

상변화형 광디스크에서의 열전달 특성 전산 시뮬

Simulations of Thermal Diffusion Properties in Phase Change Optical Disc

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

차세대 저장 매체로 각광받는 DVD 등의 광디스크는 20~30Gb 이상의 고용량을 저장할 수 있을 뿐만 아니라 읽고 쓰기가 가능하다는 점 등으로 인하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 기록은 주로 상변화형 광기록방식을 사용하는데 기록층의 비정질상과 결정상 간의 반사율의 차이로 정보를 저장^[1]한다. 결정상과 비정질 상간의 상전이는 가역 반응이며 레이저를 매체에 조사하여 녹는점 이상의 온도로 가열한 다음 급랭시키면 비정질상이 되고 결정화 온도와 녹는점 사이의 온도로 가열하면 결정상이 된다. 이와 같이 광기록매체의 기록은 온도가 좌우하므로 레이저의 조사에 의한 매체 내에서의 열적 특성과 물성 변화를 살펴보는 것은 기록 매질의 선택이나 설계에 있어 대단히 중요하다. 그러나 광기록매체는 두께가 수십 나노미터 단위의 다층 박막 구조를 가지고 있으므로 그 온도를 직접 측정하는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 전산 시뮬을 통하여 이를 확인하는 것은 필수적이다.

본 연구에서는 행렬법을 이용하여 조사된 레이저의 다층 박막에서의 흡수율을 구한 다음 이를 열에너지로 환산하여 열방정식^[2]의 열원으로 대입하였다.

$$g(r, t) = \frac{P \times A}{dV}$$

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

$g(r, t)$ 는 단위 시간 및 단위 부피당 열에너지로 표현되는 값으로 P 는 광기록매체의 표면에 도달하는 레이저의 출력(mW), A 는 다층 박막에서의 흡수율, dV 는 단위 부피이며 레이저의 조사에 의하여 다층 박막 내에서 생성되는 열원이 된다. 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, $J/cm^3 \cdot K$)이다.

이차원 구조에서의 각 층의 두께에 따른 반사율, 흡수율의 변화 및 열전달 특성에 관하여는 이미 연구된 바^[3, 4]가 있으므로 본 연구에서는 이차원의 결과와 삼차원의 결과의 차이점을 비교하여 열전달 특성을 살펴보았다. 그림 1은 출력 18mW, 지속 시간 60ns, 파장 650nm 레이저 다이오드를 보호층(PC)은 충분히 두껍게 하고 하층부 유전층($ZnS-SiO_2$) 140nm, 기록층($Ge-Sb-Te$) 20nm, 상층부 유전층($ZnS-SiO_2$) 20nm, 반사층($Al-Cr$) >100nm의 구조 상수를 가지는 다층 박막에

조사하였을 때 시간에 따른 온도 변화를 살펴본 것이다. 온도는 대략 800K 이상 올라가며 이차원의 결과^[4]와 삼차원의 결과가 크게 다르지 않음을 볼 수 있다. 그림 2는 그림 1에서 온도가 최고점이 되는 60ns 부근의 사각형 부분을 확대한 것이다. 이차원 전산 시뮬과 삼차원 전산 시뮬의 차이가 거의 없는 이유는 대부분의 열량이 매체에 수직인 방향을 기준(z축)으로 Al 합금 반사판을 통하여 방출^[5]이 되며 트랙을 횡단하는 축(x)과 종단하는 축(y축)으로는 거의 방출이 되지 않기 때문이다. 굴곡이 있는 구조(Land-Groove)와 없는 구조의 트랙에 수직인 면 상의 온도 분포 차이를 비교한 결과는 굴곡이 있는 구조가 트랙의 기하적 구조의 영향으로 양 끝 부분의 온도가 상승하지 않아 에러(cross-talk) 감소에 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 저장 용량의 고밀도 실현에도 직결된다.

삼차원 전산 시뮬 결과들을 바탕으로 상변화형 광디스크에서의 열전달 특성들을 좀더 세밀하게 살펴볼 수 있었으며 이차원 전산 시뮬과 비교한 결과 대체적인 특성만을 분석할 때는 계산 시간이 기하급수적으로 증가하는 삼차원 전산 시뮬 대신 이차원 전산 시뮬을 통하여 확인을 하여도 무방함을 알았다.

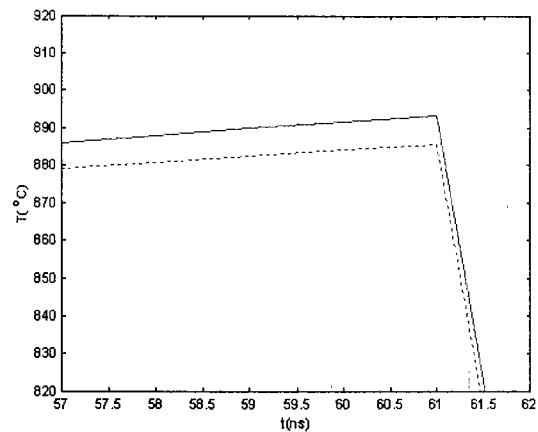
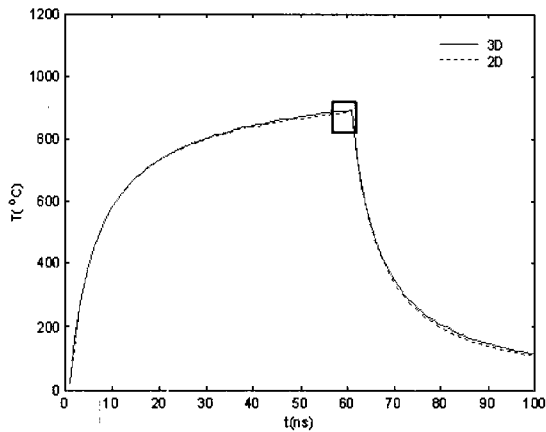


그림 1. 시간에 따른 온도 분포, 실선은 삼차원 전산 시뮬, 점선은 이차원 전산 시뮬 결과를 나타낸다. 60ns 부근의 사각형은 그림 2 참조.

그림 2. 우측 그림 1의 사각형 부분의 영역을 확대한 모습.

참고 문헌

1. C. Peng, L. Cheng and M. Mansuripur, "Experimental and theoretical investigations of laser induced crystallization and amorphization in phase-change optical recording media", J. Appl. Phys, vol. 82, pp. 4183-4191, 1997.
2. 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.
3. 김도형, "광기록매체용 Ge-Sb-Te 박막의 열전달 특성 연구", 석사학위 논문, 아주대학교, 2001
4. 김도형, 김상준, 김상열, 안성혁, "광기록매체용 Ge-Sb-Te 다층 박막의 광학적 특성 및 열전달 특성", 한국광학회지, 제 12권 5호(10월) 게재 승인, 2001
5. 김도형, 김상준, 김상열, 안성혁, "고용량 Rewritable DVD 디스크에서의 열전달 특성 분석", 한국광학회 동계학술발표회, 서울, 2001, p. 210.