

# やさしいニューガラス講座 ガラスモールド技術(2)

HOYA(株)

広田 慎一郎

## Precision molding of glass optical elements

Shinichiro Hirota

Hoya Corporation

### Abstract

Sizes of glass aspheric lenses manufactured by precision molding technology are mainly 4-15mm in diameter. Smaller and larger lenses are introduced herein.

### 1. はじめに

光学ガラスの精密モールド成形技術が進歩したことにより、高性能なガラスモールド非球面レンズが大量かつ安価に供給されるようになった。用途としては、ビデオカメラレンズ、L/Sカメラレンズ等の撮影系レンズ、各種光ディスクシステムの光ピックアップレンズ、レーザービームプリンター用レンズなどが主であり、レンズの大きさとしては直径4~15mmのものが大半である。

ここでは、ガラスモールド成形によって作られる、より小さなレンズとより大きなレンズを紹介する。

### 2. 光通信用結合レンズ

過酷な使用環境での長期信頼性が強く要求される光通信分野においても、ガラスモールド非球面レンズの応用が進んでいる。ここに使用される非球面レンズは直径1.8mmと小さい。

#### 2. 1 光通信用結合レンズ

次世代光通信においては、光信号を中・長距離に効率よく伝送するために、半導体レーザー(LD)の高出力化および光ファイバー(SMF)内での低損失化とともに、結合レンズ系に対してはLDから発せられた光エネルギーを最大限SMFに結合することが要求される。

比較的短距離の伝送の場合は、LD、SMF間結合レンズとして、ボールレンズ2個を用いて、第1レンズでLD光をコリメートし、第2レンズで集光する光学系が知られている。中・長距離伝送の場合は、結合効率を向上させるために光学的収差を良好に補正しつつ高NA化する必要がある。このため、非球面レンズの採用が有効であり、ボールレンズ2個からなる従来の結合光学系に対し、図1に示すようにLD側の第1レンズが非球面化された<sup>1)</sup>。非球面化により、第1レンズはNA0.57の高NAで、かつ波面収差が0.027λ rms (測定λ=633nm)と大幅に良化した。その結果、LDとSMF間で結合効率が1.5dB改善され、-2.3dBの低損失な結合効率が得られている。ここで、結合効率は、LDの出力パワー( $P_1$ )とファイバーからの得られるパワー

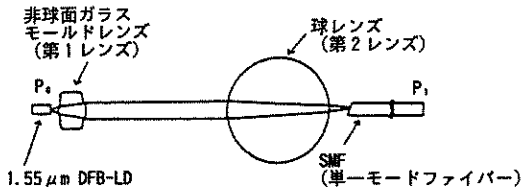


Fig. 1. Coupling system using an aspheric lens and a ball lens<sup>1)</sup>.

( $p_2$ )から求められ、 $\eta$  (dB)= $10 \cdot \log(p_1/p_2)$ で定義される。

第1レンズの非球面化に加え、第2レンズも非球面化すると、結合効率をさらに向上できる<sup>2)</sup>。図2の構成、表1の仕様によって、結合レンズ系全体が大幅に小型化された。非球面レンズの波面収差は、第1レンズが $0.035 \lambda$  rms、第2レンズが $0.025 \lambda$  rms (それぞれ測定 $\lambda=633\text{nm}$ )と良好であり、その結果、 $-1.44\text{dB}$ の高い結合効率を得られた(図3)。第1、第2レンズともボールレンズの場合に比べて2dB程度も改善されている。

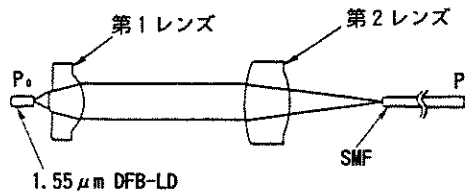


Fig. 2. Coupling system using two aspheric lenses<sup>2)</sup>.

Table 1. Specification of coupling system using two aspheric lenses<sup>2)</sup>.

	第1レンズ	第2レンズ
設計波長	1310nmおよび1550nm	
焦点距離	0.70mm	3.8mm
作動距離	0.32mm	3.5mm
有効NA	0.574 ( $\theta=35^\circ$ )	
硝材	NbFD 82	BK 7
外形	直径 1.8mm 厚さ 0.8mm	直径 2.2mm 厚さ 1.1mm

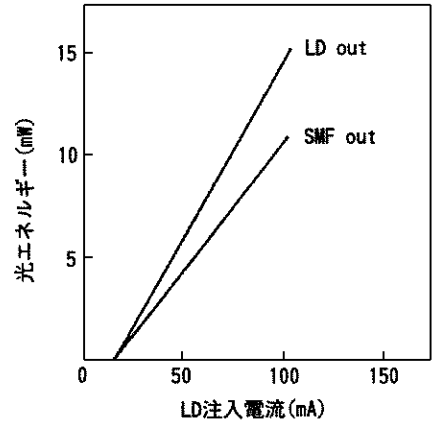


Fig. 3. Coupling characteristics<sup>2)</sup>.

一方、LD側のコリメータレンズとファイバー側の集光レンズの機能を非球面レンズ1枚に持たせた結合レンズが開発された<sup>3)</sup>。結合損失は、平均値で $-2.54\text{dB}$ で、標準偏差で $0.09\text{dB}$ と良好であった。組立調整については、各々のレンズごとに調整が可能な2群レンズ系が有利とされている。しかしながら、単レンズ系であってもSMF側を3軸調整することにより、LD側のトレランスを大幅に拡大でき、簡易に低損失な結合系が構成できることが示されている。

以上は、波長が1310nmないし1550nmの一般的なLDに対する適用例であるが、最近、効率のよい増幅が行える980nmの光ファイバーアンプが開発されている。この場合、LDの放射ビームのアスペクト比が大きいため、光軸について回転対称なレンズ系を通してファイバーに結合すると、LD光が楕円形状の強度分布を持ったままファイバーに入射することになる。しかしながら、一般的な光ファイバーは円形のフィールドパターンを持っているので結合損失が大きくなる。これを解決するために楕円ビームを円形ビームに整形するビーム整形レンズを用いた結合光学系が開発された<sup>4)</sup>。この結合光学系を図4に示す。この場合、LD活性層に垂直な断面と水平な断面で結合倍率が異なることに起因する非点格差を抑制するためには、LDと第1レンズで精密な組立精度が要求される。そこで、LD側とファ

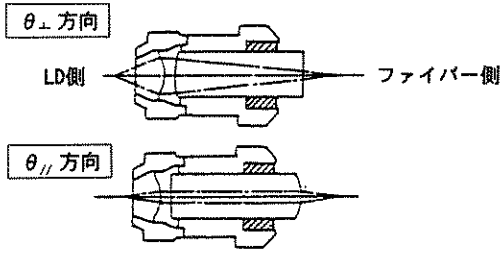


Fig. 4. Beam forming coupling system in which an asymmetrical lens is used<sup>4)</sup>.

ファイバー側それぞれ独立に調整できるように、第2レンズと第3レンズの間に結像点を設ける光学系が提案されている<sup>5)</sup>。この結合光学系を図5に示す。

以上概略を示したが、表2に光通信用ガラスモールド非球面レンズの仕様の具体例を示す。

## 2. 2 光通信用レンズの枠一体成形

LDモジュールの例を図6に示す<sup>6)</sup>。このよう

なLDモジュールではレンズを組み入れるためにレンズ枠が必要となる。光ファイバーは一度敷設すると20年以上にわたって使用されるため、温度、湿度、気密性などに対する高い信頼性が要求される。このため、非球面レンズは金属枠に低融点の封着ガラスでシールされてきたが、

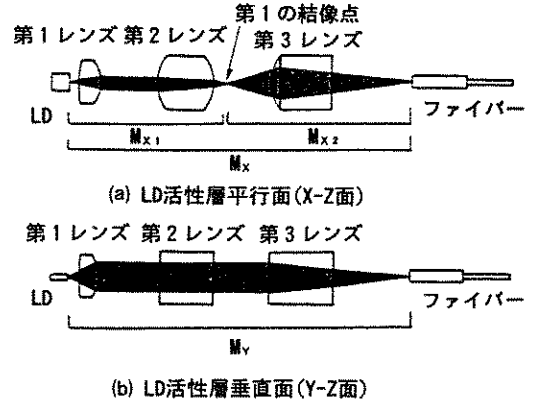


Fig. 5. Beam forming coupling system in which asymmetrical lenses are used<sup>5)</sup>.

Table 2. Specification of lenses for fiber optics communication, described in a Hoya's catalogue.

品名	単位	A 70	A 76	A 85	A 72	A 122
図						
硝種		M-NbFD 82	M-NbFD 82	M-NbFD 82	M-NbFD 82	M-BaCD 5
使用波長	nm	1550	1300	1310	633	1550
焦点距離	mm	0.71	1.18	1.57	2.29	3.55
開口数		0.60	0.40	0.50	0.13	0.12
倍率		0.00	-4.00	-5.00	0.00	0.00
物像間距離	mm	INF.	7.84	11.85	INF.	INF.
像高	mm	0.01	0.05	0.05	0.10	0.10
カバーガラス厚	mm	0.00	0.25	0.25	0.00	0.00
作動距離	mm	0.32	1.10	1.36	1.74	3.10
外径	mm	1.80	2.10	2.80	1.80	2.50
肉厚	mm	1.00	1.00	1.25	1.10	1.00
重量	g	0.008	0.012	0.024	0.011	0.013
波面収差	$\lambda_{rms}$	0.07	0.07	0.07	0.04	0.04
色収差	$\mu/nm$	0.01	0.63	1.23	0.22	0.36
透過率	%	98	98	98	98	98

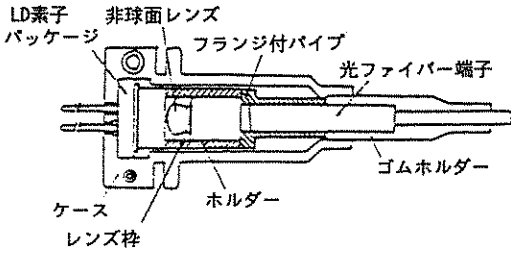


Fig. 6. Example of an LD module<sup>6)</sup>.

最近では、金属枠内で非球面レンズをプレス成形し、融着させて一体化させることが行われている。

### 3. 中・大口径レンズ

#### 3. 1 中口径レンズ

ガラスモールド非球面レンズとしては、需要の関係で直径4~15mmの小口径レンズが大量に使用されている（成形のしやすさも関係）。一方、一眼レフカメラの交換レンズなどでは中口径（直径20mm以上）の非球面レンズが要求される。交換レンズ系への非球面の導入は、性能向上に対して極めて効果的である。図7にその一例を示す<sup>7)</sup>。この例では、ガラスモールド非球面レンズの採用により、画面周辺部まで高コントラストを実現し、周辺光量、ディストーションについても高次元のレベルで補正されている。この非球面レンズは外径φ26mm、肉厚5.4mmで、硝種はM-BaCD5である。

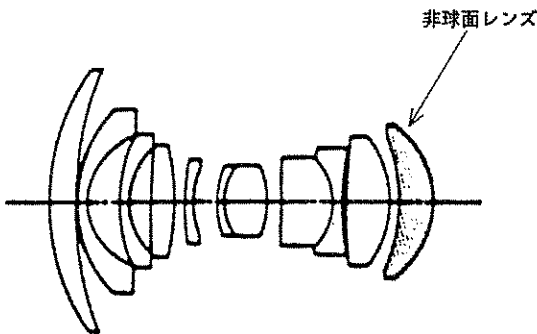


Fig. 7. Application of an aspheric molded glass lens for single-lens reflex camera<sup>7)</sup>.

#### 3. 2 大口径レンズ

大口径といっても著者らのところで開発中の最大のもは、交換レンズとして使用される直径50mmの図8に示すメニスカスレンズである。レンズ径が大きくなり、中心肉厚とコバ厚の差も大きくなると、プレス後の冷却固化の過程において、ガラス表面と内部との温度差によりヒケが非常に生じやすくなる。このため、冷却速度をかなり遅くすることが必要となり、成形のサイクルタイムは長くなる。結果としてコストも高くなる。冷間での非球面研削、研磨法よりは低コスト化できることを期待して検討中であり、近々生産開始を目指している。このレンズの非球面形状の測定結果を図9に示す。

### 4. おわりに

ガラスモールド技術による小さなレンズと大きなレンズを紹介したが、今後更に小さな製品、また更に大きな製品の要求が出てくるであろう。特に大きなものに対してはより一層の革新が必要かと思われる。

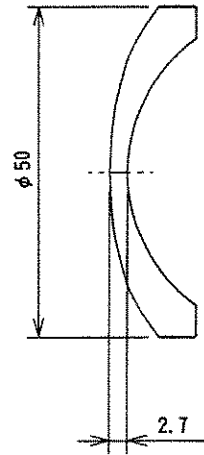


Fig. 8. Aspheric lens with larger diameter (50 mm in diameter).

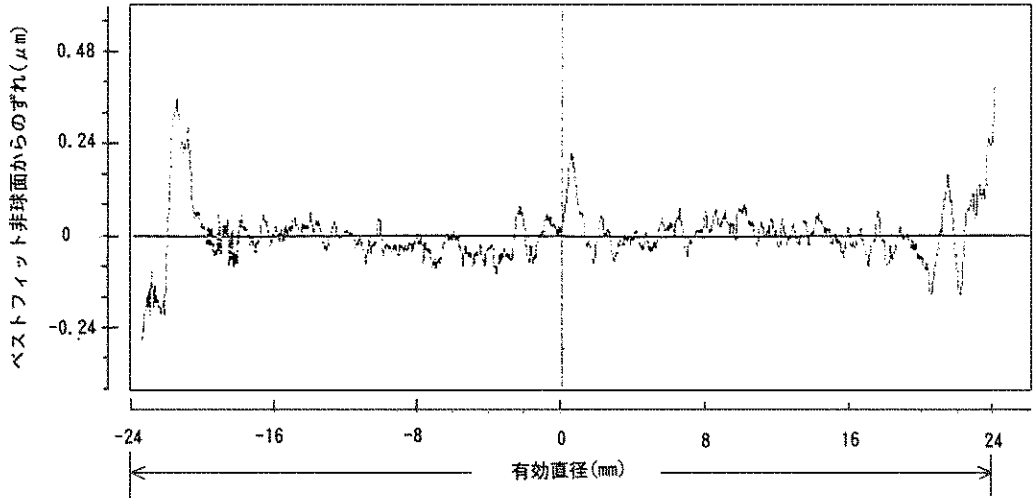


Fig. 9. Profile measurement of an aspheric lens with larger diameter.

#### 参考文献

- 1) 尾中寛他：1989年電子通信学会春季全国大会、C-541
- 2) 尾中寛他：1990年電子通信学会秋季全国大会、C-192
- 3) 加藤邦治他：1989年電子通信学会春季全国大会、C-542
- 4) 波若雅彦他：1993年電子通信学会秋季大会、C-116
- 5) 足立明宏他：1995年電子通信学会総合大会、C-180
- 6) 谷澤靖久他：NEC技報45[10](1992)3
- 7) Tokina レンズカタログ、Vol.3(1995年9月)

### 第41回ニューガラスセミナーのご案内

ニューガラスフォーラムでは「記憶装置とニューガラス」をテーマとして第41回ニューガラスセミナーを下記のように開催致します。是非多数のご参加をお願い申し上げます。

1. 日時 平成8年9月25日水曜日午後1時20分より 17時まで
2. 場所 蔵前工業会館（港区新橋2-19-10 JR新橋駅銀座側すぐ）
3. 講演 「磁気ディスクピックアップ及び記憶装置全般について」  
 -講師- 東海大学情報通信学科教授 後藤 顕也 先生  
 「光ディスク基板材料について」  
 -講師- 元日立マクセル 金沢 安臣 先生  
 「磁気ディスク装置と基板材料について」  
 -講師- NEC機能エレクトロニクス研究所 柳沢 雅宏 先生
4. 参加費 会員4,000円 非会員10,000円 但し官・学の研究者は無料
5. 参加登録：下記にファクシミリ又は電話で申込み、受付確認をして下さい。  
 事務局 ニューガラスフォーラム研修委員会担当 藤村 寛  
 電話番号03-3595-2775 ファクシミリ03-3595-0255