

## 光ディスクピックアップにおける DVD / CD 互換技術の開発

金馬 慶明 パナソニック株式会社 デジタル・ネットワーク開発センター  
水野 定夫 元パナソニック株式会社 BD 事業開発タスクフォース  
西野 清治 元パナソニック株式会社 メディア制御システム開発センター  
田中 康弘 パナソニック株式会社 AVC ネットワークス社  
愛甲 秀樹 パナソニック株式会社 デジタル・ネットワーク開発センター

### 1. 概要

本開発では、DVD(Digital Versatile Disc)と CD(Compact Disc)共用レンズの基本方式を考案し具現化した。考案した方式は、対物レンズを同心円状の内外周部に区別し、内周部では回折素子を用いることにより DVD と CD とで異なる基材厚に対応し、外周部は DVD のみに使用することによって異なる開口数に対応した新規な方式である。

さらに、検出系光路を短くする検出レンズの新規開発により、小型で簡素な光学系を実現した。

本開発により、DVD と共に CD の再生も同一の対物レンズで可能とする光ディスク用ピックアップを世界で初めて開発し製品化に成功した。(図1)

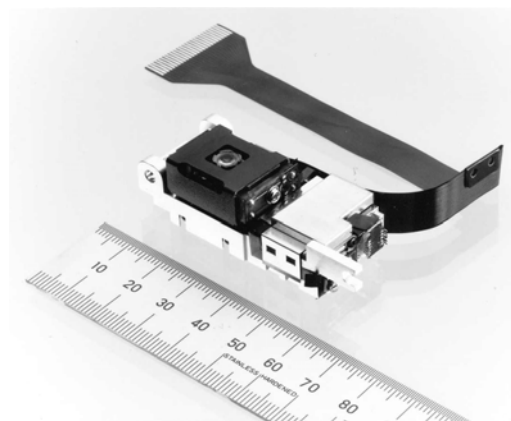


図1 世界初の1レンズDVD / CD 互換ピックアップ(1995年)

### 2. 開発の背景

映画ソフト配布やTVの動画記録などをおこなう光ディスクである DVD は、記録密度を高めて大容量とするために、記録マークを小さくする必要があった。

記録マークのサイズは、レーザ光の波長と対物レンズの開口数で定まる光スポットで決まる。表1に示すように、オーディオ媒体のCDの波長780nm、開口数0.45に対して、DVDでは波長650nm、開口数0.6とする必要があった。さらに開口数が0.6と大きな対物レンズであってもディスク傾き(ディスクの反り)に対して安定した記録マークの記録再生をおこなうため、ディスク基材厚はCDの1.2mmに対してDVDでは0.6mmと薄くする必要があった。

表1 DVDとCDの光学条件比較

	DVD	CD
レーザー光波長	650nm	780nm
レンズ開口数	0.6	0.45
ディスク基材厚	0.6mm	1.2mm

光ディスクに光スポットを作る従来の対物レンズは、単一の基材厚を通して単一の開口数によってのみ光スポットを形成するものであり、DVD と CD のように基材厚や開口数が異なる場合に、双方に光スポットを形成できる対物レンズはなかった。そこで、まず考えられるのは、図2のようにDVD と CD に各々専用の2個の対物レンズをアクチュエータに搭載し、この2個の対物レンズを機械的に切り替えるピックアップであった。ここで、アクチュエータとは、対物レンズを焦点合わせやトラック溝追従のために微小駆動させるためのピックアップの構成部品である。しかし、2個の対物レンズを搭載する構成は、レンズ数の増加とアクチュエータの大型化を伴う。

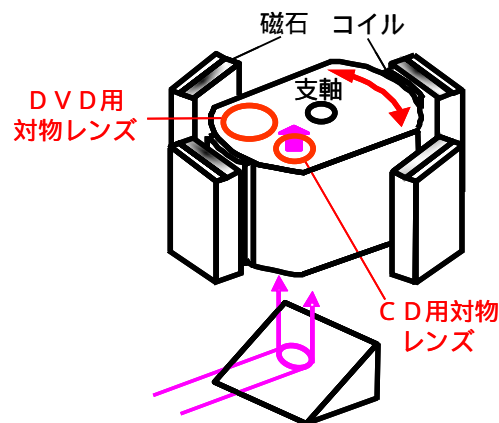


図2 2レンズ搭載アクチュエータ  
2種の対物レンズを機械的に切り替える

### 3. 開発技術の内容

#### 1) DVD と CD の共用レンズ

ピックアップの構成を簡略化し、小型化、軽量化、そして低コスト化するためには、DVD と CD の双方に光スポットを形成する単一レンズを開発することが必要であった。

レンズを単一にする方法として、図3のように、対物レンズを単純に内外周部に分割し、屈折面を、外周部はDVD専用設計、内周部はCD専用設計とする構成を、まず検討した。

しかし、この構成ではDVDに対しては外周部を通るドーナツ状の輪帯光束の光しか収束されないで、光スポット周辺にサイドローブと呼ばれるリング状の不要な光量分布が発生し(図4)、レンズの収束性能としては不十分であった。

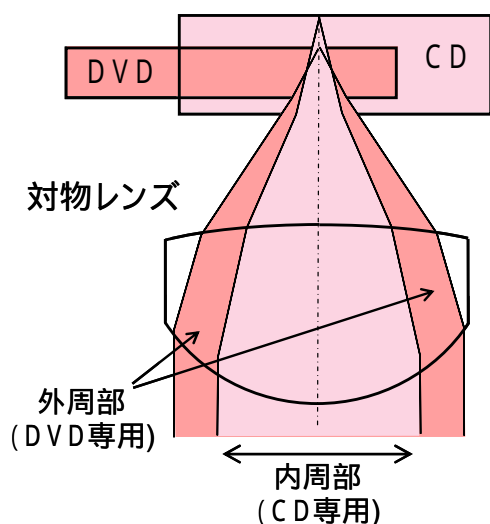


図3 輪帯光束によるDVD対応案  
外周部を通過する光のみをDVDに使用

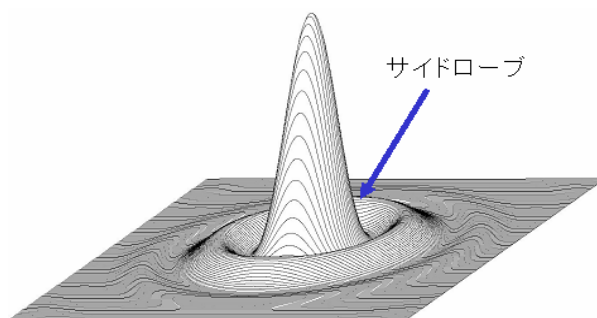


図4 輪帯光束の光スポット  
外周部のDVD専用領域を通る輪帯光束のみを収束させた光スポットはサイドローブと呼ばれる不要な光分布を生じる

そこで、内周部は DVD と CD の両方に使い、外周部は DVD のみに使用して、かつ内周部を両方の基材厚に対応させるために回折素子を用いるという基本方式を提案して、DVD の良好な光スポットを実現した。

開発した共用レンズ<sup>1)</sup>は、1個のレンズで DVD と CD を互換記録 / 再生する基本方式として、(a)レンズを同心円状の内外周部に区別し、内周部は DVD と CD の両方に使い、外周部は DVD のみに使用することで、開口数が異なる課題を克服し、(b)回折素子を用いて光線の方向を変えることによって内周部を通る光を異なる基材厚に各々収束させた(図5)。

回折素子は回折次数や波長の違いによって光線の方向を変えることができる。また、世界初の DVD / CD 互換ピックアップは、オーディオ CD 互換と簡素低コスト化をねらって1個の光源(波長 650nm)だけを用いる構成を開発した。そのため、共用レンズの回折素子は、内周部を通る光が2つの異なる基材厚に対応するように、回折次数の違いを利用して光線の方向を変える構成とした。

この共用レンズは、屈折面を DVD 用の設計とし、DVD / CD 両用の内周部に回折素子を設けて、0次光は DVD、1次光は CD の基材厚に収束して光スポットを形成するもので、これにより良好な光スポットを得ることができた(図6)。

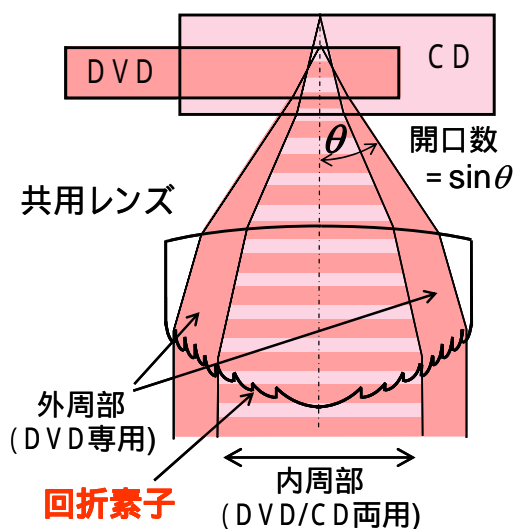


図5 DVD / CD 互換の方式  
レンズの内周部は DVD と CD の両方に使い、  
外周部は DVD のみに使用

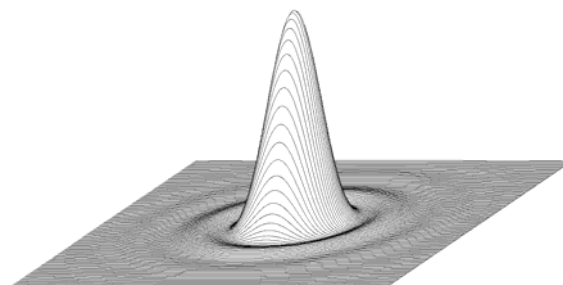


図6 DVD 用光スポット  
内周部を DVD / CD 両用領域にすることによりサ  
イドローブの低い良好な光スポットが得られる

また、一方の光スポットを利用しているときに、他方の光スポットが不要光とならないように回折素子形状を工夫(図7)するとともに、レンズ製造時に発生する誤差(収差)の許容度を広げるようにレンズ面形状の工夫も行った<sup>3) - 7)</sup>。

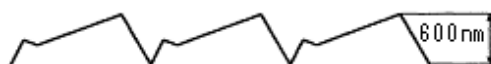


図7 回折素子形状  
不要な回折光の影響を除いた

## 2) ピックアップ

光学系は、DVD / CD を 1 個の光源と 1 つの光路で設計し、検出系の光路を短くするとともに、焦点誤差信号を得るために使う非点収差の発生機能も有する検出レンズを開発した<sup>8)</sup>。この検出レンズはトーリック面と呼ばれる特殊な面形状を有するレンズである。新規検出レンズの開発により、DVD と CD の互換に対応しながら、小型の構成を実現することができた(図8)。

こうして、世界で始めて DVD / CD 互換ピックアップを製品化し、光ディスクピックアップにおける DVD / CD 互換技術を確立した。

その後、CD-R の記録再生にも対応するため、赤色光源に加えて赤外光源を搭載する 2 波長ピックアップ<sup>9)</sup>も開発、商品化した。

2 波長ピックアップに用いる共用レンズも、「内周部は DVD と CD の両方に使い外周部は DVD のみに使用して、内周部を両方の基材厚に対応させるため回折素子を用いる」という基本方式を引き続き使用している。また、ハイビジョン対応の BD(Blu-ray Disc™)装置でも DVD や CD との互換は重要であり、BD 用光ピックアップにも CD と DVD の共用レンズは不可欠である。さらにこれからの普及が期待される BD と DVD、あるいは BD / DVD / CD の共用レンズも同じ基本方式が展開される<sup>10)、11)</sup>。このように、DVD と CD の共用レンズ技術は引き続き BD 装置でも広く利用される。

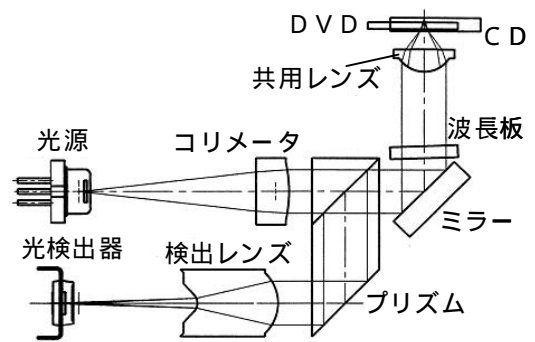


図8 ピックアップ光学系  
DVDとCDを1つの光路によって構成するとともに、新規検出レンズによって小型化

## 4 . 開発の成果

1 個の共用レンズと簡素な光学系の DVD / CD 互換ピックアップを世界ではじめて製品化して、CD 記録 / 再生が可能な DVD 装置が実現できることを明らかにした。

膨大な CD ソフト資産を活かすことができたので、映画ソフト配布 / TV の動画記録をおこなう大容量の DVD が、世界規模の市場を形成して広く普及したことに大きく貢献した。

本技術は据置型 DVD プレーヤ / レコーダはもとより、ポータブル DVD プレーヤ、PC 用の内蔵 / 外付け DVD 装置など多様な製品に展開され、2009 年の世界市場では約 4 億台が生産された。

また、DVD と CD の共用レンズ技術は引き続き BD 装置でも広く利用されている。

## 5 . 参考文献

- 1) 金馬慶明、西野清治、水野定夫：「Dual Focus Optical Head for 0.6 mm and 1.2 mm Disks」、Optical Rev. vol. 1, p.27-29、1994 年 11 月発表
- 2) 金馬慶明、桑本晋一、愛甲秀樹、浦入賢一郎、山形道弘、田中康弘：「Holographic Optical Element for a Dual Focus Optical Head」、Technical Digest Series Vol. 10 Diffractive Optics and Micro-Optics, Kona, DWB1-1, p.196、1998 年 6 月発表
- 3) 金馬慶明、田中康弘、浦入賢一郎、西野清治、水野定夫：「Dual Focus Optical Head with a Hologram-Integrated Lens」、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36, p.474-480、1997 年 1 月発表

- 4 ) 田中康弘、山形道弘、金馬慶明、水野定夫、長島賢治：「Lens Design for Optical Head Compatible with Compact Disk and Digital Versatile Disk」、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 37, p.2179-2183、1998年4月発表
- 5 ) 田中康弘、山形道弘、笹埜智彦：「Diffractive-Refractive Achromatic Lens for Optical Disk System by Glass Molding」、Optical Rev. vol. 5, p.334-339、1998年5月発表
- 6 ) 山形道弘、田中康弘、笹埜智彦：「Efficiency Simulation for Diamond-Turned Diffractive Lenses」：Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 37 p. 3695-3700、1998年6月発表
- 7 ) 田中康弘、山形道弘、笹埜智彦：「アプラナティック単レンズの設計と光ディスク光学系への応用」、光学 vol. 27, p.720-726、1998年12月発表
- 8 ) 田中康弘、愛甲秀樹、矢野勇、近藤隆久、春原正明：「Single Telephoto Lens for Focus Error Detection with Astigmatic Method」、Optical Rev. vol. 1, p.33-35、1994年11月発表
- 9 ) 森栄信、金馬慶明、安田勝彦、堀田尚也、今藤修、菊地敦雄、伊藤達男：「Digital Versatile Disc Read-Only Disc, Rewritable Disc and Compact Disc Compatible Optical Pickup with a Two-Wavelength Laser Diode Unit」、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 41 pp. 4845-4849、2002年7月発表
- 10 ) 金馬慶明、田中康弘、水野定夫：「Compatible Objective Lens for Blu-ray Disc and Digital Versatile Disc Using Diffractive Optical Element and Phase-Step Element which Corrects both Chromatic and Spherical Aberrations」（日本光学会光設計優秀賞受賞）、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 43, p.4768-4771、2004年7月発表
- 11 ) 田中康弘、金馬慶明、清水義之、嶋崎智章、村田淳、水野定夫：「Lens Design of Compatible Objective Lens for Blu-ray Disc and Digital Versatile Disc with Diffractive Optical Element and Phase Steps」、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 43, p.4742-4745、2004年7月発表