

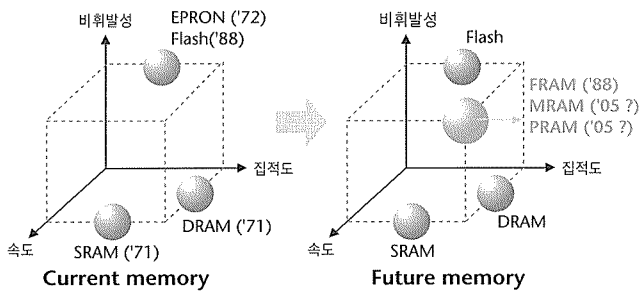
차세대 반도체 정보기억장치

I. 기술의 개요 및 산업동향

1. 기술의 개요

차세대 반도체 정보기억장치는 반도체 소자를 이용하여 디지털 이진정보를 기억하는 소자 가운데서 DRAM과 플래시 메모리에 이어 새로운 반도체 정보기억소자로 떠오르고 있는 소자를 의미하는 것이다. 본 PM보고서에서는 현재 플래시 메모리의 뒤를 이을 소자로 평가받고 있는 FRAM, 대량 생산이 임박한 MRAM 및 현재 가장 급박한 개발 현황을 보이고 있는 PRAM을 분석대상으로 삼는다.

[그림1] 현재의 메모리와 차세대 메모리



DRAM이나 플래시 메모리가 전하(charge)를 이용하여 이진정보를 저장하는 반면 이들 소자들은 분극현상(FRAM), 강자성체의 자화상태에 따른 MTJ(Magnetic Tunnel Junction) 박막의 저항 변화(MRAM), 상변화(相變化)로 인한 저항변화(PRAM) 등을 이용하여 이진정보를 구분하는 특징을 가지고 있어 비전하중심 소자로 불리고 있다.

이들 차세대 반도체 정보기억장치인 FRAM, MRAM, PRAM 등은 [그림1]에서 보이는 바와 같이 DRAM이 가지는 고집적 특성과 플래시 메모리가 가지는 비휘발성 특성을 고루 갖고 있어 휘발성이나 비휘발성 메모리를 가리지 않고 대체할 만한 가능성이 있는 소자들이다.

2. 산업동향

반도체 메모리의 세계시장동향

시스템의 고속화에 부응하여 DRAM 역시 SDRAM, DDR 등으로 액세스 속도가 점점 고속화됨으로써 컴퓨터 시스템의 주기억장치로서의 위치를 굳건히 지키고 있으나 비휘발성이란 특징으로 인해 최근에는 플래시 메모리의 시장이 급격히 커지고 있다. 특히 인텔이나 Toshiba와 같은 전통적인 메모리

리 강자 뿐만 아니라 삼성 등과 같은 선도기업들이 차세대 반도체 시장을 주도하기 위해 새로운 메모리의 개발과 양산체제 정비 등 대응전략에 부심하고 있다.

최근에는 세계 반도체 경기회복에 따라 2003년도 플래시 메모리 시장이 사상최대규모인 전년대비 49% 성장한 116억 달러에 이르는 등 회복세가 뚜렷하다.

[표1]에는 전세계 반도체 메모리 시장규모를 나타내었다.

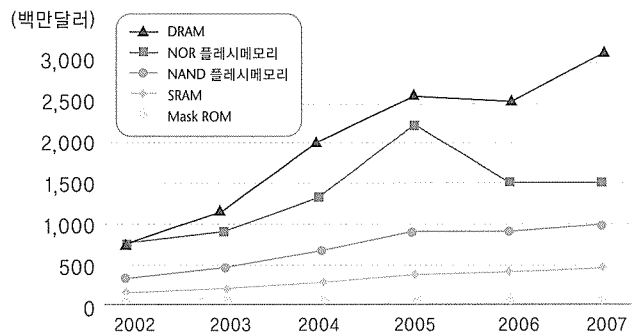
[표1] 전세계 반도체 메모리 시장 예측

(Dataquest 2003.2, M\$)

| 구분 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| DRAM | 16,212 | 20,901 | 32,894 | 44,432 | 32,256 | 24,979 |
| SRAM | 3,288 | 3,771 | 4,740 | 5,733 | 4,548 | 4,996 |
| NAND Flash | 1,740 | 2,115 | 3,064 | 3,587 | 2,815 | 2,805 |
| NOR Flash | 6,685 | 7,871 | 10,682 | 12,305 | 10,522 | 11,851 |
| EPROM | 369 | 389 | 419 | 389 | 338 | 318 |
| EEPROM | 730 | 740 | 790 | 742 | 619 | 557 |
| ROM | 382 | 404 | 464 | 472 | 444 | 452 |
| 기타 | 491 | 509 | 665 | 832 | 693 | 751 |

반도체 메모리의 국내시장동향

[그림2] 국내의 반도체 메모리 시장 예측



국내의 반도체 메모리 시장은 DRAM의 전통적 강세 속에 MP3, 디지털 카메라, 카메라폰 등의 판매호조에 힘입어 플래시 메모리의 급성장이 예측된다.

대부분의 메모리 카드에서는 정보의 비휘발성이 유지되어야 하므로 플래시 메모리를 사용하고 있다. 특히 디지털 카메라, MP3, 셀룰러폰과 같은 hand-held 전자기기에서는 메모리 카드 형태로 플래시 메모리가 쓰이고 있고, 이들 메모리 카드에 장착된 소자들은 DRAM과 같은 수준의 읽기/쓰기가 요구되진 않는다. 따라서 MRAM, PRAM이 상용화되기 시작하면 메모리 카드에 제일 먼저 적용되리라 예상된다.

3. 개발동향

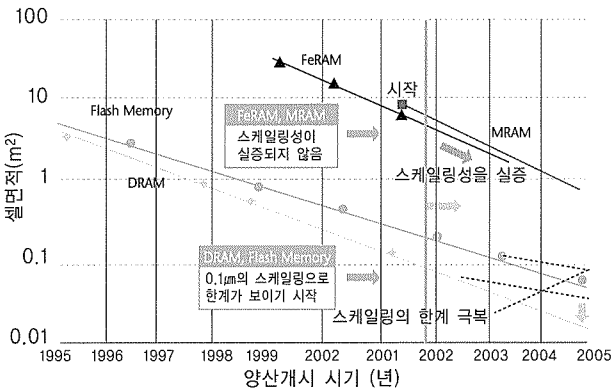
MRAM의 개발동향

MRAM은 미국의 거대기업인 IBM과 Motorola, 독일의

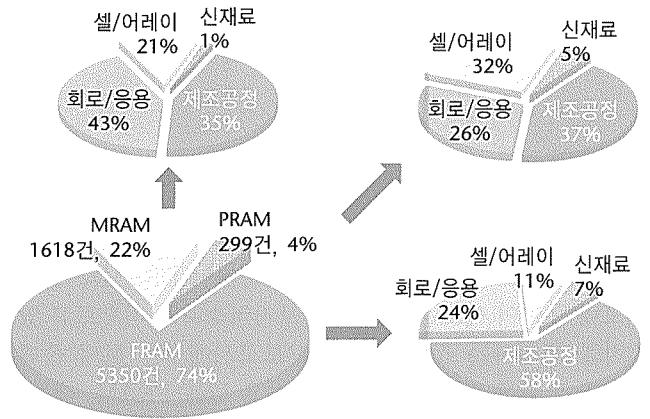
Infineon 등에 의해 개발이 주도되고 있다. 이 가운데 미국의 IBM사는 2004년경에 256M bit 제품을 양산할 계획이었으나 이루어지지 않고 있다. MRAM의 양산화에 가장 문제가 되는 점은 역시 고집적화에 따른 축소성(scalability)이 유지되는가 하는 점이다.

MRAM은 커패시터 박막에 TMR 소자를 사용하는데 이 소자 양극의 자계가 동일한 방향인가 아닌가에 의해 저항치가 달라져 이진정보를 기억할 수 있게된다. 그러나 집적화에 따라 소자의 크기가 점점 미세해 지면 TMR 소자에 기록할 때 자계의 방향을 바꾸기 위한 전류가 커지게 되는 단점이 있어 미세화를 가로막는다. 이는 특히 미세화에 따라 좁아진 자성층 사이의 위치하는 금속층의 두께가 얇아질수록 자성층끼리의 작용하는 힘이 커지게 되어 자계의 반전에 큰 에너지가 필요하기 때문이다.

[그림3] 셀 면적에 따른 MRAM 양산 시기의 예측



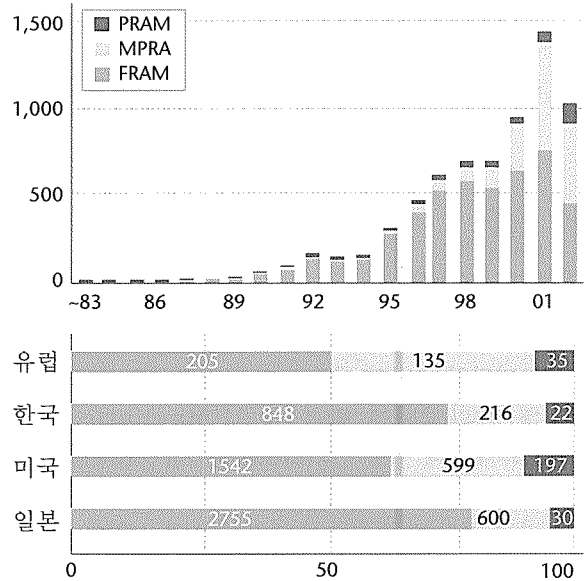
[그림4] FRAM, MRAM 및 PRAM의 기술별 출원동향



2. 국가별 출원동향

국가별 출원동향을 살펴보면 한국과 일본은 FRAM 분야의

[그림5] 국가별 출원동향 및 출원비율



II. 특허로 본 기술개발동향

1. 기술별 출원동향

각 소자별로 보면 FRAM이 5,350건으로 전체의 74%, MRAM이 1,600여건으로 22%, PRAM이 299건으로 4%를 차지하고 있다.

FRAM의 출원비율은 한국과 일본이 높고 미국, 유럽의 순으로 되어 있다. 이는 FRAM의 경우 한국의 하이닉스의 출원비율이 높기 때문이고 일본의 경우는 일찍부터 FRAM의 개발을 시작하였기 때문이다.

FRAM에서는 모든 출원인들이 제조공정에 관한 특허의 비율이 가장 많아 신뢰성있는 강유전체 박막을 형성하는데 기술이 집중되고 있음을 알 수 있다.

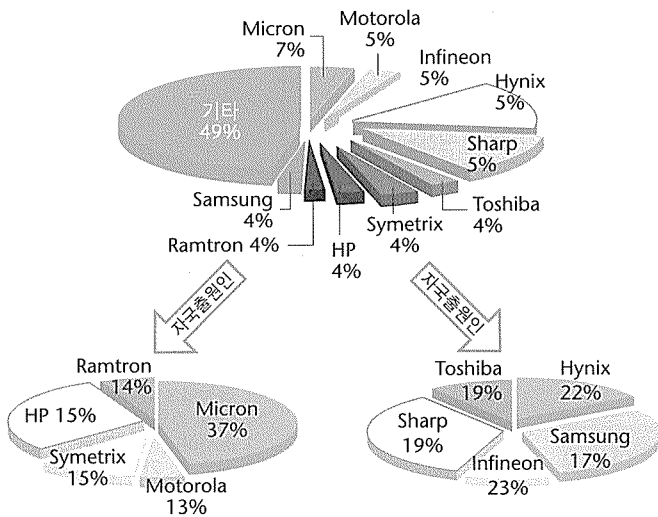
출원비율이 상대적으로 높은 반면, 미국은 MRAM 분야의 출원이 전체의 25%로 상대적으로 많은 특허출원을 보여 일찍부터 MRAM 기술을 개발하였음을 알 수 있고 유럽의 경우도 MRAM의 출원비율이 30%에 달하는 통계치를 보여주는데 이는 Infineon과 같은 유럽회사들의 출원 뿐 아니라 최근의 MRAM에 대한 한, 미, 일의 유럽출원비율이 늘었기 때문이다.

- 유효한 누적 특허출원건수는 FRAM, MRAM, PRAM의 순으로 되어 있어 기술개발의 착수 순서나 양산 예측 순서와 일치함. (FRAM: 5,350건, MRAM: 1,618건, PRAM: 299건)

- 3개 소자들 중 미국은 MRAM의 비율이 한국, 일본보다 높음. (한국:20%, 미국:26%, 일본:19%)
- 최근 5년 동안의 전체에서 MRAM과 PRAM이 차지하는 출원비율은 한,미,일의 기초기술 개발력 격차를 극명하게 나타내고 있음. (한국:2%, 일본:12%, 미국:20%)
- 한국 내 출원의 경우 2002년에 MRAM의 출원비율이 FRAM을 추월하였음. (MRAM:58건, PRAM:94건)

3. 주요출원인별 출원동향

[그림6] 출원인 출원비율(%) 및 자국,외국 출원인 비율(%)



미국 내에서 출원인별로 살펴보면 미국 Micron이 11%를 점유하고 이어 Motorola, Infineon, 하이닉스, Sharp가 5%로 뒤를 따르고 있다. 나머지는 Toshiba, HP, Symmetrix, Ramtron, 삼성전자 등이 4%대를 유지하고 있으며 기타 출원인이 약 절반인 49%를 점유하고 있다.

미국 내 자국 출원인별 분포를 살펴보면 Micron이 37%, HP, Symmetrix가 15%, Ramtron이 14%, Motorola가 13%를 차지하고 있으며 외국 출원인중에서는 유럽의 Infineon이 23%로 가장 큰 비율을 차지하고 있다. 한국의 삼성과 하이닉스가 합해서 약 40%를 차지하고 있다.

III. 특허권리분석

FRAM 소자는 MRAM이나 PRAM과는 달리 이미 상용화된 탓에 관련기술이 어느 정도 성숙기에 도달하여 분야별 핵심기술이 대부분 드러나 있고 특허출원건수 및 등록건수가 가장 많으므로 본 PM과제에서 핵심기술을 분석하기에 가장 적합한

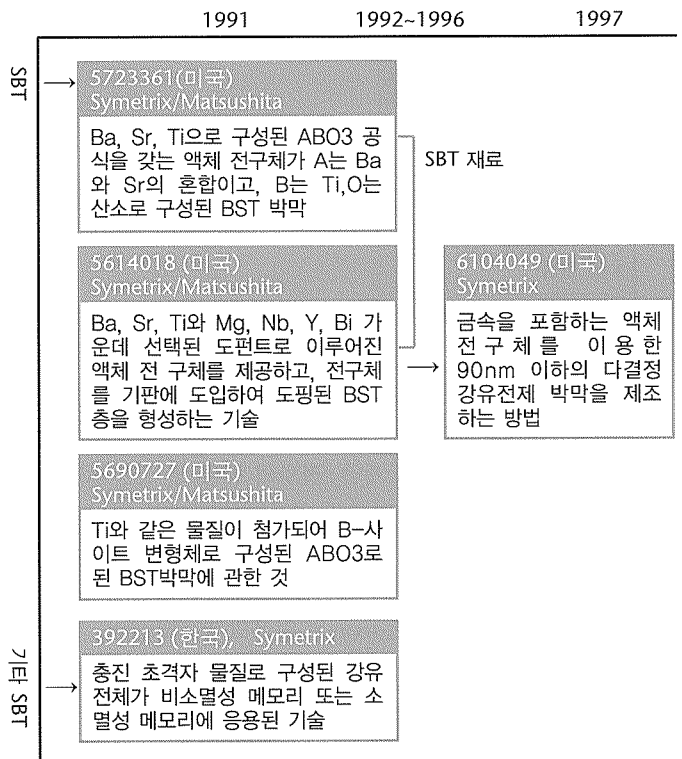
소자이다. 따라서 제 3장의 특허권리분석을 위하여 FRAM 소자를 핵심기술로 선정하고 강유전체 신재료 분야, 제조공정 분야, 셀/어레이의 구조 분야 및 회로/응용 분야에 대해 가장 기초적인 기술로 평가되는 특허에 대해 심도있는 분석을 하였다.

IV. 결론

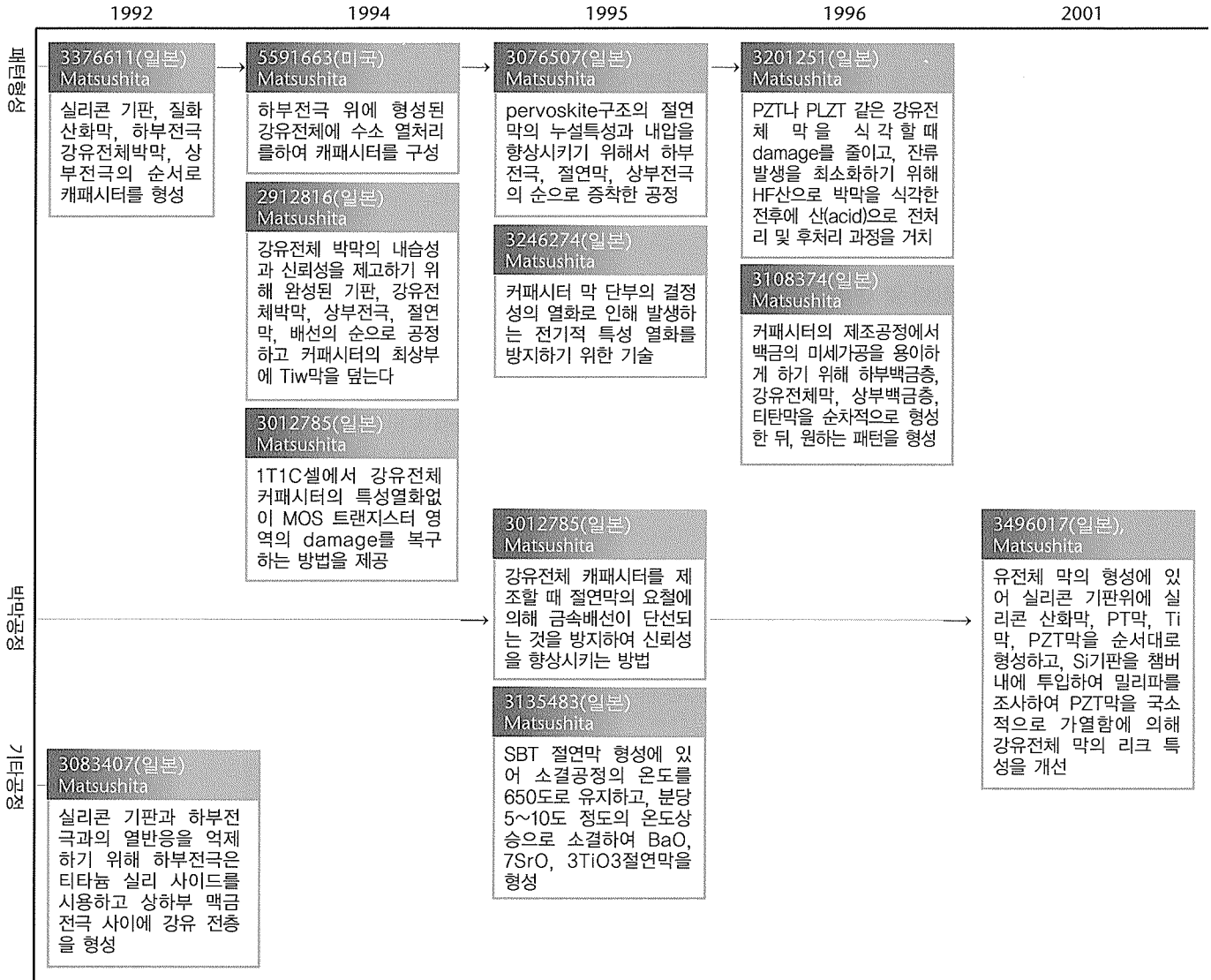
향후 수십 년간 반도체 강국으로서의 입지를 유지하기 위해 필수적으로 개발하여야 할 차세대 반도체 정보기억장치로 FRAM, MRAM 및 PRAM을 선정하고 이들에 대한 특허출원 동향과, 핵심기술로 선정된 FRAM에 대해 심도있는 특허분석을 실시하였다.

FRAM은 차세대 반도체 메모리 소자들 가운데 유일하게 상용화된 소자로 1988년 미국의 Ramtron에 의해 최초로 상용화된 칩이 출시된 이래 현재 256Kb급의 칩이 생산되고 있다. DRAM이나 플래시 메모리가 기가비트 시대에 다다른데 비해 FRAM의 집적화가 늦게 진행되고 있어 DRAM이나 플래시 메모리에 필적할 만한 시장형성은 아직 미흡한 상태이다.

[그림7] 강유전체 신재료 분야의 주요출원인(Symetrix)의 기술발전동향



[그림8] 강유전체 제조공정 분야의 주요출원인(Matsushita)의 기술발전동향



각국의 FRAM 개발상황을 간단하게 살펴보면 한국의 반도체 회사들은 독자적인 개발을 하고 있으나 미국, 일본 및 유럽의 반도체 회사들은 전략적인 제휴를 통한 공동개발로 상호간의 시너지 효과, 제품의 적기 개발, 정보의 공유 및 공동 시장접근을 해나가고 있어 한국의 반도체 회사들이 불리한 위치에 놓여 있다.

예를 들면 미국의 Ramtron은 일본의 Fujitsu와 Rohm사와 제휴하였으며, 독일의 Infineon은 일본의 Toshiba와, 프랑스의 ST micro는 일본의 Fuhitsu와, 미국의 Motorola는 일본의 Matsushita와, 미국의 Symetrix는 일본의 NEC 및 여러 회사들과 공동으로 FRAM을 개발하고 있어 단독으로 FRAM을 개

발하고 있는 회사는 거의 없는 형편이다.

FRAM이 거대시장을 형성하지 못하고 있는 이유는 집적화가 빠른 속도로 진행되지 못하기 때문이다. 집적화를 가로막는 가장 큰 요인은 반복적인 읽기/쓰기 횟수가 아직 DRAM에 미치지 못한다는 점과 축소성(Scalability)이 부족하다는 점이다.

FRAM의 강유전체 재료물질로는 PZT와 SBT가 주로 쓰이고 있고 BLT 계열도 일부 연구되고 있다. PZT는 고전압이 필요한 점, 피로현상이 심하다는 단점이 있는 반면, SBT는 저온 저전압에 유리하나 공정에 따른 편차가 심하다는 점이 있다. FRAM 전체적으로는 상하부 전극 재료의 선택과 증착/식각공정, 열처리, 수율, 기존공정과의 양립성 등의 문제가 완전히 해결되어

있지 않은 상태이다.

FRAM은 2001년의 35억불에 달하는 스마트 카드 시장에 장착되어 사용되고 있는데 이 시장은 매년 30%의 급격한 성장세를 보이고 있다. 그러나 FRAM의 궁극적인 목표는 스마트 카드 시장을 넘어 PC의 범용 메모리로서의 위치를 다지는 것이므로 이를 위해서는 전술한 것과 같은 문제점을 선결하여야 한다.

MRAM은 실험적으로는 메가비트급의 칩이 시험되고 있는 단계에 있으나 아직 그 누구도 상업적인 생산에 이를 정도의 성능을 확보하지 못한 상태이다. MRAM의 상용화를 가로막는 가장 큰 난제는 TMR 소자의 제작이다. 특히 DRAM과 같이 커패시터의 정전용량과 트랜지스터로 구성된 것이 아니라 TMR 소자로의 형태 변화에 따른 공정상의 불안정성이 크다.

대표적인 예를 들면 TMR소자의 유전체 박막은 DRAM의 커패시터보다 훨씬 얇아야 하지만 DRAM보다 얇은 TMR 박막의 두께 변동은 TMR 소자 저항의 심한 변동을 가져오게 되는데 이 변동율은 대략 10~30%에 달한다고 알려져 있다.

양산화를 가로막는 또 하나의 문제점은 TMR 소자의 크기가 줄어들수록 자체를 바꾸어주는 전류의 크기가 커지게 되어 전력소모가 증가한다는 점이다.

이러한 문제점은 순식간에 해결되지는 않으리라 예상되지만 이 문제점을 극복하지 않고서는 DRAM이나 플래시 메모리의 뒤를 이을 소자가 될 수 없다. MRAM의 경우 전술한 이 문제점들을 제외하면 회로 및 시스템상의 문제점은 없어 보이는데 이는 DRAM이나 플래시 메모리의 개발에서 사용된 회로 기술들이 대부분 그대로 적용할 수 있기 때문이다.

전문가들은 MRAM의 상용화가 2004년 정도에 이루어질 것으로 예상하였고 실험적인 칩들도 Motorola, 삼성 등에 의해 개발된 바 있으나 아직 기술적인 장벽들을 완전히 극복하지 못해 양산 단계에 도달하지 못하였다. 그러나 MRAM의 경우 TMR 박막의 변동율을 최소화하는 기술이 개발되면 곧바로 양산이 시작될 것으로 보이고 연간 160억불에 달하는 플래시 메모리 시장을 빠르게 잠식하기 시작할 것이다.

PRAM은 차세대 반도체 메모리 소자들 가운데서 가장 늦게 기술 개발이 시작된 소자이지만 MRAM보다 빨리 양산화에 성공할 가능성도 엿보이는 소자이다. PRAM 개발에 선도적인 역할을 하고 있는 미국의 Ovonyx사에 따르면 현재의 CMOS 제조공정상에 사용되는 장비를 별다른 개조 없이 PRAM의 제조에도 사용할 수 있다고 한다.

상변화를 일으키는 물질로는 GST가 쓰이고 있으며 이 물질은 상변화에 따른 저항의 변동 범위가 MRAM의 100분의 1에 해당할 정도로 작아 이진정보의 판별에 매우 유용하다. 현재 기

술개발을 주도하고 있는 회사는 대부분 미국회사들로, Ovonyx, Intel, Micron, HP 등이다.

PRAM 역시 MRAM과 마찬가지로 아직 상용화에 이르지 못한 소자이지만 치열한 기술개발이 계속되고 있어 각 분야별로 기술적인 장벽을 뛰어넘고자 하는 중요한 특허가 지속적으로 등장할 것이므로 PRAM의 상용화 또한 수년 내로 이루어지리라 예상된다.

특히 출원인 분석을 통하여 각국의 연구개발 동향을 살펴보면, 각국의 많은 반도체 회사들이 차세대 반도체 메모리 소자들을 공동으로 개발하고 있거나 전략적인 제휴를 통해 개발하고 있는 반면, 한국의 삼성전자와 하이닉스는 각기 독자적인 개발을 하고 있다는 것이 드러난다.

이러한 독자적인 개발은 개발비의 부담, 제품 적기 개발, 개발의 시너지효과 및 정보의 교류 측면에서 불리한 위치에 놓여 있는 것이다. 삼성전자가 일본의 Toshiba와 적절한 제휴를 통해 플래시 메모리 시장에서도 세계 1위로 올라선 경험이 있는 만큼 MRAM이나 PRAM에서도 유효한 제휴 전략을 통해 차세대 반도체 메모리 소자에 있어서도 지속적으로 세계적 경쟁력을 유지할 필요도 있어 보인다.

본 PM 보고서의 특허출원동향과 핵심기술 분석 등을 통해 현재 차세대 반도체 메모리분야에서 우리나라가 차지하고 있는 입지를 정확히 분석할 수 있었으며 각국의 거대 반도체 기업들이 어떠한 세부 기술 분야에 연구개발력을 집중하고 있는지도 파악할 수 있었다.

MRAM과 PRAM의 경우 아직 양산화를 가로막는 기술적인 장벽이 완전히 극복되지 못하였고 이를 극복하고자 하는 노력이 각국의 특허출원으로 계속 나타날 것이므로 본 PM보고서와 같은 작업을 통한 기술동향파악은 일과성으로 그치지 말아야 한다.

특히 미국과 일본은 우리나라에게 DRAM과 플래시 메모리 산업의 경쟁력에 뒤쳐져 이들 산업을 포기한 전력이 있으므로 차세대 반도체 메모리 소자에 있어서는 주도권을 놓치지 않기 위해 이들 소자의 개발에 필사적으로 노력하고 있는 것으로 보인다.

뿐만 아니라 우리나라의 반도체 소자 생산기업, 장비생산 기업에 대한 선진회사들의 특허공세도 날이 심화되고 있으므로 차세대 메모리 산업에서도 주도권을 잃지 않도록 하기 위해서는 정부뿐만 아니라 학계, 연구소 등의 여러 분야의 연구력이 집중되어야 할 뿐만 아니라 특허정보의 확산과 교류 또한 쉽게 이루어 져야 한다.