

반도체용 유기 고분자 전자재료의 나노기공 (nanopore) 분석

김정선, 김근홍, 천창환, 박영희*, 이문호*

국방과학연구소 소재개발부, *포항공과대학교 화학과

1. 서론

첨단 반도체의 고밀도화 및 고속 연산속도를 구현시키기 위해서 절연체의 유전상수 (dielectric constant)를 낮추는 연구들이 IBM등에 의해 진행되고 있다. 현재 사용되는 절연체인 SiO₂의 유전상수는 4.0으로 이를 적어도 2.0이하로 낮추어야만 0.13 μ m이하 (feature dimension)의 반도체가 가능하다고 한다. 따라서 현재의 SiO₂를 대체할 낮은 유전상수의 초박막형 절연체의 개발이 선결되어야할 과제이다. 나뭇가지 모양의 거대분자 (dendrimer)를 이용하여 나노기공 (공기의 유전상수, 1.0) 들을 만들고 최종 특성은 SiO₂와 유사하게 만들어 반도체 공정에서 요구하는 모든 성능을 만족하면서도 유전상수가 낮은 재료가 개발되고 있다. 그러나 이러한 나노기공들이 10nm의 크기이하로 존재하고 또한 그것들이 균일하게 TEM시편의 top 부터 bottom까지 고밀도로 증착되어 있는 경우에는 기존의 상들의 amplitude 변화에 따른 콘트라스트는 거의 없어 TEM 관찰이 어렵게 된다. 이에 새로운 시편 준비방법을 고안하고 defocus에 의한 phase contrast를 이용하여 5nm의 나노기공을 관찰할 수 있었다.

2. 실험방법

나노기공을 발생시키는 porogen (DAB-dendr-(NH₂)₆₄)은 methylisobutyl ketone으로 용액을 만들고 film을 형성하는 methyl silsesquioxane용액과의 중량비로 1-50wt% 혼합용액을 제조하였다. 이를 100 - 420 $^{\circ}$ C까지 가열하여 porogen을 열분해시켜 나노기공이 형성된 초박막형 절연체를 만들었다. cross-section TEM시편준비 및 카본그리드위에 용액상태에서 dipping방법으로 균일하고 얇은 박막시편을 준비하였다.

TEM 분석을 위해서 JEOL JEM-3000F FEG 와 Gatan GIF-200을 이용하였다. defocus에 의한 phase contrast를 보기 위하여 underfocus 에서 overfocus로 -5 μ m 에서 +5 μ m 내외의 defocus를 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

본 실험에서 사용된 porogen으로 구형의 모양을 갖고 열분해에 의해 구형의 나노기공을 형성하게 된다. 아래 그림에는 5nm의 작은 나노기공들과 15nm의 다소 큰 기공들이 균일하게 분포하는 것을 보이고 있다. Defocus의 변화에 따라 콘트라스트가 바뀌는

것을 보이고 있다. 이와 같이 균일한 박막내의 나노기공들의 생성으로 필름의 밀도가 급격히 감소되었음을 직접 눈으로 확인할 수 있었으며 나노기공의 존재에 따른 굴절율의 감소 및 유전율의 저하의 특성값과 일치하는 것을 알 수 있었다.

