

유전체 보호층을 이용한 NFR 미디어 커버층의 표면 특성 향상

Enhancement of cover-layer surface properties using dielectric protective layer

김진홍[†], 임정식*, 이준석*, 서정교**

Jin-Hong Kim, Jungshik Lim, Jun-Seok Lee and Jeong-Kyo Seo

Abstracts

Scratches are observed on a polymer cover-layer of near-field recording (NFR) media after a servo test with rotating disc. The scratches are formed by the collision of a solid immersion lens (SIL)-media. One of the possible ways to avoid the scratch problem is to coat a dielectric protective film on the polymer cover-layer which enhances the hardness of the surface. The surface with hard characteristics in the surface reduces the scratch problem in the cover-layer. Not only the mechanical properties but also the optical properties should be controlled. Specifically, the refractive index of the dielectric protective film should be matched with the polymer cover-layer not to lose light at the interface due to the difference of the refractive index. The refractive index of the dielectric film can be tailored by controlling process parameters during sputtering and matched with that of the polymer cover-layer.

Key Words: Cover-layer, refractive index, dielectric protective, NFR

1. 서 론

광 스토리지의 발전 과정의 큰 흐름은 정보의 기록 및 재생 속도의 증가에 있기도 하지만, 특히 기록밀도를 높이는데 있다고 볼 수 있다. 최근에는 디지털 TV 에 대응하기 위한 15~25 GB 의 Blu-ray Disc 및 HD-DVD 와 같은 광기록 기술들이 시장에 등장하고 또한 시정 점유를 위한 경쟁이 치열한 상황이다. [1, 2] 한편, 이들 이후의 UHD 나 3D Video 등을 겨냥하는 차세대 광기록 기술들도 등장하고 있는데, 대표적으로 근접장 광기록 (Near-Field Optical Storage; NFR) [3], 초해상 기술 [4] 및 Holographic 광기록 기술 [5] 들을 꼽을 수 있다. 이 중 NFR 이 가장 가능성 있는 차세대 기술 중 하나라고 볼 수 있고, 이 NFR 기술은 SIL (Solid Immersion Lens)을 적용하여 광학계의 유효 개구수(NA_{EFF})를 늘이는 기술이다. [6] 특히, 이 근접장 기술을 적용하기 위해서는 미디어와 SIL 간의 거리가 수십 nm 정도로 가까워야 한다. 전반사가 일어날 수 있는 입사각 이상에서는 SIL 표면에

evanescent 파 라고 불리는 근접장이 생겨나게 되는데, 이 근접장을 미디어에 coupling 시키기 위해서는 미디어와 SIL 간의 거리가 $\lambda/4$ 보다 작아야 하고, 통상은 20~30 nm 정도로 조절한다.

하드디스크의 flying 헤드 기술을 적용하는 방식도 시도된 바 있었으나, 안정된 서보를 위해서는 능동적인 조절 방식을 채택할 필요성이 커졌고, 이를 대응하기 위하여 미디어 표면에서 반사되는 편광된 빛의 크기를 이용하는 기술이 채택되었다. [7] 이 기술을 적용하면, SIL 과 디스크 간의 Gap 을 수십 nm 로 조절하는 gap-servo 근접장 기술이 가능하다.

통상 NFR 은 SIL 표면에 초점을 형성시키고 좁은 gap 을 통해 전달되는 근접장 광을 이용하는 first surface recording [8] 으로 적용하고 있으나, 오염이나 열 문제 등의 심각성이 고려되어 커버층을 코팅한 후 커버층 으로부터 빛이 입사되는 cover-layer incident NFR 기술에 대한 관심이 높아지고 있다. [9] 이 기술을 적용하는 경우, 레이저 빔의 초점을 SIL 표면에 두지 않고 미디어 속으로 옮겨 갈 뿐 아니라 미디어 깊이에 따라 조절할 수 있다. 이 경우 first surface recording 에서는 불가능한 다층화가 가능하여 층수 증가에 따른 기록용량을 향상시킬 수 있다. [10]

커버층은 투명하고 두께가 균일 해야 할 뿐 아니라 굴절률이 광학계의 NA_{EFF} 보다 커야 한다.

[†] LG 전자기술원
E-mail : jinhkim@lge.com
TEL : (02)526-4574

* LG 전자기술원
** LG 전자 DS 연구소

특히, 기록밀도 향상을 위해 NA_{EFF} 를 크게 할 때, 커버층의 굴절률도 따라서 커져야 하는데, 고 굴절률을 갖는 나노 입자를 유기계 수지와 혼합한 nanocomposite 를 이용하는 방법을 적용할 수 있다. [11] 한편, 커버층의 경도와 거칠기 등의 특성이 고려되어야 한다. 특히, 커버층 물질의 경도가 약하면, 작동 과정에 생길 수 있는 SIL 과의 충돌에서 커버층이 손상되는 문제가 발생하기 때문이다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 커버층의 기계적 특성을 향상시킬 필요가 있게 되는 바, 본 논문에서는 폴리머 커버층 상에 aluminum oxynitride (AlO_xN_y) 유전체 보호층을 제조하여 커버층의 기계적 특성을 향상시켰고, 이 과정에 필요한 유전체 보호층과 커버층의 광학적 특성 matching 에 관해 논의 하고자 한다.

2. 실험방법

NFR 미디어 커버층으로 적용하는 폴리머나 nanocomposite 커버층은 스피코팅으로 제작하였다. nanocomposite 커버층은 폴리머 물질 굴절률의 한계를 극복하기 위해 적용하는 물질로서, 굴절률이 2.5 정도인 TiO_2 나노 입자를 유기 수지에 첨가 함으로서 평균 굴절률 증가시킬 수 있다. UV 경화 수지는 아크릴 계통의 물질을 위주로 적용하였다. 커버층의 두께 및 균일성 확보를 위해 물질의 viscosity 와 회전속도를 조절하여 최적화하였다.

일반적인 스피코팅은 수지를 기판의 가운데 부분에 주입하는 center dosing 방식을 적용하는데, 이 경우 전 영역에 걸쳐 균일한 두께 분포를 얻을 수 있지만, 광디스크의 경우 중심부에 구멍이 있기 때문에 이 방식의 적용은 어렵다. 따라서 디스크의 반지름 방향으로 두께 균일성이 떨어지게 되는 문제점이 있다. [12]

커버층의 기계적 특성 및 표면 특성을 향상시키기 위해 커버층 상에 AlO_xN_y 유전체층을 스퍼터링 방식으로 코팅하였다. 특히, 커버층과 굴절률 matching 을 위해서 AlO_xN_y 유전체 층의 굴절률을 스퍼터링 과정에 조절할 필요가 있는데, 제작과정에 Ar 과 더불어 주입하는 반응가스의 양을 조절하는 방식으로 굴절률을 조절하였다. 먼저 Ar 과 N_2 의 양을 조절하여 AlN 유전체의 특성을 확보한 후, 이 조건에서 O_2 의 양을 조절하면서 폴리머 커버층의 굴절률과 같게 맞추었다.

커버층 및 유전체 층의 광학적 특성 중 빛의 투과도와 반사도는 spectrophotometer 를 이용하여 측정하였고, 반사도 스펙트럼을 Fourier transform

하여 코팅된 커버층의 두께를 구하였다. Si wafer 상에 코팅된 커버층 및 유전체층의 굴절률은 ellipsometer 를 이용하여 측정하였다. 한편 표면 구조는 AFM 을 이용하여 관측하였고, 유전체층이 코팅된 커버층의 단면은 SEM 을 이용하여 관측하였고, 샘플의 경도는 연필 경도계를 이용하여 측정하였다. 제작된 NFR 디스크 커버층의 기계적 특성은 gap-servo NFR system 을 이용하여 서보 test 를 통해 실시하였다.

3. 결과 및 논의

Rayleigh 회절 한계에 따르면, 렌즈에 의해 집속된 레이저 빔의 크기는 다음과 같이 결정된다. [13]

$$D = 1.22 \frac{\lambda}{NA} \quad (1)$$

여기서, λ 는 레이저의 파장이고 NA 는 objective lens 의 개구수이다. NA 는 SIL 을 사용하였을 경우, NA_{EFF} 로 대체될 수 있고,

$$NA_{EFF} = n_{SIL} \sin \theta \quad (2)$$

로 표현된다. 여기서 n_{SIL} 은 SIL 의 굴절률이고, θ 는 광축과 최 외곽 광선 간의 각도이다. 공기중의 경우 최대 NA 는 1 을 넘지 못하지만, SIL 을 적용한 경우 n_{SIL} 에 의해 NA_{EFF} 는 1 보다 클 수 있고 기록밀도를 더 향상시킬 수 있게 된다. [6]

First surface 근접장 광기록의 경우, SIL 면의 초점에 형성된 근접장을 디스크 면으로 coupling 시키기 위해 gap 은 수십 nm 이하로 충분히 좁아야 하고, 커버층 입사의 경우는 전반사가 일어날 수 있는 임계각 이상의 입사광에 의한 근접장이 역시 좁은 gap 을 통해 미디어로 coupling 되어야 한다. 이 경우, 초점면을 커버층 아래의 기록면으로 이동시키기 때문에 디스크 표면 즉 커버층 표면에 형성된 레이저 빔의 크기는 커버층의 두께에 비례하여 수 μm 이상 커진다. 이러한 환경이라면, 앞에서 언급한 오염 및 열 등의 문제에 훨씬 둔감해질 수 있고 실용가능성이 있는 광 storage 시스템으로 구현 될 수 있다고 보는 것이다. [9]

커버층 입사형 NFR 구조에서 커버층의 굴절률이 NA_{EFF} 보다 커야 근접장이 커버층으로 coupling 되는 조건이 필요한데, Fig. 1 은 굴절률이 n_{SIL} 인 반구형 SIL 과 굴절률이 n_{Cover} 인 커버층이 gap 을 무시하고 밀착된 경우 빛의 입사 및 굴절을 보이고 있다. 이 때 빛과 굴절과의 관계에 의한 Snell 법칙에 따라,

$$n_{Cover} \sin \theta_t = n_{SIL} \sin \theta \quad (3)$$

으로 표현되고, 여기서 θ 와 θ_t 는 각각 SIL 입사

및 커버층으로 투과된 최 외곽 광선과 광축이 만드는 각도이다. 이 관계에서 NA_{EFF} 와 n_{Cover} 의 관계를 얻을 수 있는데, 우선 Eq. (3) 의 우변은 Eq. (2) 에 의해 NA_{EFF} 가 되고, 입사된 빛이 커버층으로 진행 할 수 있는 조건인 $\sin\theta_t \leq 1$ 를 적용시키면,

$$n_{Cover} \geq NA_{EFF} \quad (4)$$

을 얻을 수 있다. 이 조건에서 커버층의 굴절률이 기록 밀도와 비례관계에 있는 NA_{EFF} 보다 클 때, SIL 에서 형성된 근접장이 커버층으로 coupling 됨을 알 수 있게 된다.

Fig. 2 는 gap-servo NFR 시스템을 이용한 서보 테스트 이후 관측된 커버층 상에 생긴 Scratch 이다. 그림에서와 같이 2 개의 선명한 줄은 서보 테스트 과정에 발생한 SIL 과 미디어와의 충돌에 기인한 것으로 여겨진다. 특히 작은 gap 상에서 유지되는 SIL 은 미디어와 충돌의 가능성을 배제할 수 없고, 이 경우 미디어 커버층의 경도가 충분하지 못하다면, 미디어에 scratch 가 생겨날 수 밖에 없다.

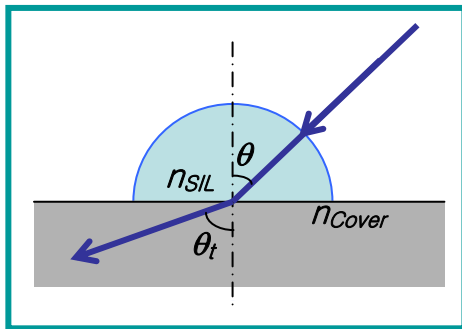


Fig. 1 Refraction of light between SIL and cover-layer

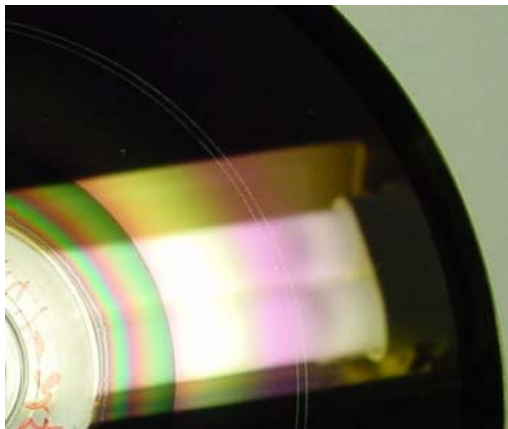


Fig. 2 Scratches on NFR media after servo tests

다만, Fig. 2 와 같은 scratch 는 충돌의 경우에만 생겨난 것으로 보이기 보다는 SIL 이 미디어 표면에 밀착되어 지속적으로 마찰을 일으킨 것으로 여겨진다. SIL-미디어 충돌에 의한 scratch 현상은 특히 커버층의 기계적 강도가 적거나 표면이 거친 경우 그 정도가 더 커짐을 확인 할 수 있었다. 이처럼 SIL 과의 좁은 gap 을 유지하면서 미디어를 보호하는 기능을 하는 커버층의 경우, SIL 과의 충돌을 배제할 수 없다면, 필연적으로 폴리머에 비해 경도가 큰 특성을 갖는 SIL 의 충돌에 대응할 수 있는 정도의 기계적 특성이 필요할 것으로 여겨진다. 따라서 커버층 물질 자체의 경도를 향상시키는 방안이 첫번째로 고려될 수 있을 것이고, 다른 방안의 적용도 가능할 것인 바, 본 연구와 같은 경도가 적은 커버층 상에 경도가 SIL 과 비교될 수 있는 전도인 유전체층을 스퍼터링 방식으로 적당한 두께로 코팅하는 보완책을 생각 할 수 있었다.

한편, 다른 대응 방안으로는 하드 디스크의 경우와 같이 미디어상에 윤활층을 코팅하는 방법도 고려해 볼 수 있다. 다만, 이 경우 레이저를 이용해야 하는 NFR 의 경우 유체적 특성을 갖는 윤활층이 렌즈와의 충돌 이후 광학적 신호에 미치는 영향이나, 커버층을 도입하면서 영향이 줄어들긴 하였지만 그래도 무시할 수 없는 열과의 상호작용 같은 문제를 고려해야 하는 복잡한 상황이 될 수 있을 것이다. [14]

Fig. 3 은 pattern 이 있는 ROM 기판상에 폴리머 커버층과 그 위에 연속적으로 유전체 층을 코팅한 NFR 미디어의 단면을 도식한 것이다. 폴리머 커버층은 스퍼터링으로 수 μm 정도의 두께로 코팅하지만, 유전체층 보호층은 표면 특성을 보완해 줄 수 있는 정도의 두께인 수백 nm 정도를 스퍼터링으로 제작한다. 유전체 보호층으로 제작할 수 있는 물질로는 AlO_xN_y , SiO_xN_y 및 ZnS-SiO_2 등 은 몇 가지가 있을 것으로 보지만, 본 연구에 적합한

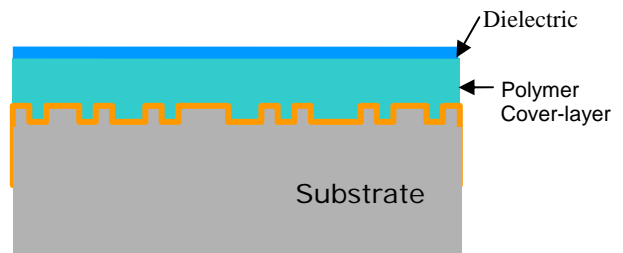


Fig. 3 NFR media with dielectric protective film coated polymer cover-layer

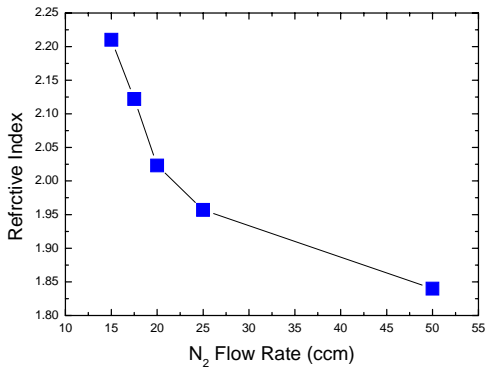


Fig. 4 Refractive index of AlN_x dielectric films as a function of N₂ flow rate

특성을 보유하는 물질로 AlO_xN_y 이 가장 적합할 것으로 사료된다. 본 연구의 시발점이 기계적 특성 보완에 있었던 만큼, AlO_xN_y 가 이 요구 조건에 가장 적합한 것으로 고려되었다. 또한 광학적 특성 즉, 굴절률의 조절이 용이하여야 하는 바, 다른 물질에 비해 좀더 적합한 것으로 여긴다. 굴절률 조절의 중요성은 커버층과의 굴절률 matching 이 필요하기 때문인데, 두 층 간의 광학적 계면을 형성시키지 않아야 빛의 손실을 줄일 뿐 아니라 당초 설계한 NA_{EFF} 를 유지시킬 수 있게 되기 때문이다. SiO_xN_y 는 AlO_xN_y 에 비해 제작 공정에 민감할 뿐 아니라 기계적 특성 관점에서 불리하고, ZnS - SiO₂ 는 굴절률을 조절하기 위해 조성을 변화시켜 주어야 한다. 한편, AlO_xN_y 는 스퍼터링 과정에 Ar 과 더불어 주입하는 반응 가스의 양을 조절하면서 굴절률을 변화시킬 수 있는 특성을 갖는 물질로 조성 변화 보다는 굴절률 조절이 용이한 장점이라 볼 수 있다.

Fig. 4 는 AlO_xN_y 를 제작하기 전단계인 AlN_x 의 제작 조건에 따른 특성을 먼저 파악하기 위한 과정으로, Ar 압력을 고정시킨 상태에서 N₂ 가스의 Flow rate 에 따른 굴절률 변화를 405 nm 파장에서 측정한 결과이다. Ar 과 N₂ 의 부분 압력을 변수 선택하는 것이 이상적 이지만, 편의상 flow rate 을 변수로 설정하였다. N₂ Flow 가 많아질수록 굴절률이 줄어드는 예측된 결과를 보여주고 있고, 전형적인 AlN 유전체 막의 굴절률을 보여주는 N₂ flow rate 은 약 15 ccm 부근으로 보인다. 위의 실험 결과에서 적절한 굴절률 조건을 잡아 폴리머 커버층 상에 제작하여도 큰 문제는 없을 것으로 여겨지지만, AlN 제작 조건에 O₂ 를 추가하여 AlO_xN_y 를 제작하는 것이 좀더 넓은 영역으로 굴절률 조절이 가능하다.

Fig. 5 는 AlN 제작 조건에서 결정된 Ar 과 N₂ 의 Flow rate 에 O₂ 를 추가적으로 첨가하면서 제

작한 AlO_xN_y 박막의 굴절률 변화이다. AlO_xN_y 는 굴절률이 2.2 정도인 AlN 박막과 1.7 정도인 Al₂O₃ 박막 굴절률의 중간 값을 취하게 될 것이고, 따라서 굴절률 선택의 폭은 1.7 정도에서 2.2 정도 까지 이 충분히 넓을 것으로 여겨진다. N₂ 에 비해 O₂ 변화에 따른 굴절률 의존성이 훨씬 더 민감함을 볼 수 있으나, SiO_xN_y 에 비해서는 더 둔감하고 따라서 제작 조건 tolerance 가 더 큰 것으로 여겨진다. [15]

앞서 논의한 바와 같이 유전체 보호층의 역할은 폴리머 커버층의 기계적 특성을 보완하는 것인데, Table 1 은 폴리머 커버층과 nanocomposite 커버층 그리고 유전체 보호층이 코팅된 nanocomposite 커버층의 경도를 연필 경도계로 측정한 결과를 보인다. 먼저, 폴리머 커버층과 nanocomposite 커버층의 경도는 그다지 큰 차이가 나타나지 않음을 볼 수 있다. 나노 입자 자체의 경도는 충분히 크지만, nanocomposite 를 형성하였을 때 전체 커버층의 경도 향상에는 그다지 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. 다만 AlO_xN_y 유전체 층을 코팅한 nanocomposite 커버층의 경우, 비교적 큰 값의 경도 향상을 볼 수 있다. 이 측정에 적용한 AlO_xN_y 유전체 보호층과 nanocomposite 커버층의 두께는 각각 약 400 nm 와 3 μm 정도를

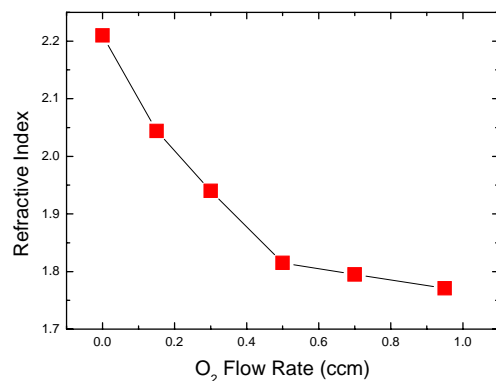


Fig. 5 Refractive index of AlO_xN_y dielectric films as a function of O₂ flow rate

Table 1 Pencil hardness of polymer, nanocomposite, and dielectric film coated nanocomposite cover-layers

	Polymer Cover-layer	Nanocomp -osite Cover-layer	Nanocomp -osite + Dielectric
Pencil Hardness (H)	2	2~3	3~4

이용하였다.

Fig. 6 은 유전체 보호층이 코팅된 nanocomposite 커버층의 SEM 단면 사진이다. 유전체 보호층의 두께는 약 500 nm 이고 그 아래 nanocomposite 커버층의 두께는 약 3 μm 정도임을 확인 할 수 있다. nanocomposite 커버층의 밝은 fringe 는 SEM 관측 과정에 생긴 전하의 charge-up 때문에 생긴 것

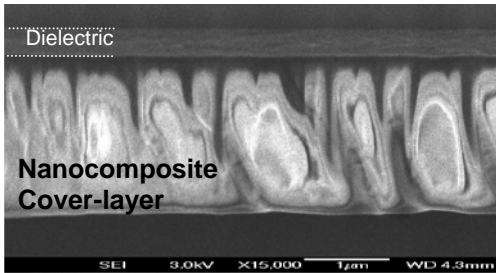


Fig. 6 SEM image of dielectric film coated cover-layer

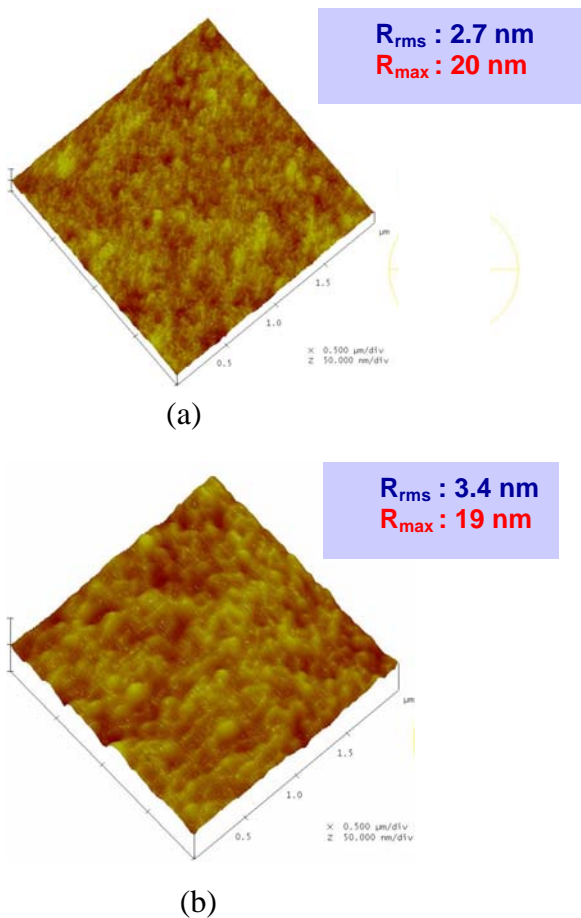


Fig. 7 AFM image of (a) nanocomposite cover-layer and (b) dielectric film coated nanocomposite cover-layer



Fig. 8 Dielectric film coated NFR Media without scratch after servo tests

으로 여겨진다. 이 관측으로 두 층의 Interface 를 확인하기는 쉽지 않지만, 이미지 contrast 의 연속성에 의한 판단으로는 두 층의 adhesion 은 충분히 좋은 것으로 생각되지만, 이 특성은 NFR media 의 장기적 신뢰성과 밀접한 관련이 있는바, 향후 추가적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

폴리머 층상에 유전체 보호층을 형성시킨 경우, 유전체 층이 만든 표면 상태의 확인도 필요한 바, AFM 으로 관측한 표면 상태를 Fig. 7 에 보인다. Fig. 7(a) 에서 Nanocomposite 커버층의 표면 상태를 볼 수 있고, 이 결과는 유전체층이 코팅된 Nanocomposite 커버층의 표면인 Fig. 7(b) 와 비교될 수 있는데, 두 결과를 비교해 보면 거칠기의 root-mean-square 값인 R_{rms} 는 유전체층이 코팅된 경우 약간 증가하는 듯하지만, peak-to-valley 값인 R_{max} 는 큰 차이가 확인되지 않는다. 따라서, 이 결과들은 폴리머 혹은 nanocomposite 커버층 상에 유전체층을 코팅하여도 표면 특성이 악화되지는 않는 것을 암시한다.

Fig. 8 은 유전체 폴리머 커버층 상에 유전체 보호층을 코팅한 NFR 미디어를 gap-servo NFR 시스템을 이용하여 서보 테스트를 거친 후 촬영된 미디어 표면 사진이다. 유전체 보호층을 코팅 하지 않았던 Fig. 1 의 결과와 비교될 수 있는 결과로서, Fig. 8 에서는 scratch 등의 서보 과정에 발생하는 흠집을 발견할 수 없었다. 결론 적으로, 유전체 보호층은 표면 특성은 유지하면서 폴리머 커버층의 부족한 경도를 향상시켜 서보 과정에 생길 수 있는 scratch 등의 문제를 완화시킬 수 있는 것으로 확인된다.

4. 결론

경도가 충분히 크지 않은 폴리머 혹은 nanocomposite 커버층을 적용한 NFR 미디어의 경우, NFR 시스템을 이용한 서보 테스트를 하게 되

면 SIL 과의 충돌에 의해 미디어 표면에 Scratch 가 발생하는 현상을 관측하게 된다. 이러한 문제를 극복하기 위한 방법 중의 하나는, 경도가 SIL 과 비교될 수 있는 유전체 보호층을 커버층 상에 코팅하는 것이다. 유전체 층의 굴절률은 스터퍼링 과정의 변수를 적용하여 폴리머 커버층의 굴절률과 matching 시켜 줄 수 있었다. 표면 거칠기 등의 표면 특성은 유지되면서 커버층 전체의 경도의 향상과 더불어 서보 과정에 생기던 Scratch 등의 흠이 생기던 문제를 줄일 수 있었다.

참고문헌

- [1] T. Nishihara, R. Kojima, N. Miyagawa and N. Yamada, 2005, "High-Transmittance Phase-Change Media with TiO₂ Film for Rewritable Dual-Layer Blu-ray Discs", Jpn. J. Appl. Phys. Vol.44, pp.3037-3041.
- [2] N. Ohmachi, S. Ashida, K. Yusu, T. Nakai, K. Ichihara and N. Nakamura, 2004, "Media Technologies of 20 GB Single-Layer Rewritable Phase-Change Disc for HD DVD System", Jpn. J. Appl. Phys. Vol.43 pp. 4978-4982.
- [3] M. Shinoda, K. Saito, T. Ishimoto, T. Kondo, A. Nakaoki, N. Ide, M. Furuki, M. Takeda, Y. Akiyama, T. Shimouma and M. Yamamoto, 2005, "High-Density Near-Field Optical Disc Recording", Jpn. J. Appl. Phys. Vol.44, pp.3537-3541.
- [4] K. T. Arai, K. Kurihara, T. Nakano, J. Tominaga and C. Rockstuhl, 2006, "Carrier-to-noise ratio enhancement of super-resolution near-field structure disks by Ag nanostructure", Appl. Phys. Lett. Vol.88 pp.051104.
- [5] Y. Tomita, K. Furushima, K. Ochi and K. Ishizu, 2006, "Organic nanoparticle (hyperbranched polymer)-dispersed photopolymers for volume holographic storage", Appl. Phys. Lett. Vol.88, pp. 071103.
- [6] B. D. Terris, H. J. Mamin, and D. Rugar, W. R. Studenmund and G. S. Kino, 1994, "Near-field optical data storage using a solid immersion lens", Appl. Phys. Lett. 65 pp.388-390.
- [7] J.-K. Seo, J. U. Lee, Y. S. Shin, J.-M. Park, I. H. Choi, and J.-Y. Kim, 2006, "Tracking servo method for the gap servo near field optical storage systems" Conf. Proc. and Tech. Dig. ODS, pp.40-42.
- [8] Jin-Hong Kim, Dae-Eun Kim and Ho-Jong Kang, 2003, "Head-Disk Interface in Near-Field Recording Disks", Jpn. J. Appl. Phys. Vol.42, pp.2746-2748.
- [9] Takeshi Yamasaki, Tomomi Yukumoto, Kim Sunmin, Tsutomu Ishimoto, Nakaoki Ariyoshi Friedrich-Karl Bruder, Rafael Oser and Karlheinz Hildenbrand, 2006, "Evaluation of Top Coated Media for Near-Field Optical disc System of NA 1.84", ISOM Tech. Dig. pp. 284-285.
- [10] J. M. A. van den Eerenbeemd, D. M. Bruls, C. A. Versvuren and F. Zijp, 2006, "Toward Multi-Layer Near Field Recording System, Dual-Layer Recording Results", ISOM Tech. Dig., pp.66-67.
- [11] J. -H. Kim and J. -S. Lee, 2007, "Cover-layer with high refractive index for near-field recording media" Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 46, pp. 3993-3996.
- [12] M. Ro, K. Lee, C. Park, H. Park and I. Park, 2005, "Optical Disc for Small Form Factor Optical Drive", Jpn. J. Appl. Phys. Vol.44 , pp.3601-3604.
- [13] M. H. Kryder, 1985, "Magneto-optic recording technology", J. Appl. Phys. Vol.57, pp.3913-3918.
- [14] K.-H. Chung, J.-K. Lee, D.-E. Kim, and J.-H. Kim, 2003, "Effect of substrate and protective coating on the tribological characteristics of optical recording media", Wear, Vol.255, (2003) 1306.
- [15] Y.-J. Kim, R. Tateno, T. Ikura, K. Matsuda, H. Kawai, M. Suzuki and K. Koto, 1998, "Electron Cyclotron Resonance (ECR) Sputtered Antireflection Coations on Laser Facets for Optical Memory Applicationd" Jpn. J. Appl. Phys. Vol.37, pp.2201-2202.