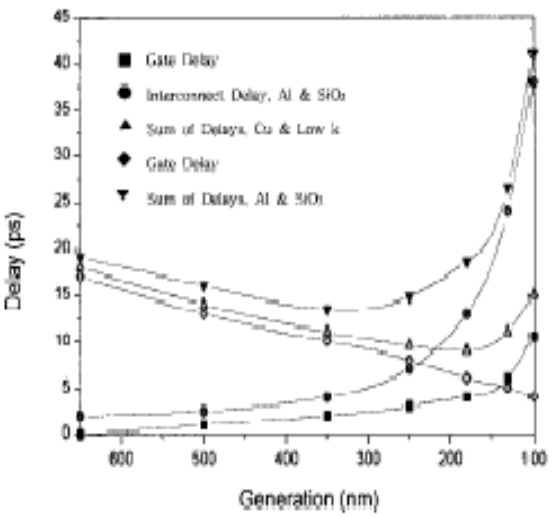
다공성 소재의 전자재료 응용 예

이 준 영
리버풀대학교(UK)

1. 기술 내용

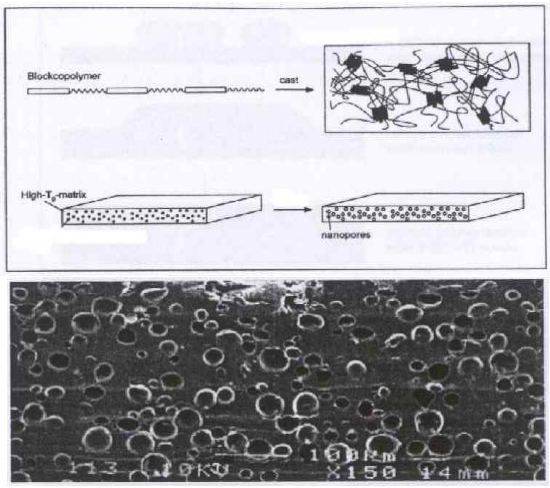
석유화학 산업에서 생산되는 유기 합성 고분자 재료는 일상용품의 구조 재료로부터 최첨단 전자 제품의 핵심 부품으로까지 이용되는 20세기 산업화 과정에서 발명된 현대 생활에서는 없어서는 안될 중요한 재료이다. 고분자는 기존의 금속 및 무기 재료에 비하여 제조 공정이 용이하고 비교적 가격이 저렴하며 경우에 따라서는 기계적 물리적 성질이 우수하므로, 합성 고분자가 처음으로 이용된 이래 지금까지 금속 및 무기 재료를 꾸준히 대치해오고 있을 뿐만 아니라 새로운 용도 개발 등으로 그 사용량이 계속 증가해오고 있다. 그러므로 최근의 고분자 연구 동향을 보면 일부 금속 및 무기 재료 대치 연구와 새로운 용도로써의 고분자 재료 개발의 연구가 병행되어 진행되어지고 있다.



특히 전자재료 분야에서 반도체 회로의 선폭이 점점 좁아짐에 따라 **RC 커플링**이나 **크로스토크(crosstalk)**와 같은 신호지연, 잡음과 전력 소모를 줄이기 위해서는 현재 사용하는 회로의 재료를 전기저항이 적은 구리로 대체해야 할뿐만 아니라, 회로 선폭 사이의 전기용량(capacitance)을 낮춰주기 위하여, **유전상수(dielectric constant)가 매우 작은 유전체**를 필요로 하고 있다.

지금까지 알려진 바로는 유전상수가 1인 공기를 유전율이 작은 고분자 또는 세라믹 메트릭스 내에 고르게 분산시키는 것이 가장 가능성이 있다고 알려져 있으며, 이와 더불어 나노미터의 구형 기공 및 기계적, 열적 성질이 우수함을 갖추어야 한다.

2. 기술의 특성



다공성 소재의 전자재료 응용을 위한, 특히 반도체용 저유전 물질로의 응용에서는, 배선설계 및 공정의 용이성을 위한 전기적 성질의 등방성, 금속배선 물질과의 저반응성, CMP 공정과 같은 반도체 공정에 견딜수 있는 기계적강도, 공정 가공 온도를 극복할 수 있는 내열성 등 다양한 요구조건이 있으며 이들 어느 것 하나라도 만족되지 않으면 반도체 재료로 사용하기 어렵다.

그러므로 열적, 기계적 성질 등 여러 가지 반도체용 저유전 물질로의 요구물성을 만족하며 새로운 방법의 도입으로 기존의 유전율을 극복할 수 있는 다공성 저유전체는 이의 기술 발전에 중요한 소재로 평가되어지고 있다. 한편 이를 층간박막으로 도포하는 방법으로 **회전코팅(spin-on) 방법** 및 이 방법은 피막 생성속도가 기상증착(CVD) 방법에 비해 빠르고 간단한 회전코팅 장치를 이용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이 방법에 의한 박막 제조는 올리고머 또는 단량체를 코팅하고, 가열에 의해 경화반응을 진행시켜 피막을 형성할 수 있다.

3. 기술의 중요성

전자 및 반도체 산업에서의 마이크로 프로세서의 비약적인 성능 증가는 패턴 형성에 사용되는 금속 미세선폭 및 선폭간의 거리의 감소와 아울러 층간의 interconnection 수가 증가함을 의미한다. 반도체 소자의 크기 감소와 집적도 증가에 따라 회로의 선폭 감소가 급격히 이루어져 최소 선폭이 0.13 ㎛에 근접할 경우 RC 커플링과 크로스토크에 의한 신호지연, 잡음 및 전력 소모가 심각한 수준에 이르게 될 것으로 예측되고 있다.

이러한 문제들을 근본적으로 해결하기 위해서는 낮은 유전율을 가진 재료로 대체하여야만 한다. 따라서 기존의 Al 전극을 전도성이 우수한 Cu로 대체하는 것 외에도, 현재 사용되는 SiO_2(유전율, k = 3.9 ~ 4.2)보다 유전율이 극히 낮은 저유전체 재료가 필수적이다. 이러한 저유전체 재료는 현재 주로 무기계에 의해 한

정되어 있으며 유전율 또한 상당히 높은 값을 갖는다. 무기 소재는 주된 구성원소가 Si로 원자 번호가 14이므로 최종 저유전 소재가 고밀도가 된다. 반면 유기계 저유전 물질은 구조의 대부분을 구성하고 있는 탄소의 원자 번호가 6이며, 나머지 원소인 수소, 산소도 1과 8로 저밀도로도 응용이 가능하다. 이러한 측면에서 볼 때 다공성 고분자 소재의 저유전 물질로의 응용은 전자 및 반도체 산업에서 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다.

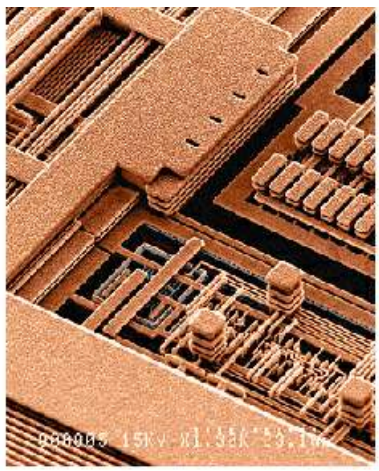
4. 적용범위

1) 차세대 대용량 메모리 칩 및 고속 Logic 칩 세트 용 구리 배선에 필요한 저유전 물질
2) Electronic packaging 및 LCD display 용 저유전 물질
3) Microwave strip lines
4) Air-like suspension of microwave circuits
5) Coaxial cable insulation

5. 국내외 기술개발동향

가. 국내

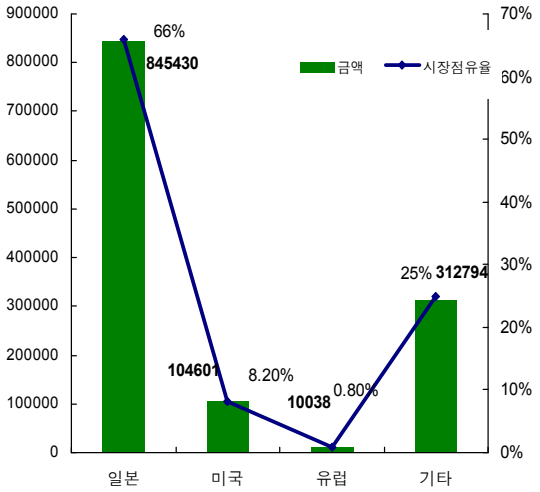
국내에서는 세계의 수많은 반도체 제조 업체가 Cu Chip을 상용화한다고 발표한 이래 새로운 개념의 Cu Chip 제조에 필요한 저유전 물질에 관심을 가지고 있으나 저유전 물질에 대한 새로운 반도체 시장의 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 능력이 현격히 부족하다. 향후 국내에서의 시장성은 매우 클 것으로 예상되어지며 Cu Chip에 따른 저유전물질, 즉 다공성 소재와 같은 기능성 소재의 개발은 관련 정보화 산업, 정보통신, multimedia 산업, 전자제어, 장비산업, 항공 우주 산업 및 방위 산업 등 첨단 산업 전반에 걸쳐 파급효과가 클 것으로 예상되고 관련 산업의 경쟁력을 증가시킬 것으로 예상된다.



[Cu Chip Interconnects]

- 상품화/시장점유 실태 및 전망

· 국내 반도체산업의 발전과 함께 시장규모 확대
· 시장규모 약 23억$(97년말 기준)
· 주요수입국(97년말 기준) : 일본(66%), 미국(8.2%), 유럽(0.8%), 기타(25%)



나. 국외

1998 년에 미국의 IBM과 Motorola가 Cu Chip을 상용화한다고 발표한 이후 전 세계의 수많은 반도체 제조 업체가 지대한 관심을 갖고 있으며, 고속 칩을 효율적으로 제작하기 위해서는 전기저항이 적은 Cu interconnect 뿐만 아니라 전기 용량이 작은 저유전 물질의 개발이 병행되어야 한다. 특히 미국의 Dow 에 의하여 최근 새로운 저유전 물질이 개발되어 향후 반도체 재료 시장에 엄청난 영향을 미칠 것으로 예상하고 있다.

· 80년대 후반이후 메모리의 수요증대
· 대기업 유형의 사업으로 전환 중
· 연평균 12% 성장 추세

5. 시장규모

(단위 : 억원)

구 분	1995	1996	1997	1998
국 내	16,836	22,125	25,355	27,599
국 외	190,179	212,377	236,775	258,731
합 계	207,015	234,502	262,130	286,330

산출근거 : 1999 제품별,업체별 시장규모총람 - 산업기술정보원