

이온 주입된 시료의 표면층 변화가 타원해석 스펙트럼에 미치는 영향

김상열 나연수

문대원

아주대학교 자연과학대학 물리학과

표준 과학 연구원 무기분석 연구실

1. 서론

분광 타원해석기(Spectroscopic Ellipsometer, SE)는 표면, 박막, 그리고 계면등의 분석에 주로 사용되는 장비로서 최근에 그 사용자의 수가 급격히 증가하고 있는 첨단 분석 장비이다. SE가 개발되기 이전의 형태인 단일 파장에서 동작하는 null ellipsometer (또는 monochromatic ellipsometer)는 반도체 분야의 연구소와 산업체를 중심으로 폭넓게 보급되어 왔으며, 주로 단일 산화층등의 두께나 굴절률을 측정하는데 이용되어 왔다. 그러나 이러한 null ellipsometer에 비하여 SE는 다중막의 두께, 성분, 결정질과 비정질의 혼합 정도등의 분석, 즉 다중막을 가진 시료의 depth profile까지도 가능하게 하여 대학에서의 연구 또는 연구개발의 기초단계에서 매우 유용하게 사용되고 있다. 실제 반도체의 경우 표면의 산화막, 다중박막 그리고 표면미시 거칠기(micro-roughness), 계면의 미시구조(micro-structure)등에 관한 많은 연구가 계속 발표되고 있다.

근자에 와서 특별한 특성을 가진 박막의 요구에 따라 이러한 요구를 만족시킬 있는 한가지 구조로써 다중박막구조를 박막특성이 박막면에 대하여 smooth하게 변화하는 하나의 박막으로 대체시키는 연구가 이루어지고 있다. 이러한 비균일 박막의 분석에도 SE 자체의 감도(sensitivity)와 정밀도를 살려 활용되고 있으나 대부분 균일한 박막을 몇 개의 균일한 박막들의 합으로 보고 분석하는 근사적인 방법을 사용하여 왔다. 이 근사적인 방법은 박막의 비균일한 정도가 커짐에 따라 즉 물성의 분포 형태가 다양하고 복잡해짐에 따라 분석하는데 많은 노력과 시간을 필요로 한다.

한편 최근 이온 주입법을 사용한 표면처리, 표면개질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이온 주입법에 의해 제작된 시료의 깊이에 따른 분포특성은 입사 이온의 양(dose)과 에너지, 표적물질의 종류 및 온도등 여러 실험환경의 변호에 따라 다양하게 나타난다. 본 연구에서는 질소 이온 또는 산소 이온을 단결정 실리콘에 주입된 시료들을 분석해보고 입사량과 에너지등이 깊이에 따른 분포특성에 미치는 영향을 SE를 사용하여 조사해 보고자 한다.

2. 연구 내용

본 연구에서는 SE를 이용하여 박막분야에서 그 비중이 확대될 것으로 예상되는 비균일 박막을 보다 효율적으로 분석하는 하나의 구체적인 방법을 소개한다. 이미 발표된 바 있는 미분방정식풀의 타원해석식을 이용한 방법, 그리고 de Gennes의 표현을 수정 보완한 방법을^[1,2] 기존의 simulation program과 modelling procedure에 적용하였다. 즉 비균일한 물성의 분포 형태가 만들어 내는 함수꼴을 직접 simulation program에 대입하여 전산처리할 수 있도록 하여 비균일한 박막에 의한 타원해석 스펙트럼을 간편하게 계산할 수 있도록 하였고 modelling procedure에서는 함수내의 변수들의 값을 추적함으로써 분포함수의 변수값들을 산출하여 분포특성의 형태를 알 수 있도록 하였다.

시료는 표준 연구소에서 제작한 $\sim 100\text{KeV}$ 의 에너지를 가진 질소 이온 또는 산소 이온을 ($\text{dose} = 10^{14} \sim 10^{18}$ 개/ cm^2) 단결정 실리콘에 주입한 시료로써 깊이에 따른 이온의 분포형태는 그림 1.과 같다. 주입된 이온의 양이 $\sim 10^{15}$ 개/ cm^2 이하일 때에는 이온 주입 과정에서 주입된 이온들이 표적 물질의 표면층을 파괴하며 침투해 들어감으로써 표면에 실리콘의 비정질화가 이루어져 비정질 실리콘(amorphous silicon)층이 형성된다. 이 비정질 실리콘층을 관찰함으로써 그림 2.와 같은 damage distribution profile을 알수 있다. 주입된 이온의 양이 $\sim 10^{17}$ 개/ cm^2 이상일 때에는 주입된 이온들이 실리콘원자들과 화학 반응하여 형성하는 Si_3N_4 또는 SiO_2 의 dielectric layer 그리고 비정질 실리콘층 등이 SE에 의해 관찰된다.

이러한 분포형태가 비교적 간단한 구조일 때는 기존의 simulation program을 이용하여 multilayer model로서 분석을 하였다. 복잡한 깊이 분포를 가진 시료도 multilayer model로 분석이 가능하나 구조가 복잡하며 층의 깊이가 깊을수록 근사층의 갯수가 많아져 분포 형태를 추적하는데 많은 노력과 시간이 요구되나 비균일 시료의 깊이 분포 형태가 어떤 함수형태를 갖는다면 이들 함수의 변수값을 찾아냄으로써 분포형태를 쉽게 알수 있다.

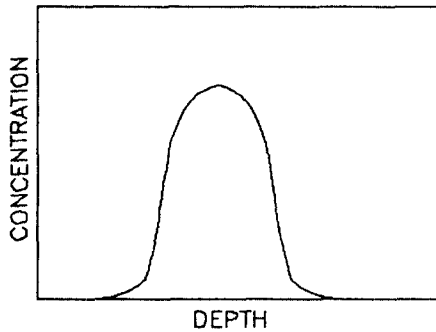


그림 1. 이온 주입법으로 제작된 시료의 깊이 분포

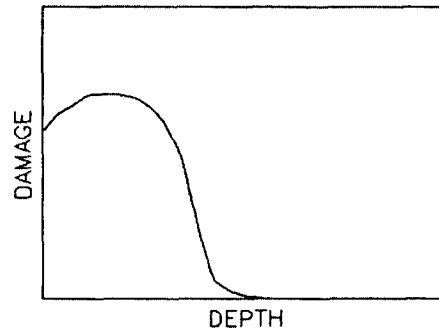


그림 2. 이온 주입법으로 제작된 시료의 예상되는 Damage profile

3. 결론

$\sim 100\text{KeV}$ 의 에너지를 가진 질소 이온 또는 산소 이온을 ($\text{dose} = 10^{14} \sim 10^{18}$ 개/ cm^2) 단결정 실리콘에 주입한 시료의 깊이에 따른 단결정 실리콘의 비정질화, SiO_2 또는 Si_3N_4 층의 분포등 분포형태를 multilayer model 및 분포 함수변수 추적을 통하여 연구하였다. 간단한 분포형태에 대해 잘 적용이 되는 이러한 방법을 복잡한 분포형태를 갖는 다양한 분포형태에 대해서도 적용이 되도록 연구를 계속하고자 한다.