

# UV-LED 配列を用いた多層ディスクの中間層形成法

## Spacer Layer Formation for Multi-Layer Optical Disk by UV-LED Arrays

近藤 淳, 田切 孝夫, 吉本 正夫, 東家 安信

Atsushi Kondo, Takao Tagiri, Masao Yoshimoto, Yasunobu Higashika

大島 清朗, 滝下 俊彦, 山中 修

Seiro Ohshima, Toshihiko Takishita, Osamu Yamanaka

**要 旨** 多層ディスクにおいては、中間層の層厚分布に対して非常に高い精度が要求されている。我々は東北パイオニアと共同で UV-LED 配列を用いた新しい中間層形成法を開発した。今回開発した中間層形成法を用いることにより、ディスク全周での層厚分布は PP 値で  $2\mu\text{m}$  に抑えることが可能となる。これにより、2層型 DVD-R の中間層形成のみならず、2層型 BD あるいは多層ディスクの中間層形成に対応することが可能である。

**Summary** On the multi-layer disk, very high accuracy is demanded from the thickness distribution of the spacer layer. We developed the new spacer layer formation method with UV-LED arrays in cooperation with the Tohoku Pioneer. By using the spacer layer formation method developed this time, it is possible to make the thickness distribution of the spacer layer over the whole disc within  $2\mu\text{m}$  peak to peak. Thereby, it becomes possible to form a spacer layer of BD dual layer disc or BD multi layer disc as well as DVD-R dual layer disc.

**キーワード** : 2層 DVD-R, 2層 BD, 多層ディスク, 中間層

### 1. まえがき

記録メディアに対する大きなニーズの一つに大容量化が挙げられる。これに対して、短波長レーザーと高 NA レンズを用いて面密度を向上させるアプローチが続けられてきた。さらなる大容量化を目指すとき、もう一つのアプローチである垂直方向で容量を増やす多層ディスクが考えられる。本報告においては、この多層ディスクを実現する上で、重要な技術の一つである記録層間に形成される中間層の形成法について報告をする。記録レーザーの短波長、レンズの高 NA 化および2層から多層へと層数が増えるにつれ、中間層の層厚分布には非常に高い精度が要求される。我々はこの要求に対して、UV-LED を用いた新たな中間層形成法を開発し、2層型 DVD-R ディスクのみならず多層

型 BD ディスクの中間層へも対応が可能な非常に高い精度の層厚分布を得ることができたので報告する。

### 2. 中間層形成法

#### 2.1 中間層の層厚分布に対する要求精度

市場にある多層型ディスクの中間層の層厚分布に対する要求精度を表1に示す<sup>(1)-(3)</sup>。上述したとおり2層型 DVD-R に対して、BD は非常に厳しい要求精度であることが分かる。

なお、BD については中間層に対してのみの要求精度ではなく、カバー層も含めた層全体に対する要求精度である。このことより、中間層単層においては、要求精度よりさらに高い精度での作製が求められることになる。

表 1 中間層層厚分布に対する要求精度

Disc	DVD-R DL	BD-ROM DL	BD-R/RE DL
波長	650nm	405nm	405nm
開口数	0.6	0.85	0.85
要求精度	全周：±10μm 周内：±4μm	全周：±3μm	全周：±2μm

注)BD はカバー層を含めた層全体に対しての要求精度

## 2.2 多層型ディスク作製法

多層型 BD ディスクの作製方法は図 1 に示すように、射出成形にて信号が転写されたポリカーボネイト樹脂基板上に Ag 合金の反射膜を施す。この上に紫外線硬化樹脂 (以下、2P 剤) を塗布し、この上から第 2 層の信号が転写された樹脂基板を重ね合わせて内周部から吸引しながら回転させる。2P 剤は上下の樹脂基板の間を遠心力により拡がり、中間層を形成する。紫外線を照射し、2P 剤を硬化させた後に、上部の樹脂基板を剥離する。このように作製することにより、中間層形成と同時に第 2 層の信号を中間層上に形成することが可能となる<sup>(4)</sup>。形成された中間層上に半透過膜を形成し、この上に 2P 剤でカバー層を形成することで 2 層型 BD ディスクは作製される。多層ディスクを作製する場合は、半透過膜上に 2P 剤を塗布し、第 2 層の形成と同様に第 3 層の信号が転写された樹脂基板を重ね合わせて回転させ、紫外線照射後に樹脂基板を剥離する。この工程を繰り返すことにより、多層型ディスクは作製可能になる。

この方法で作製された中間層の層厚分布を図 2 に示す。層厚分布は PP 値で 5.8μm あり、2 層型 DVD-R の要求精度は満たすものの、BD の要求精度に対して

は改善が必要であることが分かる。

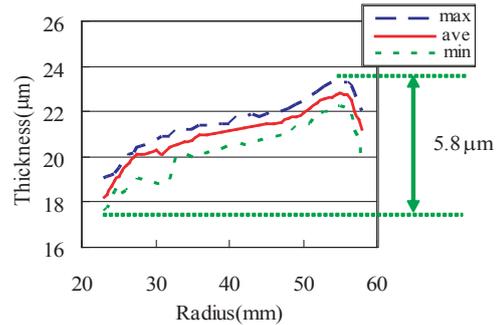


図 2 従来の形成法で作製された中間層層厚分布

## 2.3 UV-LED 配列を用いた中間層形成法

従来の形成法で課題となる中間層層厚分布を改善すべく、東北パイオニアで開発した UV-LED 配列を用いた中間層形成法にて層厚分布改善の検討を行なった。UV-LED 配列を用いた中間層形成法を図 3 に示す。従来の中間層形成法は、中間層を形成させるためにディスクを回転させ、遠心力で上下の基板の間の 2P 剤をディスク全体に拡げていた。今回開発した中間層形成法の違いは、この回転中に UV-LED 配列により紫外線を照射し

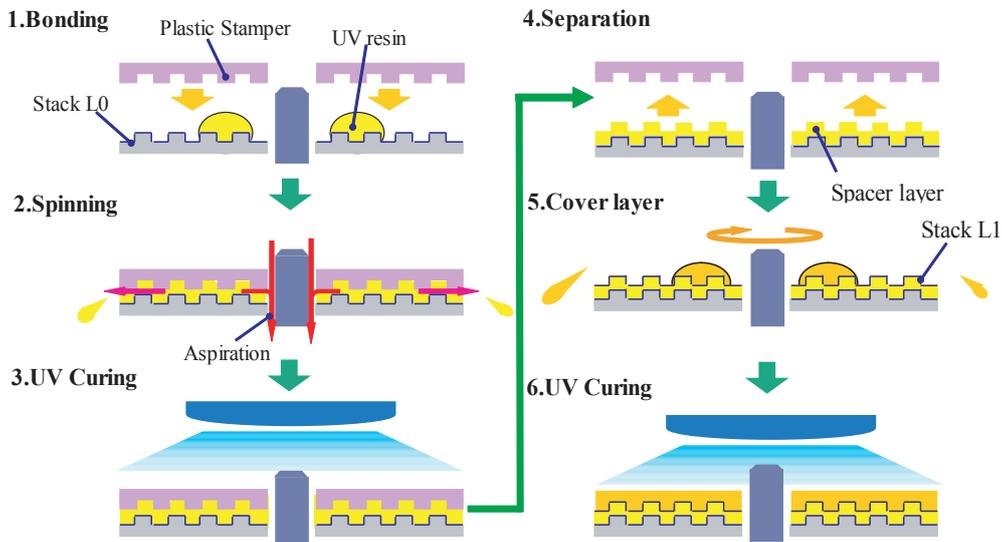


図 1 多層ディスクの作製法

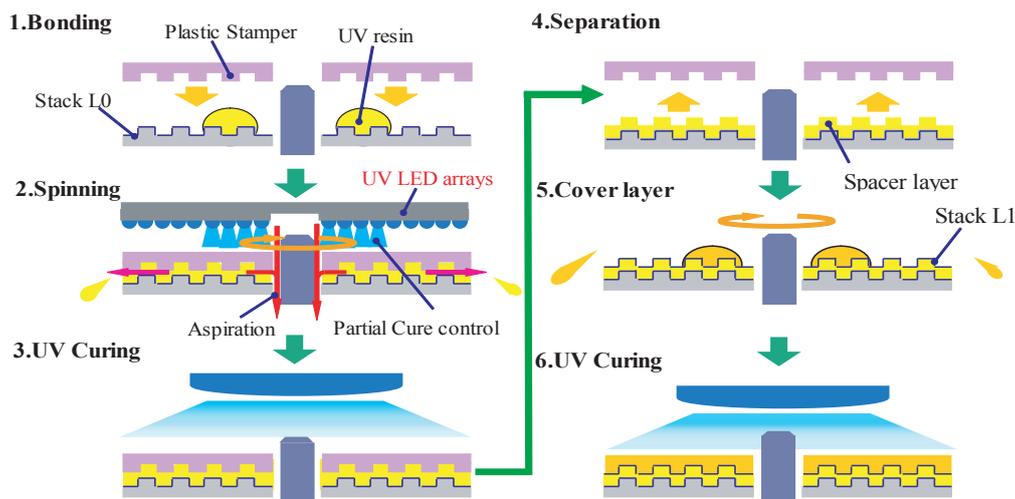


図3 UV-LED 配列を用いた中間層形成法

ながら 2P 剤を拡げていく機構を加えた点にある。従来の我々の方法では、内周側で吸引 (aspiration) して遠心力とバランスをとるようにしていたが、内周吸引に対して遠心力が勝り、内周は薄く、外周は厚いという分布を持ってしまふ点が課題であった。しかし、UV-LED 配列を用いることにより、弱い紫外線を照射し、2P 剤を仮硬化させることにより、2P 剤が遠心力で外周へ拡がることを防ぎ、層厚分布の改善を可能にした。

### 3. UV-LED

#### 3.1 UV-LED 仕様

表 2 に今回使用した UV-LED の仕様を示す。この UV-LED の発光スペクトルを図 4 に示す。極大吸収波長は 365nm であり、これは紫外線硬化樹脂の吸収波長と一致している。UV-LED を使用するメリットは、発熱量が非常に小さいことである。このため光源からの熱による温度上昇が原因で 2P 剤の粘度が低下することを防ぐことができ、層厚分布への影響は少なくなる。また、光源としての寿命が長いことも挙げられる。但し、出力が 1400 $\mu$ W であり、2P 剤を完全硬化させるには十分な出力ではない。このため、本硬化させる工程として、紫外線ランプによる照射が必要である。将来的に出力の大きな UV-LED が開発されたときには、これに置き換えることにより完全硬化用の UV

ランプを取り除くことができ、装置のコストダウンを図る予定である。また、図 5 に今回の装置に組み込んだ UV-LED 配列を示す。UV-LED は同心円状に 300 個以上配置されている。UV-LED は同一周単位で発光タイミング・発光時間を独立して制御できるようになっており、さまざまなパターンで発光が可能である。それぞれの UV-LED の発光タイミングと発光時間を最適

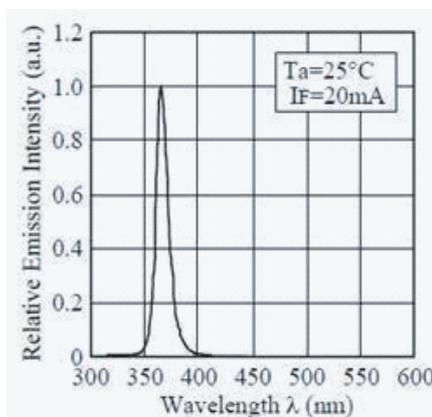


図4 発光スペクトル



図5 UV-LED arrays

表 2 UV-LED 仕様

Forward voltage	(V)	3.6
Peak wavelength	(nm)	365
Optical output	( $\mu$ W)	>1400

化することにより、層厚分布の改善が可能となる。

### 3.2 UV-LED 発光タイミングによる分布改善

図6は層厚分布改善メカニズムについて示している。UV-LEDの照射なしで回転させたとき中間層の層厚は、その回転時間に応じて、T1からT2、T3、T4へと内周から外周に向かって層厚分布を維持したまま全体の層厚が薄くなっていく。

今回開発したUV-LED配列を用いて層厚分布を改善したメカニズムについて述べる。図6において回転時間T2のとき、半径25mmの位置の中間層は目的の膜厚になる。このときに半径25mmの位置の上にあるUV-LEDを照射することにより、目的の膜厚で硬化さ

せる。同様に回転時間T3、T4のときに半径40mm、55mmの位置の上にあるUV-LEDを照射し、中間層を目的の膜厚で硬化させる。同様のことを各半径位置で内周から外周に向かって順次行なうことにより、全周に渡って均一な膜厚の中間層を得ることが可能となる。図7にUV-LEDにて分布調整時の中間層層厚分布を示す。同図より分かるように、開発した中間層形成法で作製されたディスクの中間層層厚分布はPP値で1.5 $\mu\text{m}$ と図2で示した従来方法で作製した層厚分布に対して約1/4に改善されていることが分かる。

### 3.3 連続作製時の安定性について

図8に今回開発したUV-LED配列を組み込んだ装

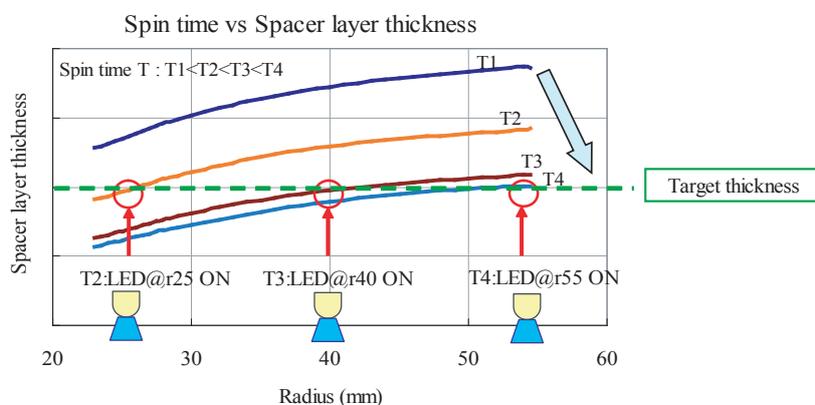


図6 層厚分布改善メカニズム

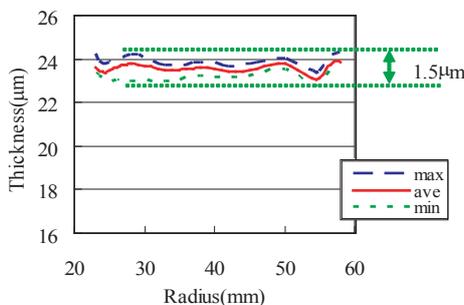


図7 UV-LED を使用して作製された中間層層厚分布

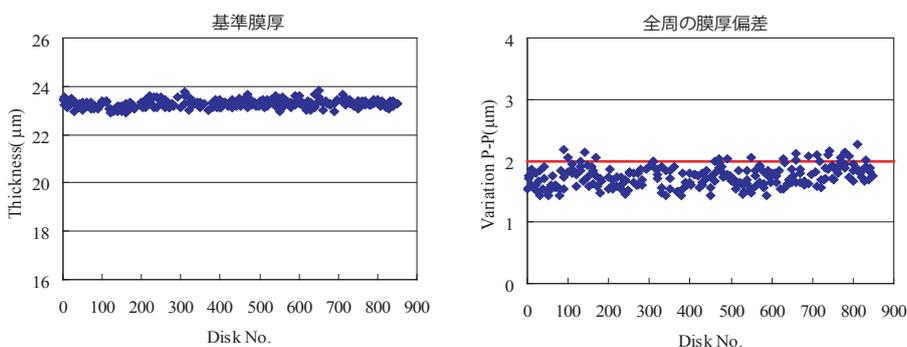


図8 連続安定性 (2層型 BD-ROM)

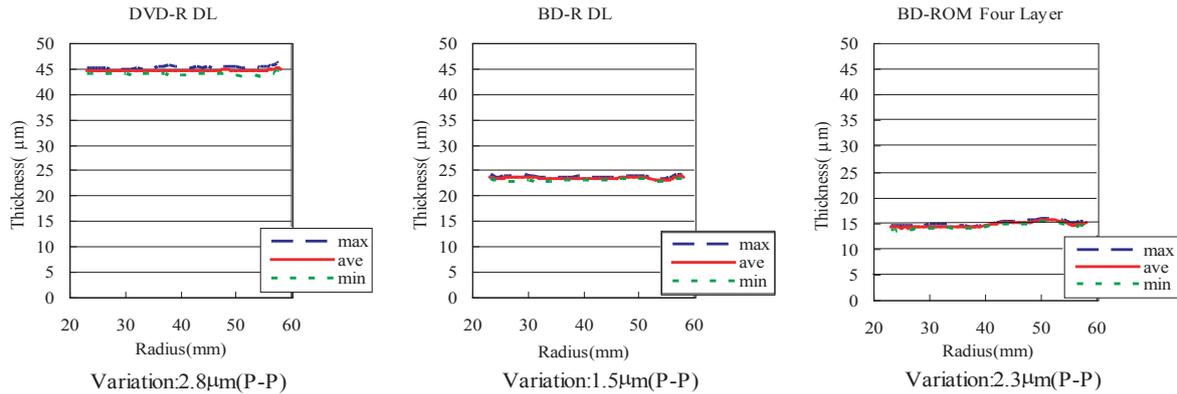


図9 各種ディスクの中間層層厚分布

置で、2層型BD-ROMディスクを作製したときの中間層の連続作製時の安定性を示す。基準膜厚は規格書に規定された半径23～24mmの平均膜厚を示し、偏差は基準膜厚に対するディスク全周での偏差を示している。800枚以上のディスクを作製して安定性を調べたところ、基準膜厚は±0.5μm以内に入っていることが分かる。また、基準膜厚に対する偏差もPP値でほぼ2μm(±1μm)以内に入っており、生産安定性を確保する上で目標としていた値であるPP値で2μmをほぼ満足できる性能であることが確認された。

#### 4. ディスク特性

##### 4.1 各種ディスクの中間層層厚

今回開発したUV-LED配列を用いて、2層型DVD-R、2層型BD-Rおよび4層型BD-ROMディスクを作製した。図9に作製された各ディスクの中間層の層厚分布を示す。4層型BD-ROMディスクの構造を図10に示す。図9における中間層層厚は、図10におけるLayer0とLayer1の間を測定したものである。それぞれのディスクで要求される中間層厚は違うが、各ディスクにおいて層厚分布はPP値で約2～3μmという結果であり、各ディスクの規格に対してマージンが確保されていることを確認した。これにより、今回開発した中間層形成法が2層型DVD-Rから多層BDディスクまでに対応が可能であることを実証した。

##### 4.2 各種ディスクの信号特性

4.1において作製されたディスクの信号特性の評価を行なった。図11に2層型BD-Rの記録再生波形および特性を示す。Layer0、Layer1ともに良好な信号波形が得られ、ほぼ規格を満足するJitter性能が得られていることが確認できる。また、図12に各層の再

生信号波形を示す。4層型BD-ROMディスクにおいては、中間層の層厚や反射膜の最適化が必要であるがまずまずの再生信号が得られており、今回開発した中間層形成法が2層型ディスクだけではなく多層ディスクにも適用が可能であることが実証できたと考える。

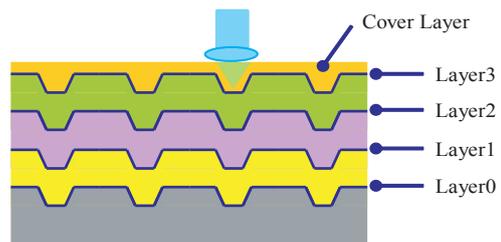
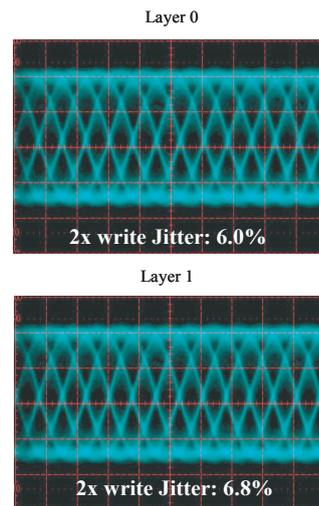


図10 4層型BD-ROM ディスク構造



Disc	: 50GB (25GB/Layer)
Write velocity	: 9.84 m/sec
Player	: ODU-1000 (Pulstec)
Wavelength	: 407nm
NA	: 0.85

図11 2層型BD-R再生信号波形

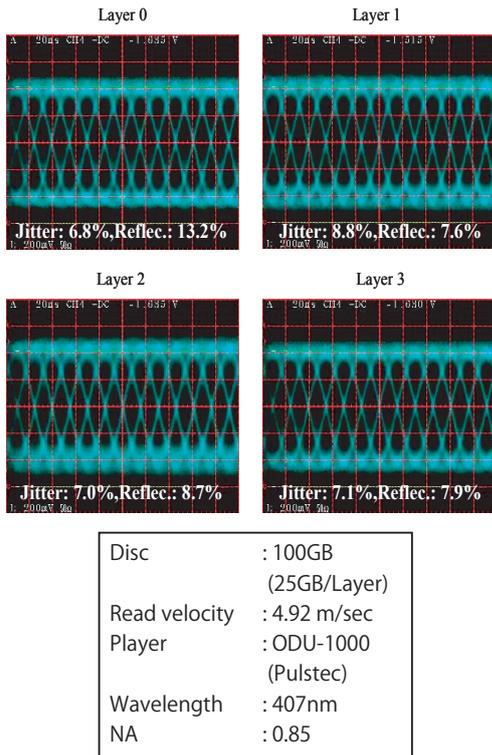


図 12 4層型 BD-ROM 再生信号波形

## 5. まとめ

今回、我々は2層型あるいは多層型ディスクを作製する上で重要なプロセスである中間層形成工程に関して、新しい中間層形成法を開発した。従来の中間層形成法においては2P剤の粘度と回転パラメータと内周の吸引圧で層厚分布を制御していたが、今回開発した中間層形成法においては、新たにUV-LEDの照射タイミング、照射時間を層厚分布の制御パラメータとして加えることが可能となった。これにより、より精度の良い層厚分布を得ることが可能となった。今回開発された中間層形成法において、2層型BD-Rディスクを作製したところ、連続作製時の安定性を考慮しても中間層の層厚分布はPP値で2 $\mu$ m程度と従来の方法で作製された中間層に対して約1/3に分布を抑えることが可能となった。また、4層型BD-ROMディスクも作製し、再生信号波形を確認したが、多層型ディスクにも適用が可能であることを確認した。

## 6. 謝辞

今回のUV-LED配列を用いた中間層形成法の開発において、UV-LED配列およびこれを組み込んだ装置の開発に協力を頂いた東北パイオニア(株)FA事業部の関係各位に感謝します。

## 参考文献

- (1) DVD Specifications for Recordable Disc for Dual Layer Part1 Version3.0
- (2) System Description Blu-ray Disc Read-Only Format Part1 Version1.3
- (3) System Description Blu-ray Disc Recordable Format Part1 Version1.11
- (4) M. Yamaguchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. 42(2003)852

## 筆者紹介

近藤 淳(こんどう あつし)

技術開発本部 総合研究所 デバイス研究センター 次世代光ディスク研究部

田切 孝夫(たぎり たかお)

技術開発本部 総合研究所 デバイス研究センター 次世代光ディスク研究部

吉本 正夫(よしもと まさお)

技術開発本部 総合研究所 デバイス研究センター 次世代光ディスク研究部

東家 安信(ひがしか やすのぶ)

技術開発本部 総合研究所 デバイス研究センター 次世代光ディスク研究部

大島 清朗(おおしま せいろ)

技術開発本部 総合研究所 デバイス研究センター 次世代光ディスク研究部

滝下 俊彦(たきした としひこ)

技術開発本部 総合研究所 デバイス研究センター 次世代光ディスク研究部

山中 修(やまなか おさむ)

東北パイオニア株式会社 技術開発センター