

光磁気ディスクにおけるポリカーボネート基板の現状と将来



三菱化成(株)薄膜研究所 川野 敏史

The Present and Future Condition of the PC Substrate for Magneto-Optical Disk.

Toshifumi Kawano

Mitsubishi Kasei Corporation, Thin Films Laboratory

Abstract

Poly-carbonate resin (PC) is widely used as the substrate for optical disk because of its good characteristics and relatively low cost.

When PC was utilized for the magneto-optical disk, two serious problems occurred (birefringence and water absorption). The birefringence increased the ellipticity of linear polarized beam, consequently it decreased the signal of magneto-optical effect significantly. The water absorption influenced the media life, productivity and warp of the disk. These problems have mostly been solved on current media. Further improvement is now going on for the next generation media (ex. higher density, higher rotation speed). On the other hand, several kinds of new plastic resin with low birefringence and low water absorption have been developed and they are now being studied for practical use.

1. はじめに

情報記憶用の光ディスクは、大容量の可搬性媒体として光磁気ディスクを中心に広まりつつある。さらに最近、現行の2倍あるいは3倍容量のディスクの規格もほぼまとまりつつあり、さらなる普及が見込まれる。

光ディスクには、反射率変化を読みとるタイプ(例えばCD)と磁気光学効果による偏光の回転を読みとるタイプ(光磁気ディスク)の2種類がある。本稿では、特に光磁気ディスクにおけるプラスチック基板について取り上げ、その問題点と最近の動向について述べたい。

Fig. 1 に光磁気ディスクの構造の一例を示

す。基板上に Si_3N_4 , Ta_2O_5 等の透明な誘電体層, TbFeCo 等の希土類と遷移金属よりなる磁性層等の薄膜をスパッタリング法により作製し, その後紫外線硬化樹脂等により記録膜側の保護層, 基板面の傷を防ぐためのハードコート層の塗布を行う。5インチのディスクでは接着剤により2枚を

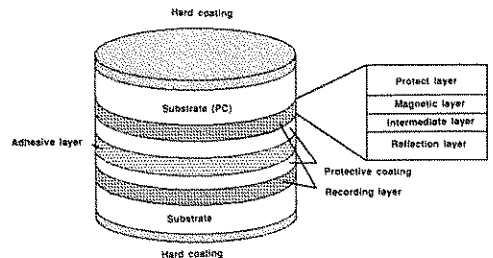


Fig. 1 Scheme of MO disk's structure (5.25inch size)

貼合させて両面を使用する。

一般的な光ディスクの製造プロセスを Fig. 2 に示す。プロセスは基板の型(スタンパー)を作る「マスタリング」、基板を作る「成形」、記録膜を作る「成膜」、コーティング、カートリッジの組み立て、ハブの接着等を行う「後工程」に大別される。各々の工程において厳密な検査が行われ、製品が管理されている。

2. 光ディスク基板の要求特性

光ディスクにとって基板は単に記録膜を乗せる台ではない。基板を通して光を集光することにより埃の影響を軽減したり、基板自身にアドレスその他の情報を含んだピット、あるいは、所定のトラックに光ピックアップを追従させるためのサーボ用の溝を形成するといった重要かつ複雑な役目を持っている。

光ディスクの基板材料としての条件には以下の点が挙げられる。

- ・透明性が高い
- ・複屈折が小さい
- ・機械強度が高い
- ・耐熱性が高い(120~130°C 以上)
- ・吸水性が低い

・低コスト

これらの特性を全て「ある程度」満足するものがポリカーボネート樹脂(以下 PC という)であり、大半の光磁気ディスク(他の光ディスクも含めて)用いられている。

後に述べる光学的特性、あるいは吸水性からはガラス基板が優れているが、ガラスは一枚毎にフォトポリマー樹脂による溝、ピットの作製が必要である。これに比べて、PC 基板は「射出成形法」により安価かつ高速に作る事が可能であるため、コスト的あるいはプロセス的には PC 基板が優れている(Fig. 3)。

3. PC 基板の問題点

光磁気ディスク用途での PC 基板の問題点は、「複屈折」と「吸水性」の2つにほぼ集約される。具体的には以下の現象である。

複屈折…再生信号の劣化

吸水性…長期信頼性の低下

基板の水分による排気の長時間化

吸、脱水による基板変形

以下、これらを順に追って説明する。

3.1 複屈折

複屈折とは、光軸方向によって屈折率が異なる

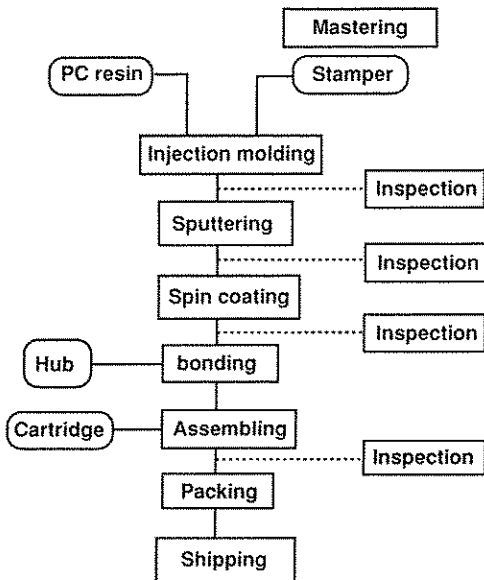
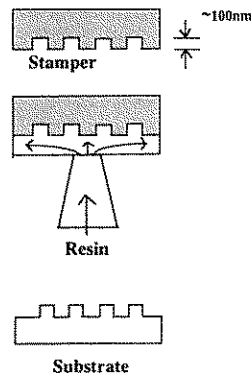


Fig. 2 Manufacturing process of optical disk

INJECTION MOLDING



2P METHOD

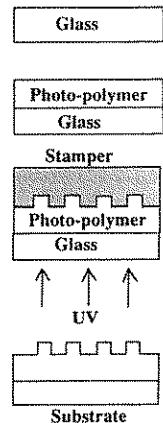


Fig. 3 Process of injection molding and 2P method

現象である。基板に複屈折が存在すると、入射した直線偏光は楕円偏光となり、極端な場合円偏光と化す。光磁気ディスクは直線偏光の回転を利用するため、再生光の楕円化が起こると著しく信号レベルが低下してしまう。また、レーザーの集光スポットに収差を生じて変形させてしまうことも問題となる¹²⁾。

一般に基板の屈折率は Fig. 4 に示すような複屈折楕円体で表わせる。PC の場合、楕円体の主軸の一本は基板面と垂直になると言われている。光が基板面に垂直に入射してくる場合、楕円体を基板面と並行に切った楕円(面内複屈折)のみを考えれば良いが、実際の光ディスクは集束光をもちいているので基板面と垂直の楕円(垂直複屈折)も重要な問題となる。従って基板を作製する際はこの両者共に低くするように努力する必要がある。

垂直複屈折に関しては特に最近注目されてきており、1.3 GB 容量のディスクの規格(案)では現行の規格にない垂直複屈折の項目が新たに加わっている⁹⁾。

PC の複屈折が比較的大きいのは、Fig. 5 に示すように芳香環を持つためである。芳香環は分子内部の分極を大きくし、その結果固有複屈折が大きくなる。複屈折は成形による配向と固有複屈折の積であらわれ、射出成形による分子配向が起きると、特性に大きな影響を及ぼすほどの複屈折を生じる。

固有複屈折は分子構造で決定される値なので、PC の複屈折を低減するには成形時の分子配向を小さくする必要がある。このため、分子量を落したり、PC の流動性を向上する、離型剤の添加によ

り金型からの離型性を上げる、さらには成形時の条件を最適化することにより複屈折の低減が図られている。射出成形条件の一例としてシリンダー温度や成形温度に対する面内複屈折の変化を Fig. 6 に示す。

一方ドライブ側でも、差動検出等によって複屈折の影響をできるだけ取り除く工夫がなされている⁴⁾。

実際のところ、複屈折は現在でも完全に解決した問題ではない。特に、高密度化、高速化により信号再生に余裕が無くなってくるときにクローズアップされる。また、現在の 780 nm のレーザーに代わり、今後 680 nm あるいはそれ以下の波長が用いられると複屈折の影響は波長に反比例して大きくなるため、さらなる改良が求められる。

3.2 吸水性

PC の吸水性は、例えば PMMA 等と比べた場合決して大きいものではない。しかし、幾らかでも吸水するという事実は、特性に以下の様な影響を与えている。

3.2.1 長期信頼性

光磁気ディスクの磁性層は非常に酸化しやすい。これを防ぐため、磁性層が腐食を起こす際の

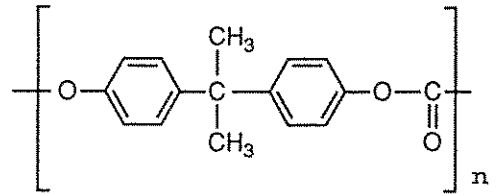


Fig. 5 Structural formula of PC resin

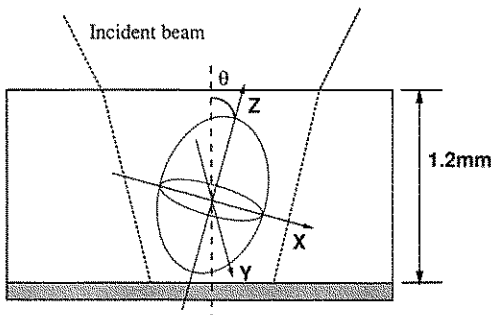


Fig. 4 Index ellipsoid of substrate

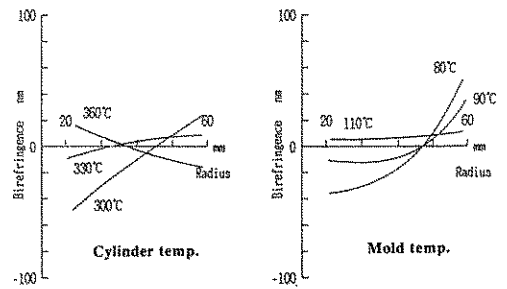


Fig. 6 Effect of molding conditions on birefringence

プロセスが様々に研究されてきた。この結果、PC基板の場合、基板側からの水の浸透による腐食が最も多いことがわかっている⁹⁾。基板側の腐食は、PCと保護膜との剥離が直接の原因であり、双方の密着性に大きく関わっている。このため基板と磁性膜との間の保護膜の検討が長い間行われてきた。一方、PC基板内の不純物も信頼性に影響を与えており、光ディスクグレードでは極力不純物を低減している⁹⁾。これらの改良の結果、最近では非常に高い信頼性が得られるようになった。Fig. 7は我々の作製したディスクを温度85°C湿度85%の環境下で保持したときのエラーレートの変化を示したものである。

特殊環境下での問題としては、PC樹脂自身がエステル結合を含むため加水分解を起し易いという欠点がある。PCはアルカリ等の特定の溶剤のもとで、または非常に高温、高湿下では加水分解してしまう。もちろん、通常の使用環境においては全く問題ないが、考慮に入れておくべき点である。

3.2.2 真空排気プロセス

前述したように光磁気ディスクの磁性膜は非常に酸化を起しやすい。このため、通常 10^{-5} Pa台以下の到達真空度で、スパッタリング成膜を行う。しかしPC基板の場合、中に含む水分がなかなか排気されないため、所望の真空度に到達するのに数時間を要するのが普通である。排気時間を少

しても短縮するため、特に水の排気速度が速いクライオポンプやコールドトラップが用いられることが多い。

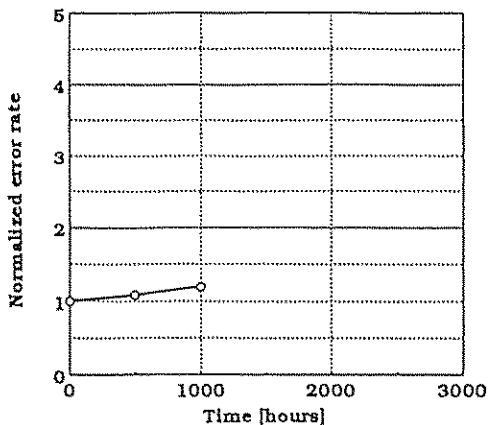
生産用の装置では、基板排気の時間を稼ぐために数10枚～数百枚入るバッファ用真空チャンバー(ストッカー)を持つことが多い(Fig. 8)。また、真空排気前(あるいは排気しながら)基板を数10°Cで加熱して脱水する方式もよく行われる。最近、PC基板表面にプラズマをぶつけることで排気時間が短くとも酸化を起しにくいという報告もあった⁷⁾。

しかし、成形後吸水する時間を与えず連続して成膜をしてしまうことが可能であるなら、最も単純で良い方法であろう。

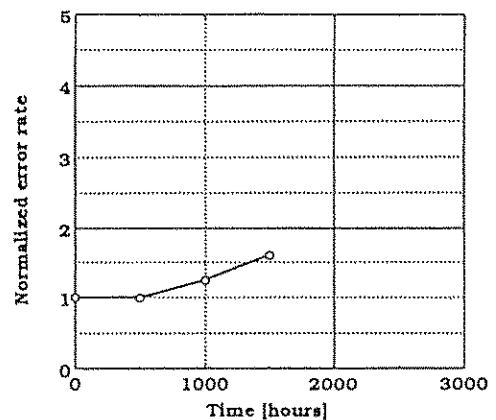
3.2.3 吸水による基板の反り

5インチ径の光磁気ディスクは2枚のディスクを貼合わせて使用するが、3.5インチ径の場合は貼合わせを行わず、片面のみが用いられる。この場合、基板の片面だけに記録膜が形成されているので、記録膜のある面は無い面と比べて水分の移動が起り難い。急激な温湿度変動によりPC内部で吸水、脱水が起こったとき、基板内に一時的な水分の不均一が生じる(Fig. 9)。このとき水分量が多い面は少ない面と比べて膨張するため基板は反り(Tilt)を生じる。

基板の反りが大きいと、光ピックアップがサーボ溝から得る信号が狂ってしまい、トラックを安



(a) 3.5 inch (single sided)



(b) 5.25 inch (double sided)

Fig. 7 Degradation of MO disk using PC substrate by acceleration test (85°C 85%RH)

Table 1 Comparison of new resin with PMMA and PC

Item	Unit	Olefin	PMMA	PC
Transparency	%	91	92	91
Refractive index	—	1.53	1.49	1.58
Photoelasticity	$10^{-7} \text{cm}^2/\text{kgf}$	4.0	6.0	90
Glass transition point	°C	171	93	150
Refractoriness under load	°C	164	81	140
Saturated water absorption	%	<0.01	2.2	0.2
Isod impact strength	kgf · cm/cm	3.0	1.0	12

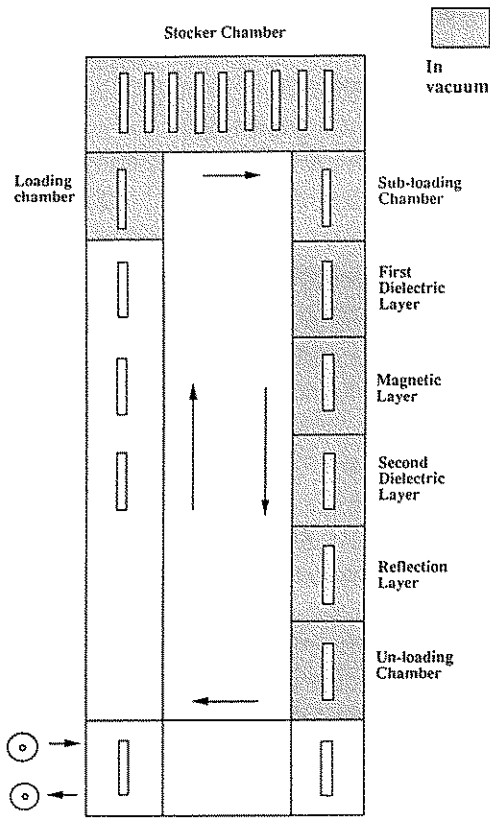


Fig. 8 Schematic diagram of an in-line sputtering machine

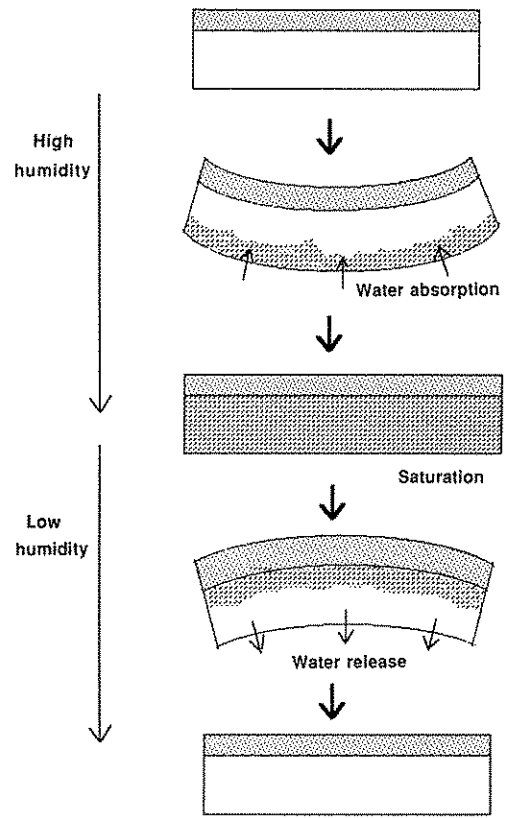


Fig. 9 Warp of disk with change of humidity

定に追従できなくなってしまう。また、PCの光弾性定数が比較的大きいので、反りに伴う内部応力によって複屈折も増加する。

もともと、これはよほど急激な温湿度変化を与えた場合一時的に起こる現象であって、現在ISO(国際標準化委員会)規格で規定されている程度の

変化⁹⁾では問題無いことは明記したい。しかし、絶対的な信頼性を考えたとき考慮すべき事項であることには変わり無い。

4. 新しい光ディスク基板用樹脂

PCの以上のような欠点を解決し、かつ射出成

形で簡便に基板が作れる新しい基板材料樹脂も幾つか開発されている。

特に有望なのはポリオレフィン系のもので、低複屈折、低吸水性という実に魅力的な特性を持っており、樹脂の幾つかはかなり実用的レベルにあると考えられる。代表的なポリオレフィン樹脂とPC、PMMAの特性の比較をTable 1に示す。光弾性係数と吸水性がPCよりかなり小さいのが特徴的である。

今後、まだ信頼性を含めた詳細なデータを集めていく必要がある。また汎用性の樹脂であるPCと比較すると、どうしてもコストが高くなるため、コストの低減が重要なポイントであろう。

5. 今後の光ディスク基板

以上、PCの問題点を中心にまとめた。PCは基本的に光ディスク基板として優れた樹脂である。しかし、今後記録の高密度化、回転の高速化が進んでいくにつれ、複屈折や反りに対する要求は益々厳しくなってくることが予想される。従って、樹脂、成形の両面からPC基板の改良をさらに

進めていく必要があるのは当然だが、加えてポリオレフィン等の新たな樹脂の採用といった可能性も踏まえて検討していかなければならない。

いずれにしても、今後の光ディスクの展開に基板の開発が大きな鍵を握っているのは間違いないであろう。

参考文献

- 1) I. Prikryl: Appl. Opt., 31 (11), pp. 1853 (1992)
- 2) A. Skumanich: Proc. MORIS'92, pp. 237 (1993)
- 3) ECMA-184 15.3.3 (1992)
- 4) 吉沢他: 光メモリシンポジウム'86 論文集 pp. 33(1986)
- 5) T. Yorozu et al.: IEEE Trans. Mag. MAG-22, 5, (1986)
- 6) 光磁気ディスク(トリケップス社)
- 7) 太田他: 応用磁気学会講演概要集 9aG-7 (1992)
- 8) ISO/IEC10090 Annex L (1992)