5 】

従って、生成及び検出される近接場の強度の増大を図ることができ、特にアレイ化されてシリコン基板 1 とこのマイクロレンズ基板 6、及び面発光レーザ 4（または光検出器）からなる構成を光メモリ用ヘッドとして使用した場合に、実施の形態 1 において説明された効果と同様に、近接場を利用した高効率な再現性の高い光情報記録・再生が達成される。

10

【 0 0 6 6 】

なお、マイクロレンズ基板 6 を、実施の形態 1 で説明した電気分極率の大きいイオンを選ぶ選択イオン交換法と実施の形態 2 で説明したイオン半径の大きいイオンを選ぶ選択イオンを組み合わせ、表面にレンズ形状を有し、且つガラス基板内部に屈折率勾配を有したもののとしてもよい。

【 0 0 6 7 】

[実施の形態 3]

図 4 は、実施の形態 3 に係る近接場用光プローブの一部の断面図を示している。

【 0 0 6 8 】

図 4 においては、実施の形態 1 を説明した図 1 の平板マイクロレンズ 5 に代えて、フレネルゾーンプレート 7 を配置している。フレネルゾーンプレート 7 は、ガラス基板上の微細なパターンにより回折光を作り、レンズ作用を生じさせるものであり、面発光レーザ 4 からのコヒーレントな光に対して無収差で開口 3 に集光することができる。フレネルゾーンプレート 7 の微細加工については電子ビーム加工や、レーザ干渉法、ドライエッチング法及び精密機械加工法など種々の方法を用いることができるが、マスクを作成すればスタンピングなどで大量に作成することが可能である。

20

【 0 0 6 9 】

フレネルゾーンプレートを光源である面発光レーザと開口の間に設けることにより、開口において生成または検出される近接場の強度を増大させることが可能になる。

【 0 0 7 0 】

30

なお、上記フレネルゾーンプレート 7 に代えて、図 5 に示すようにホログラフィックレンズ 8 を使用してもよい。ホログラフィックレンズ 8 は、回折スポットが開口 3 に対応するように作成されたホログラムであり、光源からの光、好ましくはコヒーレント光 9 から入射された光を開口 3 に集光することができる。このホログラフィックレンズにおいても、マスクを作成すればスタンピングなどで大量生産が可能である。

【 0 0 7 1 】

更に、上述した説明において、シリコン基板 1 の上面にフレネルゾーンプレート 7 またはホログラフィックレンズ 8 を配置するとしたが、シリコン基板 1 に形成されたテーパ部 2 内に、それぞれが形成されていてもよい。この場合、シリコン基板 1 の上面に光源、例えば面発光レーザが配置される。

40

【 0 0 7 2 】

[実施の形態 4]

図 6 は、実施の形態 4 に係る近接場用光プローブの一部の断面図を示している。

【 0 0 7 3 】

図 6 においては、実施の形態 1 を説明した図 1 の平板マイクロレンズ 5 に代えて、パラボラミラー 1 0、ミラー 1 1 及び光透過材 1 2 からなる構成が配置されている。光透過材 1 2 に入射された光はパラボラミラー 1 0 においてミラー 1 1 に向けて効率良く反射され、更にミラー 1 1 に向けられた光は、開口 3 に向けて集光される。これによって、開口に生成させる近接場の強度を増大させることができる。

【 0 0 7 4 】

50

〔実施の形態 5〕

図 7 は、実施の形態 5 に係る近接場用光プローブの断面図を示している。

【0075】

図 7 においては、実施の形態 1 を説明した図 1 のシリコン基板 1 に代えて、カンチレバー型光導波路プローブの光導波路が配置されている。光導波路 13 の光入射面に実施の形態 1 において説明した平板マイクロレンズ 5 が接して配置され、その平板マイクロレンズ 5 の上面に、光源となる面発光レーザ 4 が配置されている。これにより、通常のレンズ光学系によって行われていた従来の構成と比較して、高強度な集光及び損失のない光導波路への光の導入が達成され、開口 3 における近接場の発生が効率よく行われる。この場合、アレイ化を行い、光メモリ用ヘッドとして使用するよりもむしろ、近接場光学顕微鏡の光プローブとしての使用に適している。

10

【0076】

また、図 8 に示すように先端に開口となる突起 15 を設けたカンチレバー型光プローブにおいても、その突起 15 の上方に平板マイクロレンズ 5 及び面発光レーザ 4 からなる構成を配置させることにより、カンチレバー型光導波路プローブの場合と同様に、高強度な集光及び損失のない突起 15 への光の導入が達成され、開口における近接場の発生が効率よく行われる。この場合も、アレイ化を行い、光メモリ用ヘッドとして使用するよりもむしろ、近接場光学顕微鏡の光プローブとしての使用に適している。

【0077】

なお、実施の形態 5 において、平板マイクロレンズ 5 を、マイクロレンズ基板 6、フレネルゾーンプレート 7、ホログラフィックレンズ 8、または実施の形態 4 において説明されたパラボラミラー 10、ミラー 11 及び光透過材 12 からなる構成としてもよい。

20

【0078】

以上に説明した実施の形態 1～5 において、光源を面発光レーザとしているが、下面に位置するレンズ基板上にレーザダイオードや LED を従来のシリコンプロセスによって順次積層することも可能である。

【0079】

【発明の効果】

以上説明したように請求項 1 に係わる発明によれば、微小開口の上方に位置した平板レンズによって、光源からもたらされる光を効率よく微小開口に集束でき、従来の光プローブと比較して強度の大きな近接場が生成できると共にコンパクトな構成とした近接場用光プローブを提供できる。

30

【0080】

以上説明したように請求項 2 に係わる発明によれば、微小開口及びその上方に位置した平板レンズのレンズ部を複数備えることにより、請求項 1 における効果に加え、近接場を利用した光メモリの情報記録、特に高速な掃引をすることなく、且つトラッキングレスが実現される光メモリ用ヘッドとしての使用に適した近接場用光プローブを提供できる。

【0081】

以上説明したように請求項 3 に係わる発明によれば、請求項 1 または 2 に係る近接場用光プローブにおいて、平板レンズを屈折率勾配を有したものにすることで、請求項 1 における効果に加え、平板レンズの表面の平坦化が提供され、その上方に配置される光源を近接して配置することができるためによりコンパクトで大量生産可能な光プローブを提供できる。

40

【0082】

以上説明したように請求項 4 に係わる発明によれば、請求項 1 または 2 に係る近接場用光プローブにおいて、平板レンズをレンズ球面を有したものにすることで、通常のレンズ効果を微小な領域において提供でき、請求項 1 における効果に加え、コンパクトで大量生産可能な光プローブを提供できる。

【0083】

以上説明したように請求項 5 に係わる発明によれば、請求項 1 または 2 に係る近接場用光

50

プローブにおいて、平板レンズを回折を利用するレンズにすることで、請求項 1 における効果に加え、該平板レンズの設置後は光軸の調整を省くことができ、且つその上方に配置される光源を近接して配置することができるためによりコンパクトで大量生産可能な近接場用光プローブを提供できる。

【0084】

以上説明したように請求項 6 に係わる発明によれば、請求項 1 における効果に加え、更なるコンパクト化が図れた近接場用光プローブを提供できる。

【0085】

以上説明したように請求項 7 に係わる発明によれば、請求項 1 における効果に加え、従来のカンチレバー型光プローブにおいて培われた技術を利用できる。

10

【0086】

以上説明したように請求項 8 に係わる発明によれば、微小開口の上方に位置した集光層によって、光源からもたらされる光を効率よく微小開口に集束でき、従来の光プローブと比較して強度の大きな近接場が生成できる近接場用光プローブを提供できる。

【0087】

以上説明したように請求項 9 に係わる発明によれば、請求項 8 における効果に加え、従来のカンチレバー型光プローブにおいて培われた技術を利用できる。

【0088】

以上説明したように請求項 10 に係わる発明によれば、微小開口の上方に位置した平板レンズまたは集光層によって、微小開口からもたらされる散乱光を効率よく光検出器に供給でき、従来の光プローブと比較して効率良くクロストークの少ない近接場の検出ができると共にコンパクトな構成とした近接場用光プローブを提供できる。

20

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 による近接場用光プローブの断面図である。

【図 2】 本発明の実施の形態 1 における平板マイクロレンズの製法を説明する図である。

【図 3】 本発明の実施の形態 2 による近接場用光プローブの断面図である。

【図 4】 本発明の実施の形態 3 におけるフレネルゾーンプレートを配置した近接場用光プローブの断面図である。

【図 5】 本発明の実施の形態 3 におけるホログラフィックレンズを配置した近接場用光プローブの断面図である。

30

【図 6】 本発明の実施の形態 4 による近接場用光プローブの断面図である。

【図 7】 本発明の実施の形態 5 におけるカンチレバー型光導波路プローブを使用した近接場用光プローブの断面図である。

【図 8】 本発明の実施の形態 5 におけるカンチレバー型光プローブを使用した近接場用光プローブの断面図である。

【符号の説明】

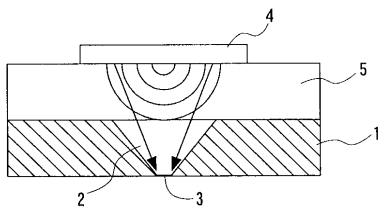
- 1 シリコン基板
- 2 テーパ部
- 3 開口
- 4 面発光レーザ
- 5 平板マイクロレンズ
- 6 マイクロレンズ基板
- 7 フレネルゾーンプレート
- 8 ホログラフィックレンズ
- 9 コヒーレント光
- 10 パラボラミラー
- 11 ミラー
- 12 光透過材
- 13 光導波路

40

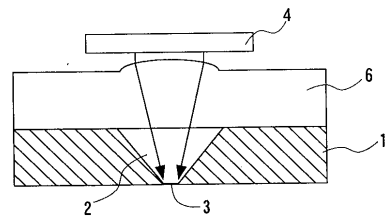
50

- 1 4 カンチレバー
- 1 5 突起
- 2 1 ガラス基板
- 2 2 金属膜
- 2 3 円形開口

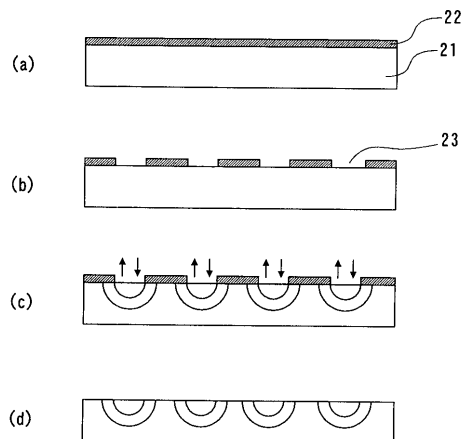
【図 1】



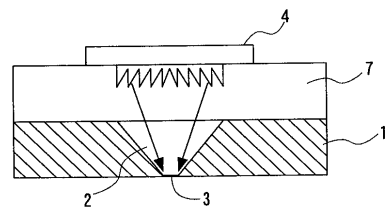
【図 3】



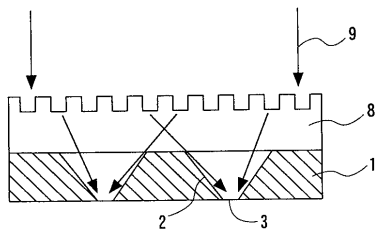
【図 2】



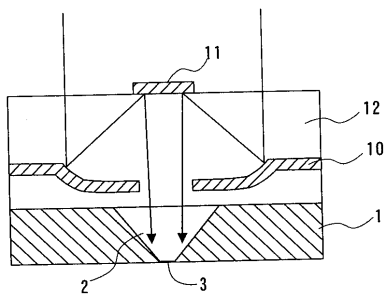
【図 4】



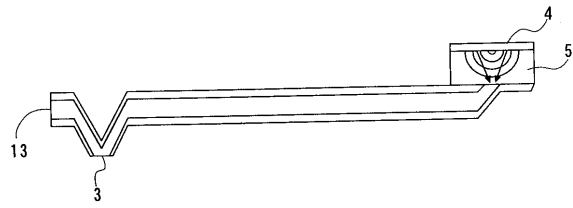
【図 5】



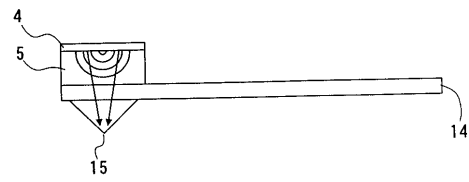
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 新輪 隆

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

(72)発明者 中島 邦雄

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

審査官 秋田 将行

(56)参考文献 特開平04-321955(JP,A)

特開平08-292198(JP,A)

特開平08-313433(JP,A)

特開平09-269329(JP,A)

特開平11-166934(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 13/14