

ガラスプレス微細加工品の作製とガラスに 求められる特性

HOYA(株)エレクトロオプティクスカンパニー昭島工場

橋本 和明

Fine Molding Glass Articles and Desired Properties

Kazuaki Hashimoto

Akishima Plant, Electro-optics Company, HOYA Corporation

1. はじめに

最近、研削研磨加工を必要としないガラスモールド技術がガラス微細加工品の量産技術として注目されている。ガラスモールド技術は精密加工した成形型を用いて、軟化したガラスを精密に加圧成形し、高精度の光学素子を得る技術である^{1),2)}。この技術は1982年にイーストマンコダック社が非球面モールドレンズをカメラに組み込んだことがきっかけとなって発展し、現在ではガラスモールド技術によって製造される非球面レンズは既に一般的なものとなり、ビデオカメラやコンパクトカメラなどの撮影系レンズ、コンパクトディスクのピックアップレンズ、光通信の結合レンズなどとして広く使用されている。

このようなガラスモールド技術の応用として、型に微細なパターンを形成し、このパターンを精密にガラスに転写する微細加工が行われるようになってきた。その一つの例が松下電器産業のホログラム一体型非球面レンズであり、これは非球面レンズに輪帯の微細加工（断面が

鋸歯状）を施したものである。ホログラムをレンズ上に形成することによって2焦点対物レンズとし、ディスク厚の異なるDVDとCDに対して互換性をもつ再生用ピックアップレンズとして使われている。このレンズの成形には超硬合金母材の表面に形成されたNi-Cu-P合金膜をダイヤモンドバイトでホログラム形状に切削加工し、表面に貴金属合金膜を被覆した型が使われていると言われている³⁾。

また、ガラスを微細加工する方法の一つとしてリソグラフィ技術を用い、微細パターンはドライエッチングで形成する方法がある。この方法を応用して成形型を作り、ガラスをプレス成形することにより、ガラスモールド法で微細なパターンを再現性よく作製することが可能になった。

このような型材料の開発や型加工技術は、ガラスモールドレンズや微細加工品の製造において重要な要素技術であるが、使用されるガラス材料の開発もまた重要な要素技術の一つである。ガラス材料に求められる特性には、ガラス加工品の使用条件によるものと、製造および成形条件によるものがある。

本稿では、ガラスモールドレンズを題材としてその製造および成形条件からガラス材料に求

められる一般的な特性について概説する。またリソグラフィとドライエッチングを使った微細加工を応用したガラスプレス加工品の作製、および光ファイバーを整列させて光導波路と接続する部品であるファイバーガイドブロックとそれに使用するガラス材料に求められる特性について紹介する。

2. ガラスモールドレンズ用ガラス材料

ガラスモールドレンズの製造技術の中でガラス材料の開発は、型材料の開発と並んで重要な要素技術である。

ガラス材料に求められる主な特性としては、①低融点であること、②型と反応しないこと、③化学的耐久性が良いこと、が挙げられる。これら以外にもコストの面から安価なプリフォームが作れること、環境問題の観点からPbOやAs₂O₃などを含まないことなどもガラスに求められる要件として挙げられる。

モールド成形の場合、型が高価であるため、一つの型でガラスをプレスできる回数がレンズのコストに大きな影響を及ぼす。よって、型の長寿命化が最重要課題となる。成形温度における繰り返し使用によって、型材料には酸化、構造の変化、表面品質の劣化などが引き起こされる。これらを抑制するためにはプレス温度を低くする必要がある。またガラスと型との反応もプレス温度が高いほど促進されるため、プレス温度は低く設定する必要がある。このような理由から、型の長寿命化のためには比較的低温(600°C前後以下)でプレス成形が可能な低融点のガラスが必要となる。低温成形できるようになれば型材料の選択も容易になる。

一般に、ガラス中のアルカリ成分の含有量を増加させることによって低融点化が図られるが、これに伴って光学定数(屈折率やアッベ数)、化学的耐久性、熱膨張係数、耐失透性も変化するため、これらを考慮した組成の調整が必要となる。図1に現在HOYA(株)の光学ガラ

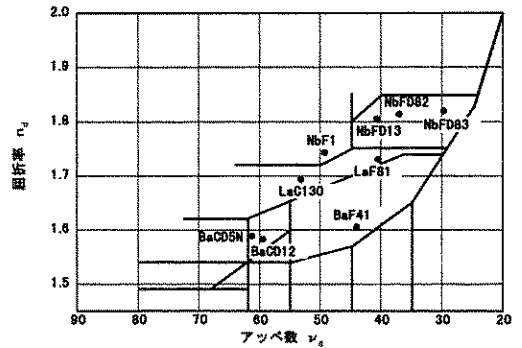


Fig. 1 Optical glasses used for precision molding, shown in Hoya's catalogue. ("M-" is prefixed to the glass types)

Table 1 Some properties in several optical glasses and optical molding glasses.

	屈折率 n_d	アッベ数 v_d	転移点 T_g [°C]	融伏点 T_s [°C]	膨張係数 $\alpha_{100-200^\circ\text{C}}$	耐青ヤケ性 D_A	耐水性 D_B
M-BaCD5N	1.58913	61.3	515	545	89	4	3
BaCD5	1.58913	61.3	815	850	66	3	2
M-BaCD12	1.58312	59.5	500	540	70	3	2
BaCD12	1.58312	59.5	815	865	74	3	2
M-LaC130	1.89350	53.2	520	580	65	4	3
LaC130	1.89350	53.2	835	875	66	4	3

※モールド成形用光学ガラスには補綴文字として“M-”が付加される。
※DAおよびDBの数字は小さいほど耐性が優れていることを示す。

スカatalog⁴⁾に記載されているモールド成形用ガラスの光学定数を示す。また表1に通常の光学ガラスと光学定数を合わせたモールド成形用光学ガラスの特性を示す。この表で比較すると、モールド成形用光学ガラスは通常の光学ガラスよりガラス転移点や屈伏点が100°C以上低く、膨張係数が大きくなっていることがわかる。一般的に化学的耐久性(耐青ヤケ性、耐水性)はガラスを低融点化することによって劣化するのが通例であるが、従来の光学ガラスと同程度となるように調整している。

3. ガラスプレス微細加工品

(1) リソグラフィ技術を応用したガラスプレス微細加工品

ガラスの微細加工は種々の方法で行われるようになってきたが、その一つとしてリソグラフィ技術を応用した方法がある。ガラス基板上に塗布したレジストにフォトマスクを用いた露

光でパターンを転写し、これを反応性イオンエッチングすることによってガラス平板にホログラム素子が作製されている。この方法を応用して成型型を作製し、ガラスをプレス成形することによって微細パターンを転写する。その試作例としては以前本誌⁵⁾に掲載されたマイクロレンズアレイ (図2) やホログラム光学素子がある。

これらのガラス微細加工品を作製するに当たって、プレスによるガラスの微細加工に求められる要件としては次のようなものが挙げられる。

型材料については、パターンを反応性イオンエッチングによって形成することから、エッチングによる表面荒れのないことが最も重要であり、このため型材料としては単一組成からなるものが好ましい。またエッチング速度が大きく、エッチングしやすいことも望まれる。これら以外にもプレスによって欠けが生じない (脆くない) こと、離型膜の付着力の大きい材料が望まれる。

一方、ガラス材料に対しては、低融点であることはもう言うまでもないが、それ以外に熱膨張係数が小さいことが要求される。これは、ガラスと型の熱膨張係数の差が大きすぎると、プレスによってガラスに型の微細パターンが転写された後、冷却過程でガラスの方が型よりも大きく縮み、型の微細パターンにガラスが噛み込んでしまうという問題が生じるためである。

(2) ファイバーガイドブロック

近年、光ファイバーケーブルによる通信網の整備が進められている。この光通信において、信号を分岐させる光導波路と複数の光ファイバーを接続するために不可欠な接続部品がファイバーガイドブロックである。構造は図3の写真に示すような複数本のV字型の溝を切ったものであり、この溝に光ファイバーを並べてUV硬化樹脂で固定し、さらに光導波路とガイドブロックを接続する。光導波路と光ファイバーの接続損失を低くするため、ガイドブロック

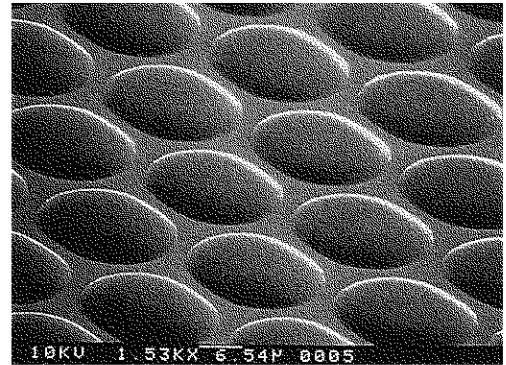


Fig. 2 SEM image of the microlens array.

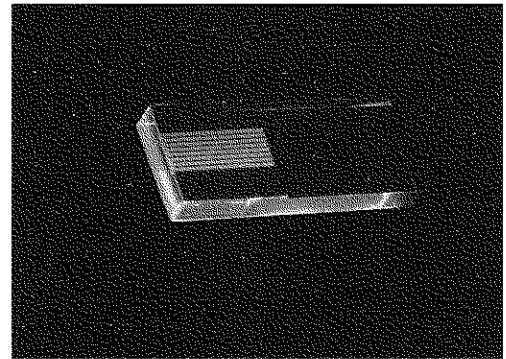


Fig. 3 Fiber guide block.

のV溝にはサブミクロンオーダーの微細な加工精度が要求される。従来、このようなファイバーガイドブロックはセラミックスやガラスを切削加工することで作られていたが、HOYAでは独自に開発した組成から成るガラスをモールド成形することによって、低コストで量産できる技術を開発した。

ファイバーガイドブロックに使用されるガラスに求められる特性には次のようなものがある。

- ① 低膨張特性
- ② 紫外域における光透過特性
- ③ 低融点

まず、ファイバーガイドブロックの使用条件から低膨張特性と紫外透過特性が要求される。光導波路と接合することから、熱膨張特性を光導波路と整合させることが必要となるが、一般

Table 2 Some properties of DFG1 type glass.

特性	
屈折率(n_d)	1.624949
アッペ数(ν_d)	53
紫外透過波長($\lambda_{80}/\lambda_{20}$)	283nm/250nm (2mm厚)
ガラス転移点(T_g)	400~500°C
屈伏点(T_s)	500~600°C
熱膨張係数 $\alpha_{-50\sim 100^\circ\text{C}}$	$50 \times 10^{-7}/\text{deg}$

的にモールド成形が可能な低融点ガラスの熱膨張係数は大きく、所望の特性を有するガラスは既存しない。またファイバーの接着に UV 硬化樹脂を使用することから紫外域における良好な透過特性を有することも必要である。また、モールド成形を可能とするために、融点、化学的耐久性、耐失透性なども要求特性に加えねばならない。

このような要求特性を満足するガラスとして開発した DFG1 ガラスの特性を表 2 に示す⁶⁾。DFG1 ガラスの熱膨張係数はモールド成形用ガラスに比べて小さく、また紫外域における光透過特性も優れており、透過率が 80% になる波長が 283 nm であり、20% になる波長が 250 nm であった。このガラスをモールド成形することにより、要求仕様を満足する位置精度で V 溝が形成されたファイバーガイドブロックをモールド成形により作製することに成功した。

4. おわりに

モールド成形技術を応用したガラス微細加工品の作製においては、型材料、型加工、成形法、評価などの要素技術の開発と共に、微細加工品の使用条件や作製条件などから求められる様々な特性を満足するガラス材料の開発が不可欠である。

低融点でありながら通常の光学ガラスに比べて低膨張係数を有する、DFG1 ガラスのように、ガラスの通例に反するユニークな特性を持つ新しいガラスが開発されることによって、ガラスプレス微細加工品の新たな展開が期待される。

参考文献

- 1) S. Hirota, Proceeding of The Forth International Symposium on New Glass, 47 (1993).
- 2) 広田慎一郎, 光技術コンタクト, 32 (1994) 253.
- 3) 春原正明, 梅谷 誠, 清水義之, 白藤芳則, 日経メカニカル, No. 458 (1995) 40.
- 4) HOYA Catalogue No. J9702-1A003D.
- 5) S. Hirota and K. Uno, NEW GLASS, 11 (1996) 66.
- 6) K. Hashimoto, Private Communication.