

## 부식작용으로 인하여 디스크면으로 이동된 코발트가 Thermal Asperity 현상에 미치는 영향

좌 성 훈

삼성전자(주) 스토리지사업부

### The Study of Corrosion Induced Co migration and Its Effects on Thermal Asperity Phenomenon

Sung-Hoon Choa

Samsung Electronics, HDD Division

**Abstract** – Corrosion of the disk has been an ongoing concern for the manufacturers of hard disk drives. With the advent of magnetoresistive (MR) head, very low levels of corrosion and contamination become more critical since the raised defects and corrosion products on the disk surface anything that heats the MR sensor due to the contact can distort the output signal of the head. This phenomenon is called as thermal asperity. In this paper, the effect of corrosion as a form of Co migration on the occurrence of thermal asperity in MR drives was investigated. The corrosion test at high temperature (60°C) and high relative humidity (80%) was emphasized in this study and the testing results at ambient condition were compared. The corrosion on the disks was characterized as the amount of Co ion migration using an ion chromatography (IC) and a time-of-flight secondary ion mass spectroscopy (TOF-SIMS). It is proved that corrosion on the disk surface after storage testing is closely correlated to the amount of Co ions migration from the magnetic layer to disk surfaces and higher Co migration causes more thermal asperities in the drive. In order to reduce Co migration, several methods such as burnishing process and structure of the carbon overcoat were investigated. It is found that the hydrogenated carbon overcoat shows the least Co migration among different types of overcoat layer. However, the most effective way to reduce Co migration is the application of Cr layer between the overcoat and the magnetic alloy layer.

**Key words** – hard disk drive, corrosion, cobalt migration, thermal asperity.

#### 1. 서 론

하드디스크 드라이브에 있어서 가장 중요한 것은 신뢰성이다. 이는 하드디스크 드라이브가 불량에 발생하였을 경우 드라이브 자체보다는 그 안에 저장되어 있는 정보들을 잃어버릴 가능성이 높기 때문이다. 하드디스크 드라이브의 신뢰성에 영향을 가장 미치는 요소는 드라이브에 사용되는 디스크의 부식현상 및 오염의 정도이다. 이러한 현상은 최근 저장 밀도를 증가시키기 위하여 헤드와 디스크의 부상높이를 줄이고, 자기저항헤드(magnetoresistive head, MR head)를 사용하기 시작하면서부터 더욱 중요시되고

있다. 특히 자기저항헤드를 사용한 경우 대부분의 드라이브 불량이 디스크 표면에 존재하는 오염물질 및 입자 등과의 충돌로 인해 발생하는 thermal asperity (TA)[1]라는 현상에 기인한 것으로 드라이브내의 오염관리 및 부식방지가 중요한 이슈로 떠오르고 있다. TA 현상은 헤드가 동작중일 때 디스크상의 오염물질이 동작중인 헤드와 충돌할 정도로 클 경우에 발생한다. 자기저항헤드의 경우 기록방식은 기존의 박막헤드(inductive head)와 비슷하지만 기록된 정보를 읽을 때는 pole tip 사이에 있는 자기저항소자(MR element)가 이용된다. 자기저항소자는 자장이 변하면 저항이 변하는 물질로서 열이 발생하면 역시 저항이

변하게 된다. 동작중인 헤드가 디스크 표면에 존재하는 먼지입자나 헤드 부상높이보다 높은 오염물질과 충돌한 경우 순간적으로 열이 발생하게 되고 자기저항소자의 저항의 변화를 초래한다. 이에 따라 재생신호(readback signal)의 왜곡을 초래하게 되어 드라이브에 에러를 발생시킨다. 이러한 현상을 thermal asperity 현상이라고 한다. 따라서 자기저항헤드를 사용할 경우 표면의 이물질을 철저히 제거해야 하고 또 이러한 물질은 하드디스크 드라이브 사용 중에 발생하지 않아야 한다. 조립이전의 오염물질의 경우 세척으로 대부분 제거할 수 있다. 그러나 사용 중에 드라이브내에서 발생된 오염물질이나 디스크의 부식으로 인하여 디스크 표면 위에 생성된 부식물질(corrosion products)의 경우는 조립공정에서 제거할 수가 없으며 드라이브의 신뢰성에 치명적인 영향을 미친다.

드라이브에 사용되는 박막 디스크(thin film disk)는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 알루미늄 기판 위에 각기 다른 물질로 구성된 여러 개의 층으로 형성되어 있으며 그 제작 과정이 Fig. 2에 나타나 있다. 우선 알루미늄기판 위에 기판의 강도를 증가시키기 위하여 Ni-P층을 증착시킨다. Ni-P의 증착후 표면의 결함 및 표면거칠기를 줄이기 위하여 slurry를 이용하여 polishing을 한 후, 디스크 면에 일정패턴의 texturing을 하여 마찰 및 stiction을 줄이도록 한다. Texturing 과정이 끝나면 표면에 부착되어 있는 이물질을 제거하기 위한 세척과정을 거쳐, 데이터의 기록 및 재생이 이루어 지는 자성층을 증착한다. 자성층은 주

로 Co, Cr 및 Ta 등의 원소로 이루어져 있다. 자성층 위에는 자성층을 마모 및 부식현상으로부터 보호하기 위한 보호막층을 증착한다. 이 보호막층은 주로 diamond-like-carbon(DLC) 코팅막으로 이루어져 있으며 카본 오버코트(carbon overcoat) 층이라고도 불리운다. 보호막층의 윗면 즉, 디스크의 가장 윗부분은 슬라이더와 디스크의 마찰을 줄여주기 위해 도포된 수 Å 두께의 윤활층이 있다. 윤활층의 도포를 마친 후에는 디스크 표면의 결함 및 요철 부분을 제거하기 위하여 사용된 헤드보다 낮은 부상높이를 갖는 슬라이더를 사용하여 표면을 burnishing(연마) 한 후, glide height 시험을 하여 디스크의 결함이 있는지의 여부를 검사한다.

디스크의 부식 메커니즘은 일반적으로 electrochemical 과정으로 알려져 있으며[2,3] 따라서 부식은 온도 및 습도가 높은 상태에서 주로 가속된다. 디스크의

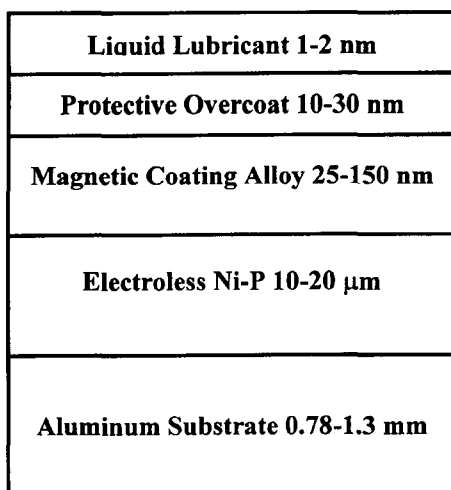


Fig. 1. Sectional view of thin film disk.

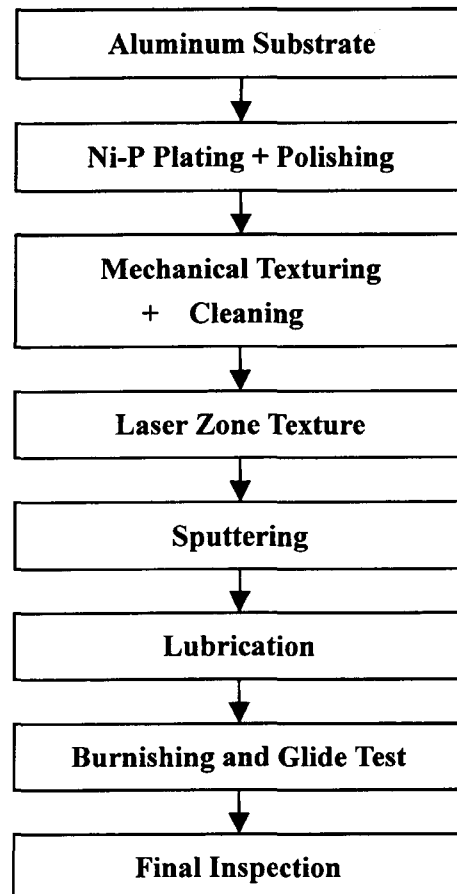


Fig. 2. Brief overview of disk manufacturing process.

부식은 주로 부식성이 비교적 높은 성분인 자성층의 코발트(Co) 성분에 의하여 진행된다고 알려져 있다 [3,4]. 비록 카본 오버코트 보호막이 디스크의 부식현상을 막기 위하여 증착되어 있으나 100~300 Å 두께의 보호막에는 많은 pin-hole과 결함(defect) 및 scratch들이 존재한다. 따라서 디스크 표면 위에 습기 및 부식성이 강한 물질 등이 과도하게 존재하였을 경우, 디스크 표면과 자성층사이의 전위차에 의하여, 즉 galvanic 작용[5]에 의하여 코발트 이온 등이 보호막층의 pin-hole이나 결함이 있는 부분을 뚫고 디스크 표면위로 이동(migration)하게 된다. 그 후 디스크 표면 위의 물분자 및 기타 오염물질과 화학적인 반응을 하여 디스크 표면 위에 Co-rich한 부식물을 생성하게 된다. 이렇게 디스크 표면 위에 생성된 부식물의 높이가 헤드의 부상높이 보다 클 경우 헤드가 동작 중 부식물과 충돌하면서 TA를 일으킬 가능성이 높다. 따라서 코발트 성분의 이동을 관리하는 것이 매우 중요하게 되었다. 현재까지 부식현상을 초래하는 코발트 이온의 이동(migration)에 관해서는 확실히 이해되지 않고 있으며 특히 코발트 이온의 이동에 의하여 형성된 Co-rich 부식물이 TA 현상의 발생에 미치는 영향에 관해서는 연구가 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 고온고습 환경하에서 코발트 이온의 이동에 영향을 주는 여러 인자들을 고찰하였으며 디스크 표면위로 이동된 코발트 이온의 양과 TA 발생량과의 상관관계를 연구하였다. 또한 코발트의 이동을 감소시키기 위한 여러 방법들, 즉 디스크의 burnishing 과정, 보호막층의 미세구조, 그리고 자성층과 보호막층 사이에 크롬막을 적용하였을 경우에 관한 영향 등에 관하여도 검토하였다.

## 2. 실험방법 및 장치

본 실험에서는 여러 디스크 업체에서 제작된 A, B, C, D, E의 5가지 종류의 디스크 샘플을 사용하여 고온고습하에서 코발트의 이동에 관하여 연구하였다. 사용된 디스크들은 직경이 95 mm인 알루미늄을 기판으로 하여 제조되었으며 자성층은 주로 CoCrTa의 합금으로 구성되어 있으나, 그 조성은 각 업체 샘플에 따라 약간씩 달랐다. 보호막층은 미세구조가 서로 다른 DLC 코팅으로 이루어져 있으며 평균두께는 140 Å이었다. 한편 사용된 윤활막층은 모든 디스크에 동일하게 perfluoropolyether (PFPE) 윤활유를 사

용하여 도포 되었으며 평균 두께는 20 Å이었다. 고온고습 보존실험은 디스크를 60°C의 온도와 80%의 상대습도(relative humidity) 하에서 96시간 동안 시험 챔버에 보존하여 수행하였다. 시험 도중 온도 및 습도의 갑작스러운 변화로 디스크 표면에 물이 응축되는 것을 방지하기 위하여 챔버내의 온도 및 습도의 증가를 최소화 시켰다. 디스크 표면에 존재하는 코발트 성분의 측정은 고온고습 보존실험을 거친 시료와 거치지 않은 시료에 대하여 각기 수행되었다. 우선 디스크 샘플을 플라스틱 비이커에 넣은 다음, 불순물이 제거된 순수(de-ionized water)를 50 ml 넣고 50°C에서 15분간 보존후 U/S(Ultrasonication)를 3분간 가한다. 이와 같은 방법으로 추출된, 즉 순수 속에 용해된 코발트 이온의 농도를 transition metal ion chromatography(TM-IC)를 사용하여 측정하는 방법을 취하였다. 한편 디스크 표면의 국소적인 부분에서의 코발트 이온의 농도를 측정하기 위해서 time-of-flight secondary ion mass spectroscopy(TOF-SIMS) 기기를 별도로 사용하였다. TOF-SIMS 분석에서는 15 Kev pulsed Ga liquid metal ion gun을 사용하였으며 ion beam의 측정면적은 200 μm×200 μm, 측정시간은 각 스펙트럼당 5분이었다.

디스크 상에서 TA가 발생되었는가의 여부는 Guzik spinstand 시험기를 이용하여 디스크 위에 일정패턴의 신호를 기록 및 재생하여 그 신호를 오실로스코프로 분석함으로써 판단하였다. TA가 발생된 부분의 재생신호를 오실로스코프로 보면 Fig. 3과 같이 해

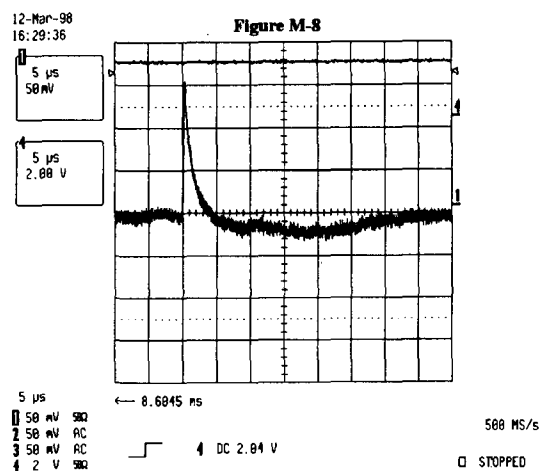


Fig. 3. Readback signal of MR head during thermal asperity phenomenon.

드가 디스크의 돌출물에 충돌한 순간 재생신호는 급격히 증가하게 되며, 그 후 서서히 감소하게 된다. 이것은 전술한 바와 같이 헤드가 디스크상의 돌출물과 충돌할 경우 순간적으로 열이 증가되어 자기저항 소자의 저항에 변화를 미침으로써 동시에 헤드로부터의 재생신호를 왜곡시키는 것이다. TA 시험에서 사용된 헤드는 저항 35 ohm의 자기저항헤드이며 15 MHz의 주파수를 사용하여 기록 및 재생하였다. 헤드의 슬라이더는 nano(50 percent) 크기의  $Al_2O_3$ -TiC 재질로 만들어졌으며, 디스크의 회전속도 5400 rpm에서 약 40 nm(1.6  $\mu$ in)의 부상높이를 갖도록 설계되어 있다. 디스크는 laser zone texture를 parking zone에 적용한 자기저항 드라이브용의 디스크이며 평균 기록밀도는 2 Gb/in<sup>2</sup>이며 트랙의 피치는 2.5  $\mu$ m 였다.

### 3. 결과 및 고찰

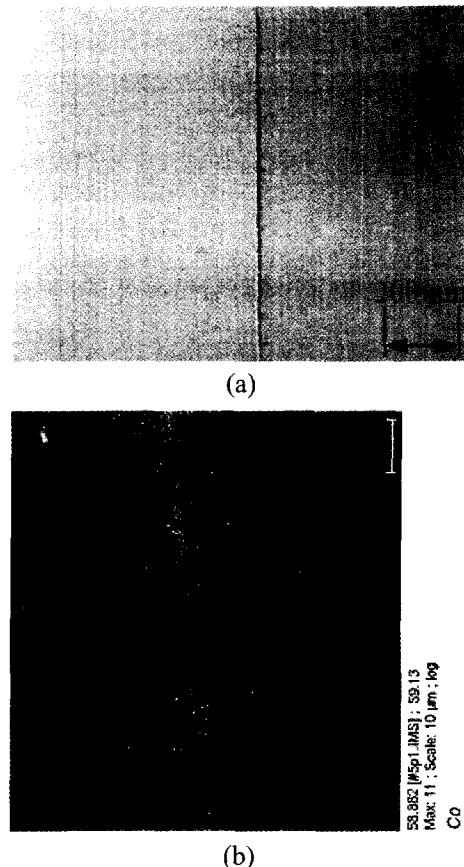
Table 1은 60°C와 80%의 상대습도하에서 96시간 보존하기 전과 보존한 후의 각 디스크 샘플에서 발생한 TA의 수와 ion chromatography(IC)를 사용하여 측정된 코발트 이온량을 나타내고 있다. 각기 5장의 디스크가 사용되었으며 TA 시험의 경우는 디스크의 양면, 즉 전부 10면에 대하여 수행되었다. Table 1에서 보듯이 TA는 보존하기 전의 디스크 샘플에서는 발생하지 않았다. 그러나 고온고습 보존후 A 디스크를 제외하고는 모든 디스크에서 많은 수의 TA가 발생하였다. 한편 고온고습 보존후에 코발트의 양도 매우 증가됨을 알 수 있다. 실제로 TA의 발생수는 측정된 코발트의 양과 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있다. 즉 코발트 이온의 양이 증가하면 증가하는 정도에 따라 TA의 발생량의 증가도 비례함을 알 수

**Table 1. The number of TA found and Co ion migration measured by ion chromatography before and after storage test**

Disk	Before storage		After storage	
	No. of TA (count)	Co ( $\mu$ g/disk)	No. of TA (count)	Co ( $\mu$ g/disk)
A	None	<0.005	0	<0.005
B	None	<0.005	3	0.011
C	None	0.110	4	0.360
D	None	0.075	5	0.480
E	None	0.610	23	1.000

있다. 한편 A 디스크에서의 코발트양은 IC 시험기의 측정한계, 즉 0.005  $\mu$ g/disk 보다 적어 측정이 불가능하였다.

TA를 일으킨 원인을 찾기 위하여 디스크에서 TA가 발생된 부분을 현미경과 SEM(scanning electron microscopy)으로 관찰하였으며 또한 TOF-SIMS를 사용하여 화학분석도 병행하였다. TA의 주요 원인은 Fig. 4(a)와 같이 대부분 디스크에 형성된 texture scratch이며 이를 통해 성장된 부식물임을 알 수 있었다. Texture scratch 부분을 TOF-SIMS를 이용하여 분석한 결과 Fig. 4(b)와 같이 texture scratch를 따라서 코발트 이온의 농도가 매우 높음을 알 수 있었다. 그러나 코발트와 함께 자성층의 물질들인 크롬(Cr)과 탄탈륨(Ta)은 발견되지 않았다. 한편 texture scratch가 존재하지 않는 디스크의 다른 부분을 분석한 결과 코발트 이온의 농도는 매우 적었다. Texture scratch



**Fig. 4. (a) Texture scratch after storage test (b) TOF-SIMS mapping of texture scratch area.**

부분을 AFM(Atomic Force Microscopy)을 이용하여 측정된 결과 Fig. 5와 같이 높이가 55 nm의 크기로 디스크 위에 돌출되었으며 이 높이는 사용된 헤드의 부상높이보다 큰 것이다. 위의 분석 결과로부터 texture scratch를 따라서 성장된 물질은 Co-rich한 부식물임을 알 수 있다. 원래 texturing의 목적은 디스크와 헤드사이의 마찰 및 stiction을 방지하기 위하여 디스크 표면에 약간의 거칠기를 주기 위한 것이다. 그러나 디스크에서 국부적으로 texturing이 과도하게 발생되어 보호막층의 두께와 같거나 또는 더 깊은 scratch를 발생시킬 경우, 고온고습의 조건에서 자성층에 존재하는 코발트가 scratch를 통해서 디스크 표면으로 이동하여 부식물을 형성하는 것으로 추정된다.

한편 일반적인 texture scratch 외에 TA는 “hair-line scratch”라고 하는 형태의 scratch에서도 발생하였다. Hair-line scratch는 Fig. 6과 같이 통상적인 texture line에 접선 방향이나 비규칙적인 방향으로 향해 있기 때문에 규칙적인 형태로 존재하는 texture 무늬와 쉽게 구별된다. Hair-line scratch는 일반적으로 1~4 mm의 길이와 1 μm 미만의 폭을 갖고 있다. 고온고습 후의 TOF-SIMS 분석결과 hair-line scratch를 따라서 코발트 이온이 높게 발생되었으며, 따라서 Co-rich한 부식물이 헤드의 부상높이 보다 높게 돌출되어 있음을 알 수 있었다. Hair-line scratch의 형태로 미루어 볼 때, hair-line scratch는 texturing 후의 세척과정이나 burnishing 과정 중에서 발생된 것으로 생각된다. 특히 burnishing 과정 중에 생긴 scratch는 이미 증착된 보호막층을 벗겨 버림으로써 보통의 texture scratch 보다 오히려 부식에 취약하다고 할 수

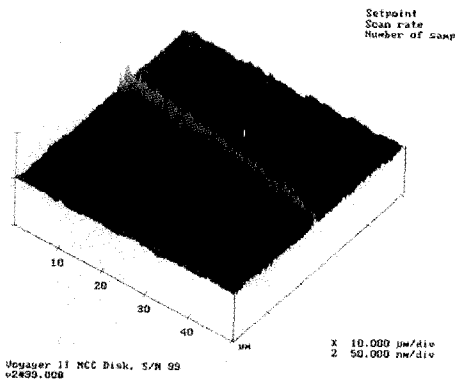


Fig. 5. Surface profile scan of texture scratch area by AFM.

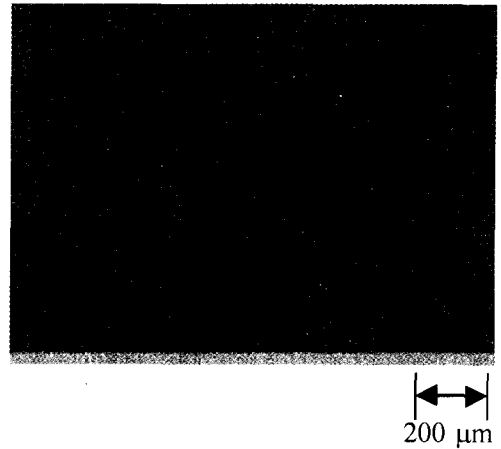


Fig. 6. Typical picture of hair-line scratch in the disk surface.

있다. 따라서 hair-line scratch는 코발트 이동의 주요 원인이 되고, 동시에 TA 발생의 주요 원인이 된다고 생각된다. 실제로 C 디스크인 경우 대부분의 TA는 hair-line scratch로 인하여 발생된 것이다. Hair-line scratch를 감소시키기 위하여 burnishing 과정 중에서 사용되는 burnishing 테이프나 세척과정의 조건 등을 변경하여 scratch의 발생을 최소화하면 Table 2에서와 같이 고온고습 보존 후 디스크의 코발트양이 감소함을 알 수 있다. 그러나 감소된 코발트의 양은 A와 B 타입에서 검출된 코발트의 양과 비교하여 보았을 때 아직도 큰 값을 보여주고 있어 위에서 수행된 개선의 효과는 비교적 적음을 알 수 있다. 따라서 burnishing 과정이나 세척과정을 향상시킨다 하더라도 실제 디스크 제작공정에서 hair-line scratch를 완전히 제거할 수 없기 때문에 보존실험 후 자성층의 코발트가 표면으로 이동하는 것을 감소시킬 수 없었다.

디스크 표면으로의 코발트 이온의 이동을 감소시키기 위한 또 하나의 방법은 보호막층, 즉 카본오버코트층의 미세구조를 바꾸는 것이다. 가령 보호막층에 pin-hole이나 결함이 많으면 고온고습 보존하에서

Table 2. Amount of Co ions detected after storage test for Disk C

Disk C	Co (μg/disk)
Original disk	0.36
After improvement of burnishing process	0.18
After improvement of burnishing as well as cleaning process	0.16

많은 코발트가 이동할 수 있는 가능성이 있다. Huang 등[4]의 실험에 의하면 카본오버코트에 질소가 함유된 nitrogenated 카본오버코트 보다는 수소가 함유된 hydrogenated 카본오버코트가 코발트의 이동이 적었으며, 이는 hydrogenated 카본오버코트가 pin-hole 및 결함이 적은 미세구조로 이루어졌기 때문이라고 주장하였다. 카본오버코트의 미세구조가 코발트의 이동에 미치는 영향을 연구하기 위하여 여러 타입의 미세구조를 갖는 카본오버코트의 디스크를 별도로 제작하여 보존시험을 하였다. 샘플의 제작은 카본오버코트에 첨가되는 질소 및 수소의 양을 조절하여 서로 다른 미세구조를 갖도록 하였다. Fig. 7에서 보듯이 고온고습 보존후에 nitrogenated 카본오버코트(CN<sub>x</sub>)가 가장 많은 코발트의 양을 나타내고 있으며, 카본오버코트에 수소가 첨가되기 시작하면서 코발트의 양은 점진적으로 감소하기 시작하여 수소량이 가장 많은 hydrogenated 카본오버코트 CH<sub>2x</sub>의 경우 코발트의 양은 최저를 나타내고 있다. 한편 카본오버코트에 너무 많은 수소가 첨가될 경우 마찰 및 마모 특성이 저하되는 경향이 있음으로[6,7] 실제 적용에 있어서는 카본오버코트에 첨가되는 수소의 양을 최적화 시키는 것이 중요하다.

고온고습 보존후 디스크의 바깥쪽(outer diameter) 영역으로부터 중심 안쪽(inner diameter) 영역의 각 부분에서의 코발트의 농도를 TOF-SIMS를 이용하여 측정된 결과가 Table 3에 나타나 있다. 코발트 이온의 농도가 안쪽 및 중간영역 보다는 바깥쪽 영역에서 높음을 알 수 있다. 바깥쪽 영역, 특히 디스크의 제일 끝 부분에서 코발트 이온의 농도가 높은 이유

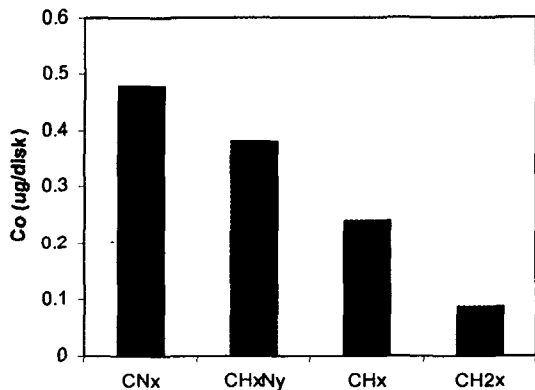


Fig. 7. Co migration after storage test with different carbon overcoat samples.

는 디스크에 증착된 카본오버코트 두께의 균일성에 기인한 것으로 생각된다. 일반적으로 카본오버코트 증착시에 디스크의 적절한 자기적 성능을 유지하도록 하기 위하여 안쪽 영역에서 바깥쪽 영역으로 갈수록 카본오버코트의 두께가 얇도록 증착하며, 보통 안쪽에 비하여 바깥쪽이 10% 정도로 얇게 증착이 된다. 또한 증착방식 및 증착장비 구조의 특성상 디스크의 제일 끝 부분에서는 카본오버코트의 증착이 거의 불가능하다. 따라서 디스크의 안쪽 영역보다는 카본오버코트의 두께가 얇은 바깥쪽 영역에서 코발트 농도가 높은 것은 당연한 결과라고 생각된다. 디스크의 바깥쪽 부분으로부터 얼마만한 양의 코발트 이온이 이동되는 지를 조사하기 위하여 디스크의 맨 바깥쪽 부분 전체를 코발트가 추출되지 못하도록 실링 테이프 및 왁스로 감싼 후 고온고습 보존후에 코발트의 양을 측정하여 보았으며 그 결과가 Table 4에 나타나 있다. 바깥쪽 부분을 감싼 경우 코발트 이온의 양이 급격히 감소함을 알 수 있다. 그러나 비록 많은 양의 코발트가 주로 카본오버코트가 얇거나 없는 바깥쪽 영역에서 추출된다고 하더라도 디스크면에 전체적으로 퍼져있는 카본오버코트의 pin-hole과 결함을 통하여 많은 코발트가 이동하고 디스크 표면 위에 부식물을 형성함으로써 TA를 발생시킬 수 있는 가능성이 충분히 있다. Table 5는 각기 다른 디스크 샘플로 드라이브를 제작하여 고온고습 보존후 드라이브내에서 TA가 발생되었는지를 본 결과이다.

Table 3. Co ion intensity scan from OD to ID area by TOF-SIMS

Disk	Surface scan measured from OD to ID (unit: counts)				
	42.5 mm	37.5 mm	32.5 mm	27.5 mm	22.5 mm
B	149	33	11	16	10
C	1276	1218	858	843	1165
D	1434	927	531	821	568

OD: Outer Diameter, ID: Inner Diameter

Table 4. The effects of disk outer edge seal on Co migration.

Disk	Co ions (ug/disk) without OD edge seal	Co ions (ug/disk) with OD edge seal
C	0.570	0.150
D	0.092	0.017
E	0.610	0.070

**Table 5. Drive level storage test results**

Disk	Co ( $\mu\text{g}/\text{disk}$ )	No. of failed drive after 7 days storage test	No. of failed drive after 21 days storage test
A	<0.005	0/8	0/8
B	0.011	0/8	0/8
C	0.36	2/8	8/8
D	0.48	Not tested	4/5

A/B: A = total number of the failed drives, B = total number of the tested drives

코발트 이동이 많았던 디스크를 사용하여 제작된 드라이브일수록 TA 불량률이 많음을 알 수 있다. 한편 TA는 비교적 디스크의 전 영역에서 발생되고 있으며 카본오버코트의 두께가 얇은 바깥쪽 영역에 국한되지는 않았다. 카본오버코트 두께의 균일성이 TA의 발생에 얼마나 영향을 미치는가에 관해서는 현재 좀더 상세한 연구가 필요할 것으로 보인다.

디스크 표면으로의 코발트 이동을 감소시킬 수 있는 또 하나의 방법으로 보호막층과 자성층 사이에 크롬층을 첨가하는 방법을 처음으로 채택하여 보았다. 크롬은 부식에 어느 정도 강한 물질로 알려져 있다. 가령 자성층에 포함되어 있는 크롬은 코발트가 디스크 표면으로 이동하는 것을 방지하여 부식을 방지하는 효과가 있다. 따라서 자성층에 크롬의 양을 증가시키면 부식작용을 어느 정도 억제할 수 있다. 그러나 자성층에 존재하는 크롬 양의 변화는 디스크의 자기적 성능에 큰 영향을 미침으로 자성층의 크롬의 양을 변화시키는 것은 거의 불가능하다. 따라서 그에 대한 대안으로 보호막층과 자성층 사이에 디스크의 자기적 성능에 영향이 없을 정도로 얇은 크롬층을 첨가하여 보았다. Table 6은 각 디스크 샘플에 크롬층을 첨가하여 제작한 후, 고온고습 보존 시험하여 측정된 코발트 이온의 양과 TA 발생의 수를 표시한 것이다. 코발트 이온의 양은 IC를 사용하여 측정하였으며, TA 발생 여부 및 그 개수는 Guzik spinstand를 이용하여 측정하였다. 시험 결과 코발트 이온의 양 및 TA 발생의 수가 급격히 감소함을 알 수 있었다. 따라서 코발트 이온의 이동을 감소시키고, 이와 동시에 TA의 발생을 억제하는 가장 좋은 방법은 보호막층과 자성층 사이에 크롬층을 첨가하는 것임을 알 수 있다. 한편 크롬층의 적용은 디스크 본래의 자기적 성능에 영향을 끼칠 가능성이 많으므로

**Table 6. The effect of Cr layer on Co migration measured after storage test. TA test was performed on Guzik spinstand**

Disk	Co ( $\mu\text{g}/\text{disk}$ ) without Cr layer	Total no. of TA	Co ( $\mu\text{g}/\text{disk}$ ) with Cr layer	Total no. of TA
A	0.005	None	<0.005	None
C	0.36	4	0.056	1
D	0.48	5	0.072	None

적절한 두께를 갖는 것이 중요하다. 본 연구에서 적용된 크롬층의 두께는 20 Å이였으며 시험 결과 디스크 본래의 자기적 성능에 거의 영향이 없었다.

#### 4. 결 론

고온고습 보존후에 thermal asperity의 발생은 주로 디스크 표면에서 부식작용에 의한 코발트 이온의 이동에 기인하며 TA의 발생수와 추출된 코발트 이온의 양은 서로 비례한다. 코발트 이온은 고온고습하에서 카본오버코트층의 결함, 특히 texture scratch를 따라서 이동하여 디스크 표면에 도달한 후 Co-rich한 부식물을 생성하며 그 높이가 헤드의 부상높이보다 클 경우 TA를 발생시킨다. 한편 burnishing 과정이나 세척과정에서 발생된 hair-line scratch도 TA를 발생시키는 하나의 원인이며 burnishing 과정이나 세척과정의 개선을 통하여 디스크 표면으로 이동되는 코발트의 양을 줄일 수 있다. 한편 카본오버코트에 수소를 첨가하면 코발트의 이동을 감소시킬 수 있다. 그러나 코발트의 이동을 감소시키는 가장 좋은 방법은 자성층과 보호막층에 크롬층을 적용하는 것이며 디스크의 자기적 성능이 변하지 않도록 적절한 두께의 크롬층을 증착하여야 한다.

#### 참 고 문 헌

1. Klaassen, K. B. and van Peppen, J. C. L., "Electronic Abatement of Thermal Interference in (G)MR Head Output Signals," IEEE Trans. Magn. Vol. 33, pp. 2611-2616, 1997.
2. Novotny, V. and Staud, N., "Correlation Between Environmental and Electrochemical Corrosion of Thin Film Magnetic Recording Media," J. Electrochem. Soc. Vol. 135, pp.2931-2937, 1988.
3. Novotny, V., Itnyre, G., Homola, A. and Franco, L., "Corrosion of Thin Film Cobalt Based Magnetic

- Recording Media," IEEE Trans. Magn. Vol. 23, pp. 3645-3647, 1987.
4. Huang, L. J., Hung, Y. and Chang, S., "Surface and Lubricant/overcoat Interface Properties of The Rigid Disks after Corrosion," IEEE Trans. Magn. Vol. 33, pp.3154-3156, 1997.
  5. Brusic, V., Russak, M., Schad, R., Frankel, G., Selius, A. and DiMilia, D., "Corrosion of Thin Film Magnetic Disk: Galvanic Effects of the Carbon Overcoat," J. Electrochem. Soc., Vol. 136, No.1, pp.42-46, 1989
  6. Yun, X., Bogy, D. B. and Bhatia C. S., "Tribochemical Study of Hydrogenated Carbon Coatings with Different Hydrogen Content Levels in Ultra High Vacuum," Trans. ASME, J. of Tribology, Vol. 119, pp.437-442, 1997.
  7. Yun, X. and Raymond, R. C., "Hardness and Tribochemical Evaluation of Ultra-Thin CH<sub>x</sub> and CN<sub>x</sub> Overcoats," IEEE Trans. Magn. Vol. 33, pp.938-943, 1997.