

고용량 Rewritable DVD 디스크에서의 열전달 특성 분석

Analysis of Thermal Diffusion Properties in High Density Rewritable DVD Disk

김도형, 김상준, 김상열, 안성혁
아주대학교 물리학과
anselmus@ajou.ac.kr

정보의 수요가 점차 늘어감에 따라 필연적으로 고용량 저장 매체의 필요성이 점점 증대되고 있다. 현재 많이 사용되고 있는 하드디스크도 이미 저장 용량이 100Gb에 달하는 제품들이 상용화되었고 CD 나 DVD 등의 광기록매체의 저장 용량도 기존의 640Mb에서 700Mb(CD), 4.3Gb 또는 15~20Gb(DVD)로 점차 늘어나고 있다. 특히 광기록매체의 경우에는 하드디스크에 비하여 개체의 탈착 및 휴대가 간편하다는 점 등으로 인하여 차세대 저장 매체로 각광 받고 있으며 이 중 기록과 재생이 자유로운 Rewritable Disk는 일본을 중심으로 고속화, 고밀도화에 관한 연구가 활발히 진행⁽¹⁾되고 있다.

기록은 주로 상변화형 광기록방식을 사용하는데 광기록층의 물질 상태에 따른 반사율의 차이를 이루어 정보를 저장하는 방식이다. 레이저를 다층 박막으로 구성된 매체에 쏘아 주어 기록층의 온도가 임계 온도까지 상승하면 기록층 물질이 녹기 시작하며 급격하게 온도를 낮추면 비정질 상태가 되고 결정화 온도(Crystallization Temperature)와 녹는점(Melting Point) 사이의 온도로 가열(annealing)하면 결정 상태가 된다. 광기록은 이 두 상태의 굴절률의 차이를 이용하며 기록층에는 각각의 상(phase)들이 매의 안정하게 유지되는 Ge-Sb-Te 합금을 많이 사용한다. 이와 같이 기록층의 상전이는 매질의 온도가 좌우하므로 레이저의 조사(照射)에 의한 광기록매체에서의 열적 특성과 물성 변화를 살펴보는 것은 기록 매질의 선택이나 설계에 있어 대단히 중요하다. 특히 광기록매체는 그 두께가 수십 나노미터 단위의 다층 박막 구조를 가지고 있으므로 온도 변화시 결정상과 비정질상 간의 상전이 과정 및 물성을 분석하는 시도는 타원법 등의 방법을 통하여 이루어지고 있으나⁽²⁾⁽³⁾ 그 온도를 직접 측정하는 것은 매우 어렵기 때문에 전산 시뮬을 통하여 이를 분석하는 것은 매우 필수적이다.

본 연구에서는 행렬법(Matrix Method)을 이용하여 DVD용 디스크의 다층 박막에 조사된 레이저의 반사율과 투과율 및 흡수율을 구한 다음 이를 열방정식의 열원(Heat Source)으로 하여 열방정식의 수치 해석적인 해를 구하였다. 열방정식⁽⁴⁾은 다음과 같다.

$$\nabla^2 T(r, t) + \frac{1}{k} g(r, t) = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T(r, t)}{\partial t}$$

k 는 열전도도(Thermal Conductivity, $J/cm \cdot K \cdot s$), $\alpha = k/C_v$ (열확산도, Thermal Diffusivity), C_v 는 정적 비열(Specific Heat, $J/cm^3 \cdot K$)이며 $g(r, t)$ 는 단위 시간 및 단위 부피당 열에너지로 표현되는 값으로 레이저의 조사에 의하여 다층 박막 내에서 생성되는 열원이 된다.

레이저는 출력 12mW, 지속 시간 60ns, 파장 650nm의 다이오드 레이저를 사용하였고 박막의 구조 상수를 보호층(PC) 500nm, 하층부 유전층(ZnS-SiO₂) 100~200nm, 기록층(Ge-Sb-Te) 5~40nm, 상층부(그림1에서 좌측) 유전층(ZnS-SiO₂) 5~40nm, 반사층(Al alloy) >100nm 로 변화시키며 온도 분포를 살펴보았다. 그림 1은 레이저를 60ns 조사하였을 때 디스크의 두께 축에 따른 온도 분포를 10ns, 60ns, 80ns, 100ns의 시각에서 살펴본 것인데 기록층의 온도가 700도 이상 상승하는 것을 볼 수 있다. 하층부 유전층과 보호층 계면의 온도는 대략 200도 정도로 이 온도가 상승하게 되면 보호층이 녹게 되므로 구조 상수의 결정시 중요하게 고려하여야 한다. 그림 2는 공간에 따른 온도 변화량을 나타낸 것이며 이 값은 기록층으로부터 빠져나가는 열량에 비례한다. 중앙의 온도 변화 값이 0인 지점이 기록층인데 이 부분을 중심으로 보호층(하층부) 보다 반사층(상층부)쪽으로 7배 이상 더 많은 열량이 빠져나가는 것을 알 수 있다. 또한 구조 상수등을 변화시키며 다양한 모형(Model)들을 전산 시뮬한 결과 ZnS-SiO₂ 120nm | GST 20nm | ZnS-SiO₂ 20nm 정도가 박막 내에서의 열발생 및 전달 등을 고려할 때 기록에 가장 적합한 구조임을 알았다.

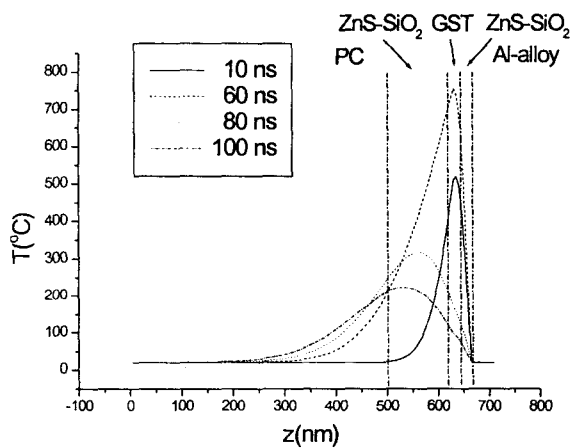


그림 1. 공간에 따른 온도 분포

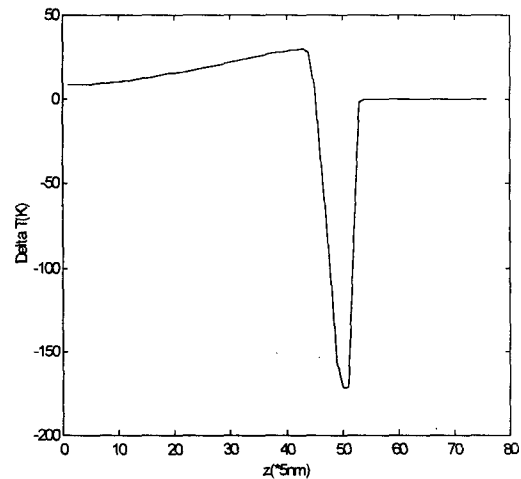


그림 2. 두께 축에 따른 온도 변화량

참고 문헌

1. Internal Analysis, ISOM/ODS '99 Technical Digest, SPIE Volume 3864, (1999).
2. 김상열, *타원법*, 아주대학교 출판부, pp282, (2000).
3. 김상준, "광기록매체인 Ge-Sb-Te의 복소굴절률과 상변화연구", 석사학위 논문, 아주대학교, (1998).
4. L. P. Shi, T. C. Chong, *et al*, "Thermal modeling of phase change optical recording disk", Optical Data Storage '98 Technical Digest, SPIE vol. 3401, pp. 71, (1998).