光ディスク用基板材料

高橋 宏治*

A Substrate Materials for Optical Disk

Hiroji TAKAHASHI*

Key Words : Optical Disk, Plastic, Substrate

1. はじめに

光ディスクの基板は、再生専用形ディスク、追記形ディスクさらには書き換え型ディスクを含めて材料、製造方法、仕様やディスク構造等多種多様である。光ディスク基板と基板製造技術は、基板材料技術と並んで根幹をなすもので、地味ではあるが、光ディスクの将来を決める重要な技術である。光ディスクのデバイスを作製する Mastering 技術と共に Replication 技術は研究開発の費用や設備投資が大きく、かつ非常に広範な技術的体系からなっているという特徴がある。技術の大部分が細い Know-how から出来ているというのも大きな特徴である。再生専用形ディスクに比較して、追記または書き換え形ディスクに対する基板の要求性能は、大層厳しくまさに Optical Storage Pyramid の頂点¹⁾を目指して、基板材料や基板製造技術の開発がいまも推進されている。

2. 光ディスクの種類と要求性能

2.1 光ディスクの種類と構造

光ディスクの特徴は図1に示すとおり、非接触で微小レーザ光スポットによる記録ビットやマークの記録、再

The Characteristic of Optical Disk are performance of recording and reading by a small spot of laser beam without contact on media²⁾.

Fig. 1 Typical characteristic of optical disk

* 三菱レイヨン㈱東京研究所 (〒214 神奈川県川崎市多摩区登戸3816)
Mitsubishi Rayon Co., Ltd. Tokyo Research Laboratory
(3816, Noborito, Tama-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa 214)

生にある。光ディスクの開発当初は、記録膜面を透明なガラスやプラスチックで塵埃や傷から保護するディスク構造が採用された。したがって基板は研磨したアルミ板やガラス板が使用された。その後、Philips の研究者は、透明なガラスやプラスチックの表面から 1.20 mm の裏面に形成されたビットやグループを利用する録再技術を発明し、今日の光ディスクの普及を可能にした。図2に示すように、Cover-Sheet 法は各種の記録材料を性能良く利用できる点で大変に良い方法であるが、欠点としては、プレフォーマット (あらかじめ記録入力されるセクターマーク、トラックアドレス、同期信号などの信号符号)、プリグループ (トラッキングサーボ用の案内溝) などの量産複製が困難なことである。基板としてアルミ板、ガラス板などが利用できるため機械的に精度、信頼性の高い光ディスクシステムが得られる。現在も米国を中心に High End 用対象に勢力的に開発が進められている。いろいろな光ディスクの構造を図2ならびに図3に示す。Over-Coat, Cover-Cap, Cover-Sheet 構造では、研磨したアルミ基板が、Air-sandwich, Solid-sandwich ではガラスや透明プラスチックの基板が用いられる。

Very low end, Early low end, と一部 Mid Range では透明プラスチックが基板として採用され、High end, Mid range ではガラスやアルミ等の基板材料が使用される。アルミ研磨板は磁気ディスク用としてすでに加工技術が確立しており技術水準の極めて高い基板材料である。ガラスもしくはアルミ基板は、プラスチック基板に比較して、剛性が高くかつ熱膨張係数が小さく長期クリープ特性に優れるので、高速回転に適性をもち、面ぶれ (Axial runout) の小さい優れた機械的回転性能を示す。表面の研磨面の性能は、ガラスが最も優れ光学研磨板が利用されるが、アルミ基板では、研磨の後リン酸ニッケルのめっき層を形成しこれを光学研磨し利用される。唯一の欠点はグループやビットの付与が甚々困難なことである。またガラス基板では高速回転の際の破壊を防止するために強化ガラス基板にする操作が必要である点である。ガラスの強化法のうち光ディスク基板に用いられる

Fig. 2 Disk structure and disk design in the various end use²⁾

Fig. 3 Typical two structure of optical disk, cover-sheet structure with aluminum substrate, and Air Sandwich structure constructed with transparent glass and plastic substrate²⁾

のは、化学強化法のイオン注入法である。光ディスク用プラスチック基板は、一般には二つの方法に大別され複製量産化されている。1) 2P法 (Photo-Polymer法) と呼ばれる紫外線硬化樹脂を用いてスタンパー面のグループやビットをガラス板や透明なプラスチック基板に転写するプロセスからなるもの、2) スタンパーを内蔵する成形金型へ透明な熱可塑性プラスチックを射出して一体成形する射出成形法や、射出圧縮成形法とに分類される。

2P法は実験室や少ロット生産に向き、ガラス板やアクリル樹脂、エポキシ樹脂などのキャスト板を利用できるので、寸法安定性、耐熱性、低複屈折などで優れたディスク基板が得られる。2P法で使用する光重合性ポリマーは基板材料との接着が良く、金型スタンパーに対する離型性の良い、重合収縮の少ない低粘度ポリマーで、重合後末反応モノマーが残らないことが必要である。2P法で得られる光ディスク基板は、今日得られる基板としては最も特性に優れているが、量産によるコスト低下の可能性では射出成形法に劣る。

射出成形法による再生専用形光ディスクが実用化され、すでに製造技術として普及しているが、近年漸く光ディスクの専用成形機が市場に出はじめてきており、いろいろな課題が解決されつつあるが、これまでは、一般の成形機を光ディスクに利用したものであった。最近、複屈折の低減を目的とする射出成形と圧縮成形を組み合わせた射出圧縮成形法 (Injection-Compression) を採用する成形機が注目されている。しかしまだグループの偏心、金型スタンパーの損傷や、複屈折の分布など検討すべき点が多々ある。

2.2 光ディスク基板の要求性能

デジタル情報用光ディスク (Optical Digital Data Disk) の直径 130 mm の追記形に関する国際規格案が、米国 (ANSI) や欧州 (ECMA) を含む標準化委員化委員会 ISO/TC 97/SC-23 で検討されている。光ディスク基板に要求される性能を表 1, 2 に示す^{2), 3)}。つねに光学ヘッドによるトラックサーボやフォーカスサーボの追従が可能な領域内に光ディスクが稼動していることが必要で、光ディスク基板の軸方向振れと同加速度、半径方向

Table 1 Critical intrinsic substrate requirements for writeable disks

	Definition	Example
Stiffness :	Measured as modulus of a material; critical for rigidity@ 3600 rpm	<u>Young's Modulus</u> (10^4kg/cm^2) Glass - 83 PC - 2.43 PS - 3.16 Epoxy - 2.1 Acrylic - 3.02
Flatness :	Measured by axial runout which is a deviation from perfect motion in a direction perpendicular to the plane of disk; critical for keeping laser in focus	<u>Axial Runout @</u> 1800 rpm Glass - $<30\mu\text{m}$ Thermoplastics - $250\text{--}300\mu\text{m}$
Birefringence :	Measured by optical compensators of various sorts and is the refractive index of the material in the stress direction minus the value in the perpendicular direction; high birefringence interferes with the laser reading the disk; require $<40\text{ nm}$ double pass for writeable disks	<u>Birefringence</u> , double pass @ 633 nm Glass - $<5\text{ nm}$ PMMA - $20\text{--}50\text{ nm}$ Epoxy - $3\text{--}5\text{ nm}$ PC - $30\text{--}150\text{ nm}$ SAMS - $40\text{--}150\text{ nm}$
Dimensional Stability :	Measured as the coefficient of linear thermal expansion, water absorption, and water vapor transmission; substrate changes can cause data loss, corrosion, oxidation, loss of adhesion	<u>Coefficient of Thermal Expansion</u> ($10^{-6}\text{cm/cm}^\circ\text{C}$) PMMA - 6.2-7.6 PS - 5.0 PC - 6.75 Glass - 6.6 Epoxy - 0.71 <u>% H₂O Absorption</u> PMMA - 0.3 PC - 0.15 SAMS - 0.05 Epoxy - 0.3
Optical Quality :	Determined by measuring % haze, % transmission, refractive index, and having a minimum of contamination ; critical for the fundamental performance of the disk; specifications on contamination are determined by individual companies	<u>Ref. Index (n)</u> PMMA - 1.491 PS - 1.590 SAMS - 1.592 PC - 1.586 Glass - 1.516 Epoxy - 1.51 <u>% Haze</u> PMMA - <2 PS - <3 SAMS - ? PC - <3 Glass - ? Epoxy - ? <u>% Transmission</u> PMMA - 92 PS - 88 SAMS - 90 PC - 89 Glass - 92 Epoxy - 92

Table 2 Selection of disk suestrate ²⁰⁾

	Requirment	PMMA	PC	Epoxy	Glass
Thermal distotion temperature	>110℃	90	130	130	E
Reterdation	< 20nm	10-20	40-80	10	10
Water absorption	0. 16%	0. 3	0. 15	0. 2	0
Surface hardness	4H	2H	B	2H	E
Replication process	—	INJE	INJE	2P	2P
Mass productivity		G	G	P	P
Anti shock		G	G	G	P
Recording sensitivity	Thermal conductivity	G	G	G	P

振れ（偏心）と同加速度ディスクの傾斜やそりなどが、光学ヘッドの追従性能の範囲に入ることが必要条件となっている。光ディスク基板と光ディスクが、その寿命の期間内で使用環境条件下でこれらの規格を満足することは、容易なことではない。

光ディスク基板は、剛性の大きなアルミやガラスを材料として光学ヘッドの要求性能を設計してきたが、光ディスクの量産は実際のところ不可能だった。光ディスクの量産ができるプラスチックの採用を計画したところで、従来の光学ヘッドの性能をさらに改善した第2世代、第3世代の光学ヘッドが開発されるようになった。すなわち、高い性能の追従特性を有する光学ヘッドの開発が寸法安定性や剛性の低いプラスチック基板の利用を可能にしたのである¹⁾。他方、光ディスク基板の側でも光学ヘッドの追従性を高めるためにマスタリングによって光学ヘッド案内用のトラッキング溝をディスク基板に付与し、光ディスクドライブの機械的負担を軽減している。また案内溝のみならず、データコントロール用の信号符号、たとえばトラックアドレス、セクターアドレス、IDマーク等が、ブリフォマットされ、データのコントロールが容易になるよう考えられている。また近年連続した案内溝のトラッキング特性を改良したウォブリング・クロックピットをトラック内に分散するサンプルサーボ方式が提案され注目されている。長い寿命期間に発生する傷、欠陥からデータを保護する目的で種々の検討がなされている。図4に示したような、さまざまなトラッキングサーボ方式が提案され、対応する光学ヘッドとの適性において技術の進歩があり、データの長期信頼性を確保することが可能となっている。

2.3 光ディスク基板の設計と仕様

基板には、光学ヘッドのトラッキングやデータのコントロールなどを助ける目的で溝やピットを設けていることは前に述べたが、図4にその一例を記載する。

トラッキング溝を連続溝に付与するタイプから、オフセットをとるため不連続な鏡面を部分的に導入したもののウォブリング・クロックピットを導入する方式などがあ

Fig. 4 The microstructure of recording surface of disk substrate

り、安定したトラッキングが確保でき、アクセス時間の優れたシステムが種々考案されている。トラッキング溝の形状も図に示すように矩形やV字形、深さも $\lambda/4$ と $\lambda/8$ を使いわけるタイプと、プレビットも $\lambda/4$ を前提とするタイプなどで複雑で類形化は困難である。普通、これらの基板の仕様は、紫外線硬化樹脂によるスタンパーの転写法によるか熱可塑性樹脂の射出成形による一体成形で得ている。近年、ガラス基板を直接リアクティブイオンエッチング (RIE) する方法も報告される。

光ディスクに対して厳しい規格を要求するとガラス板を使用した2P基板の利用ということになり、価格的に大量需要に対応できないことになる。現在光ディスク用のプラスチック基板は追記形ディスクの要求性能に対して厳密な意味で、やっと実用化のレベルに達したと思われる。しかし、書き換え形ディスクに対しては、約 10^6 回程度の記録消去が繰り返しておこなわれ、 $170\sim 230^{\circ}\text{C}$ のキュリー点温度、補償点温度の熱履歴を満足するプラスチック基板が強く要望されている。

ガラス基板やアルミ基板は、その素材の凝集エネルギーが大きく、気体や水分子の浸透を完全に遮断することができるが、水や気体の吸着の少ないポリオレフィンのようなプラスチック材料でも、凝集エネルギーが小さく、浸透を完全に遮断することはできない。したがって水や気体とくに酸素や酸化窒素、亜硫酸ガスの腐食性気体による記録材の劣化を防止する必要から、プラスチック基

Table 3 Typical properties of plastic substrates materials

Properties	Test method	Unit	PMMA	PC	Epoxy	PO*21)
Tensile Strength (YS)		kg/cm ²		—		590
" (BS)		kg/cm ²		590		560
" (BE)		%		3		47
Flexural Strength		kg/cm ²	660	900-1000		900
Flexural Modulus		kg/cm ²	3. 3×10 ⁴	2. 5×10 ⁴		3. 2×10 ⁴
Luminous transmittance	ASTM D-1003	% at 830nm	92	90	92	93
Refractive index	ASTM D-542	—	1. 49	1. 58	1. 51	1. 55
Birefringence	by Ellipsometer (Double path)	nm at 830nm	Max. 20	20~30	Max. 5	<20
Surface roughness	by Talysurf Model 5M	μm	Ra : 0. 006 Ra : 0. 055	Ra : 0. 006 Ra : 0. 055	Ra : 0. 006 Ra : 0. 060	
Glass transition temperature (Tg)	by linear thermal expansion coefficient	℃	100	150	125	150
Heat deflection	ASTM D-648	℃	95	132	135	147 140
Linear thermal expansion coefficient	Room temp. 67℃	℃	7. 6×10 ⁻⁵	6~7×10 ⁻⁵	6. 6×10 ⁻⁵	—
Specific gravity	ASTM D-792	—	1. 19	1. 20	1. 19	1. 05
Rockwell	ASTM D-785	M scale	90 <3H	75 HB	90	(2H)
Izod impact strength	ASTM D-256	kg. cm/cm	1. 6	1~2	1. 6	
Water absorption	ASTM D-570 (in 24hrs)	%	0. 54	0. 25	0. 30	0. 01
Water vapour transmission	JIS Z-0208 (Dish method)	g/m ² ·24 h	2. 8	3. 6	2. 5	

*21) PO Polyolefine

板には、イオンプレーティング、スパッタリング法によるセラミック膜の保護膜の付与がいろいろ検討され、耐用年数を付与するための一つの重要な技術となっている。表6に各種プラスチックの光ディスク基板の性能を示す。

3. 光ディスク用基板材料とその成形技術

3.1 ガラス基板材料

先の2. 1に述べたように Cover-Sheet 法では、ガラスとアルミ基板が用いられる²⁾。これ等の基板は、高速回転の際の信頼性と、長期的な寸法安定性、クリープ変形で優れる。とくに近年、記録密度の高密度化では、基板面の面精度をさらに改良したガラス基板が、垂直記録の磁気ディスク基板として利用され、垂直磁化膜で実現するものと思われる。このようにガラス基板は、古い材料であるが、将来性をもった基板材料である。ただ、唯一ガラスの欠点は、衝撃に弱く割れやすいことがあげられる。ガラス材料として市販されているものに、光学研磨した120 mm厚さのソーダライムガラスを化学強化したものがあるが、化学強化によって最高の特性をもつガラスとしては、表5に示すようにソーダアルミノケイ酸

ガラスが紹介されている。一般にはソーダライムガラス基板が主に用いられている。

ガラスの強化法には、自動車の窓ガラスなどで日常生活でもなじみの多い急冷強化ガラスは、ガラス転移点以上の温度に保持されているガラスを急冷することにより強化される。しかし通常3 mm以上の厚みが必要であり、強化の後、表面を光学研磨することはできないのでこの急冷強化法は用いられない。光ディスク基板に用いられるガラス強化法は、主としてイオン注入法による化学強化法で光学研磨したガラス基板を用い、ガラス中のアルカリ金属イオンをガラス転移点以下の温度でより大きいイオンに置換することにより強化する。イオン交換法としては硝酸カリウムなどの融塩の中にガラスを浸しておこす。基板ガラスは、最終形状に切断され、目視検査により異物、歪み、アワ等の入ったものを除去し、精密円板加工機で内外周加工、面取加工を連続して行い、研磨工程ではできるだけ加工歪みが入らないように、研磨の際の発熱や、荷重に注意して光学研磨レベルまで仕上げる。

普通、酸化アルミナの微粒子安定剤と硝酸ソーダの水

分散液を、研磨布を用いて研磨したのち、酸化セリウム塩の極微粒子の水分散液を用いて、50~100 Å Rmaxまで面精度に仕上げる。強化層は約150 μmで、イオン注入後の仕上げ研磨によって50~200 Å程度の面精度に上げられる。表5に化学強化ガラスの特性と光ディスク用化学強化ガラス基板の標準仕様を示す。

現在、光ディスク用ガラス基板は大変に高品質を要求するため光学研磨を省略することは困難で、コスト面で大きな障壁となっている。光ディスク基板の内径穴は機械的強度を低減させる大きな原因である。したがって光ディスク基板としては、内径穴のない構造が提案され強度低下を回避している。外径300 mm板では、3,600 rpmで通常使用できる強度は得られ、外径130 mm基板では7,200 rpm、外径90 mmでは10,800 rpm位までの高速回転に耐えるものと予想される。

Table 4 Properties of chemical strengthened glass and glass substrate for optical disks chemical strengthening for various glass (KNO₃ 400°C, 16 h)

	Light bulb	Plate glass	Pyrex	Flint glass	Boron silicat	Sodium-Al silicat
Composition						
SiO ₂	73	72.5	81	56	75	54.5
Na ₂ O	16.5	15	4	4	15	16
K ₂ O	—	—	—	—	—	2
Al ₂ O ₃	1	1	2	—	—	19
B ₂ O ₃	—	—	12	10	10	2
CaO	5	9	—	—	—	2
MgO	3.5	2.5	—	—	—	—
PbO	—	—	—	30	—	—
TiO ₂	—	—	—	—	—	4.5
K ⁺ substitution (mg/cm ²)	0.5	0.15	0.04	0.2	0.16	0.5
Non scratch strength(kg/mm ²)	48±20	34±15	20±6	8±2	24±9	61±1
Scratch strength(kg/mm ²)	12±4	6±0.2	7±1	4±1	11±6	48

Detail of standard glass substrate for optical disks 0313 chemical strengthened glass

	120/130	200	300
Size (mm)	120φ×15φ×1.2 130φ×15φ×1.2	200φ×15φ×1.2 200φ×35φ×1.2	300φ×35φ×1.2 305φ×35φ×1.5
Allowance (mm)			
Outer diameter	±0.10	±0.15	±0.20
Inner diameter	+0.10 -0	+0.10 -0	+0.10 -0
Thickness (mm)	±0.05	±0.05	±0.05
Concentricity (μm)	<25	<25	<25
Flatness (μm)	<30	<50	<100
Parallelism (μm)	<10	<10	<10
Roughness (μm Rmax)	<0.02	<0.02	<0.02
Heat Shock test	350°C to water OK	350°C to water OK	350°C to water OK

3.2 プラスチック基板材料

プラスチック材料の曲げ強度、曲げ弾性の関係、曲げ強度、熱変形温度の関係を図5に示した。また図6には、使用温度とヤング率を各種材料について示す。プラスチック材料の強度と弾性率の関係において金属材料とは、明瞭な違いが見られる。多くの金属材料では、強度のほぼ10²倍が弾性率であるのに対してプラスチック材料では、普通1/4~1/3×10²倍と強度に比較して弾性率が低く、ガラス転移点以上の温度では、さらに弾性率の低下が大きい。長期間に渡る変形荷重が負荷されると金属材料より相対的に小さい値でクリープ変形をおこすことがわかっている。プラスチック材料は、金属やガラス材料と本質的にことなる性質として、各温度領域において粘弾性や塑性変形を示しゴム的である。したがって耐衝撃強度は、一般に大きいのが特徴といえる。

プラスチック材料は、熱せられると溶融したり塑性変形をする熱可塑性プラスチックと、熱的に融解しない熱硬化性プラスチックとに分類される。光ディスク基板材料として利用されるプラスチック材料は、透明性が必要でかつ、一様な屈折率を有する非晶性プラスチックが条件である。さらに複屈折がなるべく少ないことと、成形時の分子配向や残留応力、歪みの発生の少ない均一な光学特性の材料が望ましい。録再特性からの要求として熱伝導率は低いこと、基板の寸法安定性と熱吸湿にともなう変形と長期間の荷重の際に発生するクリープ変形の低減が必須である。基板の汚れ、擦傷劣化、静電気の発生が少ない材料が望まれる。

熱可塑性プラスチックの中では、ポリメタクリル樹脂、ポリカーボネート（ビス・フェノールA）樹脂が現在採用されている。ポリオレフィン系樹脂では、ポリメチルペンテン樹脂や新規非晶性オレフィン系樹脂も提案

されている。表3に代表例を示す。

熱硬化性プラスチックでは、透明な光学用エポキシ樹脂が基板材料として優れると報告されている。キャスト重合したポリメタクリル樹脂は、熱可塑性プラスチックに分類されるが、溶融して成形することは不可能で熱硬化性プラスチックに近い。

プラスチック材料の熱的性質は、分子鎖の熱的運動に際しておこるラジオ波の誘電緩和を測定するとわかる。測定では誘電正接 ($\tan \delta$) から求められ、分子鎖の主分散やガラス転移温度などがわかる。炭素-炭素の共有結合からなる分子鎖では、耐熱性に限界があり、主鎖に芳香環を導入して剛直性を付与するとか、脂環式化合物を導入するなど検討されている。表4に各種材料を示す。

3.3 ポリメチルメタクリル樹脂

マスタリングで得たガラス原盤のグループやフォーマットをニッケル電鍍めっきによって精度よく転写した複製スタンパーを用いて射出成形法や2P法で、忠実にプラスチック基板に転写複製するプラスチック材料の一つである。射出成形法は、プラスチックの基板成形とスタンパー面のグループやビット転写を同時におこない生産性が高い特徴がある。レーザディスクに採用され市販、市場評価されていること、メタクリル樹脂のキャスト板が2P法による追記形光ディスクの基板に利用されている。光学的に均一で複屈折が小さいのが特徴である。

射出成形用のメタクリル樹脂は、成形歪みの低減と耐熱性の確保、転写性の向上を目標としてポリマー分子の設計がなされている。成形残留ひずみは複屈折として観

Fig. 5 Relation of flexural modulus and heat distortion temperature under flexural strength

- ① Polyacetal ② Modified polyacetal ③ polyacryl phthalate ④ Polybutylene terephthalate ⑤ (bis-phenol-A) Polycarbonate ⑥ Polyether etherketon ⑦ Polyethersulfone ⑧ Polymethyl methacrylate ⑨ Polyamide (Nylon 6) ⑩ Polyamide (Nylon 66) ⑪ PPO/PST (Noryl) ⑫ Polyphenylene sulfide ⑬ Polysulfone ⑭ Methacrylate styrene copolymer ⑮ Polyphenylene oxide

Fig. 6 Young's modulus/heat durability of various materials ⁽¹⁴⁾

Table 5 Thermoplastics for optical disk substrate ^{(18), (19), (10)}

Plastics	Chemical Structure	Tg (C°)	Tm (C°)	HDT (C°)	吸水率 (%)	光透過率 To/%	アッペ数 20C°	屈折率 [no]
POLYMETHYL METHACRYLATE	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{COOCH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} \right]_n$	106	220	88 104	0.1 0.5	92.5	56.3	1.49
POLYCARBONATE	$\left[\text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{O} - \text{CO} \right]_n$	152	260	129 138	0.15 0.32	90.1	29.5	1.58
POLYSTYRENE (CO-POLY-St)	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$	100	210	86	0.01 0.01	89.1	30.8	1.59
POLYMETHYL PENTHENE	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3)_2}{\text{CH}} \right]_n$	110	230	102	0.01 0.01	—	61.0	1.46
POLYETHERIMIDE	$\left[\text{N} - \text{CO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{O} - \text{CO} - \text{N} - \text{C}_6\text{H}_4 \right]_n$	217	340	200	0.25 1.25	—	—	1.66
POLYSULFONE	$\left[\text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{SO}_2 - \text{C}_6\text{H}_4 \right]_n$	185	300	174	0.3 0.7	80.0	—	1.65
POLYETHER SULFONE	$\left[\text{C}_6\text{H}_4 - \text{SO}_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{O} \right]_n$	220	340	203	0.43	74.2	23~24	1.63
POLYARYLATE	$\left[\text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{O} - \text{CO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CO} \right]_n$	183	305	172	0.27 0.71	82.5	—	1.65

Table 6 New proposed plastics for substrate of optical disk

THERMOPLASTIC POLYMER	
POLYMER	MOLECULAR STRUCTURE
POLYCARBONATE STYRENE	$\left[\text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{O} - \text{CO} \right]_m \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$ 22)
POLYESTER CARBONATE	$\left[\text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{O} - \text{COOR} \right]_n$ 19)
"	$\left[\text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{O} - \text{CO} \right]_n \text{CH}_2 (\text{H}) \text{CH}_2 \text{O} \right]_m$ 15)
POLYPHTHALATE CARBONATE	$\left[\text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{O} - \text{CO} \right]_n \left[\text{C}_6\text{H}_4 - \text{CO} \right]_m$ 18)
POLYCARBONATE ACRYLATE	$\left[\text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{O} - \text{CO} \right]_n \text{CH}_2 \text{CH}_2 \text{S} \left[\text{CH}_2 \underset{\text{CO}_2\text{CH}_3}{\text{C}} \right]_m$ 17)
POLYOLEFFINE	$\left[\text{CH}_2\text{CH} - \underset{\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2}{\text{CH}} \right]_n \left[\text{CH}_2\text{CH} - \underset{\text{C}_6\text{H}_4}{\text{CH}} \right]_m$ 21)
METHACRYL COPOLYMER	$\left[\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3) - \underset{\text{CO}_2\text{CH}_3}{\text{C}} \right]_n \left[\text{CH}_2\text{CH} - \underset{\text{CH}_2}{\text{C}_6\text{H}_4} \right]_m \left[\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3) - \underset{\text{H}}{\text{C}} \right]_p$ 22)
THERMOSETTING POLYMER	
POLYMER	MOLECULAR STRUCTURE
CR-39 DIALLYLCARBONATE DIETHYLENEGLYCOL	$\left[\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O} \right]_n$ 12), 16)
EPOXY RESIN	$\left[\text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHRNH} \right]_n$ 22)
EPOXY RESIN (EPOX)	$\left[\text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHRNH} \right]_n$ 22)

察されるが光ディスク基板では転写した微細なブリググループやビットの熱による変形を防止する必要から、熱緩和処理は通常は用いず、射出成形で低残留ひずみの光ディスク基板を得る技術に焦点が集まっている。この低成形ひずみの問題を解決する技術としてポリマー設計に求められるのは、1) 分子量を減じて熔融粘度を下げる、2) 耐熱性や疎水性の付与に必要な共重合物を導入する、3) 成形の際に負荷される熱に安定な分子設計を施し熱分解を低減する、などである。

現在メタクリル樹脂に求められる改善性能は、熱変形温度の向上による基板のそり変形、クリープ変形の改良と吸湿性の減少である。この点ポリオレフィン系の非晶性ポリマーは、評価されるのだが芳香族系の化合物を導入すると成形歪みによる複屈折の発生をとまらう。

3.4 ポリカーボネート樹脂

ポリカーボネート樹脂はビスフェノールAをカーボネート結合で縮重合した機械的特性、透明性、加工性に優れたエンジニアリング・プラスチックである。とくに耐衝撃性に優れ、すでにCD用基板材料として親しまれている。追記形の小口径光ディスク基板の材料でも主位を占めるものと予想される。

現在、ビスフェノールAとホスゲンの気-液界面重縮合によって量産される。溶媒としては塩化メチレンが用いられ、原料は再結晶法や貧溶媒による沈殿精製法で混入する塵埃を除去し、塩化メチレン溶液で混入する異物をサブミクロンのフィルターでろ過して、光学グレードのポリカーボネート樹脂を得ている。光ディスク用の特

微はポリマー分子量を低減し溶融粘度の改良, 流動性の向上が計られ, CD グレードは, $1.42 \sim 1.76 \times 10^4$ の分子量が一般的である。しかし複屈折の低下の最終解決にはなっていない。ポリカーボネート樹脂は光学的には非晶性であるが, 光弾性定数が大変に大きく $74 \Delta n / \delta / \text{brewster}$ 射出成形の際の剪断応力を受けて分子鎖の配向がおこり結果として複屈折を発現する。射出成形条件, 金型設計スタンパーの構造などでポリカーボネート基板の光学特性が各種各様で, この光学特性の不均一性が, 録再特性の際のノイズとして測定される。基板に原因するノイズの対策と光学ヘッドの開発が急務である。

(1987-3-17 受理)

文 献

- 1) V.B. Jipson, K.Y. Ahn ; *Solid State Technology*, (1), 141 (1984)
- 2) Alan B. Marchant ; *Optical Data Storage-Systems Aspects Short-Course Presentation*, (10), 14 (1986)
- 3) 伊藤 捷, 尾島正啓, 宮村芳徳, 加藤 剛, 高山新司 ; 第45回応用物理学会講演予稿集, 13 a-E-4, p.52 (1984)
- 4) 中村 滋, 前田武志, 賀来敏光, 角田義人 ; 第33回応用物理学会関係連合講演会, 2 a-H-2, p.106 (1986)
- 5) Ronald Millar, Charles Abate ; *SPIE*, **529**, Optical Mass Data Storage, p.140~144 (1985)
- 6) Yasuaki Nakane, Noboru Sato, Hiroshi Makino, Senri Miyaoka ; *SPIE*, **S 29**, Optical Mass data Storage, p.76~82 (1985)
- 7) 米沢成二 ; 第45回応用物理学会講演予稿集, 13p-E-8, p.56 (1984)
- 8) 津吉敏明, 大竹正利, 米沢成二 ; 第34回応用物理学会関係連合講演会, 29 a-ZL-8, p.744 (1987)
- 9) Seiji Yonezawa, Toshiaki Tsuyoshi ; *SPIE*, **529**, Optical Mass Data Storage, p.84~88 (1985)
- 10) Jan. H.T. Pasman, Hans F. Olijhoek, Bill Verkaik ; *SPIE*, Vol. 529 Optical Mass Data Storage, p.62-68 (1985)
- 11) G. Bouwhuis, J. Braat, A. Huijser, G. Rosmalen, K.S. Lmmink ; *Principles of Optical Disc Systems*, p.104 (1985)
- 12) (財) 光産業技術振興協会 ; 光ディスク技術動向調査, 56-57, 60-007 (1985)
- 13) H.D. Wolpert ; *Photonic Spectra*, (2), 68 (1983)
- 14) H.D. Wolpert ; *Photonic Spectra*, (3), 63 (1983)
- 15) 井口正俊 ; 高分子, **31**, 925 (1982)
- 16) R.T. Woodhams ; 高分子, **25**, 446 (1985)
- 17) 内尾舜二 ; *Plastic Age*, (11), 137 (1985)
- 18) Z.G. Gardlund ; *Polym. Prep.*, **24**, (2), 18 (1983)
- 19) D.C. Prevorsek, B.T. Debona, Y. Kesten ; *J. Polym. Sci. (Polym. Chem. Ed.)*, **18**, 75 (1980)
- 20) C.P. Bosnyak, I.W. Parsons, R.N. Haward ; *Polym.*, **23**, 609 (1985)
- 21) C.P. Bosnyak, I.W. Parsons, R.N. Haward ; *Polym.*, **21**, 1448 (1983)
- 22) 今村修武 ; 日経マテリアル, (1), 47 (1985)
- 23) (財) 光産業技術振興協会 ; 光ディスク懇談会 (第2回) (1986)
- 24) (財) 光産業技術振興協会 ; 光ディスクシンポジウム (第1回), p.79~84 (1985)
- 25) Philips ; *IEEE TRAN on Consumer Electronics*, (11), p.309 (1976)

「パルスめっき」特集号 論文募集のお知らせ

めっきはそれ自体古くからの技術ですが, 最近, 新素材開発の一技術として広く関心が寄せられています。今回金表誌編集委員会では, 特にその中でも注目を集めているパルスめっきについて特集号を企画いたしました。この特集号ではパルスめっきの基礎技術, 関連技術を概観するとともに将来を展望し, さらに最先端の研究成果を各種研究報文で紹介いたします。特にこれからパルスめっきを行ってみようという方々に参考になる記事を随所に盛り込むことや, 外国で現在までに発表された文献データをまとめるなど, できるだけ会員諸兄のお役に立つよう心がけるつもりです。

明年4月の発行を目指して現在様々な企画を進めております。つきましては基礎, 応用を問わず標題に関連する論文を広く募集いたします。何卒, 本特集号の趣旨をご理解いただき, だしどしご投稿ください。

<特集テーマ> 「パルスめっき」

<募集原稿種別> 研究論文, 技術論文,
研究・技術ノート

<原稿締切日> 昭和62年10月31日(土) 必着

<送付先> 原稿は「パルスめっき特集号掲載希望」と
明記し, 下記あてご送付ください。投稿の

際の詳細な規程はすべて「金属表面技術投
稿規程」(37巻6号掲載)に準じます。

〒101 東京都千代田区神田岩本町2番地
共同ビル

(社)金属表面技術協会 編集委員会 (金表)