

# 블루레이 디스크의 커버레이어 스펀코팅 시 폴리머 거동에 관한 연구

신재구<sup>#</sup>· 반준호<sup>1</sup>· 신흥규<sup>1</sup>· 김병희<sup>2</sup>· 김현영<sup>2</sup>· 이해곤<sup>3</sup>· 손성기<sup>3</sup>

## Flow Behavior of Thin Polymer Film in Spinning Coating Process of Blu-ray Disc Cover layer

J. K. Shin, J. H. Ban, H. G. Shin, B. H. Kim, H. Y. Kim, H. G. Lee and S. G. Son

### Abstract

In this paper, a computational and experimental analysis about the flow behavior of thin polymer film in the spin coating process for stable cover layer coating of a blu-ray disc is described. The blu-ray disc, a next-generation optical disc format over 25GB, consists of a 1.1mm thick substrate and a 0.1mm tick cover layer. Generally, cover layer on the blu-ray disc is made by the polymer spin coating process. However, it is hard to secure sufficient coating uniformity around the rim on the cover layer. In order to get the uniform thickness deviation and to minimize the bead around the rim, the edge of the disc substrate can be modified into various shapes around the rim on the disc and analyzed with various parameters, such as surface tension, viscosity, and rotation speed, etc. The optimal shape of the rim was tried to get by 3 dimensional computer simulation of the polymer expulsion process.

**Key Words** : Blu-ray disc, Cover layer, Spin coating process, Thin polymer film

### 1. 서 론

광디스크 비디오 레코딩의 포맷으로 DVD disc 가 개발되어 상용화되고 있으며 차세대 광저장 솔루션인 HD-DVD 의 표준규격으로 Blu-Ray disc 가 개발에 성공하여 상용화 준비를 앞두고 있다 [1]. CD, DVD 와 같은 광 정보 저장 기기에서 이루어져온 기록밀도향상으로 차세대 Blu-Ray Disc 에서는 기존의 12cm Disc 에 25Gbyte 이상을 저장 하기에 이르렀다[2]. 현재 국내 LG, 삼성을 비롯해 국외의 소니, 필립스, 마쓰시다, 히타치, 파이오니아, 미츠비시, JVC, 샤프, Thomson 이 개발에 적극 적인 참여를 하고 있다[1]. Blu-Ray Disc 는 405nm

파장의 레이저와 NA(Lens numerical aperture) 0.85 의 대물 렌즈를 사용할 경우 DVD 이상의 마진을 얻기 위해서는 투과 매체의 두께가 0.1mm 수준이 어야 한다. 하지만 0.1mm 의 기판을 제작하는 것이 어렵기 때문에 기판자체는 1.1mm 를 유지하고 그 위에 0.1mm 의 커버레이어를 도포하고 이 커버레이어를 통해 레이저 빔이 입사되어 기록 및 재생이 되도록 한다[3~4]. 이때 커버레이어 도포 방법으로 사용되는 스펀 코팅법은 원가가 적고 공정이 용이하지만 코팅 이후 두께가 안쪽에 비해 바깥쪽이 두껍게 분포되어 두께 균일도의 확보에 어려움이 있다[5]. 스펀 코팅시 커버레이어의 두께 형성에 영향을 주는 인자로는 스펀속도, 스펀

1. 강원대학교 기계·메카트로닉스공학과 대학원

2. 강원대학교 기계·메카트로닉스공학부

3. (주) JMI

# 교신저자: 강원대학교 기계·메카트로닉스공학과 대학원,

E-mail: sjk6311@hanmail.net

시간, 표면장력, 점도, 스핀 가속비와 감속비 등이 있고[6], 이러한 인자를 조정하여 스핀코팅법의 문제점을 해결하려는 연구가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 실제 실험과 유동해석을 통해 스핀코팅 과정을 시뮬레이션하였으며, 커버레이어의 두께 분포를 비교 분석하였다. 또한, 기판의 변경이 공정 이후 커버레이어 두께 형성에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보았다.

## 2. Blu-ray Disc 제조 공정

Blu-ray Disc의 제조공정은 일반적인 CD, DVD와 같은 스탬프(stamp) 제조공정 이후 사출성형에 의해 기판(substrate)이 만들어지면 sputtering공정과 cover layer 제조공정, printing 공정으로 이루어진다. 이중 cover layer 제조공정은 Fig. 1과 같은 과정으로 이루어지고 이때에 스핀코팅법이 사용된다. 본 연구에서는 스핀코팅시 주위의 온도는 22℃, 습도 50~60%를 유지하고 토출압 490KPa으로 3.5초 동안 레진을 토출한 이후 3단계에 걸쳐 4,000rpm까지 가속하여 4초간 스핀코팅공정을 수행하였다. Fig. 2는 스핀코팅법에 의한 cover layer 제조공정 이후 레진의 두께를 측정하는 장치로서, 이 장치는 Laser Diode에서 발사된 레이저 빔이 반사막에 반사되어 다시 수광소자에 들어간다는 개념을 사용한 것으로 실질적인 두께 측정은 매질의 굴절차이를 이용한다. Fig. 3은 커버레이어 두께 측정 결과로 디스크 외주의 55mm부근에서 레진이 두껍게 분포하는 것을 확인하였다. Blu-ray Disc에서 사용되는 데이터 영역이 58mm까지 임을 고려하였을 때 이러한 결과는 스핀코팅법의 문제점으로서 해결해야 한다. 따라서 본 연구에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 이러한 현상이 구현되는지를 확인하고, 이러한 문제점을 해결하기 위해 기판을 변경하였을 때 두께 분포에 어떠한 영향을 미치는지 해석을 통하여 알아보았다.

## 3. 성형 해석

스핀코팅 이후 커버레이어의 두께가 불균일하게 분포하는데, 이것은 회전 중심에 위치한 안쪽이 바깥쪽에 비교하여 더 적은 힘을 받고, 기판의 모서리 부분에 작용하는 표면장력의 영향으로 외주의 두께가 두껍게 형성되기 때문이다[5]. 이러한 현상은 본 연구의 실험에서도 나타난 결과이다.

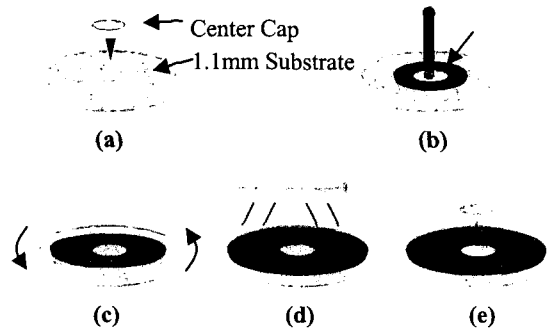


Fig. 1 Spin coating process of cover layer

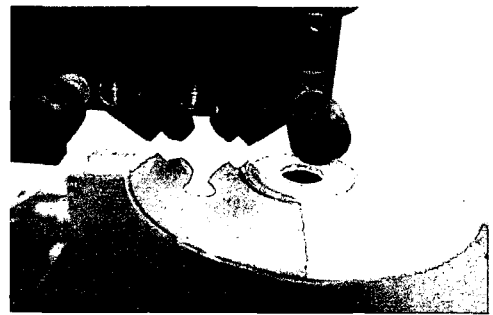


Fig. 2 Equipment for measuring the thickness of thin film

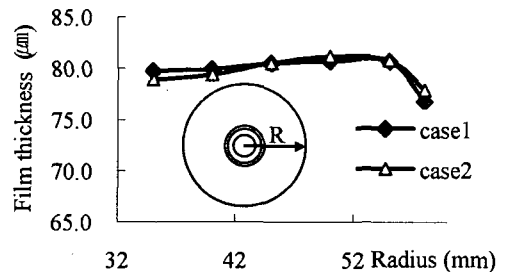


Fig. 3 Thickness distribution of cover layer

본 연구에서는 상용 코드인 Flow-3D 를 사용하여 해석에서도 그와 동일한 두께 분포를 보이는지 확인하고, 스핀코팅 시 레진이 도포되는 과정을 관찰하였다. 또한 기판의 형상을 변경하였을 때 커버레이어의 두께 분포는 어떻게 되고, 어떠한 영향을 미치는지 비교 분석하였다.

### 3.1 해석 모델

스핀코팅 공정이 이루어지는 해석모델을 Fig. 4에 나타내었다. 형상은 3차원으로서 지름 120mm 에

높이 1.1mm 의 기판과 이 기판을 척(chuck)과 고정 시키기 위한 캡(cap)이 중심에 위치하며 캡의 크기는 그림에 나타낸 바와 같다. 기판과 캡은 강체로 처리하였다. Fig. 5는 해석모델의 단면 형상을 보여주는 것으로 기판 위에 가상의 구조물을 만들어 그 중심에 Inlet 을 만들고 이를 통해 레진이 유입되도록 하였다. 또한 기판 양 옆에 스핀코팅 과정에서 레진이 기판 바깥쪽으로 밀려나거나 비산되었을 때 나갈 수 있는 빈 공간을 만들었다. 레진의 점도는 실제 사용하는 5,000cps 의 값을 사용하였으며 유체의 특성으로는 점성(viscos flow), 비압축성(incompressible flow), 층류(laminar flow) 조건을

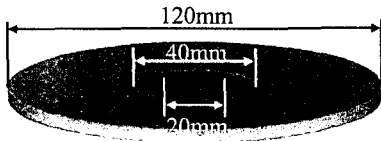


Fig. 4 Simulation model

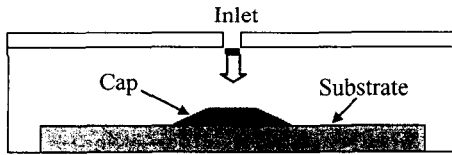


Fig. 5 Cross sectional shape of Simulation model

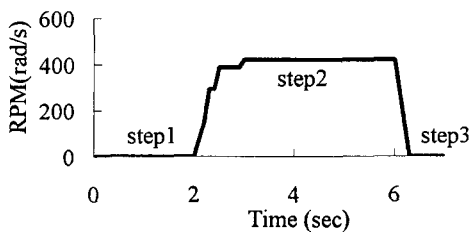


Fig. 6 Spinning condition of substrate

Table 1 Units and process conditions

Item	Detail
unit	mm/g/sec
Governing Equation	Navier-Stokes
viscosity	5000cps
flow type	Viscous, laminar, Incompressible
Slip condition	No-Slip
Solution scheme	Explicit

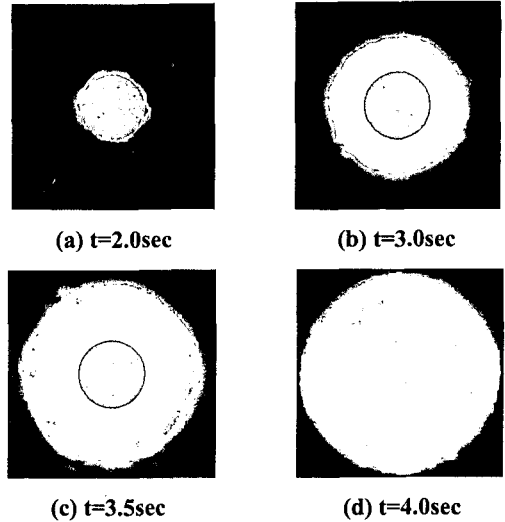


Fig. 7 Flow pattern at different times

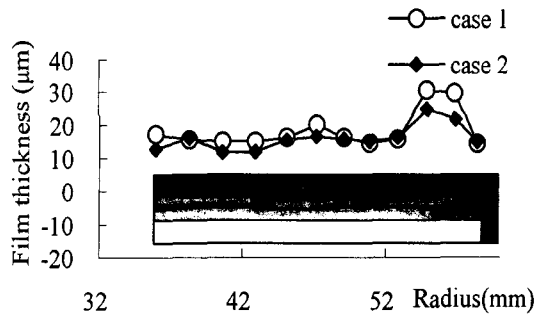


Fig. 8 Thin film thickness distribution

사용하였다. 시간에 따른 기판의 회전속도를 Fig. 6에 나타내었다. 레진이 기판 위에 토출되는 step 1은 2초 동안 진행되는데, 이때 레진의 양은 inlet를 통하여 들어오는 레진의 속도와 유입시간으로 조정하는 방식을 채택하였다. Step 2는 레진이 기판에 도포되기 시작하는 단계로서 4초간 이루어지며 실제 공정과 동일한 속도조건과 시간조건이 해석에 적용되었다. Step 3은 기판의 회전이 끝나고 기판 외부로 밀려나거나 비산되는 레진의 유동이 멈추는 단계이다. 사용된 단위는 mm, g, sec, radian이며 경계조건은 Table 1에 나타내었다.

### 3.2 스핀코팅 공정 해석

Fig. 7은 스핀코팅이 진행되는 동안 레진이 기판 위에 도포되는 과정을 시간에 따라 나타낸 것이다. 레진이 퍼져나가는 외각부분에 진하게 표시

되는 곳을 볼 수 있는데 이것은 회전력에 의해 안쪽에 비해 상대적으로 많은 힘을 받는 바깥쪽에서 레진이 두껍게 분포하기 때문에 나타나는 현상이고,  $t=3.0$  초와  $t=3.5$  초에서와 같이 레진이 사방으로 비산하는 것도 확인할 수 있었다.

Fig. 8 은 레진의 두께 분포를 나타낸 해석 결과이다. case 1 과 case 2 는 각기 기관의 좌, 우 방향에서의 레진 두께이며, 이 두가지 경우 모두 기관의 외주 부분에서 레진이 두껍게 분포하고 기관의 모서리 부분에서는 중주에서보다 얇게 분포하는 양상을 보였다. 이는 Fig. 3 에서의 실험 측정결과와 비교해 보았을 때 실험과 해석에서 레진의 두께 분포가 같은 경향을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.3 기관 변경에 따른 성형특성

실험과 해석의 두께측정결과에서 디스크 외주에 레진이 다른 부분에 비해 두껍게 분포하는 것을 확인하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기관 변경에 따른 유동특성이 어떠한지 해석을 통하여 관찰하였다. 기관의 끝에 폭 5mm, 깊이 0.05mm 의 홈을 만들어주었다. 해석 조건은 상기에 언급된 해석조건과 동일하며 Fig. 9 는 그에 따른 해석 결과이다. 기관의 높이가 낮아지는 A 앞부분에서부터 레진의 두께가 감소하는 것을 확인하였다.

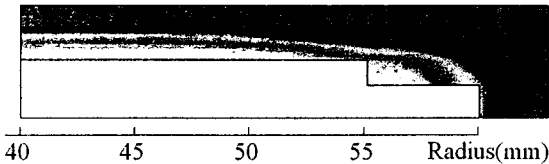


Fig. 9 Flow pattern of modified substrate

## 4. 결론

(1) Blu-ray Disc 의 원주방향 55mm 부분에서 커버레이어의 두께가 다른 부분에 비해 두껍게 생성됨을 관찰하였다.

(2) 스펀코팅공정에 대한 컴퓨터 시뮬레이션결과 레진의 두께분포가 실험과 매우 유사함을 확인하였고, 레진이 도포될 때의 과정과 그 과정에서 레진이 비산하는 현상도 관찰할 수 있었다. 또한, 기관 변경모델의 해석을 통해 기관의 높이가 낮아지는 부분 앞쪽에서부터 레진의 두께가 상대적으로 낮게 형성되는 결과를 얻을 수 있었다.

## 후 기

본 연구는 과학기술부의 21C 프론티어 사업 중 한국기계연구원이 주관하고 있는 나노메카트로닉스 기술개발 사업의 세부과제인 “나노패턴 선형 공정기술”의 위탁과제 수행결과의 일부로 참여기업인 ㈜JMI 와 세부과제 주관기관인 연세대학교의 도움에 감사 드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] Alan E. Bell and Christopher J. Cookson, 2004, Next generation DVD: application requirements and technology, Signal Processing: Image communication 19, pp. 909~920.
- [2] S.H.Lee, M.S.Jung, J.S.Sohn, T.S.Song, N.C.Park, Y.P.Park, 2003, Design of Slim Optical Pickup for Blu-ray Disk, KSPE, pp. 386~389.
- [3] Holger Hofmann, Soren Dambach, Hartmut Richter, 2002, Blue laser phase change recording system, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 249, pp. 499~503.
- [4] Fuxin Huang, Yiqun Wu, Donghong Gao, Fuxi Gao, 2005, Synthesis, spectroscopic and thermal properties of nickel (II)azo complexes with blue-violet light wavelength, Dyes and Pigments 66, pp. 77~82.
- [5] Jeffrey F. Taylor, 2001, Spin Coating : An Overview, Metal Finishing, Volume 99, pp. 16~21.
- [6] J.H. Tortai, 2004, Modeling of ultra thin resist film structure after spin-coating and post-application bake, Microelectronic Engineering 73~74, pp. 223~227.