

明 細 書

磁気ディスクの製造方法

本出願は、2008年2月28日に出願された、日本国特許出願第2008-048087号からの優先権を基礎として、その利益を主張するものであり、その開示はここに全体として参考文献として取り込む。

発明の背景：

本発明は、磁気ディスクの製造方法に関するものである。

近年、情報化技術の高度化に伴い、情報記録技術、特に磁気記録技術は著しく進歩している。磁気記録媒体のひとつであるHDD（ハードディスクドライブ）等の磁気記録媒体用基板として、磁気ディスクの小型化、薄板化、および高密度記録化に伴い、従来多く用いられてきたアルミニウム基板に代えて、基板主表面の平坦性及び基板強度に優れたガラス基板が用いられるようになってきている。

また、磁気ディスクには高記録密度化が要求されており、近年、磁気ディスクの情報記録密度は200 Gbit/inch²程度までの高記録密度化が達成されている。この高記録密度化に伴い、磁気ヘッドも薄膜ヘッドから、磁気抵抗型ヘッド（MRヘッド）、巨大磁気抵抗型ヘッド（GMRヘッド）へと推移してきていて、磁気ヘッドの基板（磁気ディスク）からの浮上量が20 nmから5 nm程度にまで狭くなってきている。このように、磁気ヘッドの磁気ディスクからの浮上量（磁気的スペーシング）を低浮上量化することによって、スペーシングロスを改善してS/N比（シグナルノイズ比）を向上させ、更なる高記録密度化を達成することが可能となっている。

かかる磁気抵抗型ヘッド（MRヘッド）および巨大磁気抵抗型ヘッド（GMRヘッド）は、相対運動する磁気ヘッドと磁気ディスク間の空気の圧力によって浮上量を制御している。すなわち、空気流によって生じた正圧（磁気ヘッドが磁気ディスクより浮上する方向に働く圧力）と、負圧（磁気ヘッドスライダー下面に意図的に

設けられた空間において空気の容積を増大し圧力が低下させることで発生する、磁気ヘッドが磁気ディスクへと吸着させる方向の圧力)とのバランスにより、磁気ヘッドの磁気ディスクからの浮上量が決定される。

上述した磁気ヘッド浮上量の制御を安定化し、更なる低浮上量化を図るための技術の1つとして、近年、DFH (Dynamic Flying Height) という技術が開発されている。具体的には、磁気ヘッドにヒータ素子を埋め込み、磁気ヘッドの動作時に、ヒータ素子を発熱させる。磁気ヘッドはその熱によって熱膨張し、磁気ディスクに向かってわずかに突出する。これにより、磁気ヘッドと磁気ディスク主表面との間の磁氣的な間隙である磁氣的スペーシングを、その時(磁気ヘッドの動作時)にのみ小さくすることが可能である。すなわち、DFHとは、磁気ヘッドの磁気ディスクからの浮上量を低浮上量化することが可能な技術である。

かかるDFHヘッドにより、更なる低浮上量化が図れた。しかしながら、磁気ヘッドにはMR素子(磁気抵抗素子)が搭載されており、その固有の障害としてヘッドクラッシュ障害やサーマルアスペリティ障害を引き起こすという問題がある。これらの障害は磁気ディスク面上の微小な凹凸によって発生するため、磁気ディスク主表面は極めて高度な平滑度および平坦度が求められる。

このような磁気ディスクの平滑度に左右される浮上特性を評価する手段として、例えばグライドテストによる検査がある。グライドテストとは、磁気ディスクの主表面に対向して、グライドヘッド(PZT(圧電素子)などの衝撃検知センサーを装備したヘッド)を配置し、所定のグライド高さでグライドヘッドを磁気ディスクに対し相対移動させることで浮上特性を評価する方法である。

上述したように、アルミニウム基板と比較すれば平坦性に優れたガラス基板においても、さらなる平滑度および平坦度が求められるようになってきている。ここで、ガラス基板を平滑かつ平坦に研磨することと同様またはそれ以上に、ガラス基板の主表面に付着する塵埃などのパーティクルが問題となる。なぜなら、パーティクルで汚染されたガラス基板に磁性層を形成すると磁気ディスク上に凸欠陥を生じるため、ヘッドクラッシュ障害やサーマルアスペリティ障害の原因となるからである。このため、ガラス基板の主表面に磁性層/保護層などを形成する作業は、通常、ク

リーンルームにて行う。

ここで、ガラス基板を製造してから、磁気ディスク生産拠点まで輸送する間にガラス基板に付着するパーティクルの問題が生じる。一般に磁気ディスク生産工程においては、まずガラス基板を洗浄し、付着したパーティクルを落とす。しかし、いかなる量のパーティクルも落とせるわけではない。ガラス基板に付着しているパーティクルの量に多寡がある場合、洗浄後にガラス基板上に残留するパーティクルの量にも差が生じる。したがって搬入時（梱包開梱後）にガラス基板上に付着しているパーティクルをできるだけ少なくする必要があり、そのためにはガラス基板または磁気ディスクの製造方法に含まれる梱包方法、開梱方法、梱包構造、梱包材料は、極めて重要である。

ガラス基板でなく、磁気ディスクを梱包対象とした従来技術として、例えば特開平11-157591号公報（特許文献1）記載の技術のように、磁気ディスクを収納容器に収納し、第1の梱包袋および第2の梱包袋で二重に梱包して輸送するものがある。かかる梱包体によれば、磁気ディスクは梱包袋中に密封されているため、パーティクルや異物の梱包袋内への侵入を防止することができる。

発明の開示：

磁気ディスクの汚染を防ぐ梱包技術は特許文献1によって提案されているが、かかる梱包技術をガラス基板の梱包に応用しても、開梱後のガラス基板へのパーティクルの付着量削減は満足するに到らなかった。このため、近年の磁気ディスクの高記録密度化および磁気ヘッドの低浮上量化に伴って磁気ディスクに求められる平滑度・平坦度の基準を満たすことができなかった。したがって、ガラス基板へのパーティクルの付着を更に低減する必要性がある。

本発明は、このような課題に鑑み、ガラス基板への塵埃や異物の付着をより確実に防止することにより、磁気ディスクの良品率を向上させることが可能な磁気ディスクの製造方法を提供することを目的としている。

本願発明者らは、上記課題について鋭意検討した結果、梱包された状態ではガラス基板にパーティクルの付着がなかったとしても、脱気梱包されたガラス基板の梱

包袋を開梱する際に流入する気流に乗って飛来したパーティクルがガラス基板に付着することに着眼した。また、気流が強いほどにパーティクルの運動エネルギーが大きくなり、ガラス基板に強固に付着することに想到した。さらに、かかるパーティクルのガラス基板への付着を防止することがガラス基板の良品率を向上させ、ひいては磁気ディスクの良品率を向上させるために効果的であることを見出し、本発明を完成するに至った。

上記課題を解決するために、本発明にかかる磁気ディスクの製造方法の代表的な構成は、磁気ディスク用ガラス基板を脱気梱包した梱包袋に、梱包袋内に 0.1 MPa/sec 以下の梱包開放速度 V_p にて気体が入力される大きさの細孔を穿孔し、梱包袋に気体が入力された後に梱包袋を開梱し、開梱された磁気ディスク用ガラス基板上に少なくとも磁気記録層を成膜することを特徴とする。

上記の構成によれば、梱包袋内に梱包開放速度 V_p が 0.1 MPa/sec 以下で細孔からゆっくりと気体が入力する。したがって、梱包袋に気体を入力する際のケース内および梱包袋内の気流の発生を低減し、ケース内および梱包袋内に存在するパーティクルが気流によって移動することを防止することができる。また、その後梱包袋を開梱することにより、開梱時に、パーティクルがガラス基板主表面へ衝突して付着することを回避することが可能となる。

なお、上記の「梱包開放速度 V_p 」とは、脱気梱包されている梱包袋内の到達真空度 $P(\text{MPa})$ を、梱包袋内に気体を入力する時間である外気流入時間 $T(\text{sec})$ で割った値、「 $V_p(\text{MPa/sec}) = P(\text{MPa}) / T(\text{sec})$ 」である。したがって、 V_p とは、単位時間あたりに梱包袋内に入力される気体の圧力の上昇速度を表している。ここで、到達真空度 P とは、大気圧から絶対圧力を引いた値の絶対値である。

仮に、梱包袋の開口部を裂開する等して、梱包袋内に気体が一気に入力された場合、梱包袋およびケース内の空気に気流が発生し、パーティクルが勢いよくガラス基板主表面に衝突し、洗浄で除去できないほど堅固に固着してしまうおそれがある。しかし上記構成によれば、万が一、気流が発生したとしても、それは緩流であるため、パーティクルが梱包袋内およびケース内を移動してガラス基板主表面に接触し

たとしても、その運動エネルギーが小さいため付着しにくく、付着したとしても洗浄によって容易に除去することができる。

上記の梱包袋は、金属ラミネートフィルム製であるとよい。

金属ラミネートフィルムは水蒸気やガスの遮蔽性が高いため、梱包時に脱気および密封した状態を開梱時まで維持することができる。金属ラミネートの金属としては、アルミニウムその他、ステンレス材、クロム、またはクロム酸処理、リン酸処理、クロメート処理や、ニッケル、スズ、亜鉛などでめっき処理した鋼板などを好適に用いることができる。また、上記の金属をラミネートする素材としては、ポリエチレンフィルム、アルミニウムフィルム、延伸ナイロン（ポリアミド）フィルムおよびポリエチレンテレフタレートフィルム等が挙げられる。かかる素材をラミネートすることによって、梱包袋の水蒸気透過率、酸素透過率を低減することが可能である。

上記の梱包袋の水蒸気透過率は、 $0.1 \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$ 以下であるとよい。水蒸気透過率をこのような値にすることにより、梱包時から開梱時までの間にガラス基板が湿気に曝されて汚染され、主表面の状態が変化してしまうことを回避できる。また、梱包袋の酸素透過率は、 $0.1 \text{ cc (ml) /m}^2 \cdot \text{day}$ 以下であるとよい。水蒸気透過率が低い梱包袋を用いた場合と同様、酸素透過率が低い梱包袋を用いれば、ガラス基板の主表面の状態変化を防止することができるからである。

当該磁気ディスクは、DFHヘッドを用いて記録されるとよい。

本発明にかかる製造方法によって開梱された磁気ディスク用ガラス基板は、従来の方法にて開梱された磁気ディスク用ガラス基板よりもパーティクルの量が低減されているため、ガラス基板主表面の平滑度および平坦度が高い。したがって、かかるガラス基板を用いた当該磁気ディスクは、磁気ヘッドの浮上量が低いDFHヘッドを使用した磁気記録方式に好適である。

当該磁気ディスクは、磁気ディスクへの記録の際の磁気ヘッドの浮上量が 10 nm 以下であるとよい。

上述したように、本発明にかかる製造方法によって開梱された磁気ディスク用ガラス基板は、従来の製造方法によって開梱されたガラス基板よりも主表面の平滑度

および平坦度が高い。したがって、かかるガラス基板を用いて製造される当該磁気ディスクは、磁気ヘッドの浮上量が10nm以下である記録方式に対応することができる。

当該磁気ディスクは、記録密度が200Gbit/inch²以上であるとよい。

上述したように、本発明にかかる製造方法によって開梱された磁気ディスク用ガラス基板は、従来の製造方法によって開梱されたガラス基板よりもガラス基板主表面の平滑度および平坦度が高い。したがって、かかるガラス基板を用いて製造される当該磁気ディスクは、磁気ヘッドの浮上量が低浮上量である記録方式によって高記録密度化が達成され、200Gbit/inch²以上の記録密度を有することが可能である。

上記の磁気記録層は、垂直磁気記録ディスク用磁気記録層であるとよい。

かかる構成により、当該磁気ディスクを垂直磁気記録ディスクとすることができる。上述したように、本発明にかかる製造方法によって製造された磁気ディスクは、従来の方法にて開梱されたガラス基板よりもガラス基板主表面の清浄度が高い。したがって、かかるガラス基板を用いて製造される磁気ディスクは平滑度および平坦度が高くなり、高記録密度化が必要な垂直磁気記憶媒体とすることに適している。

上記の開梱された磁気ディスク用ガラス基板を、磁気記録層を成膜する前に、純水によって洗浄するとよい。

上記の構成により、開梱されたガラス基板に付着したパーティクルをより確実に除去し、ガラス基板主表面の清浄度をより向上することが可能となる。

上記の開梱された磁気ディスク用ガラス基板を、磁気記録層を成膜する前に、pHが12以下のアルカリ洗浄液によって洗浄するとよい。

かかる構成により、純水だけでは除去できないパーティクルを更に除去することが可能となる。なお、上記の洗浄において、強酸洗浄液および強アルカリ洗浄液を用いると、ガラス基板主表面を変質させてしまうおそれがある。したがって、かかる洗浄液はpHが12以下のアルカリ洗浄液が好適である。

本発明によれば、梱包袋およびケース内に存在している塵埃や異物のガラス基板への付着をより確実に防止することにより、磁気ディスクの良品率を向上させるこ

とが可能な磁気ディスクの製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明：

図1は、本発明にかかる磁気ディスク用ガラス基板100を説明する図である。

図2は、ガラス基板100のケース200への収納状態を説明する図である。

図3は、ガラス基板100が収納されたケース200の梱包袋（第1の梱包袋210）による梱包状態を説明する図である。

図4は、第1の梱包袋210のラミネート構造を示す概略図である。

図5は、ガラス基板100が収納されたケース200の第2の梱包袋220による梱包状態を説明する図である。

図6は、第1の梱包袋210および第2の梱包袋220の開梱方法を説明する図である。

図7は、梱包開放速度 V_p とパーティクル数の関係を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態：

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。かかる実施形態に示す寸法、材料、その他具体的な数値などは、発明の理解を容易とするための例示にすぎず、特に断る場合を除き、本発明を限定するものではない。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能、構成を有する要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略し、また本発明に直接関係のない要素は図示を省略する。

まず、本実施形態にかかる磁気ディスク用ガラス基板およびその梱包方法について説明する。図1は、本実施形態にかかる磁気ディスク用ガラス基板100を説明する図であり、図1(a)は磁気ディスク用ガラス基板100の斜視図である。磁気ディスク用ガラス基板100は、円板形状をしていて、その中心には内孔が形成されている。主表面110は、情報を記録再生するための領域であるため、記録ヘッドが浮上走行するために実質的に平滑になっている。

図1(b)は、図1(a)のX-X断面図である。磁気ディスク用ガラス基板1

00は、情報の記録再生領域となる主表面110と、当該主表面110に対して直交している端面120と、当該主表面110と端面120との間に介在している面取面130とを備えている。なお、後述する端面研磨工程により端面120と面取面130との境界が不明瞭となる場合もあるため、本実施形態は端面120とその両側の面取面130があわせて1つの曲面を構成する場合も含むものとする。

磁気ディスクの成膜工程前に磁気ディスク用ガラス基板100、特にその主表面110にパーティクルや異物が付着すると、成膜工程においてガラス基板100に平滑な磁性層を形成することができず、最終製品である磁気ディスクの良品率が低下する。

図2は、ガラス基板100のケース200への収納状態を説明する図である。図2(a)は、ガラス基板100を保管するための容器であるプラスチック製の略直方体のガラス基板ケース200の拡大図である。ケース200は25枚のガラス基板を収納可能とし、ガラス基板100はケース200に保存される。ガラス基板100が収納されたケース200は、図2(b)のように複数個（本実施形態では4個）を並べられた状態で、後述する第1の梱包袋210に収容される。なおケース200に収納する磁気ディスク用ガラス基板100の数は1つ以上であればよく、その数は特に限定されない。

図3は、ガラス基板100が収納されたケース200の梱包袋による梱包状態を説明する図である。以下、この梱包袋を「第1の梱包袋」と称する。図3(a)に示すように、ガラス基板100が収納されたケース200は、図2(b)に示すような複数個並べられた状態で、金属ラミネートフィルム製の第1の梱包袋210に収容される。その後、第1の梱包袋210の開口部に、減圧装置（図示せず）に繋がる管202を2本挿入し、これによって第1の梱包袋210内を減圧しながら脱気する。

その後、上記のように第1の梱包袋210内を脱気した状態で、第1の梱包袋210の開口部を、ヒートシール方式により封止して密封する。かかる封止は、図3(b)に示すように、まず、第1の梱包袋210の開口部寄りに一回目のヒートシール214aをし、次に、ヒートシール214aよりも内側に二回目のヒートシール

ル214bをする。このように、二重ヒートシールをして封止することによって、一回のみのヒートシールによって封止した場合よりも、第1の梱包袋210内の密封状態を長期間維持することができ、また、ヒートシール強度を増強することが可能となる。このとき、ヒートシール強度は $24.5\text{ N}/15\text{ mm}$ となっている。

上述のように、ケース200は、金属ラミネートフィルム製の第1の梱包袋210で梱包され、脱気した状態で密封され、梱包体212となる。かかる方法でケース200を梱包することにより、ケース200内および梱包袋（第1の梱包袋210）内に存在するパーティクルを脱気して除去することができ、パーティクルのガラス基板100への付着を防止し、ガラス基板100の主表面110の汚染を回避することができる。また、脱気することにより、ケース200内および梱包袋（第1の梱包袋210）内に含まれている水蒸気が除去される。そのため、かかる水蒸気が搬送時の温度差によって液化し、ガラス基板100に付着することを防止することができ、ガラス基板100の主表面110の状態の変化を防ぐことが可能となる。

図4は、梱包袋（第1の梱包袋210）のラミネート構造を示す概略図である。本実施形態では、上述のように、第1の梱包袋210を金属ラミネートフィルム製としている。本願では、積層される複数のフィルムから成り、そのうち1つでも金属製のフィルムを含むものであれば、金属ラミネートフィルム製と呼ぶ。かかる金属としては、アルミニウム、ステンレス材、クロム、またはクロム酸処理、リン酸処理、クロメート処理や、ニッケル、スズ、亜鉛などでめっき処理した鋼板などを好適に用いることができる。

金属ラミネートフィルムの具体的な構成としては、図4に示す通り、第1の梱包袋210は、内側から、ポリエチレンフィルム410、アルミニウムフィルム（金属製フィルム）420、延伸ナイロン（ポリアミド）フィルム430およびポリエチレンテレフタレートフィルム440が積層されている。これらの素材を上述の順番でラミネートすることによって、水蒸気透過率、酸素透過率を低減することが可能である。

なお、上記の第1の梱包袋210の水蒸気透過率は、 $0.1\text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ 以

下であるとよい。これにより、ガラス基板100が湿気に曝され汚染され、主表面110の状態が変化してしまうことを回避できる。また、第1の梱包袋210の酸素透過率は、 $0.1 \text{ cc (ml) / m}^2 \cdot \text{day}$ 以下であるとよい。これにより、水蒸気透過率が低い場合と同様に、ガラス基板100の主表面110の状態変化を防止することができる。

以上のように、水蒸気透過率および酸素透過率が上記の値である金属ラミネートフィルムによってガラス基板100を梱包することにより、水蒸気やガスの遮蔽性を高め、梱包時に脱気および密封した状態を開梱時まで維持することができる。そのため、ガラス基板100が湿気に曝されて化学変化することによる主表面110の状態変化が確実に回避される。

図5は、ガラス基板100が収納されたケース200の第2の梱包袋220による梱包状態を説明する図である。図5に示すように、第1の梱包袋210で梱包されたケース200（梱包体212）をさらにプラスチックフィルム製の第2の梱包袋220に收容する。その後、第2の梱包袋220内を減圧して脱気した状態で、ヒートシール224によって封止して密封し、二重梱包体222とする。

上記のプラスチックフィルムは、例えばポリエチレンとしてよい。これにより、金属ラミネートフィルム製の第1の梱包袋210で水蒸気やガスを遮断し、プラスチックフィルム性の第2の梱包袋220で塵埃（パーティクル）や大部分の水蒸気の進入を防止することにより、梱包としての性能を確保しつつ材料費を低廉に抑えることが可能となる。なお、本実施形態においては、ケース200を複数個並べた状態で梱包しているが、ケース200一つごとに梱包してもよい。

上記の構成によれば、第1の梱包袋210および第2の梱包袋220ともに、梱包袋内を脱気して密封しているため、水蒸気やガスの透過を効果的に防止し、密封状態を長期間維持することができる。かかる脱気は、窒素などの不活性ガスを充填してから行ってもよい。また、ケース200を二重梱包にすることにより、搬送時の衝突等により第2の梱包袋220に穴が開くことがあっても、内側の梱包袋（第1の梱包袋210）は密封状態を保つことができる。

次に本実施形態にかかる磁気ディスクの製造方法について説明する。

上記のように梱包されたガラス基板100は、ガラス基板製造施設から出荷され、磁気ディスク製造施設へ運搬される。磁気ディスク製造施設に到着した後、梱包袋（第1の梱包袋210および第2の梱包袋220）が開梱される。

図6は、梱包袋の開梱方法を説明する図である。二重梱包体222は、磁気ディスク製造施設到着後、開梱を行う室（図示せず）に運ばれ、そこにおいてまず第2の梱包袋220を開梱する。このとき、第2の梱包袋220のヒートシール224よりも内側を、図6（a）に示すようにA-A線で切断する。このようにして、二重梱包体222は梱包体212となる。

次に、図6（b）に示すように、梱包体212の第1の梱包袋210に、第1の梱包袋210内に気体を送入される速度である梱包開放速度 V_p が $0.1\text{MPa}/\text{sec}$ となるよう、直径 0.3mm の針を用いて細孔230を穿孔する。かかる V_p は $0.1\text{MPa}/\text{sec}$ 以下であるのが好ましく、そうなるように針の直径を選定する。なお、針の直径は、大気圧と真空度の関係から適切な V_p となるように設定することができる。このように針を用いることにより、針の直径を変えることで細孔230の直径を容易に変えることができ、 V_p を調節することが可能となる。

また、本実施形態においては、細孔230を穿孔するために針を用いているが、これに限定されるものではなく、細孔230を穿孔できる道具であればよい。他の道具の例としては、尖鋭な刃物等でもよい。また、細孔230の形状についても、図6（b）に示す形状に限定されるものではなく、細孔230の形状に関わらず、細孔230から第1の梱包袋210に気体を送入される V_p を適切に設定できればよい。

上記のように、第1の梱包袋210に細孔230を穿孔し、 V_p が $0.1\text{MPa}/\text{sec}$ 以下で第1の梱包袋210内に気体を送入することにより、気体の送入時にケース200内および梱包袋（第1の梱包袋210）内に存在する空気に気流が発生することを低減し、ケース200内および梱包袋（第1の梱包袋210）内に存在するパーティクルが気流によって移動することを防止できる。したがって、開梱時に、パーティクルのガラス基板100の主表面110への衝突による付着を回避することが可能となる。

また、上記のように細孔230から第1の梱包袋210に気体を送入した場合、気流が発生したとしてもそれは緩流である。したがって、その緩流によってパーティクルが梱包袋（第1の梱包袋210）内およびケース200内を移動してガラス基板100の主表面110に接触しても、その運動エネルギーが小さいため付着しにくく、付着したとしても洗浄によって容易に除去することが可能である。

上記のように開梱したガラス基板100を、生産ラインが設置されているクリーンルームに搬入し、磁気記録層を成膜させる前に洗浄を行う。かかる洗浄においては、純水およびpH12以下のアルカリ洗浄液が用いられる。これは、強酸洗浄液および強アルカリ洗浄液を用いると、ガラス基板100の主表面110を変質させてしまうおそれがあるからである。

もし、上記の開梱方法によって開梱されたガラス基板100の主表面110にパーティクルが付着していたとしても、ガラス基板100の主表面110へのパーティクルの付着力は弱い。したがって、純水での洗浄によって容易にパーティクルを除去することができる。また、純水では除去できないパーティクルが付着していることも考え、純水洗浄の前にpH12以下のアルカリ洗浄液での洗浄を行ってもよい。かかる洗浄により、ガラス基板100の主表面110のパーティクルをより確実に除去し、当該主表面110の清浄度をより向上することが可能となる。

上述の如く洗浄を行ったガラス基板100に、当該ガラス基板100上に磁気記録層等を成膜する成膜工程を施す。かかるガラス基板100は開梱時のパーティクルの付着が低減されているため、従来の方法にて開梱されたガラス基板よりもガラス基板100の主表面の平坦度および平滑度が高い。したがって、かかるガラス基板100を用いて製造した磁気ディスクにおいても平坦度および平滑度が高いため、磁気ディスクの良品率を向上することができる。

すなわち、本実施形態にかかる磁気ディスクの製造方法は、脱気梱包した梱包袋の開梱に適している。脱気梱包した梱包袋内部の圧力と梱包袋外部の圧力には高低差があるため、梱包袋を一気に開梱すると、かかる高低差により梱包袋内部に急激に気体を送入され、梱包袋内に気流が発生する。その結果、梱包袋内に存在するパーティクルが勢いよくガラス基板主表面に衝突し、洗浄で除去できないほど堅固に

固着してしまう。

上述した如く、本実施形態にかかる磁気ディスクの製造方法によれば、第1の梱包袋210およびケース内に存在する空気における気流の発生を低減することにより、パーティクルのガラス基板100への付着を防止することができ、ガラス基板100の良品率の向上、ひいては、磁気ディスクの良品率の向上が可能となる。

以上、本発明にかかる磁気ディスクの製造方法の実施形態を説明した。上記の方法にて開梱されたガラス基板は、従来の方法にて開梱されたガラス基板よりもパーティクルの量が低減されているため、かかるガラス基板を用いて製造した磁気ディスクは表面の平滑度および平坦度が高い。したがって、当該磁気ディスクは、高い平滑度および平坦度が要求される、低浮上量の磁気ヘッドでの記録方式、すなわち、磁気ヘッドの浮上量が10nm以下である記録方式による記録が可能である。

また、同様の観点から、当該磁気ディスクは、磁気ヘッドの浮上量が低いDFHヘッドを使用した磁気記録方式にも対応することができる。更に、磁気ヘッドの低浮上量化によって高記録密度化を達成することが可能であるため、当該磁気ディスクは200Gbit/inch²以上の記録密度を有することができる。

他に、当該磁気ディスクの平滑度は、グライドテストにおけるグライド高さが15nm以下という基準を満たすことができる。これは、本発明にかかる製造方法によって開梱されたガラス基板は、主表面の平滑度および平坦度が高いため、かかるガラス基板を用いて製造された当該磁気ディスクにおいても主表面の平滑度および平坦度が向上するためである。

(実施例)

以下に、本発明を適用した磁気ディスクの製造方法について実施例を説明する。この磁気ディスク用ガラス基板100および磁気ディスクは、0.8インチ型ディスク（内径6mm、外径21.7mm、板厚0.381mm）、1.0インチ型ディスク（内径7mm、外径27.4mm、板厚0.381mm）、1.8インチ型磁気ディスク（内径12mm、外径48mm、板厚0.508mm）などの所定の形状を有する磁気ディスクとして製造される。また、2.5インチ型ディスクや3.5インチ型ディスクとして製造してもよい。

(1) 形状加工工程および第1ラッピング工程

本実施例においてガラス基板100の材質としてはソーダライムガラス、アルミノシリケートガラス、ボロシリケートガラス、結晶化ガラス等が挙げられるが、中でもアルミノシリケートガラスが好適である。アルミノシリケートガラスは、平滑かつ高剛性が得られるので、磁氣的スペーシング、特に、磁気ヘッドの浮上量をより安定して低減できる。また、アルミノシリケートガラスは化学強化により、高い剛性強度を得ることができる。

まず、熔融させたアルミノシリケートガラスを上型、下型、胴型を用いたダイレクトプレスによりディスク形状に成型し、アモルファスの板状ガラスを得た。なお、アルミノシリケートガラスとしては、化学強化用のガラスを使用した。ダイレクトプレス以外に、ダウンドロー法やフロート法で形成したシートガラスから研削砥石で切り出して円板状の磁気ディスク用ガラス基板100を得てもよい。なお、アルミノシリケートガラスとしては、 SiO_2 : 58~75重量%、 Al_2O_3 : 5~23重量%、 Li_2O : 3~10重量%、 Na_2O : 4~13重量%を主成分として含有する化学強化ガラスを使用した。

次に、この板状ガラスの両主表面をラッピング加工し、ディスク状のガラス母材とした。このラッピング加工は、遊星歯車機構を利用した両面ラッピング装置により、アルミナ系遊離砥粒を用いて行った。具体的には、板状ガラスの両面に上下からラップ定盤を押圧させ、遊離砥粒を含む研削液を板状ガラスの主表面上に供給し、これらを相対的に移動させてラッピング加工を行った。このラッピング加工により、平坦な主表面を有するガラス母材を得た。

(2) 切り出し工程（コアリング、フォーミング）

次に、ダイヤモンドカッタを用いてガラス母材を切断し、このガラス母材から円板状のガラス基板を切り出した。次に、円筒状のダイヤモンドドリルを用いて、このガラス基板の中心部に内孔を形成し、円環状のガラス基板100とした（コアリング）。次に、内周端面および外周端面120をダイヤモンド砥石によって研削し、所定の面取り加工を施した（フォーミング）。

(3) 第2ラッピング工程

次に、得られたガラス基板100の両主表面110について、第1ラッピング工程と同様に、第2ラッピング加工を行った。この第2ラッピング工程を行なうことにより、前工程である切り出し工程や端面研磨工程において主表面に形成された微細な凹凸形状を予め除去しておくことができ、後続の主表面110に対する研磨工程を短時間で完了させることができるようになる。

(4) 端面研磨工程

次に、ガラス基板100の外周の端面研磨を行なう。まず端面120については、面取面130に先立ち、単独で研磨を行なう。研磨の方法は、例えば複数枚のガラス基板100を同時にブラシにて研磨する方法でもよいが、取代が多くなってしまふ。そこで、例えば枚葉式の研磨方法を用いてもよい。

続いて面取面130については、鏡面研磨を行った。これにより、1枚のガラス基板100の面取面130の、外周の全周における表面粗さの差は、 $0.001\mu\text{m}$ 以下の範囲になった。その後、端面研磨工程を終えたガラス基板100を水洗浄した。この端面研磨工程により、ガラス基板100の端面120は、ナトリウムやカリウムの析出の発生を防止できる鏡面状態に加工された。

なお、本実施例では端部の研磨を行った後に面取面130の研磨を行なうよう説明した。しかしこの順序については任意であって、面取面130の研磨を先に行ってから端面120の研磨を行ってもよい。

次に、内周端面については、多数枚積層したガラス基板ブロックを形成し、面取りした内周端部をブラシロールにて同時に研磨してよい。このとき、研磨砥粒としては、酸化セリウム砥粒を含むスラリー（遊離砥粒）を用いた。

(5) 主表面研磨工程

主表面研磨工程として、まず第1研磨工程を施した。この第1研磨工程は、前述のラッピング工程において主表面110に残留したキズや歪みの除去を主たる目的とするものである。この第1研磨工程においては、遊星歯車機構を有する両面研磨装置により、硬質樹脂ポリッシャを用いて、主表面110の研磨を行った。研磨剤としては、酸化セリウム砥粒を用いた。

この第1研磨工程を終えたガラス基板100を、中性洗剤、純水、IPA（イソ

プロピルアルコール)、の各洗浄槽に順次浸漬して、洗浄した。

次に、主表面研磨工程として、第2研磨工程を施した。この第2研磨工程は、主表面110を鏡面状に仕上げることを目的とする。この第2研磨工程においては、遊星歯車機構を有する両面研磨装置により、軟質発泡樹脂ポリッシャを用いて、主表面110の鏡面研磨を行った。研磨剤としては、第1研磨工程で用いた酸化セリウム砥粒よりも微細な酸化セリウム砥粒を用いた。

この第2研磨工程を終えたガラス基板100を、中性洗剤、純水、IPA（イソプロピルアルコール）の各洗浄槽に順次浸漬して、洗浄した。なお、各洗浄槽には、超音波を印加した。

（6）化学強化工程

次に、前述のラッピング工程および研磨工程を終えたガラス基板100に、化学強化を施した。化学強化は、硝酸カリウム（60%）と硝酸ナトリウム（40%）を混合した化学強化溶液を用意し、この化学強化溶液を400℃に加熱しておくとともに、洗浄済みのガラス基板100を300℃に予熱し、化学強化溶液中に約3時間浸漬することによって行った。この浸漬の際には、ガラス基板100の表面全体が化学強化されるようにするため、複数のガラス基板100が端面120で保持されるように、ホルダに収納した状態で行った。

このように、化学強化溶液に浸漬処理することによって、ガラス基板100の表層のリチウムイオンおよびナトリウムイオンが、化学強化溶液中のナトリウムイオンおよびカリウムイオンにそれぞれ置換され、ガラス基板100が強化される。ガラス基板100の表層に形成された圧縮応力層の厚さは、約100 μ m乃至200 μ mであった。

化学強化処理を終えたガラス基板100を、20℃の水槽に浸漬して急冷し、約10分間維持した。その後、急冷を終えたガラス基板100を、約40℃に加熱した濃硫酸に浸漬して洗浄を行った。さらに、硫酸洗浄を終えたガラス基板100を純水、IPA（イソプロピルアルコール）の各洗浄槽に順次浸漬して洗浄した。なお、各洗浄槽には超音波を印加した。

上記の如く、第1ラッピング工程、切り出し工程、端面研磨工程、第2ラッピン

グ工程、第1および第2研磨工程、ならびに化学強化工程を施すことにより、平坦で平滑な、高剛性の磁気ディスク用ガラス基板100を得た。

(7) 検査工程

得られた磁気ディスク用ガラス基板100の主表面110について平滑性の検査を行った。検査工程は、表面欠陥検出装置（AOI：Automatic Optical Inspection）やOSA（Optical Surface Analyzer）等の機器を用いて、磁気ディスク用ガラス基板100に光を照射し磁気ディスク用ガラス基板100から反射した光の強度もしくは変位のいずれか一方または両方を測定し、付着物、凹部および凸部が存在するか否か等を測定し、基板状態を評価する。

(8) 梱包工程

25枚の磁気ディスク用ガラス基板100をケース200に収容し、ケース200を4個並べ、アルミニウムラミネート製フィルムの第1の梱包袋210に入れ、第1の梱包袋210内を減圧しながら脱気する。次に、脱気した状態で二重にヒートシールすることにより封止して密封梱包し、梱包体212とした。このとき、第1の梱包袋210を脱気する減圧速度は低速であることが好ましい。

かかる梱包体212を、次にプラスチックフィルム製の第2の梱包袋220に入れ、第2の梱包袋220内を減圧しながら脱気する。次に、脱気した状態でヒートシールすることにより封止して密封梱包し、二重梱包体222とした。このように、ガラス基板100を密封しながら二重梱包することにより、梱包袋内への水蒸気やガスの透過が効果的に防止され、ガラス基板100への水蒸気やガスの接触を防ぎ、配送中のガラス基板100の品質を良好な状態に保つことが可能となる。

上記のように、ガラス基板100がケース200に収納され、第1の梱包袋210および第2の梱包袋220で二重に密封梱包された二重梱包体222は、ガラス基板製造施設から出荷され、船や飛行機、列車等によって磁気ディスク製造施設へ運搬される。以下に、磁気ディスク製造施設において行われる磁気ディスクの製造工程の詳細を説明する。

(9) 第一開梱工程

二重梱包体222の二重の梱包袋のうち、外側の梱包袋である第2の梱包袋22

0を所定の室（図示せず）において開梱し、梱包体212とした。

（10）第二開梱工程

梱包体212の第1の梱包袋210を、生産ラインが設置されているクリーンルームに隣接する室（図示せず）において開梱する。まず、第1の梱包袋210内への気体の梱包開放速度 V_p が $0.1\text{MPa}/\text{sec}$ となる直径 0.3mm の細孔230を、第1の梱包袋210に針を用いて穿孔する。穿孔に針を用いることにより、針の直径を変えることで細孔230の直径を容易に変えることができ、 V_p を調節することが可能となる。

次に、細孔230から第1の梱包袋210内に気体が入力された後に、第1の梱包袋210を開梱する。なお、第1の梱包袋210の開梱は、第1の梱包袋210内に気体が十分に入力され、第1の梱包袋210内の圧力が第1の梱包袋210外部の圧力、すなわち、大気圧と実質的に等しくなってから行うことが好ましい。

上記の構成により、第1の梱包袋210内への気体の入力時に、ケース内および第1の梱包袋210内に存在する空気に気流が発生することを低減し、ケース内および第1の梱包袋210内に存在するパーティクルが気流によって移動することを防止できる。したがって、パーティクルのガラス基板100主表面への衝突による付着を回避することが可能となる。また、万が一、ケース内および第1の梱包袋210内の空気に気流が発生したとしても、それは緩流であるため、パーティクルの運動エネルギーは小さく、ガラス基板100の主表面110に接触しても付着しにくく、付着したとしても洗浄によって容易に除去することが可能である。

なお、上述した第一開梱工程と第二開梱工程は異なる室で行うことが好ましく、更に好ましくは、第二開梱工程を行う室から第一開梱工程を行う室に向かって気流が発生しているとよい。かかる構成により、ガラス基板製造施設から磁気ディスク製造施設に搬送中に外側の第2の梱包袋220に付着していたパーティクルや異物が、第2の梱包袋220の開梱時に室に散乱しても、第1の梱包袋210を開梱する室に侵入することを低減できる。したがって、第1の梱包袋210開梱時ににおける、かかるパーティクルや異物のガラス基板100への付着を防止することが可能となる。

(1 1) 搬入工程

ガラス基板100上に磁性層を形成する成膜工程を行うため、ケース200に収納されたガラス基板100を、生産ラインが設置されているクリーンルームへ搬送する。次に、成膜工程を行う前に、純水、またはpH12以下のアルカリ洗浄液および純水を用いて、搬入したガラス基板100を洗浄する。これにより、ガラス基板100の清浄度をより向上することができる。

(1 2) 磁気ディスク製造工程（成膜工程）

上述した工程を経て得られたガラス基板100の両面に、ガラス基板100の表面にCr合金からなる付着層、CoTaZr基合金からなる軟磁性層、Ruからなる下地層、CoCrPt基合金からなる垂直磁気記録層、水素化炭素からなる保護層、パーフルオロポリエーテルからなる潤滑層を順次成膜することにより、垂直磁気記録ディスクを製造した。

かかる構成により、当該磁気ディスクを垂直磁気記録ディスクとすることができる。垂直磁気記録方式は、面内記録方式に比べて、高密度記録時における熱揺らぎ現象の抑制に優れている。したがって、当該磁気ディスクは高記録密度化に対して好適である。なお、本構成は垂直磁気ディスクの構成の一例であるが、面内磁気ディスクとして磁性層等を構成してもよい。

〔評価〕

以上の工程によって製造された磁気ディスクにおける本実施形態の有効性について説明する。図7は、梱包開放速度 V_p とパーティクル数の関係を示すグラフである。本実施形態の第一開梱工程において、 V_p の条件を変更してガラス基板を開梱し、成膜工程においてかかるガラス基板に磁性層等を成膜させて磁気ディスクを製造後、 V_p 毎に磁気ディスクを15枚ずつサンプリングした。

次に、再び表面欠陥検出装置（OSA6100）を用いて、当該磁気ディスク主表面に付着している、 $1.0\mu\text{m}$ 未満のパーティクルの数をカウントし、その平均値をグラフに示した。ここで、許容値とは、磁気ディスク主表面に付着している、 $1.0\mu\text{m}$ 未満の大きさのパーティクル数の許容される値の上限値である。この値を超えている磁気ディスクは、不良品とみなされ、出荷することができない。

図7(a)は、記録密度が 200 Gbit/inch^2 の磁気ディスクにおける、梱包開放速度 V_p とパーティクル数の関係を示している。図7(a)に示すように、 V_p が高いとき、磁気ディスク主表面のパーティクル数は許容値を大幅に超えている。一方、 V_p が 0.1 MPa/sec まで下がったとき、磁気ディスク主表面のパーティクル数は、初めて許容値である20個以下となる。したがって、ガラス基板を開梱する際には、 V_p が 0.1 MPa/sec 以下で加圧して気体を梱包袋内に送入することにより、ガラス基板主表面へのパーティクルの付着を防止することが可能であり、ひいては磁気ディスクの良品率を向上させられることがわかる。

図7(b)は比較例として、記録密度が 60 Gbit/inch^2 の磁気ディスクにおける、梱包開放速度 V_p とパーティクル数の関係を示している。図7(b)に示すように、記録密度が 60 Gbit/inch^2 の磁気ディスクにおいて、磁気ディスク主表面のパーティクル数の許容値は、60個/面である。また、磁気ディスク主表面のパーティクル数が許容値となるのは、 V_p が 0.3 MPa/sec まで下がったときである。このように、記録密度が 60 Gbit/inch^2 程度の磁気ディスクにおいては、求められる主表面の平滑度および平坦度の許容範囲が広い。

したがって、当該磁気ディスクに用いられるガラス基板に対して求められる平滑度および平坦度の基準も緩く、パーティクル数の許容値が高い。その結果、ガラス基板を開梱する際に、 V_p が 0.3 MPa/sec 程度で加圧して気体を梱包袋内に送入しても、かかるガラス基板を用いて製造した磁気ディスクのパーティクル数は許容値を超えないため、磁気ディスクの良品率が著しく低下することはない。

以上説明したように、本実施形態にかかる磁気ディスクの製造方法によれば、梱包袋およびケース内に存在している塵埃（パーティクル）や異物のガラス基板への付着をより確実に防止することができる。したがって、このガラス基板を用いて製造した磁気ディスクは凸欠陥が少なくなり、磁気ヘッドの浮上量が 10 nm 以下となるほどの低浮上量化、記録密度が 200 Gbit/inch^2 以上の高記録密度化を図ることができる。

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施例について説明したが、本発

明はかかる実施例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

本発明は、磁気ディスクの製造方法に利用することができる。

請 求 の 範 囲

1. 磁気ディスク用ガラス基板を脱気梱包した梱包袋に、
前記梱包袋内に $0.1 \text{ MPa} / \text{sec}$ 以下の梱包開放速度 V_p にて気体が入力される大きさの細孔を穿孔し、
前記梱包袋に気体が入力された後に前記梱包袋を開梱し、
前記開梱された磁気ディスク用ガラス基板上に少なくとも磁気記録層を成膜することを特徴とする磁気ディスクの製造方法。
2. 前記梱包袋は金属ラミネートフィルム製であることを特徴とする請求項1に記載の磁気ディスクの製造方法。
3. 当該磁気ディスクは、DFH (Dynamic Flying Height) ヘッドを用いて記録されることを特徴とする請求項1または2に記載の磁気ディスクの製造方法。
4. 当該磁気ディスクは、当該磁気ディスクへの記録の際の磁気ヘッドの浮上量が 10 nm 以下であることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の磁気ディスクの製造方法。
5. 当該磁気ディスクは、記録密度が $200 \text{ Gbit} / \text{inch}^2$ 以上であることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の磁気ディスクの製造方法。
6. 前記磁気記録層は、垂直磁気記録ディスク用磁気記録層であることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の磁気ディスクの製造方法。
7. 前記開梱された磁気ディスク用ガラス基板を、前記磁気記録層を成膜する前に、純水によって洗浄することを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の磁気ディスクの製造方法。
8. 前記開梱された磁気ディスク用ガラス基板を、前記磁気記録層を成膜する前に、 pH が12以下のアルカリ洗浄液によって洗浄することを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の磁気ディスクの製造方法。