

액상 공정을 이용한 실리콘 태양전지 표면 passivation

Effective surface passivation of Si solar cell using wet chemical solution

김우병^{a*}, Hikaru Kobayashi^b,

^{a*}단국대학교 에너지공학과(E-mail:woo7838@dankook.ac.kr), ^b오사카대학교 ISIR

초 록: 질산산화법(nitric acid oxidation method)은 저온에서 안정적인 산화막을 형성하는 직접산화공정으로 azeotropic point(68 wt%)인 120도 이하의 온도에서 산화막을 형성한다. 120도에서 형성한 질산산화막은 CVD법으로 형성한 산화막 보다 낮은 누설전류밀도(leakage current density)를 나타낸다. 또한 질산의 농도가 증가함에 따라 형성한 산화막의 누설전류 밀도가 감소하며, 이는 열산화법으로 형성한 산화막 보다 낮다. 질산산화의 낮은 누설전류밀도는 형성한 산화막의 높은 원자 밀도와 낮은 계면준위밀도에 의한 것으로 이 특성을 이용하여 게이트 절연막(gate insulator)과 태양전지의 passivation막으로 응용되고 있다.

1. 서론

실리콘 기판을 사용하는 LSI의 경우 열산화법을 이용하여 산화막을 형성하는 것이 가능하나, 유리기판을 사용하는 TFT-LCD의 경우 높은 공정온도로 인하여 열산화법을 사용하는 것이 불가능하며, 저온에서 산화막을 형성 가능한 공정을 개발이 요구된다. 따라서, SiO₂/Si구조를 저온에서 형성할 수 있는 공정으로써 plasma oxidation,[1] photo-oxidation,[2] ozone oxidation,[3] metal-promoted oxidation,[4] anodic oxidation,[5] etc., 등이 개발되었다. 이중 현재 가장 많이 사용되고 있는 것은 화학기상증착법 (Chemical vapor deposition, CVD)이 있다. 그러나 CVD 공정으로 형성한 산화막의 경우 극박구조를 형성하기 어려운 점, 낮은 원자 밀도 그리고 높은 밀도의 결함준위로 인해 누설전류밀도가 증가하는 문제점을 갖고 있어 새로운 공정기술의 개발이 요구된다.

H. Kobayashi는 질산의 높은 산화력을 이용하여 저온인 120도의 온도에서 산화막을 형성하는 질산산화법을 개발하였다[6]. 질산산화법을 이용하여 형성한 극박의 실리콘 산화막의 경우 낮은 공정온도임에도 불구하고 CVD보다 낮은 누설전류밀도를 나타내었으며, 농도에 따라 형성한 막의 특성의 차이를 확인할 수 있었다. 뿐만 아니라 이 산화막을 이용하여 TFT-LCD를 형성한 경우 소비전력은 일반적 CVD산화막에 비해 약 1/125로 낮추는 결과를 얻을 수 있었다[7]. 더욱이 질산산화로 형성한 산화막의 경우 high-k의 buffer 층으로 응용 및 태양전지의 표면 passivation막으로의 응용이 가능하다.

2. 본론

질산을 이용한 산화막은 가열된 질산용액에 실리콘 웨이퍼를 침지시켜 형성할 수 있다. 질산산화의 원리는 질산의 분해 메커니즘으로 통해 간단하게 이해할 수 있으며 그림 1는 질산과 물의 상태도를 나타내고 있다. 질산을 가열 시 산소 이온(O⁻)이 발생하게 되고, 이 산소이온은 용액 중에 존재하는 실리콘 웨이퍼와 직접 반응하는 산화막을 형성하게 된다. 따라서 질산산화는 열산화법과 같은 직접산화방법으로 형성한 산화막의 원자 밀도가 높을 뿐만 아니라 낮은 결함 밀도를 나타내는 특징이 있다.

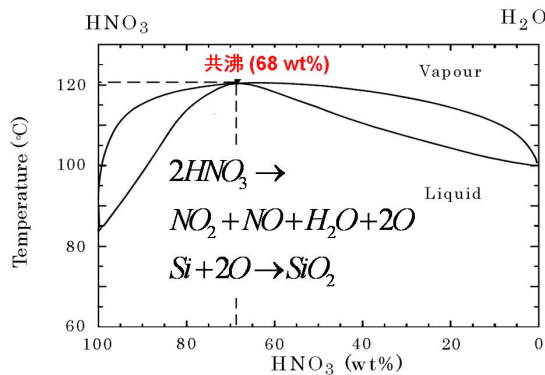
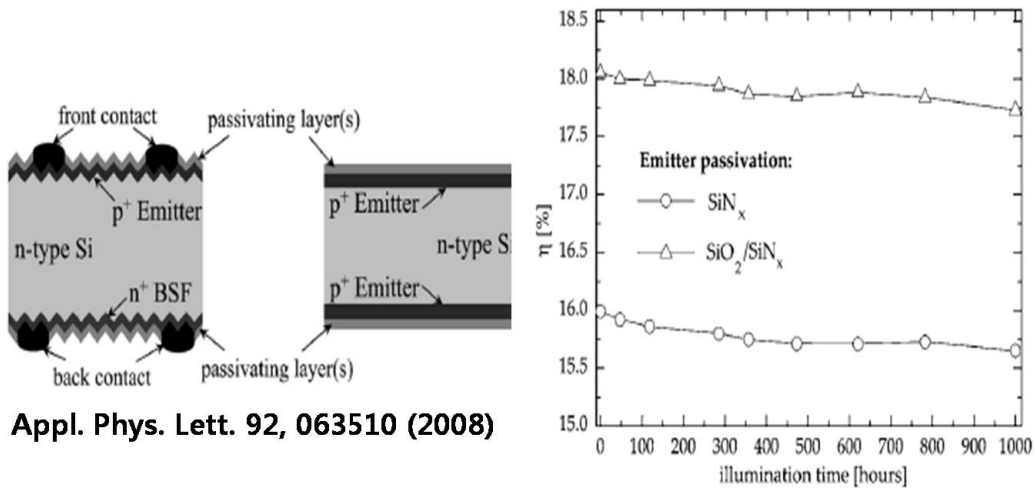


Fig. 1. Phase diagram of HNO₃

실리콘 태양전지는 높은 변환효율로 인하여 많은 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 p-n접합 태양전지를 사용하게 되며, 광흡수율을 증가시키기 위해 표면에 pyramid구조를 형성한 후 반사방지막으로 SiNx막을 증착한다. Si(100) 기판을 화학적 에칭(chemical etching) 공정을 통해 Si(111)면의 pyramid가 형성되게 되어 약 30-40%의 반사율을 나타내게 된다. 그러나 형성된 pyramid의 경우 (100) 면에 비해 높은 계면준위밀도(interface states density)를 갖게 되어 광전자의 재결합이 발생한다. 또한 pyramid위에 형성한 SiNx막의 경우 실리콘과의 불완전한 결합으로 인하여 태양전지 효율이 감소하게 된다. 이를 해결하기 위해 실리콘과 반사방지막 계면에 passivation막을 형성하는 것이 중요하다. 특히 저온에서 극박의 막을 형성하는 것이 중요하며 질산산화가 사용되었다. 그림 2은 질산산화막을 계면에 사용한 결과를 나타내고 있다. 질산산화막을 buffer층으로 사용한 결과 약 2%의 광변환효율이 증가하는 것을 확인 할 수 있다. 또한 광조사 안정성을 확인한 결과 질산산화막의 경우 장시간 광조사에 안정성을 확인할 수 있다.



Appl. Phys. Lett. 92, 063510 (2008)

Fig. 2. Application of nitric acid oxidation method for silicon solar cell

3. 결론

질산산화는 120도 이하의 저온에서 산화막을 형성하는 직접산화공정으로 형성한 산화막의 누설전류밀도는 CVD공정을 통해 형성한 산화방법보다 낮다. 질산산화는 질산용액의 농도에 따라 형성한 산화막의 원자 밀도가 증가하며 이는 산소이온농도에 의존한다. 형성한 산화막의 높은 passivation 특성으로 인하여 태양전지의 계면 buffer층으로 사용하여 태양전지의 효율을 증가시켰다. 이상의 결과로부터 질산산화는 다양한 분야의 응용이 가능한 것으로 예상된다.

참고문헌

1. Bowden N, Huck WTS, Paul KE, Whitesides GM. Applied Physics Letters. 75, (1999), 2557-9.
2. Kaliwoh N, Zhang JY, Boyd IW. Applied surface science. 168, (2000), 288-91.
3. Chui CO, Kim H, Chi D, Triplett BB, McIntyre PC, Saraswat KC. Electron Devices Meeting, 2002 IEDM'02 International: IEEE; (2002), 437-40.
4. Kobayashi H, Yuasa T, Nakato Y, Yoneda K, Todokoro Y. Journal of applied physics. 80, (1996), 4124-8.
5. Tardy J, Erouel M, Deman A, Gagnaire A, Teodorescu V, Blanchin M, et al. Microelectronics Reliability. 47, (2007), 372-7.
6. Imai S, Takahashi M, Kobayashi H. Applied Physics Letters. 85, (2004), 3783-5.
7. Mizushima S, Imai S, Tanaka M, Kobayashi H. Applied surface science. 254, (2008), 3685-9.