

## 자기 정보기록 재료의 박막화

기술해설 2

### The Thin Film Trend of Magnetic Information Recording Material.

연 구 호\*

(Kyu-Ho Yeon)

**Key Words(중요용어)** : Thin film(박막), Thermal evaporation(열증착), Electron beam evaporation(전자선증착)

#### I. 서 론

현대 사회는 정보화 시대라고 불릴 만큼 대량의 정보가 창출되어 유통되고 있으며, 그 정보량은 점차 증대되어 가고 있다.

정보 사회의 변화속도는 고대 이집트시대의 4천 년과 정보사회의 1년이 똑 같은 시간 가치를 가질 정도라는 일부 학자들의 분석도 있다.

21세기를 얼마 남겨 놓지 않은 지금 세계는 경제, 사회, 문화 등, 각 부분에서 변화의 발걸음을 더욱 빨리하고 있다. 세계의 각국이 자원 절약과 새로운 에너지 개발을 위한 연구개발 정책을 적극적으로 추진하면서 전자기술이나 에너지 기술의 발전에 필수적인 새로운 재료, 특히 자성재료의 연구 개발이 급속한 진전을 보게 되었다. 이러한 결과로 정보처리, 에너지 변환, 초전도체 디바이스, 초집적 소자 등 새로운 기능이나 우수한 특성을 가진 재료가 속속 개발되어 광응용 소자, 전자기기, 정보, 통신 및 기타 많은 분야에서 첨단소재로 각광 받기에 이르렀다.

특히 2000년대를 주도하게 될 정보기록 재료의 연구 개발은 많은 연구자들에게 관심의 대상이 되어 왔다. 이에 따라 정보의 저장 및 재현을 위한 자기기록 기기의 수요도 급증하고 있으며 자기 기록 기술도 보다 고 밀도화, 고 신뢰화, 대용량화의 방향으로 급속히 발전해 가고 있다.<sup>1,5)</sup>

세계 최초의 자기 기록 기술은 1898년 덴마크의 Valdemar Poulsen에 의해 발명 되었으며 그 후 많은 학자와 기술자 등에 의해 전자기학, 기계공학, 물리학, 화학, 금속, 전자재료 등 많은 분야에서의 연구개발에 의해 현재와 같이 여러 산업 분야에 있어서 매우 중요한 기술로 지위를 확고히 굳히게 되었으며 앞으로도 그 중요성은 대단히 확

대될 것으로 생각된다.

자기 정보 기록 매체에 있어서 자기기록 방식은 전류 혹은 전압의 시간적 변화로 된 어떤 정보를 자기 헤드라고 부르는 전자변환소자를 통하여 기록 매체인 자성 박막상에 자화의 강약 변화로서 공간적으로 기록하는 것이다.

그러므로 이러한 경우 자기헤드는 펜의 역할을 하게 되고, 자성 박막은 종이의 역할을 하는 셈이 된다. 또한 이와 같이 기록된 정보를 읽을 때는 재생헤드가 눈과 같은 역할을 하게 된다. 자기 기록 방식이 널리 쓰이는 이유는 단위 면적당 정보 저장 능력이 매우 크다는 점과 기록과 재생이 쉽고 또 지웠다 다시 기록을 할수 있는 장점을 들 수 있다.<sup>6),7)</sup>

자기 기록 기술의 동향은 음성, 영상, 디지털 통신 등 그 범위가 매우 넓으며 자기 기록 기기의 두뇌 역할을 하는 자기헤드 시장도 1980년경까지는 오디오 분야가 중심이었으나 계속 발전하여 VTR을 시작으로 디지털 오디오, 플로피 디스크장치, 고정 자기 디스크 장치 등 그 범위가 날로 확대되고 있으며 응용면에 있어서도 다양화의 시대가 전개되고 있다. 자기 헤드의 성능면에 있어서도 고 밀도기록화의 요구에 따라 종래 벌크 형태 재료의 응용으로 부터 점차 고 밀도 실장 기술을 응용한 박막재료의 실용화가 진행되고 있다.<sup>8)</sup>

또한 정보기술 방식도 analog와 digital방식의 혼재로 부터 점차 digital화로 진행되고 있다.

정보의 양적 측면으로 볼때 컴퓨터용 외부 기억 장치 분야에서는 반도체의 고집적화로 컴퓨터가 소형, 고성능화되면서 이에 상응하여 정보처리량도 많아져 외부 기억 장치에도 정보기록 용량이 매우 크고 access시간이 매우 짧은 장치의 필요성을 급격히 요구하게 되었다. 이러한 요구와 더불어 audio, video 분야에서도 analog 신호를 digital 신호화 하기 시작하면서 정보처리량이 많아지는 등

\* : 충주산업대학교 전자통신공학과

고밀도 기록매체의 필요성이 가진분야에도 급증하여 재래의 자성분말도포식 매체에서 박막매체로 그 경향이 옮겨 가고 있다.<sup>13)</sup>

## II. 박막 형성기술

### 1. 진공증착법

진공증착법에는 thermal evaporation, electron beam evaporation, sputtering 등이 있다. 이 방법들 중에서 기능적으로 공통적인 장치는 다음과 같다.

증착 할려는 물질과 증착되는 기판이 들어갈 bell jar가 있고 이 진공용기를 배기 시키기 위한 mechanical pump와 diffusion pump가 있으며 진공 용기의 진공도를 측정하기 위한 진공 게이지 및 이온 게이지가 있다. 이 이외에도 진공용기와 각 펌프사이에 진공 밸브가 있어 배기순서와 공기 유입을 조정한다.

#### 1) Thermal evaporation

열증착법은 진공내에서 증착물질을 가열하여 기판위에 박막을 형성하는 방법이다. 증착물질의 가열증발원으로는 필라멘트 또는 보우트 형태의 W, Mo, Ta등을 사용한다. 이 이외에도 사용목적에 따라 여러가지 형태의 가열원이 있는데 증발원을 가열 물질에 따라 적절히 선정하지 못하면 증발원과 가열 물질사이에 합금이 되는 경우도 있고 증발원에서 오염물질을 방출하는 경우가 있어서 증발원 선정에 신중을 기해야 한다.

#### 2) Electron beam evaporation

전자선 가열 증착법은 많은 양의 전류에 의해 가열된 W 필라멘트에서 방출되는 열전자를 고전압으로 가속시키고 자장을 이용하여 증착하려는 물질의 표면에 집중가열시켜 증발시킨다. 이 방법에서 기판은 고진공실에 설치하고 원하는 성분의 분자선 또는 원자선을 기판위에 충돌시키는 것이다. 기판에 겨냥을 맞춰 이들 각 성분들의 beam이 진공속으로 사출되어 표면위로 행하게 된다. 이들 원자선이 기판표면과 충돌하는 비율은 정확히 조정될 수 있다. 물질의 조성 비율을 급격히 바꾸려면 각각 beam의 출구 앞 shutter를 조정해 주면된다.

이러한 방법은 많은 기능을 나타내기 때문에 서로 다른 물질의 층을 그대로 형성할 경우 매우 매력적인 방법이 될 수 있다.

#### 3) Sputtering

sputtering하는 방법은 표적물질에 Ar이온을 고속 충돌시켜 Ar이온의 운동량이 표적물질에 전달되어 표적물질 표면으로 부터 증착 입자가 튀어나오도록 하는 것이다. 이러한 증착기구로 인하여 녹는 온도가 매우 높은 물질도 증착할 수 있고 증착시 박막의 오염도 막을 수 있다.

### 2. Liquid Phase Epitaxy

액상에피택시 기법은 substrate위에다 얇은 결정층을 성장시키는 방법이다.

이와같이 한 기판위에 결정층을 성장시키는 과정에 있어서 liquid phase epitaxy에서는 용해액을 여러가지 방식으로 substrate 위에다 얹어 놓을 수 있다. 가장 직접적인 방법은 기판을 습동판 위에 얹어 놓고 이것을 움직여 용융체가 들어있는 pocket으로 밀어 넣는 것이다. 결정층이 이루어진 후에는 표면을 다음 공정인 pocket으로 넣으면서 세척과정을 거쳐 깨끗이 세척을 한다.

이러한 과정을 거쳐 결정층을 성장시키는 방법의 장점은 물질 본래의 용점보다 낮은 온도에서 결정층을 형성시킬 수 있는 점이다.

그러므로 보다 낮은 온도에서 결정층을 형성시키고자 할 때는 매우 고무적인 방법중의 하나이다.

### 3. Vapor Phase Epitaxy

기상에피택시 기법은 기판위에 형성시킬 재료를 vapor 또는 화학적 증기의 혼합물을 이용하여 형성시키는 방법이다.

직접적인 방법은 기판을 실리카관 속에 넣고 형성시킬 재료의 가스를 주입하면서 실리카 관을 가열한다. 그러면 화학반응이 관속에서 일어나기 때문에 기판위에 형성시킬 물질이 성장을 하여 기판위에 층을 형성하게된다. 이 방법은 기판위에 형성시킬 물질의 농도와 종류를 용이하게 조절할 수 있는 이점이 있다.

## III. 정보기록 매체의 박막화

정보 기록 매체는 제조하는 방법에 따라 분류해 보면 분말도포형과 박막형의 2가지가 있는데 도포형 매체의 경우는 자성분말이 자성층의 70~80% 정도가 되는데 반해서 박막형은 전체가 자성체이기 때문에 기록밀도가 대단히 높으며 동일한 밀도라면 도포형보다 출력이 높아서 훨씬 우수한 출력 특성을 가진다.

그러나 한편으로는 기기에 실제로 사용할 때는 헤드와의 tribology문제 특히 마모, 내식성의 문제가 좀더 연구되어야 하기 때문에 현재는 hard disk의

일부를 제외하고는 실용화의 초보단계에 있다.

1. Hard disk

hard disk는 알루미늄 합금으로 된 disk위에 자성층을 형성하여 사용하는 외부 정보기록용 매체로서 표 1.에 나타난 것처럼 도포막법, 스파타법, 도금법의 3종류 제조 방법을 사용한다. 중형과 대형 컴퓨터에 사용하는 디스크는 분말도포막법을 사용하고 있는데 재료로서는  $rFe_2O_3$  분말을 증착하여 사용한다. 또한 최근에는 연속막으로 형성된 박막형 disk가 개발되어 일부 실용화되기 시작하고 있다.

스파타법에 의해 제조된  $rFe_2O_3$ 박막은 주로 대형 disk용으로 사용되며, 도금법이나 도포막법에 의해 제조된 Co-Ni 합금계 disk는 소형disk용으로 personal computer에 많이 사용되고 있다.

현재 자성층 두께도 분말도포의 경우

표 1. Hard disk의 제조과정  
Table 1, Manufacturing process of Hard disk.

공정 방법	기판	자성층	표면처리
산화물계 디스크 매체	<ul style="list-style-type: none"> <li>경면 finish turning</li> <li>기판의 anodization polishing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fe reactive 스파터링</li> <li><math>Fe_2O_3</math>의 환원</li> <li><math>Fe_3O_4</math>의 산화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>윤활제 스프인코팅</li> <li>Burnishing</li> </ul>
금속계 박막 디스크 매체	스파터	<ul style="list-style-type: none"> <li>경면 finish turning</li> <li>Ni-P무전해도금</li> <li>grinding and polishing</li> <li>Cr스파터링</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ni-Co 스파터</li> <li>carbon 스파터링</li> <li>Burnishing</li> </ul>
	도금	<ul style="list-style-type: none"> <li>경면 finish turning</li> <li>Ni-P무전해도금</li> <li>grinding and polishing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ni-Co-P 무전해도금</li> <li>polysilicate 필름 스프인코팅</li> <li>아닐링</li> <li>윤활제 스프인코팅</li> <li>Burnishing</li> </ul>

0.5~0.6[ $\mu$ m] 정도의 얇은 막이 제조되고 있다. 이와 같이 매체에 있어서 두께가 얇아지면 고밀도 기록용에는 우수한 특성을 지니지만 한편으로는 출력이 낮아지는 단점이 내포되기도 하여 어느

한계 이상 얇아지기가 어려울 뿐만 아니라 제조 특성상 부득히 존재하는 표면의 조도가 비교적 크기 때문에 분말의 미립화와 동시에 분산기술의 개선, 표면 가공 기술의 발달이 병행되어야 자성층 두께가 더욱더 얇아질 것으로 전망되며 현재로서는 어느정도의 한계에 도달한 것 같다. 따라서 이와같은 이유로 인하여 박막매체가 절실히 요구되고 있다.

또한 head의 종류, head flight height, drive system 등에 따라 기록선 밀도, 재생출력, 노이즈 등이 다르게 나타나지만 스파터  $rFe_2O_3$ 막과 도포막을 비교해 보면 비슷한 head를 사용하였을 경우 연속 박막이 선기록밀도, 세상출력이 높고 노이즈는 낮은 특성을 나타낸다. 표 1.에서 보여주고 있는 hard disk의 제조 공정시 어느 방법이든 기판은 Al-Mg 합금 디스크를 사용한다. 그러므로 기판에 pinhol, 식출물 등의 결함이 적어야 한다.

기판위에 자성층을 형성할 때에도 기판에 요철 부분이 존재한다든가, 불순물이 남아 있으면 자성층 형성시 요철 형태로 된다든가 결함부분에 자성막이 형성 되지 않아 제품으로서 가치를 잃게 되는 경우가 있다. 표면 처리에 있어서도 매우 얇은 박막이기 때문에 산화나 부식형 분위기에 쉽게 노출될 수 있어서 이를 방지해야 하며, disk를 회전시키기 시작할때나 정지시킬때 자성층을 마모시키거나 스크래치를 만들 가능성이 크기 때문에 윤활성이 요구된다.

이러한 요구에 부합할 수 있도록 하기 위하여 여러가지 다층막을 입혀주어야 하는데 막의 두께와 스페이싱 로스가 적어 재생출력이 높아지는 것과의 관계는 반비례한다. 그러므로 막이 매우 얇으면서 이러한 역할을 할 수 있는 층의 박막화가 시급한 실정이다.

1. Magnetic garnet thin film.

Magnetic bubble memory device<sup>1)</sup>는 전전자식 memory소자로서 non-volatile특성을 가지고 있다. 그러므로 기존의 자기기억장치와는 다르게 기계적인 부품을 포함하지 않아 동작수명의 연장을 가져오고, 주변의 제반 어려운 여건이나 고신뢰도를 요구하는 분야로 점차 그 응용 범위를 확대하여가고 있다. 현재까지 대표적인 응용분야를 들면 전자교환장치, 동작기계의 수치제어, 공장자동화, 항공분야, 전자통신분야 등이다. bubble소자는 반도체 기억소자와 거의 비슷한 방법으로 생산되고 있으며 4M bit 칩이 실용화 되고 있다. vertical bloch line 기억소자<sup>2)</sup>는 bubble소자로 부터 발전된 새로운 기억소자로 magnetic domain wall에 존재하는 vert-

ical bloch line pair를 기억단위로 사용함으로써 magnetic bubble자체를 기억단위로 사용하는 bubble소자보다 기억밀도를 크게 신장시킨 소자이다. 현재 일본, 미국, 유럽 각국의 산업체와 연구기관에서 활발히 연구되고 있다. 현재 이러한 magnetic bubble 및 vertical bloch line 기억소자의 재료로서는 magnetic garnet이 유일하게 사용되고 있으며 비자성 garnet기판위에 magnetic garnet박막을 액상 성장법으로 성장시키는 방법이 일반적으로 채택되고 있다.

magnetic garnet thin film은 기판위에 liquid phase epitaxy 방법으로 성장시키는 것이 일반화된 방법이다.<sup>8)</sup> liquid phase epitaxy 방법에 의해 실용화되고 있는것은 4 inch 기판에 dislocation 밀도가  $0.5/cm^2$  정도인 것이었다.

## 2. 광 자기 기록재료의 박막

광자기 기록매체의 일반적인 박막합성법으로 알려진 magnetron sputtering법은  $10^7$  torr 이하의 진공도가 요구되며 플라스틱 기판을 사용할 경우 예비가열 및 장시간의 배기에 의해 충분한 탈수처리가 요구된다. 보호막으로 사용되는 물질로서는 산화물 또는 질화물계가 사용되고 있다. 합금화 sputtering 하는 방법으로는 composite target sputtering, co-sputtering, alloy target sputtering 법 등이 있으나 대량생산이 필요할 경우는 alloy target, inline sputtering방법이 생산 효율면에서 매우 좋은것으로 알려져 있다.

신뢰성 측면으로 생각해 볼때 광자기 디스크를 디지털 메모리로 사용할 경우 데이터의 bit error rate가 문제가 된다. 일반적으로 video 메모리용으로는 bit error rate가  $10^{-8}$ 이하 정도, audio 메모리 용으로는  $10^{-9}$ 이하, 데이터 메모리 용으로는  $10^{-12}$  이하가 요구되고 있다.<sup>9)</sup> 광자기 디스크의 bit error 가 발생하는 원인은 sputtering시 발생하는 막의 pin hole이며 이러한 pin hole의 원인은 박막제조 시 기판의 결함, 먼지 등이 주종을 이룬다.

그러므로 박막을 형성하기 전에 기판의 청결과 결함등 이상 유무를 반드시 확인하고 세척 또한 게을리 하여서는 안되며 clear room에서 제조하는 것을 적극 권장하고 있다.

## IV. 결 론

자기정보 기록매체 분야에서 지금까지 사용되어 온 방법을 개선하려는 노력이 활발히 진행되고 있다. 좀더 발전되고 진보적인 방법으로서의 기록매

체 재료의 개발도 있겠으나 보다더 많은 양의 정보를 기록 저장하기 위하여 박막화의 문제는 더할 나위 없는 필수적인 것이라 할 수 있다.

현재 수요가 급격히 늘고 있는 스파터된 hard disk용 박막에 있어서도 코팅문제가 완전히 해결 되지 않고 개선의 여지가 아직도 많이 있다.

광자기 기록 매체의 박막화에 있어서도 가격의 저렴화 고속기록재생 고속 access성, 용량 증가 등을 들수 있는데 제품의 제조시 여러가지 박막화 기술을 향상 시켜야 할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. A. J. Perneski : IEEE Tran. Magn., (MAG-5), p. 554, (1969).
2. A. H. Bobeck and I. Danylchuk : IEEE Tran. Magn., (MAG-13), p. 1370, (1977).
3. S. Iwask : and k. ouchi : IEEE Tran. on Mag., (MAG-14), p. 849, (1978).
4. J. K. Watson : "Applications of Magnetism", A. Wiley-Interscience Publication, New York (1980).
5. T. Osaka, N. Kasai, I. Koiwa and F. Goto : J. Electrochem. Soc., 130, p. 790 (1983).
6. R. D. Fisher, V. S. Au yeung and B. B. Sabo : IEEE Tran. on MAG. (MAG-20), p. 806 (1984).
7. Mark H. Kryder : Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Des VLSI Comput. 1985, pp. 7-11 (1985).
8. J. C. Mallinson. IEEE Trans. Mang. (MAG-21), 3, pp. 1217-1220 (1985).
9. Tatsuo Fujiware : IEEE Trans. Magn., (MAG-21), 5, pp. 1480-1485 (1985).
10. M. H. Kryder : J. Appl. phys. 57, pp. 3913 (1985).
11. C. D. Mee and E. D. Danied : "Magnetic Recording", Mc Graw-Hill Book Co., New York (1987).
12. T. G. Crandal et al. : ibid.,(MAG-23), No. 1, pp. 36-38 (1987).
13. Claude Bonnebat : IEEE Trans. Magn., (MAG-23), 1. pp. 9-15 (1987).
14. G. C. Kenney, et al., "An optical disk replaces 25maq, tapes", IEEE Spectrum, Vol. 16, pp. 33-38 (1979).
15. L. Vrieus, B. A. T Jacobs, "Digital optical recording with tellurium alloys" Philips

Tech, Rev., Vol.41, No. 11, pp. 313-314 (1984).

16. A. E. Bell, "Recording mechanisms in antireflection trilayer structures", J. Appl. Phys., Vol. 53, pp. 3438-3443 (1982).



**연구호**

1949년 7월 20일생. 1977년 2월 동아대학교 공대 전자공학과 졸업(공학사). 1979년 2월 동아대학교 대학원 전자공학과(석사). 1988년 2월 동아대학교 대학원 전자공학과(공학박). 1994년 현재 충주산업대학교 전자통신공학과 교수.

■ 9월호의 기술해설 제목과 저자는 다음과 같으니 많은 참조 바랍니다.

제 목	저 자	소 속
강유전체 세라믹 박막의 제로기술 및 그 응용	김호기 장건익	과학기술원 전자세라믹 연구센터
세라믹 센서의 현상과 장래 동향	박준배 송민종	원광대학교 전자재료공학과