

---

# 青色/DVD/CD互換光ピックアップの開発

## Development of BLUE/DVD/CD Compatible Optical Pick-Up

平井 秀明\*      寺嶋 隆雄\*      横井 研哉\*      井上 浩之\*  
Hideaki HIRAI      Takao TERASHIMA      Kenya YOKOI      Hiroyuki INOUE

---

### 要 旨

青色半導体レーザを用いた大容量光ディスクおよびDVD/CDの3世代の記録再生が可能な「青色/DVD/CD互換光ピックアップ」を開発した。青色大容量ディスク用に設計された対物レンズを波長や基板厚の異なるDVDやCDに用いると球面収差が生じ良好な記録再生特性が得られない。そこで、DVDの赤色波長にのみ作用する収差補正機能を備えるとともに、CDは結像倍率を最適化して収差補正した。また、ディスク種類に応じて開口数（NA）を設定するため、CDは赤外波長のみに作用する開口制限フィルタを備えてNAを0.5にするとともに、青色とDVDのNAをそれぞれ0.67、0.65にして、開口を共通化した。これらの機能を維持する光学レイアウトと組付調整を採用し、3波長のディスク仕様に対して良好な信号特性を確認した。

### ABSTRACT

A BLUE/DVD/CD compatible read/write optical pick-up has been developed for 3 generations of high-density optical disk systems using blue, red and near-infrared laser diode. The objective lens, which is designed for blue laser optical disk systems, causes spherical aberration in DVD or CD with different laser wavelength and different disk substrate thickness and the recording and reproducing quality is damaged. Wave front correction functions, which are effective for only red laser wavelength of DVD, are added and aberration of objective lens is corrected for CD optimizing magnification value. In order to change numerical aperture (NA) according to disks, a wavelength self-selective filter, which is effective for only infrared laser wavelength of CD, is attached. NA of CD, BLUE and DVD is determined 0.5, 0.67 and 0.65 respectively and aperture is common between BLUE and DVD. The optical layout and adjusting method are adopted to achieve these functions and it is confirmed that servo error signals and RF-signals satisfy each specifications of BLUE/DVD/CD.

---

\* 研究開発本部 光メモリー研究所  
Optical Memory R&D Center, Research and Development Group

## 1. 背景と目的

近年、青色半導体レーザを用いた大容量光ディスクシステムの開発が進められている。一方、コンシューマの手元には、従来の光ディスクであるDVD、CDが存在するため、次世代光ディスクシステムは青色/DVD/CDの3波長互換が必須となる。異なる種類のディスク間の互換を実現するには、球面収差の補正と対物レンズの開口数（NA）の制御を行うことが課題となり、各社から様々な方法が提案されている<sup>1)~3)</sup>。我々は、波長選択性の球面収差補正および開口制限の2つの機能を備えた互換素子を搭載した「青色/DVD/CD互換光ピックアップ」を開発したので紹介する。

## 2. 技術

### 2-1 光ピックアップ構成

光ピックアップの光学系の構成をFig.1に、主要仕様をTable 1に示す。DVD/CD光学系と青色光学系がトリクロイックミラーを介して構成された2層構成となっている。DVD/CD光学系は、現在当社で生産している記録型DVDドライブに搭載されている光学系と同等のものを採用している。対物レンズは青色で最適設計されており、青色、DVDに

Table 1 Specifications.

Disc type	BLUE	DVD	CD
Wavelength	405nm	660nm	785nm
Focal length	3.00mm	3.11mm	3.17mm
NA	0.67	0.65	0.50
Working distance	1.65mm	1.75mm	1.57mm
Substrate thickness	0.6mm	0.6mm	1.2mm
Magnification	0	0	-0.062

対しては倍率0（平行光入射）で用いる。またCDに対しては球面収差が最小になる倍率（発散光入射）を採用している。対物レンズの手前には互換素子を配置しており、この互換素子はDVDの赤色波長にのみ作用する収差補正機能と、CDの赤外波長にのみ作用する開口制限機能を有している。青色とDVDのNAをそれぞれ0.67、0.65にして、青色とDVDの開口（絞り）は共通化している。DVD HOE（Holographic Optical element）モジュールとCD HOEモジュールは、レーザと、ディスクからの反射光を検知する受光素子と、ディスク反射光を受光素子に偏向するホログラム素子が一体化されている。波長板は、3波長に対して1/4波長板として機能する広帯域波長板を使用している。またトリクロイックミラーは、青色波長は透過し、DVDとCDの赤色および赤外の波長は反射する波長選択性コートがほどこされたミラーである。

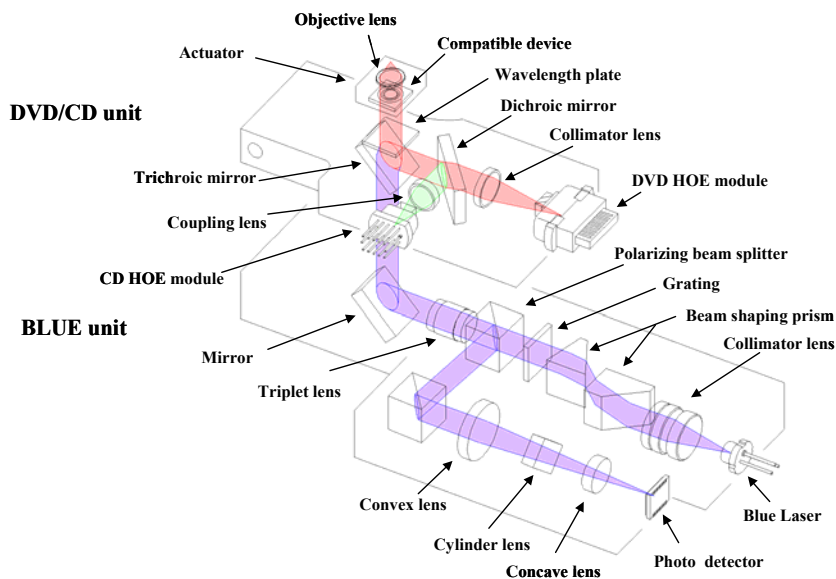


Fig.1 Optical layout of Pick Up.

## 2-2 3波長互換方式

本光ピックアップは、青色レーザ用対物レンズにおいて、DVD、CDの互換を可能にするため、Fig.2に示すように、互換素子を対物レンズとともにアクチュエータに搭載している。Fig.3に、互換素子の構成を示す。片面には、Fig.3a、Fig.3bに示すような輪帯状の位相段差面が形成されており、DVDの収差補正を行う。もう一方の面には、Fig.3b、Fig.3c、Fig.3dに示すような波長選択性フィルタが形成されておりCDの開口制限を行う。

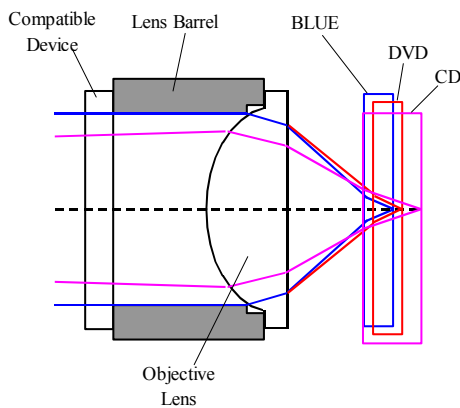


Fig.2 Schematic view of the objective lens assembly.

### 2-2-1 DVDの球面収差補正

青色で最適設計した対物レンズを用いて、DVDに平行光入射でスポットを形成させた場合、Fig.4の上側に示すように波長の違いにともなう球面収差が発生する。互換素子の片側に形成された輪帯状の段差形状を調整して、対物レンズに光源側から入射する光束にFig.4の下側部分に示すような光路長差を付加することにより、前記の球面収差を打ち消すことができる。Fig.4の中央部分は、Fig.4の上側部分と下側部分の和であり、補正後の残留球面収差を示す。もとの球面収差 (Fig.4の上側の部分) よりも格段に小さくなっている。

この段差は、DVDの赤色波長のみには作用し、青色波長とCDの赤外波長には作用しない。基板材料の屈折率をn、段差形状の1ステップの高さをh、点灯光源の波長をλとしたときの1つの段差で発生する位相差： $\delta(\lambda)$ は、式(1)：

$$\delta(\lambda) = 2\pi(n-1)h/\lambda \dots\dots\dots(1)$$

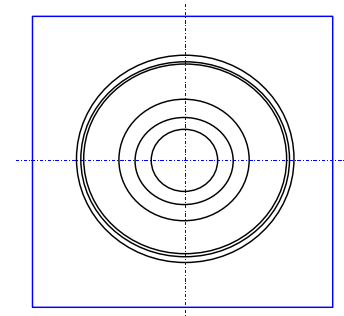
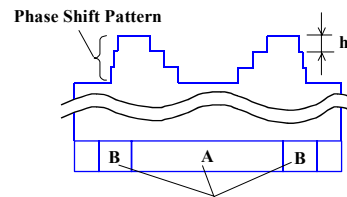
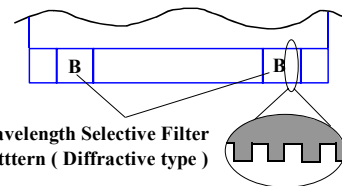


Fig.3a Plane view of phase shift pattern.



Wavelength Selective Filter Pattern ( Interference type )

Fig.3b Cross sectional view of phase shift pattern and wavelength selective filter pattern ( interference type ).



Wavelength Selective Filter Pattern ( Diffractive type )

Fig.3c Cross sectional view of wavelength selective filter pattern (diffractive type) .

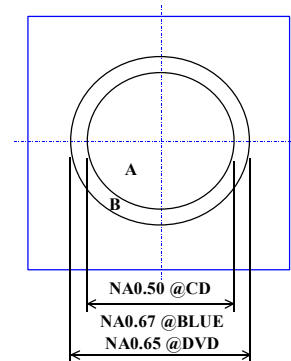


Fig.3d Plane view of wavelength selective filter pattern.

で与えられるため  $\delta(405\text{nm})$ 、 $\delta(785\text{nm})$ が、各々  $4\pi$ 、 $2\pi$  となるように、基板材料と高さhを選択した。例えば、基板材料にBK7を、高さhとして1.528 $\mu\text{m}$ を選べば、青色とCDに対しては、光路長差は無視できる。一方、 $\delta(660\text{nm})$ は  $0.381\pi$  ( $=0.19\lambda @660\text{nm}$ ) となり、 $2\pi$ の整数倍からずれるため、Fig.4の下側に示すように段差形状をコントロール

することによりDVDで発生する球面収差を補正することが可能となる。

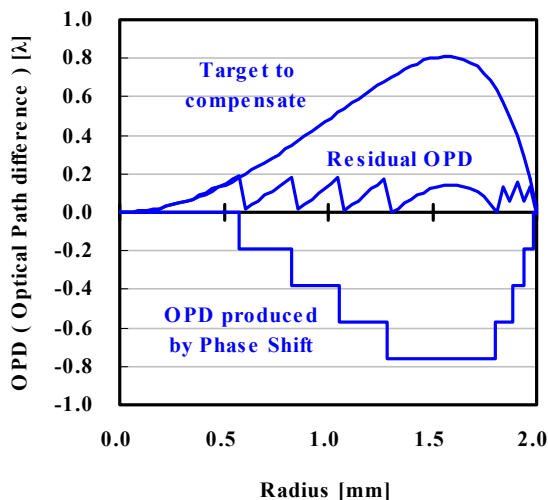


Fig.4 Optical path difference at 660nm.

### 2-2-2 CD開口制限

互換素子の一方の面には、CD開口制限機能が形成されている。開口制限をする面は、Fig.3dに示すように2つの同心円状の領域から構成され、各領域の境界はCDのNA0.50に相当する円である。NA0.50より外側の領域Bは、CDの赤外波長の光に対して反射あるいは回折の効果を利用してCDディスクに集光させず、一方の青色波長とDVDの赤色波長の光に対してはA、B両領域ともに不感帯透過する構成である。

反射を利用する場合は、Fig.3bに示すような波長選択性の干渉フィルタパターンが形成されている。一方、回折を利用する場合は、Fig.3cに示すようなNA0.50より外側の領域にバイナリー形状の回折格子が形成されている。溝深さは選択的に透過させたい波長（405nm、660nm）において位相差を $2\pi$ の整数倍とすることで、405nm、660nmの光に対しては回折効率を低く、785nmの波長に対しては回折効率を高くした。回折した光はCDディスクの記録面に集光せずに周辺部に散乱させるようにした。

### 2-2-3 青色、DVDの開口

青色とDVDのNAはそれぞれ0.67、0.65とすることにより、青色とDVDの開口（絞りを）を共通化した。青色波長で最良

の波面を有する対物レンズに、同一光束径の赤色波長の光を平行光入射させた場合、屈折力が低下し、開口数が低くなる。青色、DVDともに良好の信号特性が得られるNAと開口条件として上記のNAの組み合わせを選んだ。

### 2-2-4 CDの球面収差補正

青色対物レンズを用いて、CDに平行光入射でスポット形成させた場合、波長とディスク厚の違いに伴う球面収差が発生する。本光ピックアップでは、CD光路の対物レンズ入射光を発散光にすることで球面収差を補正した。

### 2-2-5 DVD平行光入射の選択

前記のとおり、DVDは互換素子で球面収差補正を行い、CDは発散光入射の構成で球面収差補正を行っている。DVDも発散光入射の構成で球面収差を補正することが可能であるが、次に述べる理由により平行光入射の構成を採用している。

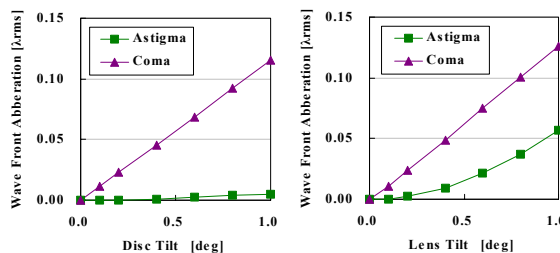


Fig.5a RMS wave front aberration of DVD infinit layout.

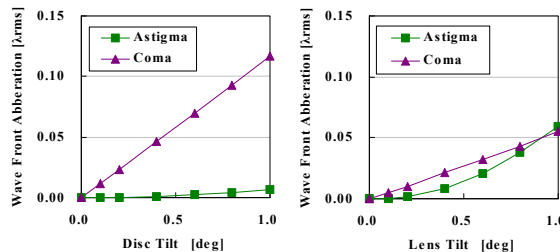


Fig.5b RMS wave front aberration of DVD finit layout.

光ピックアップの他の課題として、光ディスクのチルト（傾き）によって発生するコマ収差がある。記録型DVDドライブにおいては、コマ収差補正機構が一般に搭載されている。ディスクチルトによるコマ収差は波長に反比例して大きくなるため、青色ではさらに厳しくなる。そのため青色とDVDにおいてはコマ収差補正機構が必要となる。

コマ収差補正機構としては、レンズチルトアクチュエータがよく用いられる。通常のフォーカス、トラック方向への変位に加え、ディスクチルトに応じて対物レンズをチルトさせることでコマ収差を補正することが可能である。

一般に光ピックアップ用対物レンズの設計では、正弦条件を満足するように最適化することで軸外ではコマ収差を発生させない。このように設計された対物レンズは、光ディスクが入射光線に対して傾いたときと、対物レンズ自体が入射光線に対して傾いたときに、ほぼ同等のコマ収差が発生する。Fig.5aは、平行光入射における対物レンズが傾いたときに発生するコマ収差と、光ディスクが傾いたときに発生するコマ収差の様子を示す。Fig.5aのような場合、光ディスクと対物レンズを平行にすることによりコマ収差をキャンセルすることが可能である。

しかし、このような対物レンズをDVDで、上述のごとく発散光入射にして使用した場合、正常なスポットが得られない。青色で正弦条件を満足するように設計した対物レンズを発散光入射で使用した場合のコマ収差および非点収差の様子をFig.5bに示す。Fig.5bでは対物レンズチルトによるコマ収差と非点収差の発生が同等であり、光ディスクのチルトによるコマ収差をレンズチルトによるコマ収差で補正すると、反対に非点収差が発生してしまい良好なスポット性能を得ることができない。

そこで我々は、青色とDVDの2波長においてレンズチルトアクチュエータでコマ収差を補正するために、DVDを青色同様に平行光入射の構成とした。

### 2-3 光ピックアップ組付調整

光ディスク法線に対して対物レンズの光軸やレーザ光軸が、ずれていると収差が発生する。1波長専用の光ピックアップではレーザ光軸が多少ずれていても対物レンズ姿勢をスポット品質が最良になるように調整すれば許容値に収まっていた。3波長互換光ピックアップでは、各軸ずれに対する収差特性が波長により異なるため、1波長について対物レンズ姿勢を調整しても3波長全てを満足させることができない。

本ピックアップではDVD/CDユニットを組立てる際に、青の品質と両立するようにDVD光学系を調整し、組上がったDVD光学系に対してCDの画角を調整してCDスポットの品

質を確保している。以上の調整により、同一の光ピックアップ姿勢にて3波長ともに良好なスポット品質が得られるようにした。

### 2-4 測定評価結果

3波長それぞれの光ディスク記録面上のスポットと再生信号波形をFig.6に示す。上から、CD、DVD、青色の順にスポットと再生信号波形を示す。青色での記録変調方式は信号品質を簡易評価するため、ここではEFM+(DVD相当)を用い、線密度 $0.275 \mu\text{m}/3\text{T}$ の相変化型ディスクで再生している。青色とDVDの再生信号波形は波形等化後のものである。ボトムジッタ値は青色が5%、DVDが5%、CDが10ns (4.5%) で良好である。なお、青色での線密度 $0.240 \mu\text{m}/3\text{T}$ においてもジッタ8%を確保している。

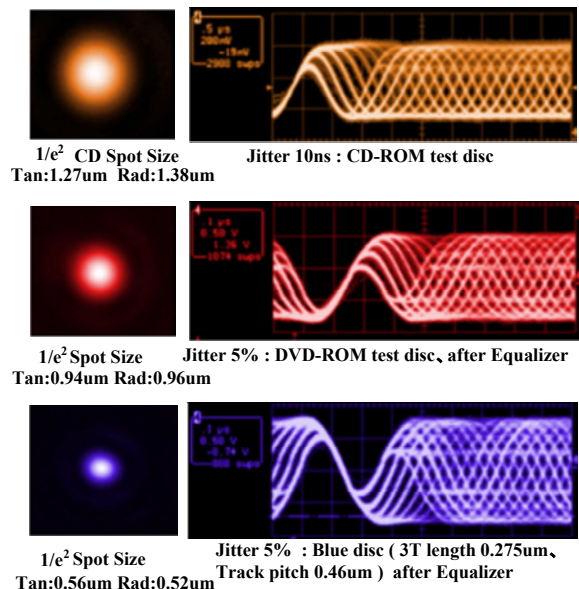


Fig.6 Measured focused spot profiles and readout signal waveforms.

また各波長におけるディスクチルトとジッタの関係性をFig.7に示す。いずれも良好なチルトマージンが得られているが、ドライブシステムとしてはDVDと青色でのディスクチルトに対してチルト制御を行う予定である。このとき各波長ともジッタが最良になるチルト姿勢が、ほぼ同一に組付けられているので、波長間のオフセット補正が不要となっている。

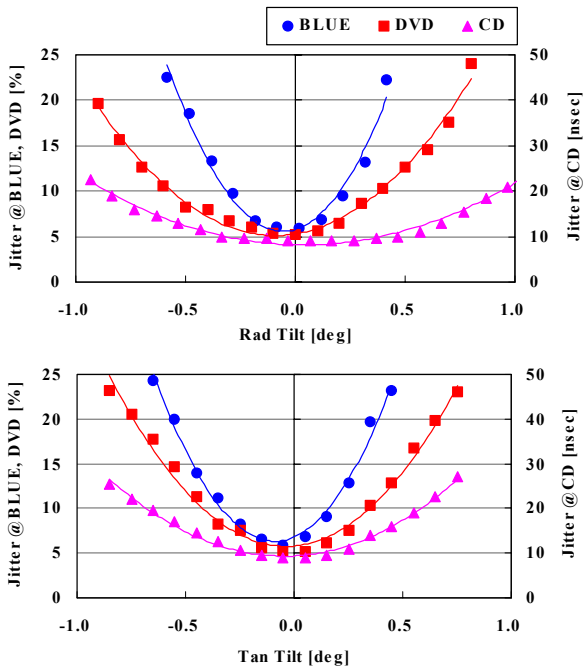


Fig.7 Jitter vs. Tilt.

### 3. まとめ

青色半導体レーザを用いた大容量光ディスクとDVD, CDの3波長互換を実証した. 本光ピックアップは既存のDVD/CD光学系, 一般的なバルク構成の青色光ピックアップに互換素子を搭載することのみにより, 3波長すべてにおいて記録および再生が可能であることを確認した.

今後は, 機能集約による部品点数の削減, 光ピックアップの小型化に関してさらなる検討を進める.

#### 参考文献

- 1) R.Katayama, Y.Komatsu : Proc of ISOM2001, (2001) , p.30-31.
- 2) Kyung-Chan Park et al. : Proc of ODS/ISOM2002 , (2002) , .165-167.
- 3) Kyu Takada et al. : Proc of ISOM2003, (2003) , p.230-231.