

[I~II] [젊은 진공과학자상 후보]

Ion Beam Energy effect of the Carbon Nitride Thin Film formation by Direct Dual Ion Beam Deposition

김용환, 최동준, 한동원, 백홍구
연세대학교 금속공학과

Liu와 Cohen은 Pseudopotential과 Total Energy Technique의 이론적인 계산에 의하여 가상적인 물질 β -C₃N₄의 존재를 제시하며, 이의 강도가 가장 강하다고 알려진 다이아몬드에 상응하는 값을 가질 것이라고 1989년 발표하였다. 이들의 계산 방법에 의하여 β -C₃N₄의 Bulk Modulus를 계산하면 B=4.10~4.40 Mbar로서 이는 다이아몬드에 상응하는 값이다. 이후 Carbon Nitride는 과학자들의 연구 대상이 되었고 다양한 방법에 의하여 이의 합성을 시도하여왔다. 이들에 의하여 지금까지 행해진 박막 증착 방법은 증착입자가 단일한 에너지를 가지지 못하거나 증착되는 탄소나 질소가 합성에 필요한 충분한 에너지를 가지지 못하였다. 특히 이온빔 보조 증착의 경우 증착 및 화학적 결합을 이루는 탄소는 낮은 에너지(~0.1eV)를 가지고 시편 표면에 증착된 후 가스 이온빔의 충돌에 의한 간접적인 전달에 의하여 에너지를 얻게 되므로 새로운 화학적 결합과 상의 형성을 위하여 필요로 하는 에너지의 크기와 좁은 영역의 에너지 창을 만족시킬 수 없었다. 즉 Kinetic Bonding Process에 참여하여 준 안정상의 결합과정을 형성하기 위해 필요한 에너지 장벽을 모든 탄소원자가 스스로 넘을 수 없으므로 훌륭한 특성의 박막을 합성할 수 없었다.

Diamond와 같이 준 안정상인 Carbon Nitride를 합성하기 위해서는 Thermochemical Bonding Process가 아닌 Kinetic Bonding Process를 통하여 새로운 물질을 합성할 수가 있다. 그러므로 본 연구에서는 Carbon Nitride를 합성하기 위하여 탄소이온과 질소이온에 에너지를 가하여 동시 증착하였다. 이때 탄소는 graphite에 Cs⁺ 이온빔의 충돌에 의해서 발생하는 탄소 음이온빔을 집속시켜 증착하였고 질소는 hollow cathode type Kaufmann Ion Gun을 사용하여 양이온을 증착하였다. 양이온은 자체가 가지고 있는 Ionization energy가 크며 이들에 의하여 heating effect를 발생시키므로 증착시 가속에 의하여 생긴 에너지와 상호 혼합된 결과를 낳는다. 또한 부도체 박막의 증착시 표면의 charging effect를 발생시키므로 입사에너지의 저하와 산란을 수반한다. 이와 같은 점들이 증착시 음이온과 다른 점이어서 고유의 에너지 창을 알고자 하는 경우에 음이온빔이 유용한 도구로 사용될 수 있다.

본 연구에서는 Si(100)위에 Carbon Nitride를 증착하였으며 이때 탄소 음이온빔의 에너지를 60-160eV, 질소 양이온빔의 에너지를 75-175eV 사용하였다. 탄소 음이온의 증착시 self sputtering yield 값이 sigmund theory에 의한 계산치가 0.17~0.22이므로 우선 증착이 이루어지는데 반하여 질소의 경우는 휘발성 CN 결합에 의하여 박막의 성장을 저해하므로 Carbon Nitride의 증착을 위해서는 탄소와 질소의 flux 비율과 에너지가 중요한 역할을 한다. 증착이 이루어지는 flux 비율내에서 이루어진 박막의 CN 결합 내에서 N/C의 최대치가 1.086이었고 sp³/sp² 비율이 0.544이었으며 diamond의 atomic density 1.77x10²³/cm³ 보다도 높은 1.83x10²³/cm³의 값을 가짐을 XPS 분석에 의해 확인하였다. 또한 가시광선 영역에서 투명한 박막이 관찰되었으며 이는 질소 이온빔의 에너지 변화에 의한 실험보다 탄소 이온빔의 에너지 변화에 의한 경우 더 넓은 에너지 영역에서 관찰되었음을 확인하였다. 탄소 이온빔의 에너지는 CN 결합과 CC 결합에 동시에 영향을 미치므로 이온 에너지와 CN 결합만의 관련성을 찾기는 어려웠으나 Carbon Nitride의 형성시 필요한 중요 인자였고 또한 박막내에는 NN 간의 결합은 만들지 않으므로 질소 이온빔의 에너지변화와 순수 C와 N의 결합특성은 밀접한 관련성을 갖고 있으며 atomic density의 변화와 상호 연관성을 갖고 있음을 확인할 수 있었다. 증착된 CN의 특성을 분석하기 위하여 XPS, AES, Raman spectroscopy, XRD, AFM을 사용하였다.