

비트타입 3차원 광메모리용 저장매체 연구

Photosensitive Materials for Bit-Type 3D Optical Memory

이명규, *김은경, **임기수

연세대학교 신소재공학부, *연세대학교 화학공학과, **충북대학교 물리학과

myeong@yonsei.ac.kr

광기록의 역사는 1980년대초 Sony와 Philips가 공동 개발한 CD (compact disc: 640MB)의 출현으로부터 시작하여 1996년의 DVD (digital versatile disc: 4.7GB)를 거쳐 최근의 BD (Blu-ray disc: >20GB)에까지 이르고 있다. Read-only memory, recordable, rewritable 등 다양한 저장 및 재생방식이 존재하는데, 이는 레이저 조사에 의한 기록매체의 특성변화의 가역성 (reversibility)에 의존하므로 저장 및 재생방식에 따라 저장매체 또한 다르게 된다. 기록용량의 증가는 레이저의 파장이 짧아지고 동시에 사용된 렌즈의 개구수 (NA: Numerical aperture)가 증가함에 따른 빔 spot size의 감소에 기인한다. 회절한계를 극복하여 빔의 spot size를 줄이고자 하는 연구는 현재도 전세계적으로 활발히 이루어지고 있고 이러한 노력의 일환으로 어느 정도의 추가적인 저장용량 증가는 가능할 수 있으나, 2차원 방식으로는 대용량 광정보기록 (수백 GB ~ TB급)의 실현은 불가능하다는 것이 일반적인 예상이다. 한편 장기적으로 기존의 2차원 정보기록방식을 대체하고 저장용량을 획기적으로 증가시킬 수 있는 bit-type 3차원 광정보기록의 개념이 1990년을 전.후로 처음으로 제시되었다.^(1,2) 이는 2차원 bit 정보가 수십 내지 수백 개의 다층 (multi-layer) 형태로 기록되는 방식인데, 그동안 산업체의 관심이 상대적으로 높지 않았던 이유는 영화, 음악 등 엔터테인먼트 시장성 확대를 위해 Blu-ray disc나 HD-DVD에 대한 연구 개발에 치중해왔기 때문이다. 하지만 최근 급변하는 정보시스템 서비스 환경 속에서 정보유통량이 기하급수적으로 증가하고 있고 개인이 취급하는 정보량도 2010년경에는 수백 GB 단위가 될 것으로 예상되고 있으며 디지털 방송, 네트워크를 기반으로 한 서비스 수요 뿐 만 아니라 전자도서관이나 VOD (Video on Demand) 서비스 사업에 필수적인 수 TB급의 대용량 저장장치에 대한 수요 또한 크게 증가할 것으로 전망된다. 이에 따라 점차 그 물리적 한계에 다다르고 있는 기존의 2차원 정보저장방식을 대체하고 저장용량을 획기적으로 증가시킬 수 있는 3차원 정보기록 (> 10^{13} bits/cm³)에 대한 필요성이 대두된다.

그림 1은 3차원 정보기록의 원리를 간략히 보여주고 있는데 재료내부에 3차원 패턴을 형성하기 위해서는 특성변화의 비선형성을 이용한다. 레이저 조사에 의해 나타나는 특성변화는 물질의 종류, 레이저의 파장 및 power에 따라 굴절률 변화, 형광변화, 광변색 등 다양한 형태로 나타날 수 있으며 이러한 특성변화를 이용하여 기록된 정보를 재생한다. 그림 2는 Sm이 첨가된 sodium borate에서의 펄스초 레이저 (Ti: Sapphire laser, $\lambda = 800$ nm, 100 fs)에 의한 다층 패턴 기록의 예를 보여주고 있다. 여타 메모리 연구의 경우에서처럼 3차원 비트 메모리의 실현여부도 궁극적으로는 얼마나 우수한 성질의 기록매체를 개발하는가에 달려있다고 판단된다. 대용량 3차원 정보기록에서는 우선 bit의 크기가 작아야 하고, 기록된 정보를 정확하고 용이하게 읽어낼 수 있도록 높은 신호잡음비 (S/N ratio: signal-to-noise ratio)와 layer간의 낮은 cross-talk이 요구된다. 또한 저장매체의 광민감도가 높아 낮은 레이저 파워에서도 기록이 가능해야 한다. Bit 크기가 작아지고 layer간의 간격이 줄어들수록 재생 시 S/N ratio는 낮아지

고 cross-talk은 증가하므로 단순히 기록용량을 증가시키기 전에 이러한 요소들에 대한 고려가 필요하다.

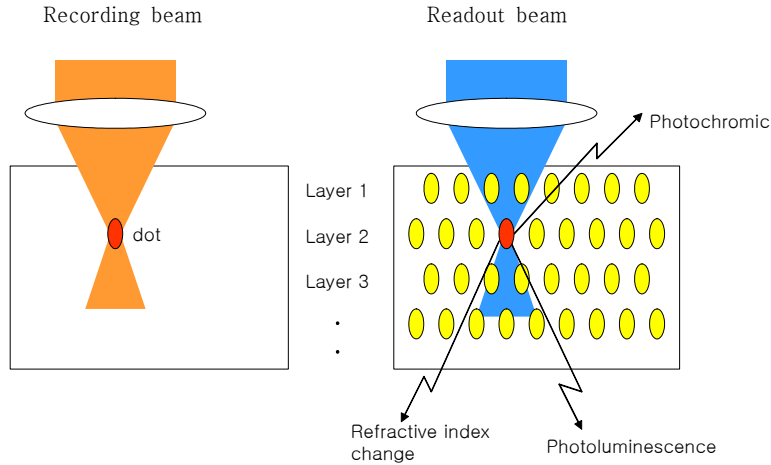


그림 1. 3차원 정보기록 (왼쪽 그림) 및 재생 (오른쪽): 3차원 패턴형성의 경우 물질의 비선형 특성을 이용하여 빔의 spot 부근에만 특성변화를 유도하고, 재생시에는 dot이 형성된 부분과 그 외 부분의 특성 차이 (굴절률 변화, 형광변화, 광변색 등)를 이용한다.

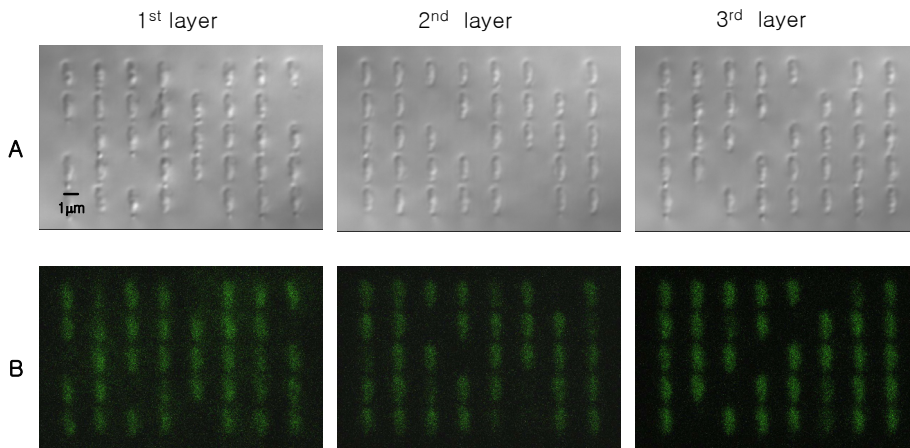


그림 2. Sm이 첨가된 sodium borate $[90(0.85\text{B}_2\text{O}_3-0.15\text{Na}_2\text{O})-10\text{Sm}_2\text{O}_3]$ 에 기록된 다층 패턴 (Layer 간격 = 8 mm)을 공초점 현미경으로 재생한 이미지, A: 굴절률 변화 패턴, B: 형광변화 패턴

본 발표에서는 현재까지 진행된 3차원 메모리 연구 전반과, 본 연구진이 수행하고 있는 광고분자 및 광민감성 유리를 저장매체로 한 3차원 비트 메모리에의 진행상황 및 향후 전망에 대해 언급하고자 한다.

Reference

1. D. A. Parthenopoulos and P. M. Rentzepis, "Three-dimensional optical storage memory", Science **245**, 843 (1989)
2. W. Denk, J. Strckler, and W. Webb, "Two-Photon Laser Scanning Fluorescence Microscopy", Science **248**, 73 (1990)