

RPECVD에 의한 저온 규소 산화막의 특성

(Characteristics of Low Temperature SiO₂ by RPECVD)

포항공과대학 화학공학과, 재료 공정 연구실

강진규(학), 김수구(학), 이시우(정)

조성등을 측정하였다.

1. 서론

반도체 소자의 공정중 보호막, 층간 절연막, 게이트 절연막으로 산화막과 질화막이 많이 사용되고 있다. 질화막은 막내의 포획 밀도가 커 절연막의 성질이 우수해야 하는 게이트 절연막으로 적당하지 못해 산화막이 많이 연구된다¹⁾. 일반적으로 사용되는 산화막은 1000°C 이상의 고온에서 조업하는데 이때 도판트의 확산, 결정 결함의 증가등을 가져오는 단점 뿐만 아니라 재료 사용의 제한으로 비용이 증가되는 결과를 가져온다. 특히, 밝은 전망을 가지고 현재 많은 연구가 되고 있는 액정 박막 트랜지스터에서 기판으로 사용되는 quartz를 값싼 유리 기판으로 대체하기 위해서는 저온 공정의 연구가 필수적이다²⁾.

본 실험은 RPECVD(Remote Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)로 저온에서 산화막의 증착공정을 수행하였다. RPECVD장비는 그림1.과 같다. 이 장비는 일반적으로 많이 이용되는 DPECVD(Direct PECVD)와는 달리 플라즈마 지역과 반응 지역이 서로 떨어져 있어 이온의 가속에 의한 기판의 손상을 막을 수 있다. 또한 도입 가스의 플라즈마 통과 여부를 임의로 결정할 수 있어 양질의 산화막을 입히는 반응 경로를 선택할 수 있는 장점이 있다³⁾.

2. 실험 방법

P형 단결정 실리콘 웨이퍼를 반응기에 넣고 반응기체를 주입하여 플라즈마 화학 증착 실험을 수행하였다. H₂로 전처리를 할 경우에는 H₂를 Ar과 함께 플라즈마로 활성화시켰다. 실제 실험할때에 N₂O는 플라즈마 지역을 통과 시켰고, SiH₄는 Ar을 운반기체로 하여 반응 지역으로 직접 주입하여 SiH₄가 직접 플라즈마로 활성화되는 것을 방지하였다. 실험은 저온 영역에서 플라즈마 전력, 온도, 반응기체의 반응 경로 등을 조업 변수로 하였다. 실험 분석은 질량 분석기로 기상의 상태를 분석하였고, IR, ESCA, ellipsometer, ESR, C-V plot등을 이용하여 산화막의 두께, 굴절율, 화학적

3. 실험 결과 및 고찰

RPECVD로 저온에서 산화막을 증착하고 Arrhenius plot을 하여본 결과 그림2로 나타난다. 이 때 활성화 에너지는 0.5kcal/mol 정도를 보인다. 이것은 플라즈마의 영향으로 매우 작은 값을 가지게 됨을 알 수 있다. 또한 SiH₄는 플라즈마 지역을 통과하지 않아 기상에서 Si-O-Si기를 포함한 siloxane이나 Si-OH의 silanol기는 발견되지 않고 반응 부산물로 H₂와 N₂가 주종을 이룸을 알 수 있었다. 산화막을 IR과 ESCA로 분석한 결과, 불순물은 보이지 않았으며, 화학 조성비는 플라즈마 전력이 15W의 경우에는 만족하나 그 이상의 전력에서는 산소가 많이 들어감을 알 수 있다. 또한 IR로 분석하여 보면 이 때 산화막이 불균일해짐을 보인다. H₂ 플라즈마 cleaning을 하면 표면의 불순물을 제거시켜 균일한 산화막을 이룰 수 있게 하지만 표면 거칠기의 증가로 dangling bond가 증가됨을 보인다. 이것은 그림3의 ESR 결과로 알 수 있다.

4. 결론

- 1) Arrhenius plot을 하여 활성화 에너지를 구하면 0.5kcal/mole로 diffusion limit control임을 알 수 있다.
- 2) RPECVD로 제조한 산화막은 불순물이 거의 없음을 IR과 ESCA로부터 알 수 있었다.
- 3) 플라즈마 전력이 커지면 반응 속도가 증가하면서 산화막이 불균일해진다.
- 4) 반응 온도가 증가하면 굴절율은 200°C까지 급격히 증가하다 포화되며 식각속도는 급격히 감소하다 포화되는 것으로 보아 porosity가 매우 감소됨을 알 수 있다.
- 5) 200°C의 온도에서 dangling bond가 적음을 ESR로 알 수 있었다.
- 6) H₂ 플라즈마 cleaning은 dangling bond를 증가시키지만, 균일한 산화막을 만든다.

5.참고 문헌

- 1)S.V.Hattangady, G.G.Fountain, R.G.Alley, R.A.Rudder, & R.J.Markunas, J. Vac. Sci. Technol. A9(3),1094(1991).
- 2)Akio Mimura, Nobutake Konishi, Kikuo Ono, Jun-ichi Ohwada, Yoshikazu Hosokawa, Yoshimasa A. Ono, Takkaya Suzuki, Kenji Miyata, & Hideaki Kawakami, IEEE Transact. Electro. Devices. 36(2), 351 (1989).
- 3)G.Lucovsky, & Dv Tsu, J. Non-Cryst. Solids 97&98, 265 (1987)

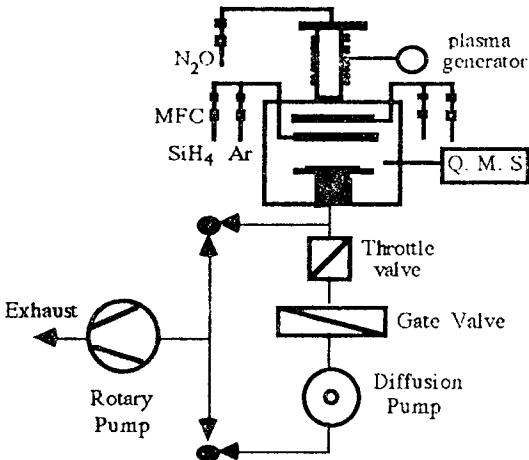


그림1. RPECVD 실험 장비

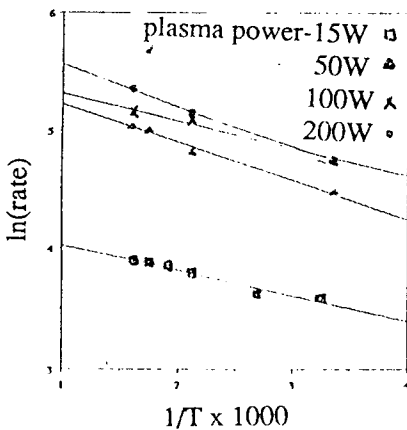
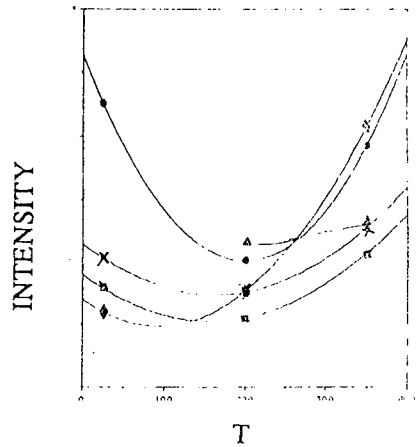


그림2. SiH₄과 N₂O를 반응 기체로 하여 RPECVD로 산화막을 증착하였을 경우의 Arrhenius plot. 각각의 선은 plasma 전력의 변화에 따른 변화임



- plasma power-50W & w/o H₂ cleaning □
- plasma power-200W & w/o H₂ cleaning △
- plasma power-15W & w/ H₂ cleaning ○
- plasma power-50W & w/ H₂ cleaning ×
- plasma power-100W & w/ H₂ cleaning *

그림3.산화막의 증착 온도에 따른 ESR peak의 변화
각각의 선은 plasma 전력의 변화와 수소plasma 전처리 유무에 따른 변화임