

# 새 文明을 만들어 내는 이 新素材

— 不可能을 可能케 하는 36개의 超素材 —

## (3) 記録密度가 한꺼번에 數百倍!

— 光磁氣記録材料 —

### 磁氣디스크에서는 컴퓨터룸도 터진다

크레딧時代가 되어 누구나 크레딧카드를 갖게 되었다. 크레딧카드에 의한 예금지불을 전국의 네트워크로 실시하는 때는 전예금자의 리스트, 예금내용을 은행본점의 메인컴퓨터에 입력해 두고 이를 검색하여 지불을 지시하는 구조로 되어 있다. 이는 상호傳送은 말할 것도 없고 전국 어느 지점과도 연결되어 있는 데이터 통신망이다. 그러나 수백만, 수천만의 예금구좌의 저장이란 방대한 정보량이 될 것이다.

지금 「컴퓨터에 저장」한다고 말했으나 그 저장을 컴퓨터가 담당한다고 한다면 CPU(중앙연산 처리장치)의 LSI가 얼마나 있어도 부족하다. 그래서 기본적으로는 컴퓨터의 속은 비워놓고 상사 이용하지 않는 프로그램, 데이터는 모두 컴퓨터의 밖으로 내어 補助기억장치에 저장해 두고 필요에 따라 끄집어 내어, 끝이 나면 재차 되돌리는 구조로 된다. 이 보조기억장치가 磁氣테이프는 오디오·카세트테이프, VTR테이프와 본질적으로 동일하며, 磁氣디스크는 그것을 레코드狀으로 한 것이다.

컴퓨터제이션이 진행되어 저장할 정보량이 점차 증가하게 되면 보조기억장치는 더욱 더 늘어나게 된다. 지금 컴퓨터룸에 들어가면 컴퓨터 그 자체는 超 LSI 덕분에 대형책상 만큼의 크기로 콤팩트化되

고 있으나 그 주위에는 磁氣테이프, 磁氣디스크 장치가 둘러싸고 큰 스페이스를 차지하고 있어 어느 쪽이 주인인지 알 수 없게 된다.

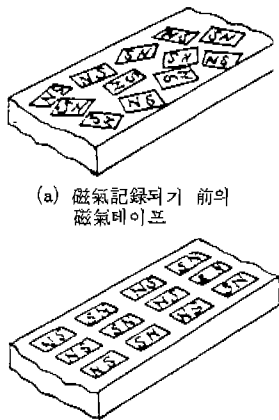
이것은 磁氣테이프, 磁氣디스크의 單位면적당 어느 정도의 정보를 저장할 수 있는지의 面記録密度가 1평방센티당 30~50비트로 낮기 때문에 그대로 推移하면, 컴퓨터룸은 방대한 磁氣테이프로 점령되고 말 것이다.

### 磁氣디스크方式의 限界

중전의 磁氣테이프, 磁氣디스크는 어떻게 기억되고 있었는지. 지금 여기에 鐵片이 있다고 하자. 이 철편은 아무런 磁性도 나타내지 않고 있다. 그러나 철편에 磁石이 붙으면 철편 그 자체도 磁石이 되어 다른 철편을 잡아 당긴다.

이러한 현상은 이렇게 생각할 수 있다. 철편 속에는 무수한 微小磁石이 존재하는데, 통상은 뿔뿔이 흩어진 방향을 향하고 있으므로 磁石의 NS極이 서로 부정하여 철편전체로서의 磁性을 나타내지 않는다.

그러나 자석에 접촉하면 자석의 자력 영향을 받아 이때까지 흩어진 방향으로 있던 것이 일제히 정렬하여 철편전체로서의 자성을 나타내게 된다. 만약 그 철편이 保磁力의 강한 금속일 것 같으면 자석과의 접촉이 없어져도 다음없이 자성을 나타낸다.



(a) 磁氣記錄되기 前의 磁氣테이프  
(b) 磁氣記錄된 磁氣테이프  
〈그림-9〉 磁氣記錄의 구조

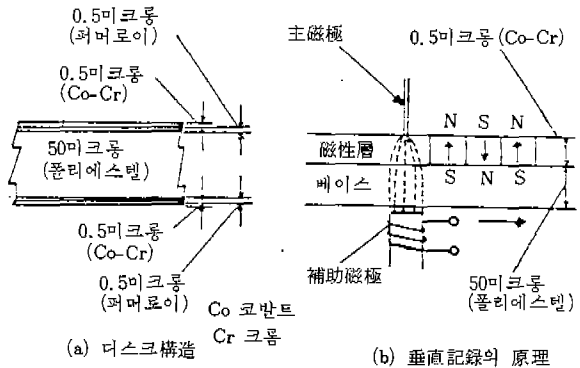
이와같은 현상을 磁化라고 한다.

자기테이프, 자기디스크는 酸化鐵微粉이 바인더에 의해 단련되어 폴리에스테르베이스·알루미늄베이스로 도포되어 있다.

이들 酸化鐵微粉은 어느 것도 微小磁石으로 혼어진 방향으로 있다. 이 테이프, 디스크에 기록하기에는 자기베드라고 하는 일종의 電磁石에 의해 磁化을 걸어 右向이나 左向으로 해주지 않으면 안된다(그림9).

이러한 경우 酸化鐵微粉 만이라면 어쩔지 모르나 바인더가 混入되고 있으므로 바인더에 의해 불필요하게 차지하고 있는 면적이 적지 않게 나올지 모른다. 즉 면적의 로스(40~50%에 달한다)가 많다. 다음으로 그러한 기록(微小磁石의 配列)은 테이프, 디스크의 표면에 수평으로 나란히 하게 된다. 수평으로 나란히 하면 同極동지끼리 서로 마주 보는 케이스가 많게 되어 自己滅磁작용을 서로 강하게 작용하게 된다. 즉 서로 반발하며 넓히려고 하므로 면적은 크게 되고 만다. 따라서 水平기록에서는 記錄密度에 한계가 나오게 된다. 面記錄密度가 30~50만비트/평방센티로 끝나는 것도 이것 때문이다.

이에대해 微小磁石의 배열을 그림10(b)와 같이두터운 방향으로 나란히 하는 것이 垂直磁氣 기록방식으로 수직의 경우는 異極이 인접하게 되므로 서로



〈그림-10〉 垂直磁氣記錄

당기고 끌어들 쪽으로 작용한다.

따라서 보다 高密度기록이 쉽게 된다. 이 경우, 磁化의 上向(N-S)을 디지털신호의 1, 下向(S-N)을 동일하게 0으로 하게 된다.

이러한 구조에 의해 面記錄密度는 한꺼번에 10배의 수백만비트/평방센티로 인상할 수 있는 가능성이 있다. 그리고 垂直磁性기록은 디지털信號기록에 향하고 있으므로 플로피디스크, 디지털테이프도 이용될 수 있다. 垂直磁性膜으로서 그림10(a)와 같이 코발트·크롬등이 이용되나 塗布膜에 의한 垂直磁性膜도 개발되어 가고 있다. 이것은 바륨·페라이트 微粒子에 의하는 것이나, 바륨·페라이트 微粒子는 平極狀으로 두터운極 보다는 긴 板이 크며, 또한 磁化가 板面に 수직으로 膜面に 수직配向하기 쉽기 때문이다.

### 登場하는 光磁氣디스크의 威力

國際電氣연구소가 개발한 光磁氣기록방식은 面記錄密度가 5000만비트/평방센티미터라는 고밀도의 것으로 불과 한장으로 플로피디스크 1000매분에도 상당하므로 省스페이스 효과도 대단히 크다.

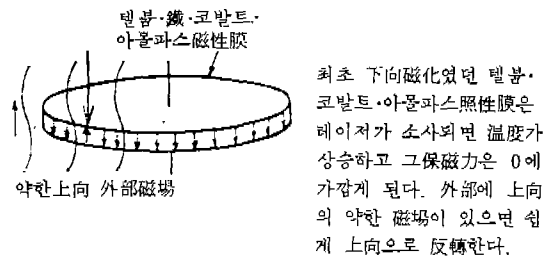
그 구조는 먼저 디스크 표면에 벨룸(가돌리늄)·철·코발트에 의한 數미크론 두께의 아몰파스 합금을 스파트링法, 眞空蒸着法등에 의해 만든다고 한다면 合金膜에는 磁化가 膜面に 대해 수직에 의한 組成領域이 존재한다. 이것은 垂直磁氣記錄의 가능

성을 표시한다. 즉 磁化의 上向(N-S)을 1, 下向(S-N)을 0으로 하여 디지털신호를 기록하나 최초의 전부 下向(0)으로 해둔다.

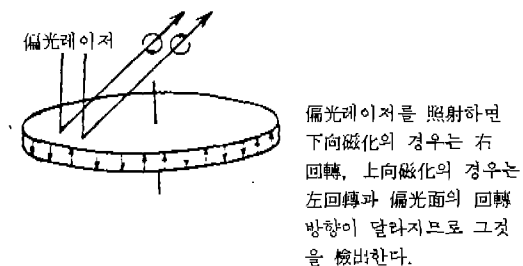
그러나 디지털신호의 1로 해둘 곳은 上向으로 하지 않으면 안된다. 이 合金膜은 保磁力이 큰 强磁性体이므로 간단하게 上向되지 않는다.

그래서 아몰파스合金膜에 1(上向)의 자기기록을 할 경우는 그곳에 레이저빔을 照射함으로써 행한다. 그렇게 하면 텔븀(가도븀)·鐵·코발트의 保磁力(磁化를 지니고 있는 힘, 영구자석은 保磁力이 크다)은 室温에서는 數킬러일스테트로 크게 되나 온도가 상승하여 큐리온도(금속등의 자기특성은 어느 온도에 달하면 급격히 변한다. 이것을 큐리온도라고 한다) 부근에서는 0에 가깝다.

그때, 上向의 외부磁場이 있으면 그에 의해 간단하게 磁化가 反轉하여 上向된다. 디스크를 회전시켜 레이저빔, 스포트를 벗기면 膜은도는 室温으로 되돌아오나 反轉磁區는 그대로 보존된다. 이것으로 1과 0의 디지털신호가 기록되었다(그림11)



(a) 記錄方法



(b) 再生方法

(그림-11) 光磁氣디스크의 구조

다음으로 그 기록을 재생하는데는 偏光레이저를 바로 위에서 膜面에 조사했을 때에 발생하는 磁氣카의 효과에 의해 上向이나 下向의 검출을 행한다.

磁氣카의 효과라 함은 磁化된 표면에서 直線偏光이 반사되었을 때에 磁化의 행방에 대응하여 偏光面의 회전(회전)이 일어나는 현상이다. 즉 磁性薄膜에서 반사된 光의 偏光面의 회전하는 방향에 右회전과 左회전이 있어 자성막의 자화가 빛의 入射방향과 같은 경우(下向)는 직선편광은 우회전하고 磁化의 행방이 입사방향과 반대의 경우(上向)는 좌회전이 되므로 直線편광이 어느 쪽으로 회전하느냐에 따라 磁化의 행방을 알 수 있다. 단지 그 카의 回轉角은 0.3~0.4도 정도이다.

즉,

▲磁化下向→右0.4도回轉→光電變換素子→光電流→0의 디지털信號

▲磁化上向→左0.4도回轉→吸收→光電流0→1의 디지털信號

가 된다.

현재 사용되고 있는 水平磁氣기록방식의 磁氣디스크에서는 그 기록밀도는 30~50만비트/평방센티미터로 끝나며, 그 스포트磁區 사이지는 16미크론 직경이 되나 이 아몰파스合金膜에 레이저빔에 의한 기록에서는 직경 1미크론 이하의 스포트磁區가 쉽게 형성되므로 그 수백배의 기록밀도를 얻을 수 있게 된다. 그리고 S·H·G(第2高調波變換)素子 등에 의해 보다 短波長의 레이저를 이용할 수만 있다면, 1억비트/평방센티미터 이상의 초고밀도 기록이 가능하게 된다.

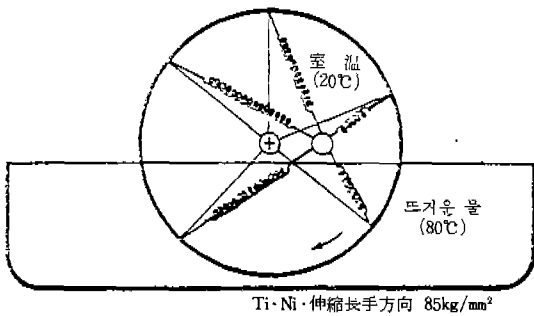
또, 磁區反轉한 스포트磁區는 기록시의 요령에 따라 이번에는 下向의 외부자장을 걸음으로써 원상대로 되돌아갈 수도 있으니 寫入가 가능한 光磁氣디스크도 될 수도 있다.

이와같은 光磁氣 기록재료로서는 垂直磁氣기록이 가능하며, 기록시간을 짧게 하므로 큐리溫度가 낮고 또한 카回轉角이 클수록 좋으나 텔븀·鐵·코발트의 아몰파스合金膜이 가장 적당한 것으로 된다. 그리고 第4元素, 예로 希土類의 디스프로슘을 첨가함에 따라 카回轉角을 0.5까지 향상시키고 있다.

## (4) 永久엔진을 可能케 한다

### — 形狀記憶合金 —

에너지源을 필요로 하지 않는 永久엔진은 인류의 꿈이기는 하나 이를 깨끗하게 실현할 수 있는 것으로서 뱅크스·엔진이라는 것이 있다. 그 구조는 그림12와 같이 軸의 둘레에 스프링(실제의 뱅크스·엔진은 스프링狀이 아니고 U字形 와이어였으나)이 몇 개 붙어 있다.



〈그림-12〉 形狀記憶合金의 Two Way 超彈性을 利用한 뱅크스엔진의 概念圖

이 스프링은 이상하게도 실내온도(低溫)에서는 늘어나고 溫水(高溫)에서는 오무라 든다. 더우기 신속시의 파워는 대단히 강하므로 그 파워로 軸을 회전시킬 수 있다. 만약, 온수를 배양열온수로 부터 얻을 수만 있다면, 에너지·레스·엔진이 되는 셈이다.

이 경우 스프링의 통상재료는 몇번이고 되풀이 변형시키면 應力歪曲이 생기는데 이 비풀어짐이 축적되면 피로한계에 달하여 끝내는 파손되고 만다. 따라서 彈性限界를 넘어서 되풀이 사용하는대는 라이프가 있다. 그러나 이 금속은 통상재료의 몇 10 배나 彈性한계가 높으며 더우기 歪曲축적에 의한 피로가 전혀 발생하지 않으므로 몇 10만배나 되풀이 사용할 수가 있는 훌륭한 점이 있다.

이 엔진은 1973년, 미국 로렌스·리퍼모아研究所의 리츨웨이·뱅크스技師가 만든 것으로서 「뱅크스·엔진」이라는 이름이 있다. 한편 이 엔진의 스프링

에 사용되는 合金은 니켈·티탄으로 되어 있으며 18년전 미국해군병기연구소의 윌리엄·블러技師에 의해 발견되어 「形狀記憶合金」이라는 이름이 붙어 있다.

예로 이 합금에 의해 만들어진 造花가 常溫에서는 꽃봉오리의 상태로 되어 있는데 뜨거운 물 속에 넣으면 활짝 피게 된다. 마치 원래의 형상을 재료 자체가 기억하고 있는 것처럼 되어 있어 이러한 이름이 붙었다.

이 최초의 응용은 F-14戰鬪機의 油壓 파이프의 조인트였다고 알려져 있다.

문제는 이음매를 조인트한 곳에서 액체가 새지 않을까 하는 점이다. 특히 壓力이 걸린 액체의 경우는 새기 쉽다. 그 때문에 이음매를 용접한다든가, 패킹을 끼우기도 하고 있으나 복잡한 파이프라인의 용접은 곤란하며 또 패킹시일으로서의 액체의 새는 것을 막는데 완벽할 수가 없다.

이러한 때의 조인트法은 이러하다. 먼저 2개의 파이프의 이음부분에 接手라고 하는 짧은 短管을 嵌合(嵌合)하나 그 接手를 形狀記憶合金으로 만든다. 그때 接手의 내경은 파이프 外徑보다도 약간 가늘게 한다. 따라서 常溫에서는 끼워지지 않는다. 다음에 이 接手를 마이너스 몇 10도C의 低溫에 두면 材質이 부드럽게 되므로, 내경을 넓혀서 파이프에 끼운다. 이 상태에서의 嵌合은 느슨하다. 低溫에서 常溫으로 되풀이하면 이 接手는 원래의 가는 內徑을 기억하고 그 사이즈가 되려고 조이게 되므로 여기에서 초인트는 완전한 상태가 되어 액체는 전혀 새지 않는다(그림13).

어째서 이와같은 현상이 되는지 이 合金은 상온에 있어서는 그 금속조직은 正方晶型의 오스테나이트相이 되어 있으나 합금을 냉각시켜가면 어느 온도에 있어서 돌연 斜方晶型의 마르텐사이트相으로 변한다. 斜方晶型은 正方晶型에 비해 변형加工하기

쉽다. 따라서 쉽게 擴徑이 된다. 다음으로 변형가 공한 상태에서 재차 常溫으로 되돌리고 먼저의 變態온도가 되면 원래의 正方晶型으로 돌아간다는 조직이다 (그림14).

이와 같이

오스테나이트相 (正方晶) → 마르텐사이트相 (斜方晶)

마르텐사이트相 (斜方晶) → 오스테나이트相 (正方晶)

으로 변태하는 온도를 마르텐사이트 變態點 이라고 말하고 있다.

形狀記憶合金의 변태점에 있어서의 形狀復歸는 순간적으로 변태하므로 일종의 彈性이라고 간주되나 그 변태에의 파워는 도저히 스프링으로서는 미치지 못하는바가 있다. 그래서 超彈性이라고 한다.

니켈·티탄의 경우 伸縮하는 때의 길이 방향의 힘은 1평방밀리미터當 약 85kg의 중량에 상당한다. 또 신축률은 磷靑銅스프링의 10배에서 100배나 된다.

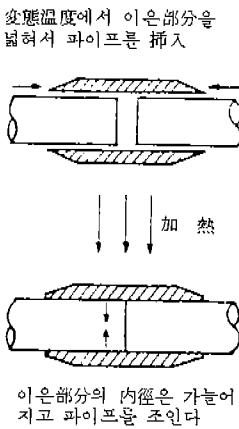
더우기 形狀기억에는 두가지의 패턴이 있다. 그 하나는

마르텐사이트相 = 形狀B = 低溫

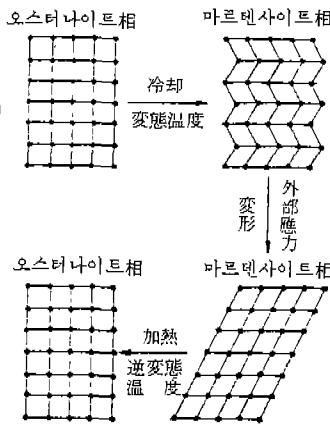
오스테나이트相 = 形狀A = 高溫

의 패턴으로 파이프接手와 같이 한번 조이게 되면 가령 低溫이 되었다해도 느슨해지지 않는다.

라고 한 원·웨이 (One Way)인 점이 바람직하다.



〈그림-13〉 形狀記憶合金 파이프接手



〈그림-14〉 形狀記憶合金의 結晶構造相變態모델

〈표-2〉 超彈性和 形狀記憶하는 金屬

합 金	組 成	마르텐사이트溫度
銀, 가도륨	가도미는 44~49%	-190~-50℃
金, 가도륨	가도미는 46.5~50%	+30~+100℃
銅, 알루미늄, 니켈	알루미늄은 14~14.5% 니켈은 3~4.5%	-140~+100℃
銅, 금, 아鉛	金 23~28% 亞鉛 45~47%	-190~+40℃
銅, 錫	錫이 15%까지	-120~-30℃
銅, 亞鉛	亞鉛이 38.5~41.5%	-180~-10℃
銅, 亞鉛, X	X (실리콘, 錫, 알루미늄)는 數%	-180~+100℃
인듐, 탈륨	탈륨은 18~23%	+60~+100℃
니켈, 알루미늄	알루미늄은 36~38%	-180~+100℃
티탄, 니켈	니켈은 49~51%	-50~+100℃

둘째는 번크스·엔진과 같이

오스테나이트相 = 形狀A = 高溫

↑↓

마르텐사이트相 = 形狀B = 低溫

온도변화에 의해 可逆的으로 신축해 주지 않는다면 回轉力을 만들어 낼 수가 없다. 이 가역적 변화를 투·웨이 (Two Way)이라고 말하고 있다. Two Way는 材料組成을 변하게 하거나 또는 되풀이 변형을 하고 있으면 어느새에 Two Way가 된다 라고 하는 케이스로 실현할 수 있다.

形狀記憶合金은 반드시 니켈·티탄 (상품명·니티놀)에 한하지 않고, 여러가지의 材質이 있다. 특히 니켈·티탄에서는 高價이므로 여기에 代替하는 재료로서 표 2와 같은 각종수금이 개발되어 가고 있으며 그 응용범위는 안경프렘, 齒列교정, 인공關節, 완구동에 널리 전개되어 가고 있는데 최근의 주목할만한 시도로서 로봇指關節의 아크체이터에의 응용이 있다. 현재 6自由度까지 낼 수 있는 팔관절은 나오고 있으나 組立로봇에는 인간과 같은 손가락이 필요하다.

라고 하여 손가락關節까지 油壓장치·모터直接驅動 (DD方式)으로 한다면 장치적으로 너무 큰 조직이 된다. 리본狀의 形狀記憶合金으로 손가락을 움직이게 한다면 단순한 구조로 할 수 있는 가능성이 있다.

\*