

방사가 열원이 Si의 흡수효과와 OSF 성장에 미치는 영향

홍순관*, 김철주*, 이철승**, 정관수**
*서울시립대학교 전자공학과, **경희대학교 전자공학과

Influence of Radiation Heating Sources on the Absorption
Effect and Growth of OSF in Si

Soon-Kwan Hong, Chul-Ju Kim, Chul-Seung Lee, Kwan-Soo Chung
*Dept of Electronics, Seoul Univ. **Kyung Hee Univ.

ABSTRACT

Influence of incoherent lamp heating sources on the absorption effect and variation of OSF size were investigated. The absorption effect on I.R lamp caused by free carrier excitation is greater than that of Tungsten-Halogen lamp. The variation of OSF size weakly affected by oxidation time.

1. 序 論

고집적도의 MOS 소자를 실현함에 있어서 100 Å 정도의 얇은 두께를 갖는 게이트 산화막의 성장은 필수적이다. 또한 접합의 깊이도 이에 따라서 감소되어야 하며 이를 위해서는 짧은 시간에 급속히 열처리를 할 수 있어야 한다. 이러한 목적에 부합되는 소재로서 최근에 각광을 받고 있는 연구분야는 Incoherent 램프를 이용한 RTP(rapid thermal processing)이다 [1-3]. 그러나 아직은 기판 표면에서의 온도 균일성과 급격한 열처리로 인한 slip[4]의 발생이 문제가 되어 그 응용범위는 크게 제한되고 있다.

Si 웨이퍼는 램프의 빛을 흡수하며 자유 캐리어 흡수효과 (free carrier absorption)를 통하여 자체에서 발열하는 효과를 나타낸다. 따라서 발열의 정도는 Si 기판의 저항률이 가장 큰 영향을 받으며 불순물의 종류는

큰 의미가 없다 [5]. 대부분의 RTP장비는 μ -computer로서 그 동작을 제어하며 Tungsten-Halogen 램프가 주류들 이룬다.

본 연구에서는 Tungsten-Halogen 램프와 원적외의 출력 파장을 갖는 I.R 램프 (Infrared lamp)의 흡수효과에 의한 발열 및 기판 저항률에 따른 가열효과의 차이를 조사하였다. 단시간의 열처리에 국한되었던 램프 가열원의 응용범위를 확대하여 장시간의 산화과정을 통하여 발생하는 Si의 표면결함인 산화적응결함 (OSF : oxidation-induced stacking faults)을 관찰하여 기존의 전기로에서 발생하는 경우와 비교하여 보았다.

2. 實 驗

산화막의 성장 및 Si 웨이퍼의 흡수효과의 관찰을 위하여 I.R 램프와 Tungsten-Halogen 램프를 별도로 구동할 수 있도록 실험장치를 구성하였다. I.R 램프는 144V, 2.4Kw의 출력정격을 가지며 냉각수가 흐르는 반사판을 램프의 윗면에 가지고 있다. 반사판의 작용으로 램프에서 방사되는 빛은 평행광선으로 되어서 기판의 온도 균일도를 높일 수 있다. Tungsten-halogen 램프는 1Kw의 출력정격을 가지며 I.R 램프와 마찬가지로 평행반사판을 가진다. 기판온도의 검출은 K-type(cromel-alumel) thermocouple을 사용 하였다.

그림 1에 이들 두가지 종류의 램프에서 방사되는 광의 파장에 따른 강도를 보였다. I.R 램프는 1.15 μ m peak

출력으로 가지며 Tungsten-Halogen 램프는 0.9-1.0 μm 사이에서 peak 출력과장을 나타낸다. 이와같은 출력과장의 차이는 Si 웨이퍼의 흡수효과에 영향을 미친다.

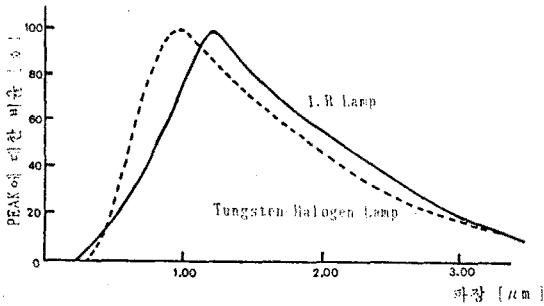


그림 1. I.R 램프와 Tungsten-Halogen 램프의 출력분포 비교.

산화막은 크기가 20mm x 40mm x 400mm인 석영 반응관을 사용하여 1050 °C 에서 성장되었으며, n형의 1-2 Ωcm , p형의 10-20 Ωcm , 60 Ωcm 인 기판을 각각 사용하여 Si 웨이퍼의 흡수효과를 측정하였다. 웨이퍼를 반응관에 넣은 후 예열 및 purification을 위하여 산화온도의 80% 정도로 질소 분위기에서 10분간 가열하였다. 질소를 산소로 전환하여 산화막의 성장실험을 한 후 반응온도를 그대로 유지하면서 다시 5분간 질소분위기에서 annealing 하였다. 산화막의 두께는 Ellipsometer (Gaertner L117:6328Å)로서 측정하였다. 성장물은 기존의 furnace에서 얻어진 값보다 다소 높았다. 웨이퍼의 흡수효과는 저항률 및 램프 종류별로 조사하였다. 산화직층결합의 관찰을 위해 성장된 산화막을 conc- HF로 제거하고 Sirtl 에칭액 (conc HF:CrO₃:H₂O = 100ml:75gr:200ml)을 이용하였고 산화시간에 대한 OSF 크기의 변화와 표면상태를 광학 현미경으로 관찰하였다.

3. Si에서의 吸收效果

그림 2는 I.R 램프와 Tungsten-Halogen 램프를 동시에 사용하고 일정한 전력을 공급할 때 나타난 온도의 변화를 기판의 저항률에 따라서 비교하여 보인 것이다.

시간에 대한 온도변화를 정확히 관찰하기 위하여 공급 전력을 약간 낮게 하였기 때문에 heating rate는 비교적 적다. 저항률이 적을수록 즉, 자유 캐리어 농도가

높을수록 흡수효과는 증대되어 heating rate가 빠르지만 약 80초 후에는 저항률의 구별없이 어느 것이나 비슷한 온도를 나타낸다. 이러한 현상은 온도가 증가함에 따라 고온 영역에서 진성 캐리어 농도가 급격히 증가하여 외인성 불순물보 인한 자유 캐리어의 영향이 소멸되어 버리는 것에 기인된 것으로 생각된다.

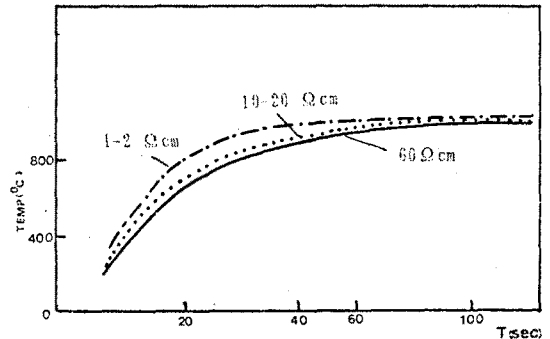


그림 2. HEATING RATE 의 기판 저항률에 따른 변화.

그림 3은 기판의 저항률이 일정한 기판을 사용할 때 I.R 램프와 Tungsten-Halogen에서 나타난 Si 기판의 흡수효과를 나타낸다. (a)는 IR 램프, (b)는 Tungsten-Halogen 램프를 각각 구동하면서 thermocouple 기판 시료에 접촉시킨 경우이며 (c)는 기판시료에서 floating시킨 경우이다. (c)의 경우는 IR과 Tungsten-Halogen 램프가 같은 값이 되도록 조절한 것이다. I.R 램프의 흡수효과에 의한 온도증가는 floating 시킨 경우의 50%정도로서 Tungsten-Halogen 램프의 30%보다 그 값이 높다. 이는 두 램프의 출력과장의 차이로 부터 기인하는 것으로 생각된다.

그러므로 기존의 Tungsten-Halogen 램프를 이용하는 것 보다 I.R 램프가 적은 전력으로 고온 및 고속의 heating rate를 얻는데 유리하다고 할 수 있다.

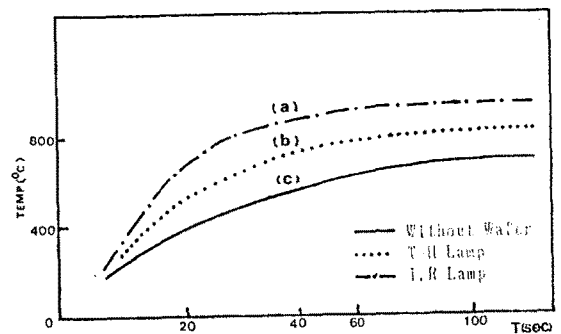
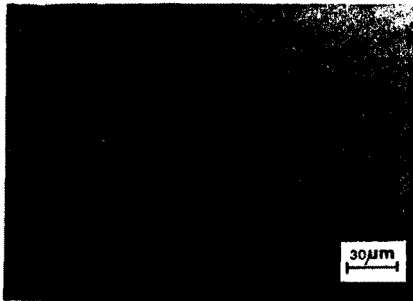


그림 3. I.R 램프와 Tungsten-Halogen 램프의 흡수효과 비교.

4. 산화적응결함에 미치는 영향

그림 4는 산화막을 1050°C에서 1시간 동안 1100 Å 두께로 성장시킨 시료와 720 Å을 30분을 성장시킨 시료에서 관찰된 산화적응 결함을 보여준다. 그림 4의 (a), (b)에서 관찰되는 산화적응결함은 8-12 μm 정도의 크기를 가지며 이는 Dry산화에서 발생하는 (15 μm 내외 : 1시간 산화시킨 경우) 결함의 크기와 비슷하다.



(a)



(b)

그림 4. 산화적응결함의 광학 현미경 사진.

(a) 720 Å (1050°C : 30분간 산화)
 (b) 1100 Å (1050°C : 60분간 산화)

그림 5에 산화시간에 따른 OSF의 크기변화를 보였다. 30분 이상에서는 산화시간이 증가하여도 OSF의 크기는 비교하여 보인 전기로 산화에서 얻어진 경우와 달리 그 크기의 변화가 적음을 알 수 있다. 이러한 현상은 광흡수에 의한 결함성장 억제효과에 기인한 것으로 예상되나 아직 확실한 원인은 알지 못하고 있다. 관련된 실험의 보완이 앞으로의 과제이다.

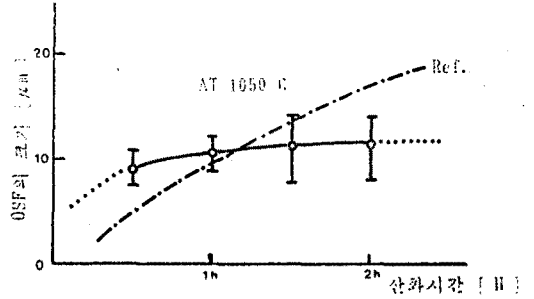


그림 5. 산화시간에 따른 OSF 크기의 변화.

5. 結 論

최근에 얇은 게이트 산화막의 성장 및 단시간 급속열처리등의 분야에서 많은 연구가 진행중인 Incoherent 램프 가열원의 출력과장 차이로 인한 흡수효과는 원적외의 출력과장을 포함하는 I.R 램프가 Tungsten-Halogen 보다 우수함을 알았다. 장시간의 산화과정에서 발생하는 산화적응결함은 30분 이상의 산화시간에서는 그 크기가 거의 일정하게 유지되었으며 이러한 결과는 기존의 전기로 산화와는 다른 메커니즘이 존재하고 있음을 나타내고 있으며 이를 밝히는 것이 남은 과제라 할 수 있다.

***** 參考文獻 *****

1. Y. Sato and K. Kiuchi, "Oxidation of Si using Lamp Light Radiation," J. Electrochem. Soc., Vol. 133, NO. 3, (1986), pp. 652-654.
2. J. Kato and S. Iwamatsu, "Rapid Annealing using Halogen Lamps," J. Electrochem. Soc., Vol. 131, NO. 5, (1984), pp. 1145-1152.
3. M.M. Mdsiehi, S.C. Shatas, and K.C. Sarawat, "Thin SiO₂ Insulators Grown by Rapid Thermal Oxidation of Silicon," Appl. Phys. Lett., Vol. 47, NO. 12, (1985), pp. 1353-1355.
4. G. Bentini, L. Corraera and C. Danolato, "Defects Introduced in Si Wafers During Rapid Isothermal Annealing: Thermoelastic and Thermoplastic Effects," J. Appl. Phys. Vol. 56, NO. 10 (1984), pp. 2922-2929.
5. T.E. Seidei, "Temperature Transients in Heavily Doped and Undoped Si using Rapid Thermal Annealing," J. Appl. phys. Vol. 57, NO. 4, (1985)