

Dip coating 공정 조절에 의한 콜로이드 나노입자의 자기조립 Self-Assembly of Colloidal Nanoparticles by Controlled Dip coating Process

정병길, 엄정식, 민석홍, 정연구*, 오승임*, 정진승*, 윤태식**, 김비나***, 권창우***, 김기범***
 강릉대학교 금속재료공학과, *강릉대학교 화학과, **서울대학교 신소재 공동연구소, ***서울대학교
 재료공학부
 (jbroad@hanmail.net)

1. 서론

나노기술이란 나노미터 크기의 재료(나노입자)가 갖는 독특한 전기적, 광학적, 자기적 특성 및 이를 이용한 기능소재 제작기술로 요약하여 설명할 수 있다. 위와 같은 나노입자를 소자에 이용하기 위해서는 콜로이드 나노입자를 기판에 배열하는 공정기술이 개발되어야 한다. Spin coating 방법, LB(Langmuir Blodgett) 방법, Dip coating 방법 등의 여러 가지 공정기술이 이용되고 있으나, 아직 까지 소자응용을 위한 대면적의 단일막 자기조립체를 형성을 이룬 결과는 보고되지 않고 있다. 콜로이드 나노입자를 짧은 시간에 대면적의 자기조립체 형성을 이루기 위한 가장 적합한 공정기술은 dip coating 방법이다. 본 연구에서는 dip coating 공정기술을 이용하여 기판을 끌어올리는 속도와 콜로이드 용액의 농도를 변화시킴으로써 콜로이드 나노입자의 자기조립체 형성기구에 대하여 조사하였다.

2. 실험방법

본 연구에서 이용된 나노입자는 8.4nm 크기를 갖는 γ -Fe₂O₃ 나노입자를 이용하였다. 모든 나노입자는 서로 응집되는 것을 방지하기 위하여 oleic acid라는 계면활성제(surfactant)로 나노입자 표면이 덮여 있으며, 비극성 용매에 잘 녹는다. 본 연구에서는 octane 용매에 분산시킨 콜로이드 용액을 이용하였으며, 콜로이드 나노입자의 농도는 $0.5 \times 10^{13} \#/\text{cc} \sim 15.3 \times 10^{13} \#/\text{cc}$ 로 변화시켰으며, 농도는 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy, ICPS1000IV, Shimadzu)를 이용하여 분석하였다. dip coater를 이용하여 실험하였으며, 콜로이드 용액 내에서 기판을 유지하는 시간은 5분, 기판을 끌어올리는 속도는 0.01~0.001mm/sec으로 실험하였다. 이와 더불어 상대적으로 계면활성제의 양이 다른 콜로이드 용액을 이용하여 계면활성제가 자기조립체 형성에 미치는 영향에 대하여 알아보았다. 기판에 흡착된 나노입자 및 자기조립 양상은 Philips CM20 투과전자현미경을 이용하여 분석하였으며, 나노입자의 표면점유도는 단위 면적 당 흡착된 나노입자의 수와 단위면적에 자기조립이 균일하게 형성되었을 경우의 나노입자의 수의 비로 규정하였다.

3. 실험결과

dip coating 공정에서 기판을 끌어올리는 속도의 변화는 표면점유도와 자기조립 양상을 변화시킨다. 기판을 끌어올리는 속도가 0.01~0.005mm/sec의 범위에서 표면점유도가 60%의 값을 갖는 반면, 0.001mm/sec으로 느려지면 표면점유도는 80%까지 증가한다.

콜로이드 나노입자의 농도에 따른 표면점유도는 서서히 증가하다가 어떤 농도에서 최대값을 가지며, 농도가 그 이상 증가하면 표면점유도가 변화가 없거나 또는 감소하는 형태를 보여준다. 감소하는 경우에는 콜로이드 용액 내에 여분으로 존재하는 계면활성제에 의한 competitive adsorption에 의한 현상으로 보이며, 농도가 증가함에 따라 잉여의 계면활성제가 상대적으로 더 많이 존재하기 때문에 나타나는 현상으로 생각된다. 콜로이드 용액 내에 존재하는 잉여의 계면활성제가 농도 변화에 따라 차이가 없을 경우에는 농도에 상관없이 일정한 표면점유도를 얻을 수 있었다. 또한, 콜로이드 용액 내에 존재하는 계면활성제의 양을 상대적으로 감소함으로써 콜로이드 나노입자의 자기조립체는 monolayer에서 multilayer로 변화함을 관찰 할 수 있었다.