

## 양자컴퓨터 시대가 다가온다

## M-RAM은 데이터 검색시간 불필요

## '도깨비 효과'

오늘날 토스터에서 랩탑 컴퓨터에 이르기까지 온갖 전자제품은 전자의 마이너스(-)전하(電荷)의 덕택으로 작동한다. 전하는 전류가 전선의 미로를 흐르게 해서 방열체를 가동시키거나 데이터를 암호화하는 등 쓸모있는 일을 할 수 있게 된다. 그런데 전자는 또 하나의 특성을 갖고 있는데 '스핀'이라는 특성을 개발하면 전자의 유용성의 폭을 더욱 크게 넓혀나갈 수 있다.

우리의 지구가 태양 주변의 궤도를 돌고 있듯이 전자는 원자핵 주변의 궤도를 돌고 있다. 또 지구가 궤도를 돌면서 스스로의 축을 돌고 있는 것(自轉)처럼 전자들도 '스핀'이라고 부르는 자전하는 특성을 갖고 있다.

이 전자의 스핀의 특성은 회전의 방향으로 결정되는데 '스핀 업' 또는 '스핀 다운'은 '시계바늘이 도는 방향' 또는 '시계바늘과 반대방향'처럼 서로 반대방향으로 회전하는 것이다. 그런데 양자의 세계에서는 양자의 독특한 현상 덕분에 입자들은 동시에 쌍방향으로 회전하여 마치 논리에 어긋나는 현상처럼 보여 아인슈타인도 한때

이것을 '도깨비 효과'라고 표현한 일이 있다.

그러나 스핀의 방향을 '업' 또는 '다운' 방향으로 바꾸면 정보를 부호로 바꾸는 길을 열어 줄 수 있다. 문제는 전자들이 제멋대로 자전하거나 또는 서로 작용하거나 주변환경과 상호작용 할 때 예측할 수 없는 방향으로 흔들거린다는 것이다. 과학자들은 그 동안 자전하는 전자의 양상불에 일관성을 주려고 노력한 결과 일부 스핀을 바탕으로 하는 데이터저장장치를 만드는 데는 성공했으나 복잡한 명령을 수행할 수 있는 양자 컴퓨터를 만들기에는 미흡했다.

미국 켈리포니아대학(산타 바바라)의 오살롬교수는 2001년 12월 초 전자들을 특수한 반도체 재료로 만든 샌드위치 층 속에 가둔 뒤 스핀을 전기적으로 제어할 수 있을 것이라는 새로운 아이디어를 내놓았다.

먼저 오살롬교수팀의 과학자들은 마치 옷자루 속에 구슬을 넣는 것처럼 가로 100나노미터(1나노미터는 10억분의 1m)의 파라볼라 모양의 '호주머니' 속에 전자 풀을 만들었는데 이런 구조는 '양자우물'로 알려져 있다. 이 우물에 전

하를 걸어 주면 갇힌 전자를 한 층에서 다른 층으로 밀어내어 스핀에 변화를 줄 수 있다. 과학자들은 이런 방법으로 조명기구의 조광기 스위치를 다루듯 천천히 전압을 올리거나 내려서 전자의 스피드와 방향을 조작할 수 있다는 것을 알게 되었다.

이로써 종래의 컴퓨터 칩을 만드는 논리 게이트처럼 최초의 전기식 제어 '스핀 게이트'를 만들 수 있는 청사진을 마련하게 되어 있다. 스핀 게이트는 100나노미터 두께의 갈륨비소(GaAs)와 알루미늄 갈륨비소(AlGaAs)와 같은 반도체 재료로 샌드위치 모양으로 되어 있다. 양자 컴퓨터는 종래의 컴퓨터처럼 한번에 한가지 결과만 나오는 것이 아니라 모든 문제를 동시에 계산할 수 있으며 실용적인 양자컴퓨터가 등장하자면 최소한 50년을 기다려야 한다고 생각하는 사람들도 있다.

그러나 이 보다 훨씬 앞서 스핀 트로닉스(전자 스핀이 전하가 아니라 정보를 운반하도록 개발하는 것)의 혜택은 전자공학의 다른 분야로 번져나갈 것으로 보인다. 예컨대 스핀트로닉스 트랜지스터는 기존의 트랜지스터보다 훨씬 빠르

광속으로 복잡한 암호를 해독하고 데이터베이스를 검색할 새로운 컴퓨터를 만들 수 있는 획기적인 방법이 열리기 시작했다. 미국 캘리포니아대학(산타 바바라)의 물리학 교수이며 스피트로닉스 및 양자컴퓨팅연구소 소장인 데이비드 오살름과 펜실베이니아 주립대학의 동료 과학자들은 최근 양자역학의 기묘한 영역을 깊숙이 파고 들어가서 양자 컴퓨터를 만드는 혁신적인 새로운 길을 텃다.

고 소형일 뿐 아니라 전력소모가 매우 작아 전자공학 전반에 혁명을 가져올 것으로 기대된다. 또 스핀은 오늘의 기술보다 여러 배나 빠른 주파로 실온에서 운용할 수 있다.

그런데 거의 모든 자기 반도체는 실온보다 훨씬 밑도는 온도에서는 자기 특성을 상실하므로 실제로 컴퓨터 안에서 작업하자면 비싸고 비실용적인 냉장고가 필요하다. 따라서 스피트로닉스의 실용화에서는 실온에서 자기 특성을 유지할 수 있는 반도체를 사용할 필요가 있다.

실제로 미 국립 서북태평양연구소 과학자들은 최근 실온에서 뛰어난 자기 특성을 가진 반도체 재료를 만드는 데 성공했다. 특수한 합성기법을 사용하여 티타늄, 산소 및 코발트로 된 얇은 막의 반도체 소재를 만든 이들은 새너제이 소재 IBM 올마덴연구소 연구센터 과학자들과 함께 이 소재가 양자 컴퓨터와 스피트로닉스 분야에서 필요한 재료라는 사실을 입증했다.

## 방대한 기억용량

한편 IBM 올마덴연구소 연구센터의 스튜어트 파킨은 하니웰, 모토롤라

및 미 해군연구소의 연구자들과 함께 자기 램(막 기억장치) 또는 M-RAM이라고 불리는 핀 이론을 근거로 하는 컴퓨터 메모리를 만들려고 노력하고 있다. 최근 이들이 완성한 원형설계는 교차 배열된 와이어 사이에 놓인 일련의 소형 자기 샌드위치의 모양을 하고 있다. 특정한 샌드위치의 전기저항을 측정하여 1이나 0을 나타내는 것인가 알 수 있다.

M-RAM은 종래의 램과는 달리 거의 전력을 필요로 하지 않는다. 미국 항공우주국(NASA)은 M-RAM을 이용하면 추가의 전력수요 없이도 보다 정교한 기능을 수행하는, 수명이 긴 우주탐색기를 만들 수 있다고 생각하고 있다. 일반사람들에게 보다 친근한 응용방법의 하나로써 통화하는 내용을 모두 저장할 수 있는 내장메모리의 '인스턴트-온' 컴퓨터와 휴대용 전화도 만들 수 있는 길이 열릴 것으로 기대된다.

전력이 끊긴 뒤에도 데이터를 기억하는 M-RAM은 컴퓨터에 스위치를 넣을 때마다 기다려야 하는 긴 시동시간을 없애는 방법을 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 파킨은 PDA(개인휴대통신장비)가

비디오를 갖게 된 것처럼 M-RAM은 오늘날 불가능했던 온갖 일을 마침내 가능하게 만들 수 있을 것이라고 전망하고 있다. 실제로 모토롤라 그리고 IBM과 독일 뮌헨 소재 인피네온은 2004년에 각각 M-RAM을 출하하기 시작할 계획이다.

미국 메릴랜드대학 물리학교수 다스 사마는 M-RAM이 컴퓨터 메모리 뿐만 아니라 하드디스크의 대역으로도 사용할 수 있게 될 것이라고 생각하고 있다. 그는 원칙적으로 같은 칩에서 데이터를 처리하고 저장할 수 있게 되면 오늘날 컴퓨터의 주요한 걸림돌인, 하드디스크로부터 데이터를 검색하는데 걸리는 시간의 지체를 제거하게 될 것으로 보고 있다.

스피트로닉스는 이밖에도 양자 홀 효과와 같은 현상에 대한 새로운 통찰력을 제공함으로써 기초물리학 발전에도 중요한 공헌을 할 것으로 보인다. 강자성의 양자 홀 효과 연구가 이미 두사람의 노벨 물리학 수상자를 배출한 것만 보아도 이 분야가 기초물리학에서 얼마나 중요한 자리를 차지하고 있는지를 알 수 있다. ①7

(春堂人)