

차세대 비휘발성 메모리 소자를 위한 상변화 메모리 (Phase Change Memory) 기술의 특징 및 발전 방향

조만호(한국 표준과학 연구원 전략기술연구부 첨단산업촉정그룹)

I. 차세대 비휘발성 메모리와 PRAM

정보화 산업의 발달과 함께 전자산업, 즉 PC 산업과 통신 산업이 경량화, 소형화 및 고성능화를 지향하고 있으며, 근래에 들어서는 이동통신 기기의 급속한 발달과 대중화가 동시에 이루어지면서 기존의 기술 개발 속도를 상회하는 급속한 고기능화와 다기능화가 요구되어 지고 있다. 전통적으로 반도체 소자의 발전 역사를 보면, 반도체 소자의 고성능화 다기능화를 위하여 주어진 면적 내에 다양한 회로를 구성하는 방법이 주된 발전의 방향이 되어 왔으며, 이를 위하여 제조 공정 기술의 미세화가 가장 중점적으로 추진되었다. 이러한 제조 공정에서의 축소 기술은 여러 가지 기술적인 어려움에도 지속적으로 이루어져 왔으며, 소위 무어의 법칙을 계속하여 만족시켜 오고 있다.

정보화, 통신화가 가속됨에 따라 다양한 형태의 쌍방향 소통형의 mobile 정보 통신 기기의 요구가 증대되고 이를 위해 더 많은 정보를 더욱 빠르게 처리할 수 있는 능력을 갖는 정보기기가 필수적으로 요구되고 있다. 이러한 요구를 충족시키기 위해서는 핵심 부품인 메모리 소자의 초

고속화, 초고집적화, 초절전화가 관건이 되고 있다. 이는 고용량 정보저장이 가능한 초고집적의 비휘발성 메모리 소자 개발이 핵심으로, 현재 상용화된 비휘발성 메모리의 주력기술은 Flash memory이다. Flash memory는 전하 포획특성을 기반으로 하는 소자로서 DRAM 시장을 능가하는 거대 시장을 형성함으로써 최근 메모리 시장의 주류로 부상하였다. 특히 한국의 메모리 산업에서 Flash memory에 대한 투자와 시장 점유율은 가히 놀랄만한 수준으로 NAND 형 Flash memory의 경우 세계시장의 70%, NOR 형 Flash memory의 경우 30% 에 이르는 상황이다. Flash memory가 고용량 특성의 mobile 기기의 특성을 달성하기위하여 축소 가공 기술을 DRAM 보다 더 급격하게 향상시키고 있으나, 2010년 32~22 nm 세대에 이르러서는 한계에 이를 것으로 예상되고 있다. Flash 메모리는 혼재하기가 쉽고 가격과 소비전력 면에서도 문제가 적지만 쓰기 시간이 1 μ s로 길고 고쳐 쓰기 회수도 10만~100 만회 정도의 제한이 있는 단점을 갖고 있는 상황이다. 이를 대비한 차세대 비휘발성 메모리 기술이 개발되고 있으며, 현재 개발되고 있는 차세대 메모리로는 DRAM의 고집적성

〈표 1〉 PRAM과 다른 메모리의 특성 비교

| Memory Type | Speed | Power | Cost/Bit | Cycle life | Non-Volatile | Endurance | Write Voltage |
|-------------|---|--------------------|----------|----------------------|--------------|-----------|---------------|
| SRAM | Very High Write : <10ns Erase : <10ns | Medium | High | Very High | No | 10^{15} | ~2-5V |
| DRAM | High Write : <60ns Erase : <60ns | Low | Very Low | Very High | No | 10^{15} | ~2-5V |
| FLASH | Low Write : <10us Erase : >10s | Medium | Low | Low | Yes | 10^6 | >12V |
| MRAM | High to Very High | Medium | High | Very High | Yes | 10^{10} | ~2-5V |
| FeRAM | High | Low | High | High | Yes | 10^{12} | ~2-5V |
| PRAM | High to Very High | Low to Very Low | Very Low | High to Very High | Yes | 10^{13} | ~2-5V |
| IDEAL | Very High Write : <60ns Erase : <60ns | Very Low | Very Low | Very High | Yes | 10^{15} | ~2-5V |

과 낮은 소비전력, flash memory의 비휘발성, SRAM의 고속 동작특성을 모두 구현하기 위한 시도가 이루어지고 있다. 최근 개발되고 있는 차세대 메모리로는 PRAM(Phase change memory), NFGM(nano floating gate memory), ReRAM(resistance RAM), PoRAM(polymer RAM), MRAM(magnetic RAM) 등이 있으며, 가까운 장래에 기존 비휘발성 메모리 시장을 일부 대체하면서 주류시장에 진입할 것으로 예상된다. 차세대 비휘발성 메모리의 시장규모는 현재 1억 달러 미만 수준에서 향후 5년후에는 28억 달러이상의 거대 시장이 될 것으로 예상되고 있다.

다양한 형태 및 재료의 차세대 비휘발성 메모리 소자 중에서도, PRAM은 그 간단한 공정과 매우 우수한 on/off특성으로 인해 가장 유망한 차세대 반도체로 이에 기반을 둔 차세대 메모리

개발에 관한 구체적이며, 효율적인 개발이 급격히 요구되고 있는 상황이다. 다음 표1은 개발중인 차세대 비휘발성 메모리 소자의 특징을 비교한 것이다. PRAM의 주요 특성은 불휘발성, 낮은 동작전압, 빠른 access time, non-destructive read out (NDRO), 새로운 재료 및 소자기술이 있다. PRAM의 액세스 시간은 현재 불휘발성 메모리의 대표격인 Flash(수 μ s~수십 μ s)보다 10^3 배 이상 빠르고, DRAM과 같은 2~5V 이하의 낮은 전압에서 동작이 가능하다. SRAM과 같은 빠른 읽기-쓰기가 가능하고, 비교적 간단한 셀구조를 가질 수 있기 때문에 소자크기를 DRAM만큼 낮출 수 있다. 또한 전하의 축적을 이용한 기억 소자가 아니고 물질의 상변화에 따른 저항의 차이를 이용하기 때문에 우주복사선이나 전자기파 등에 영향을 받지 않아 우주공간에서도 제 기능

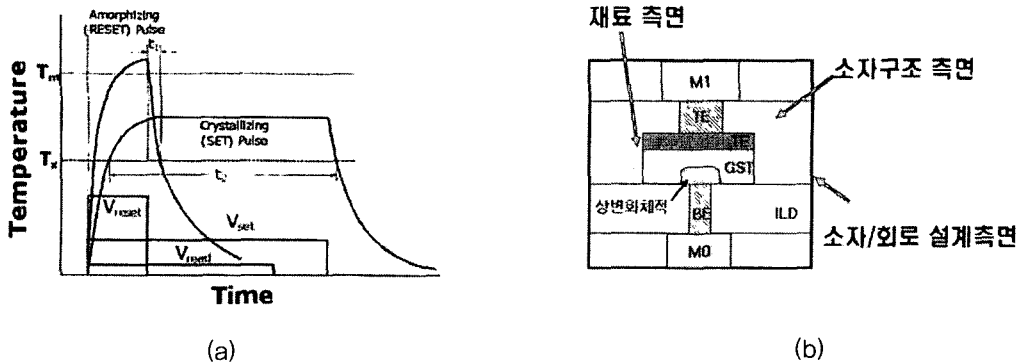
을 발휘할 수 있으며, retention 특성등에 있어서도 현재의 특성 수준에서 소자를 제작하는데 아무런 문제가 없는 수준이다. 물론 10^{10} 회 이상 반복해서 정보를 쓰고 지울 수 있는 가능성이 Ovonix사에 의해 발표되기는 하였지만, 현재까지 관련된 후속 보고는 없는 상태이다. 보고된 결과로부터 현재 가능한 수준은 10^5 정도 수준이 양산에서 가능할 것으로 판단된다. 또한 한번 기록된 정보는 70°C 의 고온에서도 20년 이상 보존할 수 있다. 이러한 특성 때문에 상용화가 이루어질 경우 저장매체가 필요한 모든 기기에 사용이 가능할 것으로 예상된다. 이러한 다양한 응용성과 제품화의 용이성으로 인해 차세대 비휘발성 메모리로는 가장 용량이 큰 256Mb 시제품의 개발이 근접해 있으며, 2008년경에는 5억 달러에 이르는 비교적 큰 규모의 시장을 형성할 것으로 예상되고 있다.

위에서 열거한 PRAM의 장점은 같은 차세대 메모리로 연구되어지고 있는 FeRAM, MRAM에서 나타나고 있는 문제점을 해결할 수 있는 방안으로 제시되고 있다. FeRAM은 불휘발성 기억소자로 이에 대한 연구가 최근까지 활발하게 진행되고 있으며, 현재까지 상용화된 유일한 대체 비휘발성 메모리 이다. 현재 일부 제품화가 진행되어 1Mb 이하의 메모리 용량을 갖는 메모리가 시판되고 있고, SoC에 적합한 내장형 FeRAM 기술이 개발되어 RFID, IC 카드 및 스마트 카드의 내장형 메모리로도 그 응용이 이루어지고 있다. 국내의 삼성전자, 하이닉스 반도체를 비롯하여 미국의 IBM, Infineon, Motorola, Micron, Ramtron 그리고 일본의 Toshiba, NEC 등에서 활발하게 연구되고 있다. 하지만 FeRAM의 경우에는 불휘발성과 저소비 전력이라는 큰 장점에도 불구하고, 공정과정 및 소자의 고집적,

그리고 제품의 사용에서 몇 가지 심각한 문제점들을 드러내고 있다. 즉 소자의 사용에 따라 강유전체 박막이 열화되어, 정보의 읽기-쓰기에서 한계가 있다는 문제점을 지니고 있으며, 구조 및 공정 측면에서 소자의 고집적화가 어렵다는 문제점들이 있다. 이러한 문제점들로 인하여 FeRAM의 경우 집적 및 대량 생산에 많은 제한이 따르고 있다. MRAM의 경우 자성재료의 특성으로 인하여 우수한 읽기-쓰기횟수($\sim 10^{15}$ 회) 및 데이터 고속 처리 특성($\sim 30\text{ns}$)등을 나타내고 있으나, 아직 그 연구가 초기단계이고 자성기억 소자의 제조공정에서 자성체를 여러 층 증착하는 동안 결함 및 계면 제어에 따른 공정상의 제약을 받으며, 이에 따라 소자를 집적함에 있어 여러 문제점들이 발생하여 제조 공정단가가 상승된다는 문제점을 갖고 있다. 이들 FeRAM과 MRAM이 가지는 문제점은 제조 공정과 생산단가, 메모리의 성능등 치명적인 문제로 차세대 메모리의 특성인 고속, 저전력, 고집적, 불휘발성, 낮은 공정단가등의 특성을 만족시키지 못하고 있다.

II. PRAM 소자의 특징 및 개발 현황

PRAM은 1개의 Tr.과 Ge-Sb-Te(GST) 3원계 합금이 연결되어 하나의 저항을 이루는 1T 1R(하나의 Transistor와 하나의 저항)으로 구성되어 동작되는 소자이다. 하부저극에 전류를 흘리면 GST 물질은 저항가열에 의해 비정질(reset : high resistance) 혹은 결정화(set : low resistance)되며 이때의 저항차를 메모리에 이용한 것이다(그림 1). Post memory의 가장 대표적인 소자로서 PRAM이 미국, 일본등지에서 대단히 중요한 기술로 최근 등장하고 있으며, 한국의



〈그림 1〉 (a)GST 기반의 PRAM 소자의 set-reset 특성, (b)간단한 구조에서의 GST 기반 PRAM 소자 단면도

경우 가장 앞선 기술로 그 상용화를 눈앞에 두고 있는 상황이다. 그 이유는 이상적인 물질특성 측면에서의 단점이 있음에도 불구하고 현재의 집적화 기술로 소자 제작이 용이하고, 공정 단가가 매우 싼 장점이 있기 때문이다. 초고집적의 DRAM(Dynamic RAM), 고속의 SRAM(Static RAM), 불휘발성 메모리인 Flash를 대체 할 수 있는 차세대 메모리로서 각광받아왔던 Ferroelectric RAM(FeRAM), Magnetic RAM(MRAM)등의 경우, 재료측면에서 PRAM 보다도 훨씬 이상적인 소자를 구현할 수 있다. 그럼에도 불구하고 최근 Phase-change RAM(PRAM)의 등장과 이의 상용화를 눈앞에 둔 시점에서 차세대 memory개발에 있어서 시사하는 바가 크다고 할 것이다. 이는 미래 소자 개발에 있어서 가장 중요한 요소가 물질의 이상적인 특성보다는 여전히 공정의 접근성과 integration상의 가능성에 전적으로 의존함을 보여주는 단적인 예인 것이기 때문이다.

PRAM기술은 먼저 상변화재료에 대한 연구로서 1968년 R. Ovshinsky에 의해 상변화를 이용한 전기적 스위칭 특성에 대한 보고를 한 것으로부터 출발하였다. 즉 물질의 구조 변화(비정질

부터 결정상)에 의해 전기 저항의 급격한 변화 ($\Delta R > 10^6$)가 유발되는 재료를 보고하였다. GST 물질을 짧은 시간동안 열적으로 용점온도까지 올린 후 급냉하는 경우 비정질 상태로 매우 높은 저항상태를 유지하는 반면 용점 이하의 온도에서 가열시간을 상대적으로 길게 유지할 경우 저항이 낮은 다결정 상태를 만들게 된다. 메모리 소자에서의 특성은 이 특성을 이용하는 것이다. 이후 Chalcogenide 물질에 대한 전기적 특성에 많은 연구들이 있었지만 1990년대 후반까지 메모리 집적화에 성공하지는 못하였다. 대신 상변화물질을 전기적으로 열적 변화를 일으키는 대신 레이저를 이용하여 열적 변화를 일으키는 광학 메모리쪽으로 이용하려는 연구가 많이 이루어져서 다양한 종류의 상변화물질이 개발되었고, 광메모리 소자에 대한 상품화가 여러 분야에 걸쳐 이루어졌다. 현재 Rewritable CD, DVD-RAM, Rewritable DVD disks등의 형태로 상용화되어 쓰이는 물질중에는 Ge-Sb-Te의 3원소계 물질과 Ag-In-Sb-Te의 4원소계 물질이 주를 이루고 있다. Ge-Sb-Te의 3원소계 물질은 PD, DVD-RAM, DVD-RW에 쓰이고 있으며, Ag-In-Sb-Te의 4원소계 물질은 CD-RW, DVD-RW

에 쓰이고 있다. CD-RW는 지우고 다시쓰기가 약 1,000번, DVD-RAM은 약 500,000번 정도가 한계로 보고되고 있다.

그후 2002년 International Solid-State Circuits Conferences(ISSCC)에서 Intel Corp., Ovonyx Corp., Azalea Corp. 세 회사가 공동으로 발표한 자료를 보면 기억소자 물질로 $Ge_xSb_yTe_z$ 를 이용하여 4Mb의 테스트 메모리 칩의 제조에 성공한 것이 PRAM의 응용에 대한 최초 발표된 결과이다. Ovonic Unified Memory(OUM)으로 명명된 이 칩은 $0.18\mu m$ CMOS 공정을 이용하여 만들었으며 CMOS 구동전압은 on-chip charge pump 없이 3.3 V이다. 성능은 reset time이 10ns 이하, set time이 50ns 정도이며, endurance가 10^{12} 정도로 측정되었다. 이 결과는 PRAM이 기존 CMOS 공정과 연계되어 만들어질 수 있다는 것과 낮은 생산 단가와 높은 집적도를 가질 수 있다는 것을 보여주었다. Ovonyx Corp. AFRL. BAE systems는 공동연구를 통해 OUM의 우주 방사선이나 전자파에 의한 영향에 대해 연구, 발표하였다. 이는 우주 공간에서 사용가능한 메모리에 대한 실험으로 radiation-hardened CMOS 공정을 이용하여 chalcogenide 기반의 메모리 소자를 제작하여 실험하였다. 여기서 한 개의 트랜지스터와 한 개의 chalcogenide 기억 소자를 결합하는 1Transistor-1Resistor의 구성으로 제작하였다. 이 소자는 set 전류가 0.6 mA, reset 전류가 1.2 mA 정도이며 X-ray에 노출시킨 후에도 메모리소자 동작에 큰 변화가 없어 우주공간에서의 사용에 적합하다는 것을 나타내었다.

상변화물질은 광학 메모리의 핵심 물질이기 때문에 그동안 PC의 보조기억 장치의 하나인 CD-ROM이나 DVD, DVD-RAM등으로의 연구가 많이 이루어졌었다. 국내에서는 LG전자가

많은 연구를 하고 있으며, 외국에서는 일본 기업들이 주를 이루고 있다. 상변화 물질은 Chalcogenide계 물질과 희토류 금속등을 혼합하여 만들기 때문에 수많은 종류의 상변화물질이 만들어질 수 있다. Chalcogenide 물질에 대한 특허는 미국의 Ovonyx사가 많이 보유하고 있지만, 광학 메모리쪽에 쓰이는 상변화 물질에 대해서는 일본기업들이 재료특허를 보유하고 있는 경우가 많다. 물질 종류와 사용되는 광학 디스크의 종류에 따라 다르지만 근본적인 특성은 비슷하다고 볼 수 있다. 일본의 Matsushita, Asahi Chemical, Ricoh, TDK가 상변화 물질 부문에서 많은 특허를 보유하고 있다.

Intel의 연구결과에 의하면 Flash를 대체할 메모리로 PRAM에 대한 연구를 시작했으며, PRAM의 성능이 DRAM과 SRAM까지 대체할 수 있을 것으로 전망하고 있다. Intel에서는 PRAM의 고집적화에 대한 연구를 통해 차세대 메모리로써 PRAM의 성공적인 가능성을 발표하였다. 이러한 PRAM 기술을 기반으로 차세대 소자로서 PRAM에 대한 본격적인 연구가 검토되기 시작하였다. 차세대 소자로서 PRAM은 현재 개발중인 다른 소자들에 비해 가장 늦게 개발이 시작되었음에도 불구하고 상용화가 가장 근접한 차세대 소자이다.

국내에서는 삼성전자가 2003년 6월에 있었던 VLSI Technology symposium에 Phase-change RAM(PRAM)이라는 제목으로 3편의 논문을 발표하였다. 삼성전자에서는 $0.24\mu m$ CMOS 공정을 이용하여 MOSFET를 이용한 소자를 만들었으며 고속동작, endurance, data retention등의 측정을 통해 차세대 메모리로서의 가능성을 확인하였다. 또한 기억소자의 구조를 edge contact type으로 만들었으며 30ns 펄스를 이용하여 set

전류 0.13 mA, reset 전류 0.2 mA의 GeSbTe 물질의 전기적 특성을 측정하였다. 이후 2003년 7월에는 PRAM의 테스트소자를 만들었다고 발표하였다. 기억소자로 사용한 상변화물질은 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 이며, 주요내용은 PRAM의 동작특성 및 신뢰성평가를 완료하였으며, DRAM 등과 유사한 CMOS 공정 적용하여 제작하였기 때문에 상품화 가능성을 보여주었고, 수년 내에 NOR Flash 메모리 대체 제품으로 부상할 것이라는 전망 등이 있다. 이 제품은 3.0V 전압을 사용하며 쓰기속도 100ns, 읽기속도 50ns로 동작하고 20억회까지 반복사용이 가능하며 70°C 고온에서 20년간 데이터 보존이 가능하다는 특성이 있다. 다른 post memory에 비해 뛰어난 특성과 Intel, 삼성전자등에서 상용화의 가능성을 확인하였기 때문에 PRAM에 대한 연구는 앞으로 더욱 늘어날 것으로 전망된다.

III. PRAM 기술의 개발 및 상용화 가능성

PRAM이 갖는 많은 장점에도 불구하고 PRAM에 대한 근본적인 문제들이 제기되고 있다. 먼저, 차세대 메모리로서의 가장 큰 특징인 집적화 정도가 어느 정도까지 가능할 것인가에 대해서는 이견이 많다. Intel의 경우, 차세대 소자로서의 지속적인 사용에 대해서는 회의적인 결과를 보고 하였으며, 향후 PRAM의 응용범위를 확대시키기 위해서는 반드시 해결하여야 할 과제이다. 이와 관련되어 구조적 변화를 통한 소자 특성의 구현은 필연적으로 FRAM에서 경험하였던 것처럼 응력변화에 의한 신뢰성의 문제를 갖게 된다. 따라서 관련된 응력을 최소화 할 수 있는 물질개발이 필수적으로 요구된다. 궁극적으로 소자 집적화가 진행될 수록 작은 영역에서

의 상변화 특성을 이용하게 되므로 구조적 변화에 기인한 응력의 신뢰성에 끼치는 문제는 감소될 것으로 예측하고 있으나, on/off 특성인 저항치의 변화폭의 한계와 맞물려 있으므로 공정과 밀접하게 연관될 수 밖에 없는 상황이다. PRAM의 가장 큰 취약점으로 거론되는 전류에 의한 driving 방식역시 미래 소자로서의 발전가능성을 회의적으로 만드는 요소이다. 국소부위에 작용하는 전류는 전류밀도로는 엄청난 양이 공급되는 것이므로 집적화가 진행될 수록 소자의 열적 안정성을 저해하는 요소로 작용될 것으로 예상된다. 따라서, PRAM이 미래 소자로서 지속적인 발전을 이루기 위해서는 위에서 언급한 문제에 대한 근본적인 해결책을 찾을 수 있어야 하며, 이는 GST기반에서 벗어난 새로운 물질 개발이 시급히 요구된다고 할 수 있다.

그러나 PRAM의 개발이 가시화된다면 여러 분야에서 작지 않은 변화가 일어날 것이다. 우선 모바일 기기의 메모리로 널리 쓰이고 있는 Flash가 PRAM으로 대체될 것으로 보인다. 현재 Flash 애플리케이션 시장의 50% 이상을 차지하고 있는 부문은 이동통신단말기 시장이다. 이동통신단말기의 프로그램 저장용 메모리로는 Flash의 다소 느린 동작속도를 보완하기 위해 SRAM과 패키징한 MCP(Multi Chip Package)가 이용되고 있다. 그러나 PRAM이 상용화되어 고속동작, 대용량, 저가의 특성을 갖추게 된다면 PRAM 단독의 메모리 구조로 변화해 갈 수 있다. 그 다음으로 디지털 가전의 부품 분야에서 System LSI의 구성 변화가 일어날 것으로 보인다. 현재 디지털 가전의 부품 분야에서는 메모리와 비메모리가 결합된 System LSI의 고성장이 예상되고 있다. System LSI를 구성하고 있는 메모리 부문은 속도, 용량, 불휘발성 등 모든 면에

〈표 2〉 PRAM의 수요처 및 요구 특성

| 수요처 | 요구 특성 |
|----------------|---|
| 휴대용 단말기 | 긴 사용시간을 위한 저전력 휴대성을 위한 소형화 많은 정보를 처리하기 위한 대용량 및 고속동작 |
| PC | DRAM 및 SRAM을 대체하기 위한 고속동작 HDD를 대체하기 위한 대용량 휴대용 저장장치를 위한 소형화, 고집적화 |
| System LSI | DRAM 및 SRAM을 대체하기 위한 고속동작 SoC를 위한 공정의 간편화 |
| 우주개발분야/군사장비 | 우주방사선에 강한 특성 기억된 정보는 전자기파등의 영향에도 손실되지 않아야한다 |
| 인텔리 가전기기/로봇 산업 | 요구되는 메모리 특성을 PRAM으로 충족 |

서 탁월한 메모리가 아직까지 상용화되고 있지 않아 SRAM, DRAM, Flash 등으로 구성이 이루어져 다소 복잡한 편이다. 그러나 PRAM이 비휘발성, 고속, 대용량의 특성을 갖추게 된다면 System LSI의 구조도 Process Unit+PRAM의 형태로 단순화 될 것이다. 마지막으로 PC의 메인 메모리가 DRAM에서 PRAM으로 대체되어 PC의 메모리 계층구조에 변화가 일어날 수도 있다. 현재 PC의 구조는 대용량 보조 메모리인 Hard Disk Drive(HDD)와 메인 메모리인 DRAM, cache 용도의 SRAM으로 구성되어 있다. OS나 애플리케이션 S/W는 휘발성 메모리인 DRAM이나 SRAM에 저장할 수 없으므로 HDD에 저장할 수 밖에 없다. 따라서 PRAM의 용량이 테라비트급으로 확대된다면 PC의 OS와 모든 소프트웨어를 HDD가 아닌 PRAM에 저장 가능해지며, 소프트웨어 구동시간이 훨씬 빨라지게 된다.

PRAM이 상용화 될 경우 가장 먼저 대체될 메

모리는 Flash로 예상된다. PRAM은 Flash와 같은 비휘발성을 가지면서, Flash의 단점인 읽기쓰기 속도 면에서 월등히 앞서기 때문이다. Flash 시장은 모바일 기기의 보급, 휴대용 저장 장치의 확산에 따라 그림1에서 예측하는 바와 같이 향후 메모리 산업에서 DRAM 시장보다 더 큰 시장을 형성하게 될 것이다. PRAM이 Flash를 대체하게 되면 낮은 소비 전력, 고집적, 빠른 액세스 시간, 낮은 생산 단가라는 특성 때문에 모바일 기기의 성능향상에 집적적인 영향을 줄 수 있다. 또한 메모리 용량의 증대 및 속도 향상에 따라 많은 양의 데이터를 주고받을 수 있으며, 데이터의 저장에도 아무런 제약이 없게 된다.

상용화 이후 PRAM의 집적도가 높아지고 이에 반해 생산 단가가 낮아질 경우에는 PC의 DRAM을 대체할 수 있을 것으로 예측된다. PC의 메인 메모리가 휘발성 메모리에서 비휘발성 메모리로 대체될 경우 PC의 발전에 있어서 커다란 전환점이 될 것이다. PC의 메인 메모리가 불

휘발성으로 될 경우에는 프로그램 구동시 HDD, Floppy 등의 보조 기억장치로부터 데이터를 읽어 들일 필요가 없게 되고, 이에 따라 컴퓨터의 고속동작, 소형화 등이 가능해 진다. PRAM이 더욱 발달하여 테라비트 이상의 기억 능력을 가지게 된다면 PC에서 보조 기억장치의 필요성이 완전히 사라지게 된다. 또한 PRAM의 속도가 더욱 빨라지게 된다면 PC의 메인 메모리인 DRAM, 보조기억장치뿐 아니라 고속의 cache 메모리인 SRAM 마저도 대체할 수 있어 PC의 구조는 현재와는 많이 달라지게 될 것이다. 불휘발성 메모리가 많이 쓰이는 모바일 기기와 휘발성 메모리가 주를 이루는 PC 이외에도 가전제품 또한 디지털화, 네트워크화, 모바일화 되면서 불휘발성 메모리의 사용량이 급증하고 있다. 또한 앞서서도 언급했듯이 우주 방사선이나 전자기파에 영향을 받지 않기 때문에 우주공간에서의 사용도 가능하며, 군사적 목적의 시스템이 전자기파 공격에 무력화되는 것을 방지할 수 있다.

최근의 메모리 시장에서 급성장한 품목은 Flash 제품이다. Flash는 PC 산업의 침체기와 상관없이 모바일 기기와 휴대용 기기 등의 급성장으로 인해 많은 시장을 확보하면서 그 수요를 늘려왔다. 이러한 Flash 시장의 확장은 계속 이루어질 전망이다. PRAM의 초기 대체 제품이 Flash인 만큼 PRAM이 양산화 되자마자 많은 수요가 있을 것으로 예상된다. 또한 PRAM의 고속, 대용량, 저전력 특성에 힘입어 휴대용 단말 기기의 정보전달에 있어 고속화, 대용량화가 이루어져 이에 따른 새로운 정보기술 시장도 형성 될 것이다. PRAM의 다른 특성인 우주복사선이나 전자기파에 강한 면을 이용하여 우주개발에서의 PRAM의 위상도 한층 높아질 전망이다.

PRAM의 특성으로는 불휘발성, 낮은 동작전압, 빠른 access time, non-destructive read out(NDRO), 낮은 단가, 긴 수명 등이 있다. 따라서 PRAM이 상용화된다면 낮은 동작전압과 높은 집적도를 요하는 모바일 분야, 긴 수명을 요하는 네트워크분야, 빠른 스피드를 요하는 그래픽 분야 등에 두루 쓰일 수 있다.

PRAM의 수요처는 우선적으로 Flash가 선점하고 있는 휴대용 단말기 부문과 DRAM이 사용되는 PC쪽이 될 것으로 예상된다. 이후 PRAM의 성능이 더욱 향상되면 System LSI 분야와 HDD, 군사장비, 우주개발분야 그리고 인텔리 가전기기 및 로봇 산업으로까지 수요처가 확장 될 것이다.

지금껏 살펴본 바와 같이 PRAM의 상용화는 전자산업 전반에 걸쳐 일대 혁신을 몰고 올 수 있다. 전자제품, PC, 휴대용 장치, 모바일 기기 등의 장치 구성이 더욱 간단해지면서 더욱 강력한 성능을 가지게 되는 것이다.

참고문헌

- [1] S. Lau, T. Lowrey, Technical Digest of international Electron Device Meetings (2001), p36.5.1.
- [2] M. Wuttia, Nature Materials 3, 265 (2005).
- [3] Stanford R. Ovshinsky, Phys. Rev. Lett. 36, 1469 (1976).
- [4] N. Yamada, E. Ohno, K. Nshiuichi, N. Akahira, M. Takao, J. Appl. Phys. 69, 2849 (1991).
- [5] A. PIROVANO, A. L. Lacaite, A. Benvenuti, F. Pellizzer, R. Bez, IEEE Trans. Elec. Dev. 51, 452 (2004).
- [6] M. Kastner, D. Adler, H. Fritzsche, Phys. Rev. Lett. 37, 1504 (1976).
- [7] N. Yamada, MRS Bulletin 37, 1504 (1996).

- [8] A. Pirovano, A. L. Lacaita, A. Benvenuti, F. Pellizzer, R. Bez, IEEE Trans. Elec. Dev. 51, 452 (2004).
- [9] 산업자원부 차세대 성장동력 사업 G급 PRAM 집적공정기술개발 기획보고서.
- [10] Y. H. Ha, J. H. Yi, H. Hori, J. H. Pa가, S. H. Joo, S. O. Pa가, U-In Chung, J. T. Moon, VLSI Technol. Symp. (2003), p 175.

용어해설

TV 포탈

Television portal, TV portal (통신망)

TV를 통해 TV 포탈 사업자가 제공하는 한정된 서비스를 리모콘의 조작으로 이용하는 인터넷 서비스.

VOD 서비스를 포함하여 날씨, 뉴스, 지역정보 등의 인포메이션 서비스, 게임, 노래방 등의 엔터테인먼트 서비스, TV메일, TV SMS 등의 커뮤니케이션 서비스 그리고 여론조사, 인기투표, banking, 쇼핑물 등의 TV와 대화할 수 있는 양방향 interactive 서비스 등이 포함된다. TV 포탈 서비스를 이용하기 위해서는 인터넷망과 연결되어 있는 셋탑박스가 댁내에 설치되어야 한다.

저자소개



조만호

1992년 연세대학교 물리학과(학사) 졸업
 1994년 연세대학교 물리학과(석사) 졸업
 1999년 연세대학교 물리학과(박사) 졸업
 1994년-1996년 삼성전자 반도체 연구소 기초연구팀 주임 연구원
 1999년-2001년 삼성전자 반도체 연구소 공정개발팀 책임 연구원
 2001년-2002년 연세대학교 연구교수
 2002년-2003년 Stanford Univ. post. doc.
 2003년-현 재 한국표준과학 연구원 책임연구원
 주관심분야 반도체 재료/ 나노소재 분석