

D レンズタイプ M とミニ D コリメータ構造の開発

日本電気硝子株式会社
電子部品事業部第二開発部

田中 宏和

Development of the D Lens type M and the mini D collimator structure

Hirokazu Tanaka

No.2 Research & Development Department, Electronic Products Division,
Nippon Electric Glass Co., Ltd.

1. はじめに

近年、光通信の分野ではインターネットをはじめとしたマルチメディア情報化社会の進展に伴い、通信容量が爆発的に増大してきた。今後さらなる通信容量の増大が見込まれ、それを支える光通信システムはより一層身近な生活圏へと普及するものと考えられる。中でもメトロポリタンネットワーク（都市内通信網）や、光ファイバを加入者宅まで直接引き込む FTTH (Fiber To The Home) などのアクセス系通信網の分野では、光通信システムの低価格化・小型化が要求されている。

これらの分野では、市場の要求に対応するべく、さまざまな開発が行われているが、とりわけ光通信システムに使用される光部品に対する低価格化・小型化の要求は厳しい。数多くある光部品の中でも特に使用数の多いインラインアイソレータや WDM システムに用いられる誘電体多層膜フィルターデバイスなどのディスク

リット型光部品については、その要求が一段と厳しい。

当社は、従来からディスクリット型光部品における最も重要な構成要素の一つである光コリメータ用部材として、硼珪酸ガラス製毛細管（以下キャピラリ）や精密ガラスチューブ、ドラムレンズ（以下従来型 D レンズ）などを市場に供給してきた^{1,2)}。

さらに、光ファイバと、半導体レーザーあるいはフォトダイオード等の受発光素子との光学結合用として種々の球レンズ製品群（代表例：球レンズキャップ）を市場に供給し、今日の光通信システムの発展に大きく貢献してきた。

そして今回我々は、長年蓄積してきた経験や技術を集結し、ディスクリット型光部品に要求されている低価格化・小型化に対応するため、光コリメータ用レンズ「D レンズタイプ M」、およびこのレンズを用いた光コリメータ「ミニ D コリメータ構造」を開発したので紹介する。

2. 開発に至る経緯

図 1 に示す従来型 D レンズは、高精度な球レンズをドラム形状に円柱加工したもので、光が透過しない部分を研削除去することにより、

〒525-0072 滋賀県草津市笠山一丁目 4 番 37 号
日本電気硝子株式会社 精密ガラス加工センター
TEL 077-565-4541
FAX 077-565-4618
E-mail: htanaka@neg.co.jp

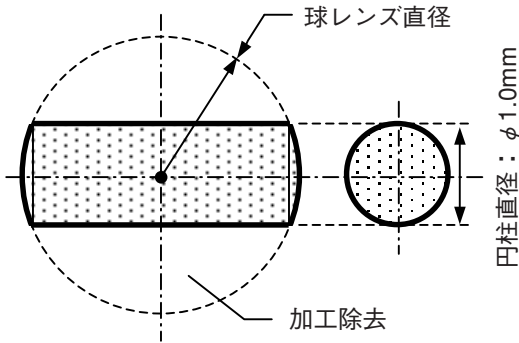


図1 従来型Dレンズ（ドラムレンズ）

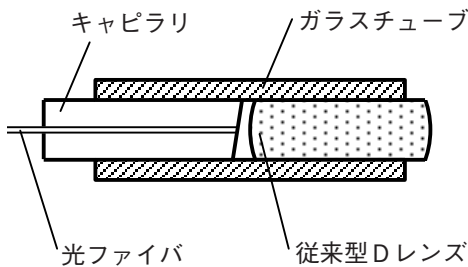


図2 従来型光コリメータ

それまで主流であったφ1.8mmの円柱直径をφ1.0mmにまで小型化することに成功した。しかしながら、加速度的に光通信システムの普及が進展する中で、低価格化・小型化の要求はますます増大し、図2に示す従来型光コリメータそのものの直径についてφ1.0mmが求められるようになり、球レンズを円柱加工する従来型Dレンズでの対応が困難となってきた。

このような要求に対応するため、我々はレンズ形状や材質を抜本的に見直し、今回新たにDレンズタイプM、およびこのレンズを用いたミニDコリメータ構造による光コリメータを開発した。

3. DレンズタイプM

図3に示すDレンズタイプMは、高精度な球レンズを従来型Dレンズのようにドラム形状に円柱加工するのではなく、半球状に加工したもので、光学特性を犠牲にすることなく課題



図3 DレンズタイプMの形状

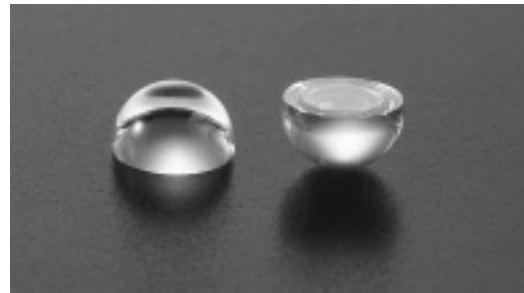


写真1 DレンズタイプM

であった低価格化・小型化要求を解決することに成功した。写真1にDレンズタイプMの外観を示す。

[1] 光学特性

レンズ効果を発現する凸曲面は、元となった高精度な球レンズの球面なので、その曲率中心は必然的に元となった球レンズの中心点に一致し、また、元となった球レンズを半球状に加工して得られた円形平面の中心軸が凸曲面の頂点と上述の曲率中心とを結ぶ直線、すなわちレンズの光軸と必ず一致する。つまり、高精度な球レンズから半球状に加工されたDレンズタイプMの光軸は、半球状に加工する際の影響を全く受けず、常に安定したものとなる。

レンズ材質については、挿入損失特性を悪化させる主たる原因である球面収差の影響を抑えるため、一般的な光学ガラスの屈折率 ($n_d \approx 1.5$) よりも遥かに高屈折率 ($n_d \approx 2.0$) な硝材を採用した。

また、光が透過する部分には高性能な反射防止膜が施されており、レンズ端面での反射を抑制し、良好な反射損失特性および挿入損失特性を実現した。

次に、重要なスペックの一つである焦点距離 f_1 は、式(1)で表される。

$$f_1 = \frac{n_1 r}{n_2 - n_1} \quad (1)$$

ここで n_1 は空気の屈折率、 n_2 はレンズ硝材の屈折率、 r は元となる球レンズの半径である。式(2)で表される従来型 D レンズの焦点距離 f_2 との比は式(3)となる。

$$f_2 = \frac{n_2 r}{2(n_2 - n_1)} \quad (2)$$

$$f_1/f_2 = \frac{2n_1}{n_2} \text{ 倍} \quad (3)$$

今回我々は $n_d \approx 2.0$ の高屈折率な硝材を採用したので、実質的に $f_1 \approx f_2 \approx r$ となりほぼ等しい。一方、光コリメータとして用いる際のレンズ表面と光ファイバ端面との空隙距離 δ_1 は式(4)で表される。

$$\delta_1 = f_1 - \frac{n_1}{n_2} d \quad (4)$$

ここで d は半球状レンズの厚みである。従来型 D レンズの場合、空隙距離 δ_2 は式(5)で表され、 $d \approx r$ の場合、明らかに $\delta_1 > \delta_2$ となることが分かる。

$$\delta_2 = f_2 - r \quad (5)$$

つまり、ほぼ等しい焦点距離を維持したまま、レンズ表面と光ファイバ端面との空隙距離を延長することで、反射戻り光の影響を著しく低減させることに成功した。

[2] 低価格化

従来型 D レンズは一個ずつ円柱加工するため、これまでも継続的にコストダウンを図ってきたが、昨今の急激な低価格化要求に応えるには限界があった。そこで新開発の D レンズタイプ M においては、バッチ処理方式による加工方法を採用し、大幅なコストダウンを実現することで市場の低価格化要求に対応した。

[3] 小型化

元となる球レンズの直径を $\phi 1.0 \text{ mm}$ としたので自動的に D レンズタイプ M の直径も ϕ

1.0 mm となるが、後で紹介するミニ D コリメータ構造を採用したことで、光コリメータの直径を $\phi 1.0 \text{ mm}$ に小型化することができた。もちろん、元となる球レンズをさらに小さくすれば、より一層小型の D レンズタイプ M およびそれを用いた光コリメータが実現されることになる。なお、完全な半球にはせず、元となった球レンズの直径部分を残した厚みとすることで凸曲面と平面部とのエッジ部分からのカケの発生を抑制し、ピンセット等の把持治具で容易に取り扱えるように配慮した。

4. ミニ D コリメータ

図4に示すミニ D コリメータ構造は、従来型光コリメータのようにレンズをガラスチューブに挿入固定するのではなく、D レンズタイプ M の形状を活かし、ガラスチューブ端面に固定することを特徴としている。

写真2にミニ D コリメータの外観を示す。

[1] 構造

ミニ D コリメータは、D レンズタイプ M、キャピラリ、ガラスチューブおよび光ファイバで構成され、直角度が管理されたガラスチュー

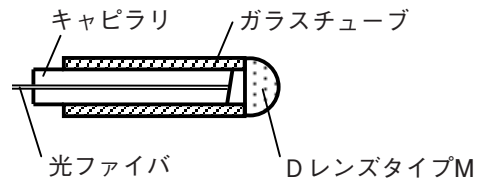


図4 ミニDコリメータ構造

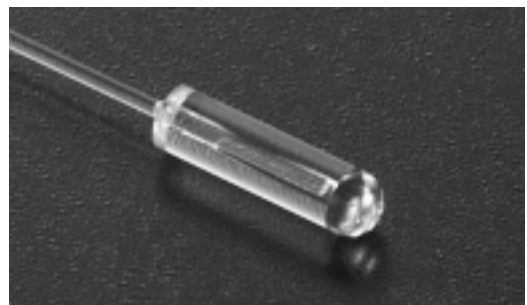


写真2 ミニDコリメータ

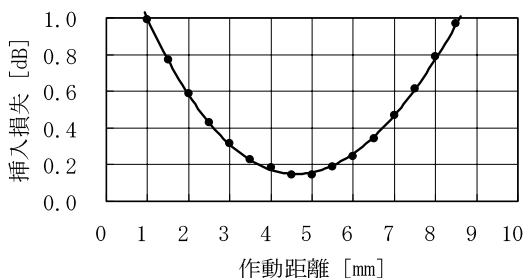


図5 ミニD コリメータの挿入損失特性

ブの端面に、D レンズタイプ M の平面部を、両者の同軸度が略一致した状態で接着固定されている。なお、使用した接着剤は、エポキシ系-液性紫外線硬化型のもので、紫外線硬化による仮固定の後、熱硬化させた。また、接着強度を調査したところ、全てのサンプルが接着部以外の所で破断し、ミニD コリメータ構造に実用上の問題が無いことを確認している。

このような構造にすることで、我々は光コリメータの小型化を実現した。

[2] 設計

光コリメータの直径は、小型化の要求に対応するため $\phi 1.0$ mm に設定した。また、MEMS (Micro Electro Mechanical System: 微小電気機械システム) で構成された光機能部品への適用を想定し、この光コリメータに入射するコリメート光線径を約 100 μm に細径化することとした。なお、この光コリメータの設計作動距離は 5 mm に設定した。

[3] 特性

上記の設計に基づき、D レンズタイプ M を用いたミニD コリメータを作製し、挿入損失特性および反射損失特性を測定した。

〈挿入損失特性〉

作製したミニD コリメータを対向配置し、光コリメータ対としての挿入損失特性を測定した結果を図5 (横軸: 作動距離, 縦軸: 挿入損失) に示す。設計作動距離における挿入損失は 0.14 dB と良好であった。

〈反射損失特性〉

作製したミニD コリメータの反射損失特性

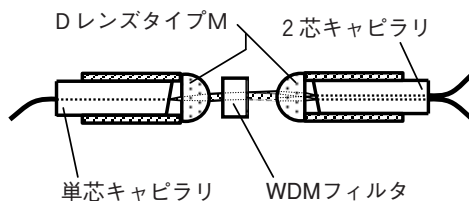


図6 WDM デバイスの構成例

の測定結果は、-50 dB 以下と良好であった。

5. 応用

ミニD コリメータ構造は既に紹介した単芯系に限定されることなく、例えば2芯系に適用することが可能である。

図6に2芯系への適用例としてWDM デバイスの構成例を示す。

6. おわりに

光コリメータの低価格化・小型化を実現するために当社のD レンズタイプ M およびこれを用いたミニD コリメータ構造を紹介した。D レンズタイプ M は、元となる球レンズの直径や硝材の屈折率を適宜変えることにより、様々な要求に柔軟に対応できることが特長である。

今回紹介したミニD コリメータ構造は、MEMS 用途への適用を想定し、小型化することに主眼を置いて開発したが、上述のとおり、D レンズタイプ M は様々な要求に対応可能であり、これを生かして今後も光通信システムのさらなる発展・普及に寄与するべく開発を継続していきたい。また、当社の企業理念に掲げているとおり、ハイテクガラスの創造を通してマルチメディア情報化社会の発展に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 角見晶昭, 田中宏和, 瀬戸直, 竹内宏和: 球面レンズ (D レンズ) を用いた低コストコリメータの開発, 信学技報, 2002-08
- 2) 田中宏和, 角見晶昭, 竹内宏和: 長い作動距離を有する球面レンズ (D レンズ) の試作, 2002, 信学ソ大, C-3-27, Sep, 2002

ニューガラスの応用分野

