

F램 치명적 결함 해결 차세대 반도체로의 면모 갖춰

포항공대 연구팀 세계 최초 개발

...650억회 반복동작 정보손실없어 성능 탁월



반도체 시장의 분위기는 아직 침체기에서 벗어나지 못하고 있다. 공급에 비해 수요가 적어 많은 업체들이 공급을 줄이는 등 차선책을 고려 중이지만 뚜렷한 해결 방안이 아직 제시되고 있지 않다. 하지만 지난 달 13일 F램의 치명적인 결함을 해결할 수 있는 기술이 개발되어 귀추가 주목되고 있다.

포항공대 신소재공학과 장현명 교수 연구팀은 최근 백금 전극 상에서 솔-젤 및 펄스레이저 증착법(PLD) 등으로 만든 PZT(아연, 지르코늄, 티타늄의 복합화합물) 계열의 커패시터(소재·소자)를 이용, 약 650억회의 반복적인 쓰고 읽기 동작에도 정보가 손실되지 않는 탁월한 성능을 가진 비휘발성 강유전체 메모리 소자인 F램을 개발하는 데 성공했다. 이 연구는 과기부의 국가 지정연구실 사업의 지원으로 수행되었으며 세계 최초다.

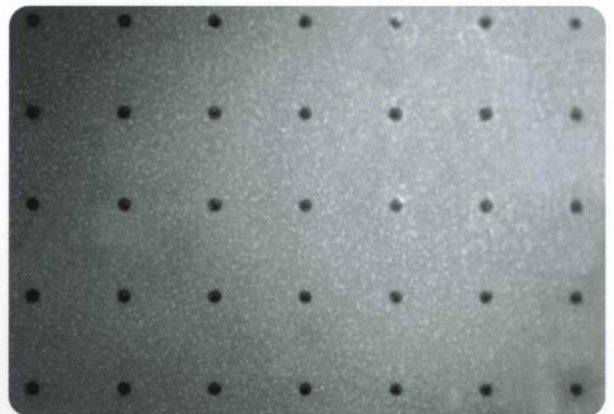
세계 유수업체 개발경쟁 치열

PZT 커패시터는 한번 저장된 정보가 지워지지 않는 비휘발성, 저전압 작동성, 고속 정보처리 속도(1천만분의 1초), 무제한 정보기록 횟수 등의 장점으로 기존의 D램 소자나 플래시메모리

를 대체할 차세대 메모리 소자인 F램의 주된 후보로서 99년 4M F램을 개발한 삼성전자를 비롯하여 도시바, 히다치 등 세계 유수의 반도체 메이커들이 치열한 개발경쟁을 벌여왔다. 그러나 수백만번 이상의 쓰고 읽기 동작 이후에는 저장된 정보가 급속히 손실되는 이른바 전기적 피로현상 문제로 개발에 어려움을 겪어왔다.

장 교수팀이 이번에 개발한 극미세 PZT 커패시터는 실리콘 반도체, 백금 전극과 강유전체 PZT 박막 사이에 약 40나노미터(1나노미터=1백만분의 1mm) 두께의 씨앗층을 도입, 이러한 전기적 피로현상을 완전히 해결했을 뿐만 아니라 한번 쓰여진 정보가 시간의 경과에도 불구하고 손실 없이 유지되는 특성인 전하 보유능력도 기존의 PZT 커패시터에 비해 탁월한 것으로 평가되고 있다.

장 교수팀은 이러한 아이디어에 의해 현재까지 4종류 이상의



PZT 커패시터. 실리콘 웨이퍼/백금 전극 위에 증착한 PZT 커패시터(원형의 초록색 점으로 보이는 것)들이 밀정한 간격을 두고 있는 모습을 보여 주는 확대 사진. 초록색으로 빛나는 PZT 커패시터의 직경은 0.1 밀리미터 이내의 미세 커패시터이다.


F램

Ferroelectric RAM의 약어. 강유전체 메모리 반도체로 입력을 가하면 결정의 배치가 변해 그 상태를 유지하는 강유전체라는 소재를 이용한 램을 말한다. 이 램은 고용량 데이터 저장기능의 D램과 고속 동작의 S램, 플래시메모리 반도체의 장점을 모두 갖춘 이상적인 반도체다.

D램과 달리 전원을 끊어도 데이터가 소멸되지 않는 비휘발성을 갖고 있을 뿐만 아니라, 같은 비휘발성 메모리인 플래시메모리나 EEPROM보다 동작전압이 낮고 정보기록속도가 1천배 이상 빨라 작업 속도 및 시간 절감의 혜택을 누릴 수 있다. 또한 비휘발성임에도 낮은 전압에서 사용할 경우에는 휘발성 메모리처럼 동작하는 특이한 성질과 데이터의 고속입력이 가능하다. 고성능, 저전력 소모를 요구하는 모바일 제품, 스마트카드 등에 유용하다.

PZT계 신물질 박막을 개발했으며, 이들은 F램 메모리 소자로서 모두 탁월한 성능을 지녔음을 확인했다고 밝혔다.

포항공대 연구팀은 현재 D램 반도체 메모리 분야에서 경쟁력을 확보하고 있는 한국이 향후 F램 시대에도 반도체 메모리 분야에서 세계 수준의 경쟁력을 확보할 수 있는 원동력이 될 것으로 본다. 또한 고 유전율 소재는 약한 전기장에 대해서도 쉽게 전기 분극을 만들기 때문에 각종 고효율 에너지 변환 소자, 극미세 전자기계 소자(MEMS)의 정밀변위기, 초고집적 D램 소자 등에 크게 활용될 수 있을 것으로 기대하고 있다.

연구팀의 연구결과는 응용물리 분야의 세계적 권위지인 '어플라이드 피직스 레터(Applied Physics Letters)'에 모두 4편의 논문으로 정리돼 발표될 예정이다. 



Interview

“F램의 실용화 등 가속화에 촉매 역할 담당”

장현명 교수



F램 소자 개발 기간은

2000년 3월 이후이며, 작년 10월에 이미 좋은 결과를 얻었으나 보완연구, 신뢰성 검토 및 새로운 물질 시스템의 개발 등을 위해 공개하지 않고 10개월간 더 연구를 진행했다.

이번 F램 소자 개발로 기대하는 것이 있다면

F램은 D램의 대용량화, S램의 빠른 처리속도, 플래시메모리의 비휘발성의 장점들을 모두 결합한 메모리 소자로 '차세대 꿈의 기억소자'라 부르고 있다.

그러나 F램 소자에서 기억 단위에 해당하는 PZT 박막 커패시터는 다음 두 가지의 치명적 결함을 가지고 있었다.

먼저 일정 횟수 이상의 쓰기/읽기 동작 후에는 소자가 제대로 작동하지 못하는 문제로, 이를 '전기적 피로현상'이라 부른다.

또 하나는 일정시간 이후 쓰여진 정보의 상당량이 유실되는 현상으로 이를 '전하 보유력의 열화 (Degradation of Charge-Retention Ability)'라 부른다.

본 연구 개발로 반도체 공정에서 통상 사용하는 백금(Pt) 전극 상에서 위의 2가지 문제를 모두 해결하였으며, 따라서 본 연구개발은 F램의 실용화·범용화를 가속화하는데 있어 큰 촉매 역할을 하였다고 판단된다.

F램은 언제쯤 상용화 될 것으로 예상하는지

현재 간단한 IC 카드 등에 이미 상용화되고 있으며 (예, 일본 마쓰시타사 제품), 이 경우 자기 카드에 비해 통신속도가 약 100배, 쓰기 횟수가 약 100만배 증진된다. 그러나 백금 전극 대신 값이 비싸고, 부존량이 없으며, 전기 누수현상을 나타내는 이리디움 산화물(IrO₂)계 전극을 사용하고 있다. 그 외에도 수많은 응용이 현재 진행되고 있으며, 궁극적으로는 D램이 사용되는 모든 부분들이 F램으로 대체될 것이다. 현재 상용화되는 F램의 집적도는 4 Mb 수준이나 빠른 속도로 집적도가 증가하고 있다.

이번 개발이 반도체 시장에 도움 될 거라고 생각하는지

현재 D램은 눈에 띄게 신장세가 둔화되고 있으므로 더 큰 장점들을 가진 타 형태의 메모리가 이를 대체하여야 IT 관련 시장의 성장세가 지속될 것이다. 앞에서 이야기한 바 있듯이 이번의 연구개발은 F램의 실용화·범용화를 가속화하는데 있어 큰 촉매 역할을 했다고 본다.