

차세대 배선공정을 위한 Inductively Coupled Plasma Assisted Magnetron Sputtering을 이용한 텅스텐 박막 특성에 관한 연구

이수정^{a,*}, 김태형^a, 지유진^a, 변지영^a, 이원오^a, 염근영^{a,b}

^a성균관대학교 신소재공학부(E-mail: gyyeom@skku.edu), ^b성균관대학교 성균나노과학기술원

초 록: 반도체 소자의 미세화에 따라 선폭이 10nm 이하로 줄어들어 따라, 금속 배선의 저항이 급격하게 상승하고 있다. Cu는 낮은 저항과 높은 전도도를 가지고 있어 현재 배선물질로써 가장 많이 사용되고 있지만, 소자가 미세화됨에 따라 Cu를 미래의 배선물질로써 계속 사용하기에는 몇 가지 문제점이 제기되고 있다. Cu는 electron mean free path (EMFP)가 39 nm로 긴 특성을 가지기 때문에, 선폭이 줄어들어 따라 surface 및 grain boundary scattering이 증가하여 저항이 급격하게 증가한다. 또한, technology node에 따른 소자의 operating temperature와 current density의 증가로 인해 Cu의 reliability가 감소하게 된다. 텅스텐은 EMFP가 19 nm로 짧은 특성을 가지고 있어, 소자의 크기가 줄어들어 따라 Cu보다 낮은 저항 특성을 가질 수 있으며, 녹는점이 3695K로 1357K인 Cu보다 높으므로 배선물질로써 Cu를 대체할 가능성이 있다. 본 연구에서는 Inductively Coupled Plasma (ICP) assisted magnetron sputtering을 통해 매우 얇은 텅스텐 박막을 증착하여 저항을 낮추고자 하였다. 고밀도 플라즈마의 방전을 위해, internal-type coil antenna를 사용하였으며 텅스텐 박막의 증착을 위해 DC sputter system이 사용되었다. 높은 에너지를 가진 텅스텐 이온을 이용하여 낮은 온도에서 고품위 박막을 증착할 수 있었으며, dense한 구조의 박막 성장이 가능하였다. ICP assisted를 이용하여 증착했을 때와, 그렇지 않을 때를 비교하여 ICP 조건에 따라서 박막의 저항이 감소함을 확인할 수 있었을 뿐만 아니라 최대 약 65% 감소함을 확인할 수 있었다. XRD를 이용하여 ICP power를 인가했을 때, 높은 저항을 갖는 A-15 구조를 가진 β peak의 감소와 낮은 저항을 갖는 BCC 구조를 가진 α peak의 증가를 상온과 673K에서 증착한 박막 모두에서 확인하였으며, 이를 통해 ICP power가 저항 감소에 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 또한, 두 온도 조건에서 grain size를 계산하여 ICP power를 인가함에 따라 두 조건 모두 grain size가 증가하였음을 조사하였다. 또한, XPS 분석을 통해 ICP power를 인가하였을 때 박막의 저항에 많은 영향을 끼치는 O peak이 감소하는 것을 통해 ICP assisted의 효과를 확인하였다. 이를 통해, ICP assisted magnetron sputtering을 통해 텅스텐 박막을 증착함으로써 차세대 배선물질로써 텅스텐의 가능성을 확인할 수 있었다.