

コンポーネント事業と光ディスク用非球面プラスチックレンズ

Component business and Aspherical plastic lens for Optical disk use

小嶋 忠

Kojima, Tadashi

Abstract:

Aspherical plastic lens business for optical disk use is growing in Konica Corporation as its first component business. This paper first summarizes factors to consider in selecting which specific component or device has a business chance and factors for its success.

Then, the background of konica's aspherical plastic lens business, consideration as a component business, and update of aspherical plastic lens for optical disk use are reviewed.

1 はじめに

オプト事業部の起業のきっかけはコンパクトディスク用非球面プラスチックレンズの事業化であった。起業は今から約13年前の1984年夏で、この13年間で光ディスク用非球面プラスチックレンズの販売量は非常に拡大して累計約6億個を超え、最近では月販1,700万個台に達している。1984年から今日に至る年間販売量推移をFig. 1に示す。('97は予測値)

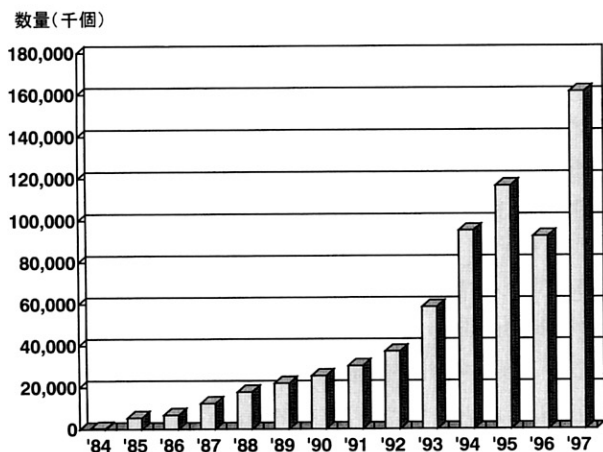


Fig.1 Sales volume of optical disk lens (Konica)

オプト事業部では光ディスク用非球面プラスチックレンズ以外に、高精度非球面プラスチックを特徴とする様々なレンズや高精度プラスチック平板などのコンポーネント商品、カメラレンズ、VTRレンズといったユニット商品、そしてエンド商品に近い3.5" MOドライブなどを扱っている。オプティクスが係わるキー・コンポーネント、キー・デバイス、キー・ユニットはオプト事業が指向する重要な商品群であり、中でも光ディスク用非球面プラスチックレンズは規模も拡大し、最重要商品として展開をはかっている。

ここではコンポーネント事業の考察と我々の事業の代表例である光ディスク用非球面プラスチックレンズの現状などについて紹介したい。

2 コンポーネント事業

全ての商品を分解して行けば、最終的にはコンポーネントの集合となり、そのコンポーネントはある単一材料または複合材料から成り立っている。コンポーネント事業の裾野は極めて広く、かつ種類も極めて豊富である。無作為にコンポーネントの事業を進めることは、事業としてほとんど意味を持たなくなる可能性が大きい。どのようにして意味のあるコンポーネントを選び事業化して行くかが大切なことである。

2.1 コンポーネント事業の特徴

一般に製品は材料から始まって、コンポーネント、デバイス、ユニット、エンド、システムと順次付加価値を高めながら構築されて行く。材料を除いて、コンポーネントからシステム商品へ進むに従って、必要な技術、投入資金、投入人員が増加して行き、同時に売上高も増え、商品の中での特許件数も増えて行く。市場創造型の新しいエンド商品やシステム商品が市場に受け入れられた時、享受する利益も大きいのが当然リスクも大きくなる。エンド商品、システム商品は売上高が大きくなるが投入資金も大型となるので、小規模企業では展開が困難となる。一方、コンポーネントはよほど大きな数量とならない限り売上高も多くはならず一般的には利益も限られてくる。しかし、投入資金や人数も比較的小さくてすむので小規模企業でも参入しやすい。事業リスクも比較的小さく、また一つのコンポーネント事業がうまく立ち行かなくなった時、他のコンポーネント事業への転進も比較的是かりやすい。

2.2 魅力あるコンポーネント事業の構築

先ず、魅力あるコンポーネント事業を選ぶ考え方として、下記の2つがあろう。

(1) 既存コンポーネントの置き換え

既存コンポーネントと置き換えコンポーネントが1:1対応でもよいが、出来る限り複数のコンポーネントを、一つのコンポーネントで置き換えることが望ましい。結果として、コスト的に大きな魅力を持つことが大切であるが、機能、性能などの面でも置き換えコンポーネントの方が優れていることがさらに望ましい。

(2) 新製品構想の中への新コンポーネント提案

それが一般的な開発商品であれ、新しいニーズに基づく新分野の開発商品であれ、いずれにしても市場創造型商品の構想時点で、その商品の機能・性能・コストなどを満たす新しいコンポーネント、あるいはデバイスを提案することである。

次に、魅力あるコンポーネント事業構築のための、コンポーネントの重要な選択方法について述べる。

・先見性と特許出願

とにかく、他者より一歩先に事業を築く必要がある。いろいろな事業シナリオの検討も必要であるが、中でも特許出願を急ぐことである。しかも、なるべく戦略的である。エンド商品やシステム商品も、それが市場で成功すると模倣されやすいが、コンポーネント構想時点での特許検討、出願は極めて重要である。

・成長性の高い分野での参入

コンポーネントは、よほど数量が増えない限り、売上高はなかなか大きくならない。従って、将来大きな市場が形成されるであろう、成長性の高い分野での参入が肝心である。

・規模の大きくなる事業分野での参入

コスト試算の上でも、規模の小さいとき間接人員の負担が大きい。従って、あまり規模の大きくないコンポーネント事業は成立しない。

・キー・コンポーネントの選択

とにかく、そのコンポーネントが利用される、デバイス、ユニット、あるいはエンド商品の中でそのコンポーネントが極めて重要な役割を担うものを選ぶ。キー・コンポーネントとは最終商品の機能・性能・コストなどを大きく支配するコンポーネントを言う。

・技術の強みをもつ

技術的に優位差のある優れたものであること、そして、開発・設計・生産がある程度難度の高いものであることがかえって望ましい。特にノウハウが多く含まれることが重要である。それは特許取得の他に、競合上有利に立つためである。

・コストの強みを持つ

特に既存コンポーネントの置き換えの時には、最終的に1桁くらいのコストリダクションの可能性が見通せることが望ましい。

・保有技術の近辺技術の利用

新しい技術開発を行うよりは、すでに保有している

技術を基本とし、その技術の改良、あるいはその技術よりのしみ出し技術である方が望ましい。

・商品に言い訳のないこと

コンポーネント商品に何らかの言い訳があってはならない。

・装置産業的生産

そのコンポーネントの生産ができる限り装置産業的で、省人あるいは自動生産のできるものが望ましい。

次にコンポーネント事業の維持に当たって、事業成功のために考慮しておくべき重要事項について述べよう。

・コンポーネント事業の成功の第1要件

トップマーケットシェアを確保することであり、そのための様々な戦略が必要である。

・コンポーネント事業の成功の第2要件

そのコンポーネントの利用されるデバイス、ユニット、エンド商品をよく理解し、検討することである。その他にも事業成功の要件はいろいろある。

・開発、技術主導型コンポーネント事業の盲点

技術主導型の事業は、比較的容易に起業にこぎ着け易いが、一旦事業が始まると、生産に係わる生産管理、品質管理、生産技術や営業、経理といった間接要員ないし組織が必要となる。とかく起業時点では欠落したまま動き出し、後に困ることが多い。

・競合者として、小規模企業が参入したときの対処

コンポーネント事業は小規模企業が比較的参入しやすい。一般に小規模企業の方がコスト実現力が優れることが多いので問題が大きくなる。対応策としては、事前に十分な特許戦略を構築することと、より自動化度の高い生産体制を構築することであろう。

・顧客の絶えざる値下要請と顧客の内製化への対処

キー・コンポーネントやキー・デバイスであればある程、顧客側の継続的な値下要請を受け、時として顧客側での内製がはじまる。これらに対処するには小規模企業参入時と同じく、十分な特許戦略と強いコスト実現力を持つことである。強いコスト実現力なしに価格対応していけば、いずれ事業は破綻する。

・自社のエンド商品用に開発されたコンポーネント、デバイスの外販による事業化

あるコンポーネント、あるいはデバイスが機能的、技術的、価格的に競合コンポーネント、デバイスと比べたとき、圧倒的に優位に立っていない限り、積極的外販による事業を行った方が得策であろう。なぜならば自社のエンド商品に対して魅力的なコストでコンポーネントを提供できると同時に、コンポーネントそれ自体の事業化が図られるからである。しかし、そのコンポーネントの生産がエンド商品事業部とは別の事業部で行われるとき、事情はそれ程単純ではない。企業全体としての何らかの規範、約束ごとが必要となる。

Table 1 Factors for the choice and the success in Component-Device Business

	事業	市場	商品	カスタマー	コンペター	コスト	技術	生産
選 択 要 件	<ul style="list-style-type: none"> ・事業シミュレーションによる確認 ・投資確保 ・開発、生産 ・生管、品証 ・技術、販売等の要員確保 	<ul style="list-style-type: none"> ・成長性大のこと ・規模大のこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・キー・コンポーネント ・キー・デバイス ・先見性のある商品であること ・新規性の強い商品であること 	<ul style="list-style-type: none"> ・確実なカスタマーのあること ・ポテンシャルカスタマーの調査と獲得戦略の構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンペター出現前での事業スタート ・ポテンシャルコンペターの調査と対処戦略の構築 ・特許出願 	<ul style="list-style-type: none"> ・強みのあること 	<ul style="list-style-type: none"> ・差別化技術のあること ・言い訳のないこと ・現有技術の近辺 ・開発難度高いこと 	<ul style="list-style-type: none"> ・ノウハウを伴うやや高精度、高難度の生産 ・省人装置産業が望ましい
成 功 要 件	<ul style="list-style-type: none"> ・事業の永続性に向けての戦略構築 ・数量、納期、品質、価格に対する敏捷な対応 	<ul style="list-style-type: none"> ・トップマーケットシェアの確保と維持 ・情報量獲得における優位性の維持 	<ul style="list-style-type: none"> ・エンド商品の特性理解 ・自社製品への適用 	<ul style="list-style-type: none"> ・値下げへの適切な対応 ・カスタマー内製への対応 ・適切な技術サービス 	<ul style="list-style-type: none"> ・小規模企業への対処 ・特許ガードの強化 	<ul style="list-style-type: none"> ・従来製品に対し、できれば1桁安いコスト実現力のあること 	<ul style="list-style-type: none"> ・継続的な技術進歩があること 	<ul style="list-style-type: none"> ・高品質生産の維持 ・高収率生産の維持 ・生産コストの継続的な低減

・事業の永続性

事業の永続性のためには、顧客が満足するような価格、品質、数量、納期の継続的達成が必要である。コンポーネント事業の場合、数量拡大なしにコスト低減を図ることが非常に困難になってくる。しかし、顧客を失わないためにも絶えざる価格低減に対応しなければならないことも事実である。利益を生み出しながら顧客に満足されるためのもう一つの要素は技術サービスである。従って絶えず技術を磨くことを怠ってはならない。いずれにしても様々な視点での対応が、魅力あるコンポーネント事業の維持に欠かせない。なお、Table 1に今迄のべたことを中心にコンポーネント事業、デバイス事業の選択要件、成功要件をまとめてみた。

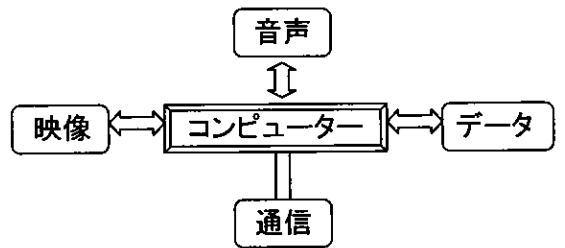
2.3 コンピュータ周辺の光をとりまくコンポーネント・デバイス事業

現在および将来を通して最も大きな成長が予測される分野の一つがコンピューター特にパーソナル・コンピューターを介しての情報産業であろう。映像、音声、データのパーソナル・コンピューターを介しての情報の出入りが非常に頻繁となり、インターネットの目覚ましい発展と共に通信手段の整備も急速に進んでいる。ここではこのような情報産業環境の中で光技術が関係するエンド商品、ユニット商品、デバイス商品、そしてコンポーネント商品として、どのようなものが現在および近い将来に活躍するであろうか展望しよう。先ず、Fig. 2にその概念を示す。即ち、入力としての映像・音声・データなどの情報が直接入力機器を通して、コンピューターに記憶されたり、通信手段を介して伝送された情報がコンピューターに記憶されたりした後、様々に処理されて、様々な出力機器に伝送されて表示される。なお、入力、伝送、記憶、

出力などに係わる光関連の商品を Table 2 に示す。さらに、光関連の光学素子についてのコンポーネント一覧を Table 3 に示す。

Table 2 の中でコンポーネント商品としては光ピックアップ用レンズ、液晶基板、ガラスディスク基板が、デバイス商品としてはレーザーやLEDが、そしてユニット商品としては光ピックアップ、光ファイバーユニット、バックライトユニットなどがすでに重要な商品として位置づけられ、規模も大きくなり成長を続けている。

次章以降で、我々が手がけてきた光ディスク用非球面プラスチックレンズをコンポーネント事業の代表例として取り上げる。



入力 ⇒ 伝送 ⇒ 記憶 ⇒ 出力

Fig. 2 Image, sound and data information flow through computer

Table 2 Information related optical products

	エンド商品	ユニット商品	デバイス商品	コンポーネント商品
入力	スキャナー デジタルスチルカメラ デジタルビデオカメラ TV電話 コンファレンスカメラ	スキャンユニット カメラレンズ VTRレンズ バーコードリーダー	色分解プリズム AF素子	レンズ(プラスチックレンズ) レンズ(ガラスモールドレンズ) プリズム ローパスフィルター ホログラム素子
伝送	光通信機器	光ファイバーユニット 光増幅ユニット	光カプラー 光分岐 LED	光ファイバー レンズ プリズム
記憶 (記録)	光メモリードライブ (CD-ROM、CD-R、CD-RW DVD-ROM、DVD-R、 DVD-RW、AS-MO、MO、PD) 磁気メモリードライブ (ガラスディスク利用HDD)	光ピックアップ (ROM型RAM型)	レーザー ホロレーザー 液晶 ディテクター	光ピックアップレンズ 回折格子 1/4波長板 偏光ビームスプリッター ガラスディスク基盤 SHG ビーム整形プリズム
出力	レーザービームプリンタ LEDプリンタ 液晶ディスプレイ 液晶プロジェクター	スキャンユニット バックライト プロジェクションレンズ	レーザー LED 冷陰極管 ハロゲンランプ ライトバルブ	f θ レンズ、CYレンズ ポリゴンミラー 液晶基盤 導光板 プリズムシート 拡散シート

Table 3 Optical components

素子	材料	コンポーネント	
レンズ	ガラス プラスチック 結晶	球面レンズ 非球面レンズ	研磨 モールド 切削 複合型
その他光学素子	ガラス プラスチック	平板、プリズム 鏡、回折格子、偏光板	
薄膜	各種蒸着材料 (SiO ₂ 、TiO ₂ 、Al等)	薄膜 反射防止膜 ダイクロイック膜 干渉膜 導電膜	蒸着 スパッター イオンプレーティング
ファイバー	石英 プラスチック	光伝送ファイバー 結像型ファイバー	

3 光ディスク用非球面プラスチックレンズ

光ディスクピックアップレンズとしての非球面プラスチックレンズは、現在成長著しいパーソナルコンピューター関連の記憶用機器としての各種光ディスクドライブにとって不可欠のものとなっている。元々はCD用のピックアップ対物レンズを、それまでの複数個のガラス組み合わせレンズから1枚の非球面プラスチックレンズに置き換えたものであるが、現在でもCD用(オーディオ)のレンズが最も大きな割合を占めている状況に変わりはない。

ここでは、コンポーネント事業として光ディスクレンズを選択した理由、光ディスク用レンズの発展の状況、その技術内容と発展の状況、今後の見通しなどについて触れる。

3.1 何故光ディスク用非球面プラスチックレンズを選んだのか

CD用ピックアップ対物レンズを1枚の非球面プラス

チックレンズで実現する開発に成功し事業を始めたのは1984年8月で、開発研究に着手したのはそれより4年前の1980年であった。その当時を振り返って、何故光ディスク用非球面レンズを選んだのかについて簡単に触れよう。

(1) 光ディスクシステムの大成長への期待・予感・夢

1970年代末に光ディスクシステムという技術が当事者の間では知られるようになった。このシステムの大成長の予測や期待が当時すでにあっただが、その成長を信じてよいという、やや直感的な予感、あるいは夢といったものがあつた。

(2) 非球面レンズの大量利用への夢

当時(1980年頃)までの状況では、非球面レンズはレンズ設計的には極めて魅力的で、レンズの機能・性能の向上、レンズ枚数の削減には大いに役立つことは知られていたが、その加工あるいは生産の難度が極めて高く、特にコストにおいて魅力ある結果を出すことが殆ど絶望的であった。この状況を打ち破って非球面

レンズを大量に民生品へ利用することが夢であったが、プラスチックの成形技術を利用すれば実現できるのではないかという期待を持ったものであった。光ディスク分野に参入すればいずれ大市場が形成され、非球面レンズが大量に利用されると考えた。

(3) 高精度プラスチックレンズ実現への夢

とかく安物扱いされがちなプラスチックレンズを回折限界性能という超高性能レンズに適用して、プラスチックレンズのイメージ向上を図りたいという夢があった。

以上のような期待や夢があって実現したCD用非球面プラスチックレンズであったが、今改めてコンポーネント事業という観点から振り返ると、光ディスク用非球面プラスチックレンズは正に魅力あるコンポーネント事業の要件を備えている。

すなわち、以下のことが云える。

- 先見性と特許出願ということでは、他者のやらないことを先に手がけ、特許のガード作りを行った。
- 成長性の高い分野ということでは、正に今までの結果が示す通り大変に成長性が高く、かつ将来も成長が期待される分野となってきた。
- キー・コンポーネントの選択ということでは、光ディスク用ピックアップというキー・ユニットのキー・コンポーネントに位置づけられた。
- 技術の強みを持つということでは、後に述べるように様々な高精度技術の集積からなり、しかもより高精度が要求されそれに応えることができてきた。
- コストの強みをもつということでは、すでに事業スタートから今日に至るプロセスで価格を1/20~1/30にまで引き下げて対応してきている。
- 商品に言い訳のないことということでは、プラスチックという温度・湿度環境に影響を受ける素材を利用しながらも、言い訳のない商品を実現してきた。これは、このレンズがマイクロオプティクス分野に属することで可能となったものである。
- 装置産業的生産ということでは、ガラスレンズ生産に比べて遥かに省人的生産が可能である。

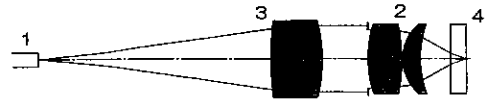
3.2 光ディスク用レンズの発展

光を用いてディスクに情報を記録し、再生する方式の最初のドライブは1970年代末のLDプレーヤであった。その後1982年秋にオーディオ用のCDプレーヤが発売され今日に至るまで大きな成長を続けている。この間、Car-CD、CD-ROM、MO、MD、PD、CD-R、CD-Video用などのプレーヤが市場に投入され、特にCD-ROMは1992年以降急成長を続けている。また最近ではDVDやCD-RW用のプレーヤやドライブが出現し、今後の成長が期待されている。CDが発売されて15年が経過したが、この間の光ディスク分野の発展は極めて著しい。あらゆる種類の光ディスクドライブを集計した1997年の出荷台

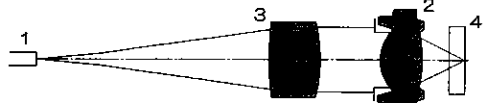
数は、多分2億台を超えたと予測される。この間光ディスクプレーヤの用途の拡大、仕様の発展、性能の向上などが非常に速いスピードで継続的になされているが、中でも価格の低減とコンパクト・薄型化への動きが顕著である。ピックアップ光学系と光ディスクレンズの発展がこうした動きに対して大きく貢献している。光ディスク市場の大発展を可能にした一つの大きな要素が光ピックアップ用の対物レンズを非球面プラスチックレンズで実現させたことである。1982年のCDプレーヤ発売当時は3個の球面ガラスレンズの組み合わせであった対物レンズを、1984年に非球面プラスチック単レンズに置き換え、さらに1986年にコリメートレンズを削除し、全体を1個の非球面プラスチック単レンズで置き換えたことで、光ディスクレンズはより高性能で低価格という大きな歴史的転換を遂げた。

この状況を Fig. 3 に示す。

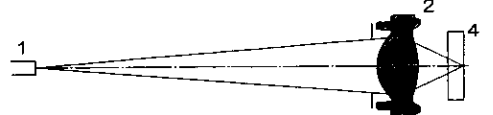
1982年 無限遠共役仕様の非球面ガラス対物レンズ



1984年 無限遠共役仕様の非球面プラスチック対物レンズ



1986年 有限共役仕様の非球面プラスチック対物レンズ



1 : レーザ 2 : 対物レンズ 3 : コリメートレンズ 4 : 光ディスク

Fig.3 Evolution of optical disk lenses (Konica)

対物レンズとしては、この他に非球面プラスチック層を球面ガラス単レンズに接合した複合レンズ、屈折率分布型レンズ、非球面ガラスモールド単レンズなどがあったが、現在ではほとんどが非球面プラスチック単レンズとなっている。非球面プラスチック単レンズを用いて1984年にはCD-ROMを1987年にはCar-CD、LDおよびWORM、1991年にはMO、1992年にはMD、1996年にはCD-RおよびDVD用の光ディスクレンズを実用化してきている。記録密度を高めるために高NA (Numerical Aperture…開口比) 化を図ってきているが、CD用の0.45から始まってLD用で0.5、MO用で0.53そしてDVD用で0.6のNAを実現させてきている。性能面でも絶えざる向上が図られており、当初マレシャルのクライテリオンすなわち平均波面収差 (RMS) で0.07λ (使用光の波長) を満たすのがやっとであったのに比べ、今日では量産レベルで平均波面収差 (RMS)

0.02 λ ~0.03 λ レベルまで向上してきている。さらにレーザの特性に合わせて非点収差を定め、球面収差、コマ収差、非点収差など個々の収差管理もなされている。さらに光ディスクレンズの一層のコンパクト化、薄型化、軽量化への動きも活発である。その一例を Fig. 4 に示す。

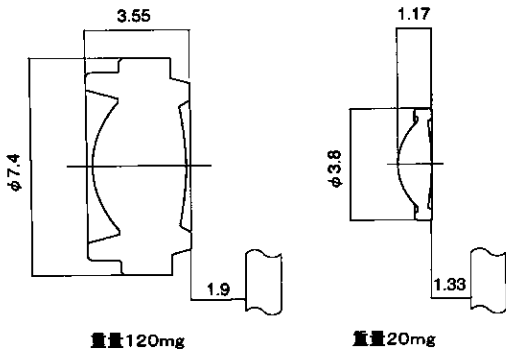


Fig. 4 Comparison of shape and weight between the first model (1984) and the latest one (1996) (Konica)

3.3 光ディスク用非球面プラスチックレンズの開発技術の発展

非球面プラスチックレンズの開発に当たっては Fig. 5 に示すように、プラスチック素材、レンズ設計、金型設計、金型加工、レンズ成形、レンズコーティング、レンズ性能評価と検査など様々な要素技術の開発が必要であった。非球面の設計、加工、測定技術も必要となり、さらに実際の生産に当たっては高精度プラスチックレンズの生産技術も必要であった。これらの要素技術はいずれもナノメートルレベルの超精密な設計、加工、測定、評価を必要としたが、中でも金型の超精密加工技術が最重要であった。1980年時点では既存の技術の利用では要求水準に達することができず、自ら新しい技術を生み出す必要があった。そして今日に至るもこれら技術の絶えざる改良・発展が実施されている。

・プラスチックレンズ素材

①耐熱温度が高く、少なくとも75℃以上あること、Car-CDプレーヤに対しては90℃以上あること、②吸水性が小さく、少なくとも0.3%以下であること、できれば0が望ましいこと、③複屈折が小さく、PMMA（ポリメチルメタクリレート）と同等以下のこと、④成形性能が良く、その他の光学的、機械的、物理的、化学的特性が良好なこと、⑤経時変化のないこと、などである。当初アクリル系のPMMAが用いられていたが、最近はいろいろの化学メーカーから様々なより良いプラスチック素材が提案されてきており、特に非アクリル系の樹脂で優れたものが実現されてきている。これらのプラスチック素材の評価技術も重要である。

・レンズ設計

①レンズ仕様（開口数、焦点距離、作動距離、重量など）を満たし、②回折限界性能を十分クリアする

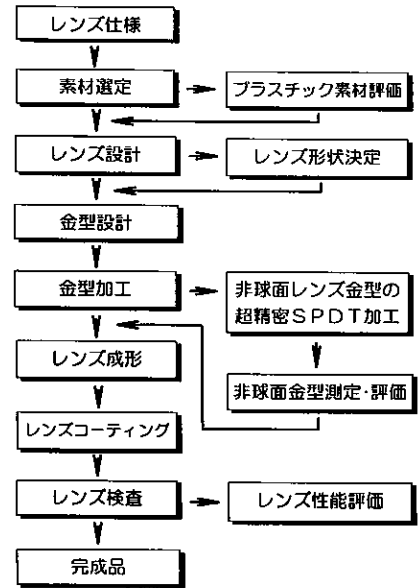


Fig. 5 Production flow of aspherical plastic lens

理想レンズを、③製造に当たって著しく厳しい公差を課す必要のないこと、などが望まれる。なお、我々の開発した光ディスクレンズはすべて単レンズの両面を非球面としているが、このことで性能が著しく向上した。レンズの高NA化、高性能化の要求に対し、最終性能評価として実際のプレーヤやドライブに搭載したときのジッター特性が重要であり、この値が最適値となるレンズ設計を実施している。

・金型設計と金型加工

金型設計に当たっては金型とプラスチック素材、レンズ形状、金型加工および成形の各工程などに留意する必要がある。特に成型品と金型とのマッチング、金型温度制御、成型品の金型からの取出法やレンズの偏心防止などが重要である。レンズ表面の形状精度と表面の仕上がり精度を上げるために金型コア表面の形状精度、外観精度を上げなければならない。表面形状精度は0.1~0.05 μ mくらいを満たさねばならない。金型コアの表面加工に当たっては金型コア材料としてステンレス鋼のブランクを選び、これに0.1~0.15mm程度の厚みの無電解ニッケルメッキを施し、SPDT (Single Point Diamond Turning) によって非球面切削加工をしながら鏡面を出す方式を採用してきている。現在、複数個の金型コアに対し完全互換性のある金型コアの実現、超小径金型加工など多くの課題を解決しつつある。

・成形

光ディスクレンズの場合、射出成形を基本としてきた。成形レンズに必要なことは、①面の形状精度と偏心精度が仕様を満たし、②成形レンズの表面性が良く、③残留複屈折が少ないことなどである。実際の成形に

当たっては、①成形安定性、②ゲートカット処理、③成形レンズの外観性能、などが重要な項目となる。いずれにしても超精密成形が必要となる。課題はこのような成形精度が量産において、非常に高い収率で実現されることであり、このため要求精度がますます上がってきているのが現状である。

・コーティング

コーティングの目的は、①光学的な反射防止、②帯電防止、③表面硬化、④環境特性の向上、などである。特に温湿度環境の変化によって薄膜にクラックが発生しないことが重要である。コーティングは真空蒸着法によっているが、表面の変形を防ぐために、常温というコーティングとしては極めて低温下（ガラスレンズの場合は300～400℃に基板を加熱）でなされる。我々の開発したプラスチックレンズコーティングは酸化珪素や酸化セリウムなどによる多層膜構成で、このコーティングによって反射防止性能は透過率が99%以上、帯電防止性能は表面抵抗で $1.5 \times 10^{14} \Omega$ 以下、表面硬化度は鉛筆硬度テストで3～4Hを得ている。最近、様々な樹脂素材が用いられるようになり、それぞれの素材に対しての最適なコーティングが開発されている。

・非球面形状測定

非球面金型コアおよび非球面成形レンズの面形状を高精度で測定しなければならない。高精度の非球面測定法としては、一つは触針式によるものであり、他の一つは光学的な干渉法に基づくものである。触針式は最高0.05 μm の高精度測定も可能である。一方、レーザー光の出現により、可干渉距離が大幅に長くなり、レンズ面形状の高精度測定やレンズ性能の精密評価が容易となった。我々は様々な高精度干渉計や高速で測定できる干渉計を開発してきている。

・性能評価

性能評価として、RMS波面収差、あるいは球面収差、コマ収差、非点収差といった各収差毎の波面収差が多用されているが、点像の強度分布も重要である。しかし、最終的にはピックアップに組込んだ時のジッター値による評価が決めてとなる。性能とは別に外観も重要な検査項目であるが、今後の課題はこの検査の省力化である。評価機・検査機は全て自らの開発によっている。

3.4 光ディスク用非球面プラスチックレンズの最近の動向と将来展望

・市場動向

光ドライブ市場は1993～1995年にかけて急成長した。これは、1992年から成長が著しくなってきたCD-ROMドライブによるものである。ただし1995年は結果として大変な過剰生産であったためその反動として1996年は生産面で急ブレーキがかかり大減産となってしまったが、1997年には再び大増勢に転じている。また、

CD-ROM搭載のゲーム機が非常に増えており、1997年になってCD-Videoが急拡大してきている。さらにCD-Rが1996年以来、急成長がはじまり、今後はCD-RWの市場形成が期待されている。期待されながら、なかなか大きな市場を形成していなかったMDが、1995年の150万台から急成長の度合いを早めているが、市場の主体は日本となっている。さらに、いろいろ紆余曲折のあった3.5" MOドライブも1996年より市場が定着した感もあり、リライタブルメモリー分野でニッチながら地歩を固めて行くことが期待される。1997年はいよいよDVDが2年目をむかえ、映画用、ROM用以外に、今後DVD-RAM、DVD-Rの市場導入が期待されている。

・技術動向

CD-ROMドライブの急成長に伴って、仕様面でも急速な発展を遂げつつあり、特に高速読み取りということで、2倍速からスタートしたCD-ROMは、1997年は8～12倍速が中心となり、さらに高速化の動きはなお強く続いており、16倍速、20倍速さらには32倍速などに向けて技術開発が進められている。このような背景で、レンズに対してはより高性能が求められ、特に

- (1) 高耐熱……………90℃以上
- (2) 高耐湿……………吸水率0%
- (3) 複屈折レス…………PMMA並以下

の光ディスク用レンズが求められている。最近の高耐熱、高耐湿用に開発された非球面プラスチックレンズの高温高湿環境下での性能は、非常な改善が認められる。さらにレーザーが非点収差を有しており、光ディスクレンズでこれを相殺させるため、光ディスクレンズに非点収差をもつことが要求される結果となっており、しかもレーザーの種類によって非点収差の値が異なっているので状況はかなり複雑である。いずれにしても光ディスク用非球面プラスチックレンズに課せられていることは、

- (1) 多品種開発……………カスタマーの個々のニーズに合わせる
- (2) 一層のコンパクト、軽量化、特に小径化
- (3) 高性能化……………ジッター特性の向上
- (4) 高耐環境特性…………高耐熱、無吸湿、複屈折レス
- (5) 低コスト化……………限りないプライスダウンなどである。

・光ディスクの将来展望

光ディスクのシステムは今後も大きく発展し、21世紀になってもかなりの期間成長が続くのではないかと期待される。少なくともここ数年は年率10～15%の成長が見込めるであろう。このためには一層の高密度記憶が要求されるが、光ピックアップ光学系の方から言えば、このためにはレーザーの波長の短波長化と、対

物レンズの高NA化とが有効となる。記憶容量は短波長化度の2乗と、高NA化度の2乗に比例して大きくなるので、記録方式に変更を加えなくても、仮に現在CDサイズのディスクで波長650nm、NA0.6のレンズで4.7Gバイトの記憶容量とすると、例えば450nmのレーザが実現できれば、2倍の9.5Gバイトとなる。さらに一層の大容量化に向けたMOを対象とした記録方式が、日本やアメリカでいろいろ提案せられており、CDサイズのASMOが6~7Gバイトですでに商品化に向けて進んでいる。

3.5 光ディスク用非球面プラスチックレンズの開発意義とその波及効果

光ディスク用非球面プラスチックレンズの実現が、CDが大きく普及する一つの要因となったことは間違いない。CD用非球面プラスチックレンズの実現は、おおげさに言えば、CD文化の創設や映像・情報・通信分野へ貢献したと思われる。一方、非球面を金食い虫から、金の卵に変えさせ、非球面レンズを利用した商品を数多く出現させる結果をもたらしたといっても良いと思われる。さらに安物イメージのプラスチックレンズを高精度イメージに変えさせ、プラスチックレンズの利用も著しく拡大させることになったといえる。カメラレンズ、VTRレンズ、レーザビームプリンター用レンズ、プロジェクションTVレンズなど多くの分野で非球面プラスチックレンズが利用されるようになってきた。このことは、従来のガラスレンズに代わってプラスチックレンズの生産を増加させることになり、レンズ生産の体系まで変革させてしまった。すなわち、ガラスレンズ生産は労働集約型であり、プラスチックレンズ生産は装置産業型で省人化、自動化に適するものである。さらに、プラスチック新素材の開発はファインケミカル分野の、高精度干渉計の開発はファインオプティクス分野の、そしてSPDT加工はファインメカニクス分野の一層のレベルアップに貢献したといっても差し支えない。これらの状況を Fig. 6 に示す。

4 DVD用ピックアップ光学系と対物レンズ

DVDはCDに比べ一挙に約7倍の情報記録ができ、ディスクサイズがCDと同じであり、今後の光ディスクの中心的存在となると思われる。1996年末のDVD-Videoの発売以降1997年にはDVD-ROMが発売され、まもなくDVD-RAMの発売も見込まれている。DVDプレーヤにとって必要なことは、DVDのみならずCD、CD-ROM、CD-RそしてDVD-RAMの読み取りが可能なピックアップを搭載することである。CD読み取りが要求される背景にはCDが大きな市場に発展し、CDが大きな財産を形成しているためである。ピックアップに必要な条件は、①厚みの異なるディスク(DVDは0.6mm、CDは1.2mm)に対して、少なくとも読み取りができること、②対物レンズ数が少なく、構成が簡単なこと、③光源数が少ないこと、④補正素子がないか、少ないこと、⑤絞りがいいか、構造が簡単なこと、⑥可動部がないか、または少なく、かつ簡単なこと、⑦ワーキングディスタンスが各ディスク読み取りに当たって、できるだけ変化しないこと、⑧光量の利用効率が高いこと、などである。

すでに提案されているピックアップ光学系として、①2-ピックアップの利用、②2-対物レンズ利用、③液晶シャッター利用のピックアップ光学系、④ホログラムレンズ利用の光学系、⑤別体ホログラムを用いたピックアップ光学系、⑥輪帯遮へいレンズ利用のピックアップ光学系、そして1996年に我々が提案した、⑦ズームピックアップ光学系、⑧特殊対物レンズ搭載のピックアップ光学系などがある。これらのピックアップ光学系の中で特殊対物レンズ搭載のピックアップ光学系が性能面、構造の簡素さ、価格面で最も有利と考えられる。このピックアップ光学系は、1枚の特殊な高精度大口径非球面プラスチック対物レンズと、1枚の特殊なプラスチックコリメートレンズとによって構成され、DVD、CD、CD-Rの3種のディスクを読み取ることができ、光量の利用効率も高く、環境温湿度の変化に対しても十分許容値の中

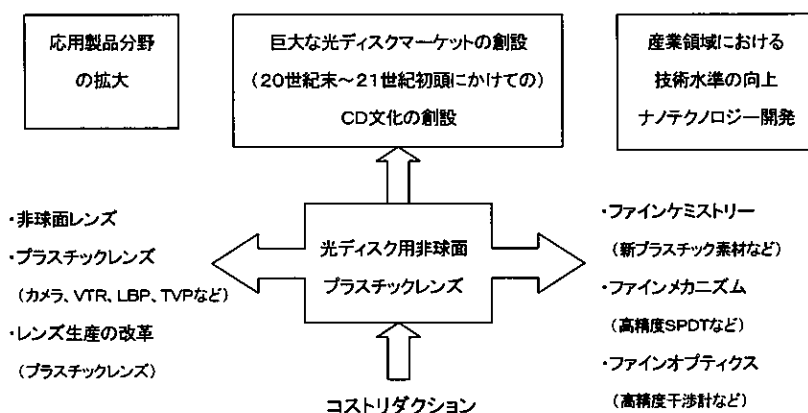


Fig. 6 Various effects of aspherical plastic lens development

に入るものである。今後、DVDのみならずマルチディスク対応の光学系として、極めて利用価値の高いものとなるであろう。なお、Fig.7にズームレンズ方式ピックアップ光学系を、Fig.8に特殊対物レンズ搭載のピックアップ光学系を示す。また、Table 4にDVDとCDとの主な仕様様の比較を、Table 5にはDVD用の各種光学系の機能・性能の比較を示す。

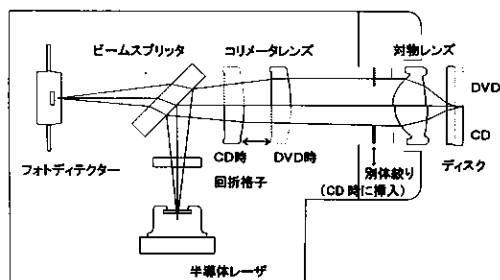


Fig.7 Pick-up system using Konica's zoom optical system

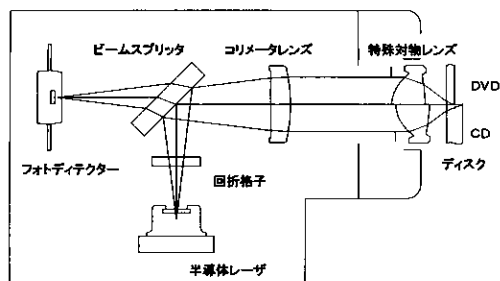


Fig.8 Pick-up system using Konica's special objective

Table 4 DVD, CD Specifications

		単位	DVD	CD
ディスク	ユーザー容量	GB	4.7	0.64
	ディスク構造		張り合せ	単板
	ディスク直径	mm	120	120
	基盤厚み	mm	0.6	1.2
	トラックピッチ	μm	0.74	1.6
	最短ビット長	μm	0.4	0.834
ドライブ	線速度	m/sec	3.49	1.2~1.4
光学系	光源波長	nm	635~650	780
	対物レンズのNA		0.6	0.45

Table 5 Comparison of optical systems for DVD/CD multiple use

	レーザー光量 利用	アイバターン		2層ディスク 対応	作動距離 (CD)	DVD-R、RAM 対応	CD-R 対応	推定コスト 1:最小
		DVD	CD					
2ピックアップ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	8
2レンズ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	7
ホログラムレンズ	△	?	?	○	○	△	○?	6
ホログラムプレート	△	?	?	○	○	△	○?	5
液晶シャッター	◎	◎	○~△	◎	○	◎	×?	4
輪帯速へいレンズ	○	◎	○	◎	○	○?	×?	3
ズームレンズ	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	2
特殊対物レンズ	◎	◎	○	◎	○	◎	◎	1

5 おわりに

コンポーネント事業は、一見地味なように映るかも知れないが、本当に意味のある事業として立上げ、意味のある事業として継続させて行くことは、並大抵の努力で実現できるものではない。しかし、一旦大きなマーケットシェアを獲得すると、エンド商品以上に魅力も増してくる。様々な戦略と技術力に加えて、好運に恵まれることも必要である。その好運を引き出すものは優れた感性によるともいえる。コンポーネント事業の考察と、その一例としての光ディスク用非球面プラスチックレンズについて述べたが、コンポーネント事業の種は数多く見出すことができる。将来に向けて、新しいコンポーネント事業を構築して行くことが重要な課題である。ただそのためには絶えず最先端の技術・商品の動向を注視し、かつ、自分のもつ技術力などを正當に評価して対処することが重要である。

●参考文献 (光ディスク用非球面プラスチックレンズ関連)

- 1) T. Kojima : Technical Digest, plenary A2 MOC/GRIN '97 Tokyo, Japan Oct 7-9, 1997
- 2) 小嶋 忠 : 大容量光ディスクシステム P73, JOEM 社団法人日本オプトメカトロニクス協会 Feb 27, 1997
- 3) 小嶋 忠 : 第6回光メモリーエクゼクティブ、フォーラム予稿集Fujiwara-Rothchild Ltd. Oct 28-29, 1996
- 4) 小嶋 忠 : 高分子 45 [1] P42, 1996
- 5) 小嶋 忠 : 光技術コンタクト 33 [7] P365, 1995
- 6) 小嶋 忠 : 化学と工業 48 [10] P1239, 1995
- 7) 小嶋 忠、沖野芳弘 著 : ナノメーターを制御する、高分子学会編集共立出版 1994
- 8) 山根一真 : 「メタルカラー」の時代 P439, 小学館 1993
- 9) 小嶋 忠 : O plus E No155 P93, 1992
- 10) T. Kojima : SPIE Proceeding Reprint 1720 P293, 1992
- 11) 小嶋 忠 : Konica Tech. Rep., 4, 4 (1991)
- 12) 小嶋 忠 : 応用物理 57 [5] P762, 1988
- 13) 小嶋 忠 : Konica Tech. Rep., 1, 85 (1988)
- 14) 小嶋 忠 : 光学技術コンタクト 23 [7] P465, 1985
- 15) T. Kiriki et al : Conf, Lasers and Electro-Optics (California America) Conference Digest, 1984