



초소형 휴대용 정보 저장장치의 개발동향

김철순*, 전종업**

● 목 차 ●

1. 서론
2. 초소형 저장장치 기술개발 동향
3. 결론

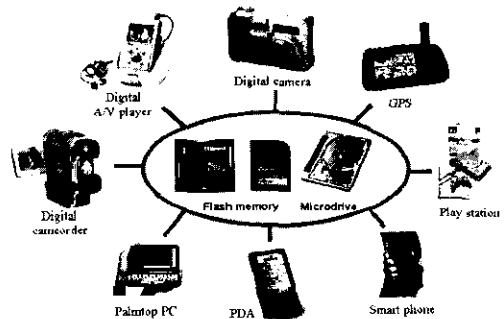
1. 서론

휴대용 정보 저장장치는 휴대용 디지털 정보기
기에서 정보를 저장하고 이용하거나 PC나 다른 정
보기에 전달하기 위한 저장매체로 이용되고 있
는 것으로 휴대기기의 보급에 따라 그 수요가 급격
히 증가하고 있다. 휴대용 정보기기는 그림 1에서
와 같이 디지털 카메라/캠코더, 디지털 오디오/비디
오 플레이어, Handheld PC, 스마트 폰, 그리고 PDA
등이 있으며 이들 디지털 휴대기기의 고급화 및 기
능향상으로 저장기기의 대용량화 및 성능 향상이
요구되고 있다. 휴대 정보기기용 초소형 저장장치
의 종류는 다음과 같으며 이중 플래시 메모리 카드
(flash memory card)가 성능 및 가격면에서 유리하
여 대부분을 차지하고 있으며 최근 초소형 하드디
스크드라이브(HDD)인 마이크로드라이브(microdrive)
가 일부 사용되고 있다.

- Solid State Device: Flash Memory Cards; *FRAM*
& *MRAM* < 64kbit (소용량)
- Disk Drive Type: Microdrive(Magnetic); *Data -*

Play(Optical) - Available by fall 2001

- Future Storage: *SPM based Storage* - 연구 단계



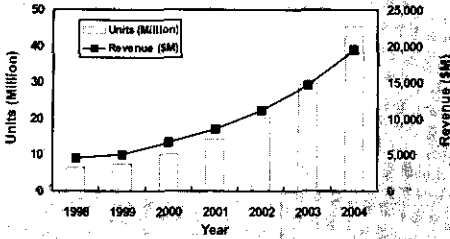
(그림 1) 휴대용 정보기기 및 초소형 저장장치

고급 휴대 정보기기(smart handheld device) 세계
시장규모[그림 2]는 2000년도 판매수량은 약 천만
대, 매출액은 미화기준 66억불이며 2004년까지 지
속적으로 성장하여 2000년 대비 3배 이상의 200억
불에 이르는 시장을 형성할 것으로 전망하고 있다
[1]. 이에 따른 플래시 메모리 카드의 시장[그림 3]
은 2000년 12억불에서 2004년 52억불 규모로 4배
이상 성장할 것으로 전망되며[2], 여기에 고급 정보
기기에서 대용량 휴대용 저장장치의 요구에 따라
수억불 규모의 마이크로드라이브나 초소형 광디스

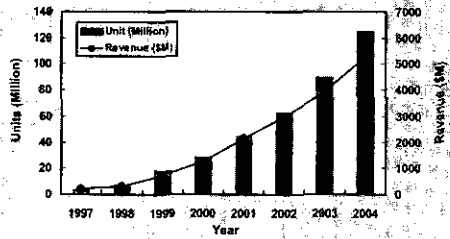
* 삼성종합기술원 Storage Lab 전문연구원

** 삼성종합기술원 Storage Lab 수석연구원

크장치 등의 시장이 추가로 열릴 것으로 예상된다.



(그림 2) Worldwide handheld device market



(그림 3) Worldwide flash card market

2. 초소형 저장장치 기술개발 동향

휴대기기용 저장장치의 기능으로는 인터페이스/외형의 표준화 및 간소화가 우선적으로 요구되고 다음으로는 데이터 저장용량(MB), 데이터를 쓰고 읽는 속도(MB/s), 소비전력(mW), 내충격성 등의 성능향상이 요구된다. 이와 함께 보급 확산을 위한 저가격화에 대한 요구도 크다. 휴대 정보기기는 개발 그룹의 용도에 따라 다양한 종류의 저장장치 인터페이스 형식과 크기를 가지고 있어 표준화에는 상당한 어려움을 겪고 있다. 휴대기기의 성능 향상에 따라 가장 큰 요구는 저장용량이며 다음으로는 가격과 소비전력이다. 쓰기/읽기 속도는 휴대기기가 고속의 데이터 처리를 하지 않고 있으므로 현재의 1~2MB/s 정도이면 대체로 만족하는 편이다. 그러나 향후 동영상을 보거나 디지털 캠코더에서 기록할 때는 대용량 저장장치와 빠른 데이터 전송속

도가 요구될 것이다.

본고에서는 대표적인 초소형 저장장치인 플래시 메모리 카드류의 성능 분석과 디스크 드라이브 형태의 초소형 저장장치인 Microdrive 및 DataPlay의 비교 분석 그리고 차세대 초소형 저장기기로 주목 받고 있는 SPM based Storage의 연구 동향에 대해 개략적으로 기술하고자 한다.

2.1 플래시 메모리 카드

플래시 메모리 카드는 비휘발성 플래시 메모리를 이용하여 다양한 인터페이스를 갖도록한 것으로 CompactFlash Type I/II, SmartMedia, MultiMedia Card, Memory Stick 등[그림 4]이 있으며 표 1에 이들의 형식과 성능 그리고 각각이 적용되는 휴대기기를 요약하였다[3]. 플래시 메모리는 DRAM과 같이 고집적성이 가능하고 비휘발성으로 데이터의 보존성이 우수하여 대용량화 및 신뢰성이 뛰어나 차세대 정보저장 매체로 주목받고 있다. 또한 소형, 경량으로 소비전력이 매우 적어 휴대기기에 최적인 저장매체이다. 자기 디스크에 비해서 접근속도가 매우 빠르고 내충격성이 우수한 반면 고쳐 쓰기 횟수에 제한이 있고, 소거/쓰기 속도가 느리며 용량 대비 가격이 상대적으로 비싼 것이 결점이다. 향후 고급 휴대 정보기기의 확산 및 성능향상으로 더 큰 용량의 저장기기가 필요하며 이에 따라 플래시 메모리의 수요가 급증할 것으로 전망된다.

CompactFlash Type I/II는 대용량화에 가장 유리하고 응용분야가 많은 것으로 Digital Camera, Handheld PC, PDA에 이용되고 있다. 현재는 64MB 용량의 카드가 주종을 이루고 있지만 448MB에 이르는 대용량 장치까지 개발되었다. 추후 대용량화가 가속되어 2002년에는 1GB의 제품도 개발될 것으로 보이며, 최근에는 내부의 Controller를 이용하여 페이지 단위의 소거 및 쓰기 속도의 향상을 위한 알고리즘 연구가 진행중이다.

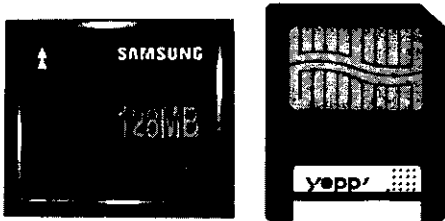
SmartMedia Card는 현재 가장 많은 응용 분야를

가지는 것으로 디지털 카메라, 오디오/비디오 플레이어 등에 주로 이용되고 있다. 반면 용량이 작고 플래시 메모리 인터페이스를 가져서 정보기기에 Card Controller를 갖추어야 하는 점과 기존의 기기가 대용량 카드와 호환성이 떨어지는 결점이 있다.

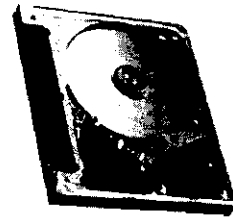
Memory Stick은 Sony사가 개발하여 자사의 모든 디지털 기기에 이용하고 있는 것으로, Serial 인터페이스를 가져서 Sony사의 기기 및 PC와의 Data Interchange가 매우 용이하다.

2.2 초소형 디스크 드라이브 저장장치

초소형 디스크 드라이브 저장장치로는 IBM사가 개발하여 판매중인 자기기록(magnetic recording) 방식의 1인치 마이크로드라이브[그림 5]와 DataPlay사가 개발하여 2001년 말에 출시할 예정인 1.2인치 광 디스크(optical disk)를 이용한 Micro-optical drive [그림 6]가 있다. 표 2는 Microdrive와 DataPlay의 제원 및 성능을 비교 분석한 것이다.



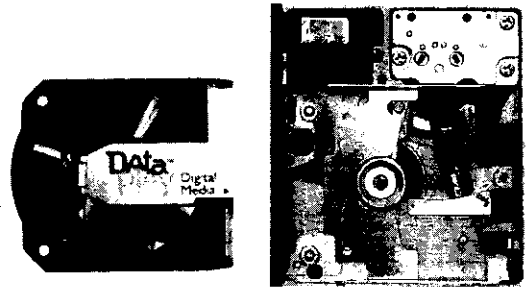
CompactFlash SmartMedia



(그림 5) IBM Microdrive



MultiMedia Memory Stick



(그림 6) DataPlay digital media & micro-optical drive

(그림 4) Photos of Flash Memory Cards

<표 1> Performance comparison of flash memory cards[3].

| Items | CompactFlash Card | SmartMedia Card | MultiMedia Card | Memory Stick |
|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| L × W × H (mm) | 36 × 43 × 3.3/5 | 45 × 37 × 0.76 | 32 × 24 × 1.4 | 50 × 21.5 × 2.8 |
| Capacity | 8~192/384MB | 8~128MB | 8~128MB | 4~128MB |
| Power (DC3.3V) | Read | <45mA | <33mA | <45mA |
| | Write | <60mA | <35mA | <45mA |
| Data Rate | Read | 15MB/sec | 2.0MB/sec | 2.4MB/sec |
| | Write | 1.0MB/sec | 1.9MB/sec | 200KB/sec |
| No. of Contacts | 50 pin | 22 pad | 7 pin | 10 pin |
| Interface Type | CF, ATA | NAND Flash | SPI | Serial |
| Target Application | Digital Camera Handheld PC | Digital Camera Music Player | Smart Phone Music Player | Digital A/V Data interchange |
| Company | Sandisk, Cannon Samsung, Kodak | Toshiba Samsung | Hitachi, Sandisk Infineon, Nokia | Sony |

<표 2> Performance comparison of Microdrive and DataPlay.

| Items | Microdrive (www.storage.ibm.com) | DataPlay (www.dataplay.com) |
|---------------------------------|---|--|
| Size (L×W×H) /Weight | 36.4×42.8×5 [mm] 16g | 47.5×52.3×11 [mm] 54g |
| Capacity | 340MB/512MB/1GB | 250MB/500MB |
| Recording media /Disk format | 1" magnetic media Rewritable/Fixed | 1.2" optical media Write once/Removable |
| Areal density /Bit size | 15.2 Gbits/in ² 0.73×0.058 [μ m] | 2.9 Gbits/in ² 0.74×0.3 [μ m] |
| Power @DC 3.3V (R/W) | <220mA/250mA | <50mA/60mA (R/W) |
| Data transfer rate (R/W) | 5.2MB/sec (max) | 1MB/sec (max) |
| Access time (average) | 20ms | 200ms |
| Shock resistance | 1500G(Nop.)/175G(Op.) | 800G Op./Nop. |
| Interface type | CompactFlash II, ATA | DataPlay interface |
| Target application | Handheld PC, PDA Digital camera, camcorder | Mobile music player Mobile video player |

2.2.1 마이크로드라이브

마이크로드라이브는 기존의 HDD를 초소형화하여 Compact Flash Standard를 만족하도록 개발되어 Flash Card가 주도하고 있는 Digital Camera나 PDA의 메모리 시장을 목표로 개발되었다. 제품 개발 동향은 1998년에 340MB, 2000년에는 1GB를 출시하였으며, 추후 자기기록 기술의 혁신적인 발전에 따라 2004년에는 6GB이상의 대용량 장치가 구현 가능하다. 자기 기록방식은 플래시 메모리에 비해 면기록 밀도(areal density)가 월등하게 높아서 같은 크기의 Compact Flash Card에 비해 8배 이상의 저장용량을 구현할 수 있으며, 이에 따라 용량대비 가격이 매우 저렴하다. 마이크로드라이브는 휴대용 저장기기중 가장 빠른 데이터 기록/재생 및 전송속도(59Mbit/s)를 가지며 쓰기 횟수 제한이 거의 없는 점에서 휴대용 저장장치로서 매우 유리하다. 반면 장치의 평균 소비전력(500mW)이 상대적으로 커서 휴대기기에 불리한 점이 있다.

마이크로드라이브는 기록밀도의 향상에 따라 대용량이 가능하고 데이터 전송속도가 더욱 빨라져서 큰 저장용량을 요구하는 디지털 카메라, 캠코더 및 고성능 PDA등의 대용량 동영상 기록/재생 장치

에 매우 적합한 저장기기로, 향후 휴대기기의 고급화에 따라 시장이 크게 확대될 것으로 전망된다. 현재 마이크로드라이브의 장치 가격은 플래시 메모리와 비슷하나 추후 대량 생산이 이루어진다면 \$60대의 가격이 가능하리라 본다. 그리고 용량대비 가격에서 앞으로도 플래시 메모리의 1/8수준을 유지하여 가격 경쟁력을 가질 것이다.

향후 마이크로드라이브 저장장치는 대용량화를 위해 기록밀도를 100Gbit/in² 이상으로 향상시키기 위한 헤드/미디어 및 Servo-mechanism 기술 연구가 필요하다. 2000년에 삼성종합기술원은 수직자기기록 기술을 이용하여 60Gbit/in²의 기록밀도를 구현하였으며 최근에는 개선된 수직미디어 및 헤드를 이용하여 100Gbit/in²의 가능성을 확인하였다. 다음으로는 플래시 메모리에 비해 상대적으로 열세에 있는 소비전력을 Flash Memory Card와 유사한 수준으로 줄일 수 있는 저전력 기술이 개발되어야 하며, 내충격 성능을 향상시킬 수 있는 메커니즘의 연구도 필요하다.

2.2.2 데이터플레이(DataPlay)

데이터플레이는 DVD 기록밀도(650nm wave

length)를 갖는 초소형 광디스크 저장장치로 휴대용 Audio/Video Player/encoder를 대상으로 개발하였고 픽업(optical pickup)을 초소형화 하기 위해서 HDD의 Swing Arm 형태의 액추에이터[그림 6]를 채용하였다. 미디어는 양면 500MB이며 $33 \times 39 \times 3$ [mm] 크기의 착탈식 카트리지로 휴대에 매우 편리하며 Write once(WO), Pre-mastered (ROM), Hybrid (ROM+WO) Format을 지원한다. 매체의 가격은 \$5 정도로 매우 저렴하여 Audio/ Video 재생용으로 사용할 경우 시장 경쟁력이 있을 것으로 전망된다.

데이터플레이는 광학 방식으로 기록용량의 증대가 플래시 메모리나 자기디스크에 비해 어려워 개발이 완료되더라도 당분간 500MB의 용량을 유지할 것이다. 그리고 다른 휴대용 저장장치에 비해 상대적으로 느린 최대 1MB/s의 데이터 전송속도(Read/Write)를 갖는 것이 결점이다. 향후 데이터플레이는 이를 지원하는 휴대 정보기기 업체와의 제휴를 통한 응용분야의 확보가 가장 먼저 필요하다. 그리고 표 2에는 동작시 내충격성이 높게 나타나 있지만 이동하는 휴대기기에서 데이터를 연속적으로 읽기 위해서는 외란에 강한 헤드의 트랙추종(tracking) 기술이 필요하다.

2.3 Probe-based Data Storage

향후 5년에서 10년 이내 차세대 대용량 초소형 저장장치 시장출시를 목표로 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술을 이용한 고집적, 초소형 저장기기인 PDS(Probe-based Data Storage)에 대한 연구가 국내 및 해외에서 활발히 진행중에 있다. 나노미터 사이즈의 선단 곡률 반경을 갖는 다수의 주사 탐침이 기록매체 표면에 근접하여 정보를 기록/재생하는 PDS는 표면의 요철(topology)이나 물리현상을 원자나 분자단위로 모니터링할 수 있는 SPM(Scanning Probe Microscope) 기술을 기본원리로 하고 있다. 기록매체는 수십 μm 의 구동범위, 수 nm의 분해능을 갖는 나노 구동기에 장착되어 다수

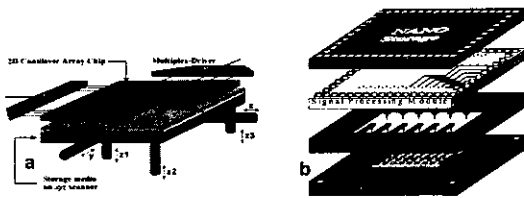
의 주사 탐침에 대하여 평면상 상대운동을 하게 된다(그림 7). PDS의 핵심요소기술을 나열하면 다음과 같다.

- SPM 기술을 이용한 나노미터 크기의 기록/재생 기술 및 기록매체 제조 기술
- MEMS 기술을 이용한 대변위, 초정밀 2차원 구동기의 제작 및 제어 기술
- MEMS 기술을 이용한 다중 탐침(multi-probe) 제작 기술
- 데이터 신호처리 및 서보정보 기록방식 기술
- 전기회로부의 ASIC화 기술 및 인터페이스 기술
- 장치 패키징 기술 및 표준화

현재까지 PDS에 대한 연구는 주로 기록방식 및 기록매체의 개발에 초점이 맞추어져 진행되어 왔다(표 3). IBM, HP, 히타치, 도시바, 캐논, NEC, 마쯔시다, NTT 등 세계 유수의 연구기관에서는 이미 PDS 기술의 필요성을 감지하여 10여년전부터 연구 개발에 착수, 표면형상변화(surface indentation)[4], 전하트랩[5], 분극[6], 도전율변화[7], 전계증발(field evaporation)등 다양한 형태의 기록방식에 대한 연구를 진행하고 있으며 국내에서도 수년전부터 삼성종합기술원, 서울대, KETI등을 중심으로 활발히 연구개발을 수행하고 있다. 기록재생 메커니즘에 국한하지 않고 시스템 관점에서 가장 앞선 연구를 수행하고 있는 기관으로는 IBM과 삼성종합기술원을 들 수 있다. 이들 기관에서는 PDS의 상품화에 있어서 가장 큰 장애물이 되고 있는 느린 재생속도를 해결하기 위해 다중 탐침을 이용한 기록재생에 관한 연구를 수행하고 있다. 즉, 다수의 탐침을 이용하여 동시에 데이터를 기록/재생함으로써 빠른 재생속도를 얻고자 하고 있다. IBM에서는 3×3 [mm]안에 $92 \times 92[\mu\text{m}]$ 의 피치로 2차원적으로 배열된 32×32 개의 탐침 어레이(array)를 개발하였으며 이를 이용하여 열기계적인 방법으로 기록재생 실험을(그림 8) 수행하였다[4]. 삼성종합기술원에서는

폴리실리콘으로 정전구동형 4×8 다중 탐침 어레이를 개발하였으며 PZT 박막에의 전기분극을 이용한 기록재생실험(그림8) 수행하고 있다. 기록매체 구동을 위한 나노구동기는 전자력형과 정전형으로 나뉘어 개발되고 있는데 현재 IBM과 삼성종합기술원에서는 로렌츠력을 이용한 전자력형 나노구동기를, Kionix와 삼성종합기술원은 정전력을 이용한 MEMS 나노구동기를 개발하고 있다. 삼성종합기술원에서 제작한 나노구동기의 경우(그림 9) 구동범위는 100×100 μ m이고 제어정밀도는 약20nm 정도이다.

PDS는 정보의 저장 면밀도 측면에서는 현재의 타 기록방식의 추종을 불허하는 400Gbit/in² 이상이며 탐침 어레이와 나노구동기 등을 MEMS 기술을 이용하여 제작하므로 소형화 및 저가격화가 용이하나 이의 실용화에는 아직 해결하여야 할 기술적 문제가 많이 남아 있다. 정보 비트의 안정성, 탐침 및 매체의 마모, 반복 기록성등 보다 신뢰성 있는 기록재생 메커니즘에 대한 연구가 필요하며, 균일한 치수 및 특성을 갖는 다중탐침 어레이 제작, 나노미터 정밀도를 갖는 나노구동기 제작, 데이터의 정밀 트래킹 방법, 신호처리부의 ASIC화 및 집적화, 기록재생의 병렬처리 기법의 최적화등이 향후 지속적으로 연구되고 해결되어야 한다. 무엇보다도 기존의 정보저장기에 견줄만한 고속의 기록재생 메커니즘에 대한 획기적인 아이디어가 절실히 요구된다.

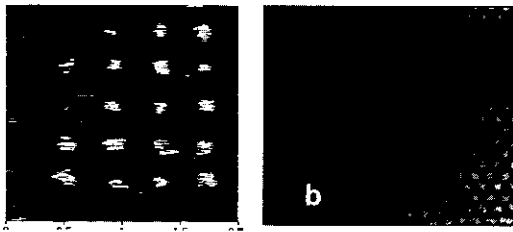


(그림 7) (a) "Millipede"로 명명되어진 IBM PDS의 개념도(IBM). (b) 탐침모듈 위에 집적화된 신호처리 모듈을 갖는 PDS 개념도(삼성종합기술원).

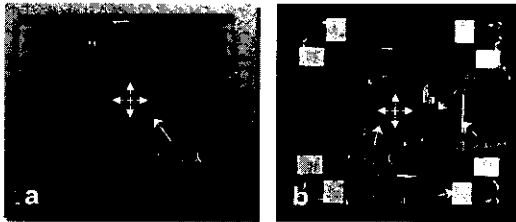
<표 3> Probe-based data storage 기록/재생 메커니즘의 연구현황

(SPM: Scanning Probe Microscope; STM: Scanning Tunneling M.; AFM: Atomic Force M.; EFM: Electrostatic Force M.; SCM: Scanning Capacitance M.; MFM: Magnetic Force M)

| 원리 | 기록재생 메커니즘 | 타입 | 기록매체 | 탐침 | 비트크기 (nm) | 기록/재생 속도 | 연구기관 |
|-----|-----------------|------------|---|----------|-----------|------------------------|--------------|
| STM | 도전율변화 | RW | Polyimide Langmuir-Blodgett films | 도전성 | 10 | 2 μ s/10 μ s | 캐논 |
| | | RW | Vanadium bronze(β -Na0.33V2O5) | 도전성 | 10 | 1ms/N/A | NEC |
| AFM | 열기계적, 표면형상변화 | WO (RW) | PMMA | 열발생 | 30-40 | 50 μ s/10 μ s | IBM |
| | 기계적, 표면형상변화 | WO | Polycarbonate | 힘발생, 휨감지 | 10 | 60 μ s/0.2 μ s | 히타치 |
| EFM | 압전박막의 분극 | RW | PZT | 도전성, 휨감지 | 24 | 0.1ms/10ms | HP, 삼성기술원 |
| | 전하주입 | RW | TTPAE(tetra(N,N-diphenyl- 4-aminophenyl)methylene) | 도전성, 휨감지 | 30 | N/A | 도시바 |
| SCM | 전하트랩 | RW | Nitride-oxide-silicon(NOS) | 도전성 | 75 | 40ns/2 μ s | 스탠포드대 |
| MFM | 자화 | RW | Co-Cr/Ni-Fe | 도자성, 휨감지 | 500 | N/A | NTT |
| | 열보조자화 | WO | Pt/Co | 자화, 휨감지 | 60x240 | 0.25s/N/A | 히타치 |



(그림 8) (a) 압전박막의 분극현상을 이용한 기록 재생($\phi=60\text{nm}$)(삼성종합기술원). (b) 열/기계적 방법에 의한 기록재생($\phi=30\text{-}40\text{nm}$)(IBM).



(그림 9) (a) 정전형 2축 MEMS 나노구동기 (구동 범위: $100\mu\text{m}@30\text{V}$). (b) 전자력형 2축 MEMS 나노구동기(구동범위: $100\mu\text{m}@50\text{mA}$). (삼성종합기술원)

3. 결론

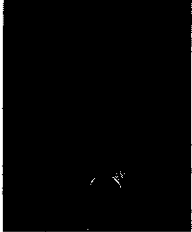
향후 휴대정보기기의 발달과 더불어 초소형 휴대용 정보저장장치의 시장이 급성장할 것으로 전망되며 응용 확대에 따라 저가격화가 추진될 것이다. 대표적인 휴대용 초소형 저장장치인 플래시 메모리 카드는 앞으로 대용량화되어 휴대용 정보저장장치의 가장 큰 시장을 점유할 것으로 전망되며 자기디스크형 초소형 저장장치인 마이크로드라이브는 고속, 대용량 데이터를 필요로 하는 고급 정보기기에 이용될 것으로 예상된다. 개발 중인 착탈식 소형 광디스크 형태의 DataPlay는 1회기록/재생용으로 한정적인 응용이 예상된다. 그리고 차세대 초소형 저장기기로 주목받고 있는 SPM based Storage의 연구 동향 및 앞으로의 과제에 대해 기술

하였다.

참고 문헌

- [1] Jill House, The Smart Handheld Devices Market Forecast and Analysis, 1999-2004, IDC, 2000.
- [2] Xavier Pucel, Worldwide Flash Memory Card Market Forecast and Analysis, 1999-2004, IDC, 2000.
- [3] 최리군, "Flash Memory Card 동향", 주간전자정보 Vol.4, No.3, KETI, 2001.
- [4] P. Vettiger, et al., "The "Millipede"-more than one thousand tips for future AFM data storage", IBM. J. Res. Develop., Vol. 44, No. 3, pp. 323-340, 2000.
- [5] R. C. Barrett, C. F. Quate, "Charge storage in a nitride-oxide-silicon medium by scanning capacitance microscopy", J. Appl. Phys., Vol. 70, No. 5, pp. 2725-2733, 1991.
- [6] S. Hong, et. al, "Principle of ferroelectric domain imaging using atomic force microscope", J. Appl. Phys., Vol. 89, No. 2, pp. 1377-1386, 2001.
- [7] K. Takimoto, et al., "Writing and reading bit arrays for information storage using conductance change of a Langmuir-Blodgett film induced by scanning tunneling microscopy", J. Vac. Sci. Technol. B, Vol. 15, No. 4, pp. 1429-1431, 1997.

저자 약력



김철순

1987년 서울대학교 기계공학과 (공학사)
1989년 한국과학기술원 기계공학과 (공학석사)
1995년 한국과학기술원 기계공학과 (공학박사)
1994년-현재 삼성종합기술원 Storage Lab 전문연구원
관심분야: 정보저장기기, Spindle System, Actuator
모드해석, MEMS
e-mail : cs_kim@sait.samsung.co.kr



전종업

1986년 서울대학교 기계설계학과 (공학사)
1988년 한국과학기술원 생산공학과 (공학석사)
1997년 동경대학 정밀기계공학전공 (공학박사)
1988년-1992년 한국과학기술연구원 연구원
1995년-1997년 일본 가나가와과학기술아카데미 연구원
1997년 Univ. of Southern California 방문연구원
1997년-현재 삼성종합기술원 Storage Lab 수석연구원
관심분야: MEMS, Nano Technology, 제어시스템, 정보
저장기기,
E-mail: jeon@sait.samsung.co.kr