

FSG Capping 레이어들에서의 플루오르 침투 특성

이도원, 김남훈, 김상용, 엄준철, 장의구
중앙대학교, 동부아남반도체, 서울정수기능대학

Fluorine Penetration Characteristics on Various FSG Capping Layers

Do-Won Lee, Nam-Hoon Kim, Sang-Yong Kim, Joon-Chul Eom and Eui-Goo Chang
Chung-Ang University, DongbuAnam Semiconductor, Seoul-Jeongsu Polytechnic College

Abstract

High density plasma fluorinated silicate glass (HDP FSG) is used as a gap fill film for metal-to-metal space because of many advantages. However, FSG films can cause critical problems such as bonding issue of top metal at package, metal contamination, metal peel-off, and so on. It is known that these problems are caused by fluorine penetration out of FSG film. To prevent it, FSG capping layers such like SRO (Silicon Rich Oxide) are needed. In this study, their characteristics and a capability to block fluorine penetration for various FSG capping layers are investigated. Normal stress and High stress due to denser film. While heat treatment to PETEOS caused lower blocking against fluorine penetration, it had insignificant effect on SiN. Compared with other layers, SRO using ARC chamber and SiN were shown a better performance to block fluorine penetration.

Key Words : FSG, fluorine penetration, SRO

1. 서론

High Density Plasma Fluorinated Silicate Glass (HDP FSG)는 금속과 금속 사이의 공간에서 gap fill 공정으로서 주로 사용되고 있다. HDP FSG의 공정 자체 특성에 의해서 금속과 금속사이의 공간은 거의 완벽하게 채울 수 있을 뿐만 아니라, FSG의 플루오르 도판트의 유전상수가 약 3.7으로서 Undoped silicate glass (USG)의 4.3보다 작기 때문에 금속사이의 공간의 캐패시턴스를 줄일 수 있게 된다.[1, 2] 소자가 계속적으로 작아짐에 따라, 캐패시턴스의 감소가 매우 중요한 과제가 되었다. 특히 고성능 소자에서 가장 중요한 요소는

소자의 작동 스피드일 것이다. 비록 FSG 필름의 플루오르는 여러 가지 이점을 가지고 있음에도 불구하고, 금속 오염, 패키지에서의 상부 금속의 결합 문제, 금속의 peel-off 현상등의 여러 가지 문제점을 야기할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 문제점들은 대부분 플루오르 침투에 의해서 야기되는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 문제점을 막기 위해서, 가장 널리 사용되는 Silicon Rich Oxide (SRO)와 같은 다양한 FSG capping 레이어들이 이용되어지고 있다.[3] 본 연구 및 실험에서는 FSG capping 레이어들의 특성을 조사해 보고, 그들이 플루오르 침투를 효과적으로 막는지에 대해 연구해 보았다.

2. 실험

RF power를 바꾸어 가면서 타겟에 따라 3가지 종류의 PETEOS를 분류했다. PETEOS 필름은 듀얼 RF 파워를 가진 Novellus사 제품에 의해서 증착되었다. 이 실험에서 RF 파워의 총합은 1000W로 설정했으며, Normal에서는 HF와 LF를 각각 500W씩 균등하게 맞추었고, High stress에서는 HF와 LF를 각각 700W, 300W으로, Low stress에서는 300W, 700W으로 설정하였다. 증착한 후 모든 필름들은 반사율이 1.45에 근사하게 나타났다.

HPD 챔버를 이용한 SRO 실험에서는 SiH_4/O_2 가스비율과 가스 유입량을 조절해가면서 반사율(RI)이 1.5가 되게 맞추었다. 실험에 앞서 챔버내의 플루오르 가스 찌꺼기들을 확실하게 제거하기 위해서 여러 장의 더미 웨이퍼를 증착했다. SRO를 증착할 때 HDP 챔버를 사용하여 두가지 방법(in-situ와 out-situ)으로 증착되었다. SRO에 대한 열처리 효과를 알아보기 위해 out-situ한 타겟중 하나에는 열처리를 했다.

다른 capping 레이어로 알려진 ARC 챔버를 이용한 SRO와 SiN 및 SiON도 실험을 행하였다. ARC 챔버를 이용한 SRO 실험에도 반사율을 1.5로 맞추기 위해서 가스 조건을 조절하였다.

어닐링 공정의 열처리 실험에서는 PETEOS를 열처리하기 전-후의 웨이퍼들을 비교해 보았다. 또한 열처리 횟수에 따른 성능 비교를 위해 1회와 4회로 구분하여 실험이 행해졌다. 1회의 열처리는 300°C에서 60분, 425°C에서 30분씩 이루어 졌다. SiN 열처리 실험에서는 열처리하기 전-후의 웨이퍼들을 비교해 보았다.

3. 결과 및 고찰

3.1 PETEOS의 종류

그림 1은 RF power의 비율(HF/LF)에 따른 PETEOS의 종류에 대한 SIMS 프로파일이다. Normal PETEOS는 FSG로부터 플루오르 침투를 소량 막아냈다. RF power의 LF부분이 증가함에 따라 stress가 상승했다. 이로 인해 압축률도 증가하게 되어, 결과적으로 필름이 조밀해지게 된다.

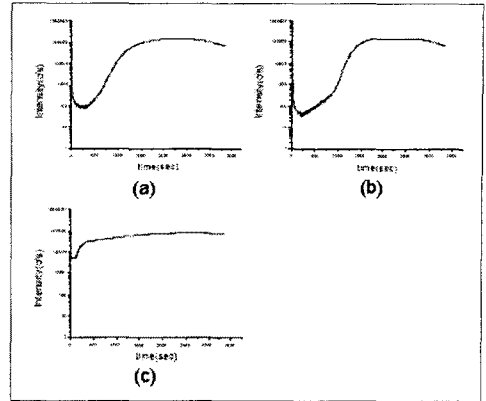


그림 1. PETEOS의 종류에 따른 SIMS 프로파일. (a) Normal (b) High stress (c) Low stress.

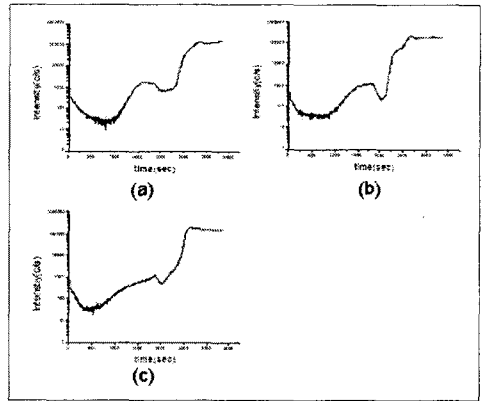


그림 2. HDP 챔버를 이용한 SRO의 SIMS 프로파일. (a) In-Situ. (b) Out-Situ. (c) Out-Situ 후 열처리.

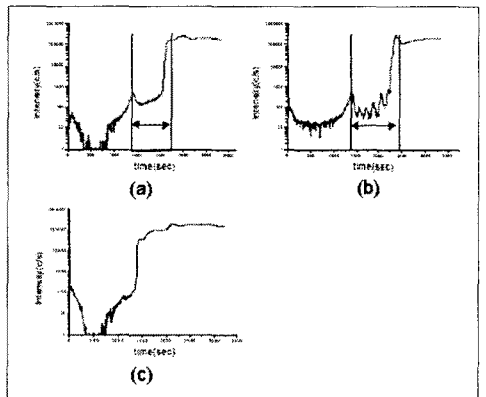


그림 3. 다른 capping 레이어들의 SIMS 프로파일. (a) ARC 챔버를 이용한 SRO (b) SiN (c) SiON. 이 현상은 LF에 의한 이온 충격에 의한 것으로서,

그림 1에서 보여지듯이 조밀해진 필름은 플루오르 침투를 잘 막아내었다.

3.2 HDP 챔버를 이용한 SRO

그림 2는 HDP 챔버를 이용한 SRO들의 SIMS 프로파일이다. 만약 그 SRO들이 좋은 성능을 보인다면, 이 필름들이 실제 공정상에 적용될 때 제작 주기를 줄일 수 있게 될 것이다. 그림 2에서 보여지듯이, 두 필름이 모두 좋은 결과를 보여주지 못했다. 왜냐하면 HDP공정이 이온충돌을 야기하는 bias power에 의존하기 때문에 $2175 \sim 2300\text{cm}^{-1}$ 에서의 Si-H 결합이 생성되지 않기 때문으로 보인다. 그러나, 그 SRO 필름들은 PETEOS의 결과에 비해 상대적으로 플루오르 침투를 잘 막아냈다. 그것은 SRO들이 상대적으로 조밀하기 때문이다. 열처리 결과는 PETEOS의 결과와 비슷하게 나타났다.

3.3 다른 Capping Layer들 비교

그림 2에서 보여지는 것처럼 ARC 챔버를 이용한 SRO와 SiN 필름은 플루오르 침투를 거의 완벽하게 막았다. 두 필름은 $2175 \sim 3200\text{cm}^{-1}$ 에서의 Si-H 결합들이 보인다는 공통점을 지니고 있는데, $2175 \sim 3200\text{cm}^{-1}$ 에서의 Si-H결합과 dangling bond는 열이나 다른 에너지들에 의해서 Si-F 결합으로부터 이탈한 플루오르 원자들을 잡는다는 것을 의미한다.

3.4 열처리

그림 4는 PETEOS과 SiN의 열처리에 따른 SIMS 프로파일이다. PETEOS의 경우, 한번의 열처리에 의해 결과는 더욱 나빠졌다. FSG로부터의 플루오르 원자들의 증가와 열량이 증가함에 따른 PETEOS 내에서의 격자 진동의 증가 때문이다. 1회 열처리를 한 것과 4회 열처리를 한 데이터간의 큰 차이는 없었다. 이것은 1회의 열처리로 열에 의한 플루오르 침투현상이 충분히 포화상태가 된다는 것을 의미한다. 앞 실험에서 좋은 성능을 보여주었던 SiN의 경우는 열처리를 한 것과 하지 않은 것에 상관없이 모두 플루오르 침투를 잘 막는 것으로 나타났다.

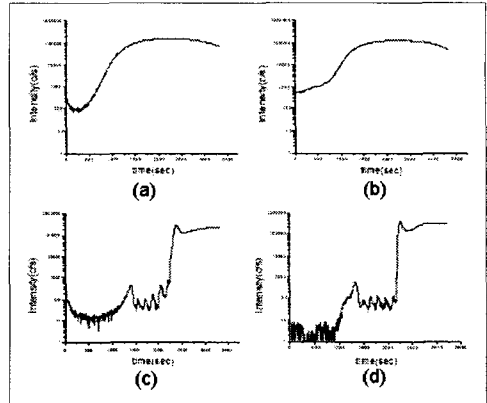


그림 4. 열처리에 따른 capping 레이어들의 SIMS 프로파일. (a) 열처리 하지않은 PETEOS (b) 열처리한 PETEOS (c) 열처리 하지않은 SiN (c) 열처리한 SiN.

4. 결론

SIMS 분석은 capping 레이어의 종류와 열처리에 따른 플루오르 프로파일의 변화를 알아보기 위해 수행되어 졌다. RF power에 따른 PETEOS의 종류에 대한 플루오르 침투성 비교실험에서 low stress 가 이온 충격에 의해서 조밀한 필름이 형성되어 플루오르 침투를 잘 막아내었다. HDP 챔버를 이용한 SRO은 PETEOS의 결과에 비해 상대적으로 플루오르 침투를 잘 막아냈다. 결과적으로 ARC 챔버를 이용한 SRO와 SiN 필름은 플루오르 침투를 거의 완벽하게 막았다. PETEOS의 열처리는 오히려 침투를 막지 못하는 나쁜 결과를 보인 반면, SiN는 열처리에 상관없이 침투를 잘 막는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R01-2002-000-00375-0) 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Noyes Publicatoin, Handbook of

Multilevel Metallization for Integrated Circuit, p. 202, 1993

- [2] R. Winstrom, G. Bomberger, S. Cohen, S. Hazel, M. Lavoie, "Film Properties and Integration of a Variety of FSG film", IEEE, p. 168, 2001
- [3] S. H. Kang, S. K. Lee, H. L. Park, C. G. Ko and S. H. Choi, "Properties of Silicon Rich Oxide by PECVD", Korea Material Science Society, p. 459, 1993.
- [4] Y. L. Cheng, Y. L. Wang, C. W. Liu and Y. L. Wu, "Characterization and Reliability of Low Dielectric", Elsevier Science, p. 533, 2001.
- [5] J.P. Reynard, C. Verove, E. Sabouret, P. Motte and B. Descouts, "Integration of Fluorine-doped Silicon Oxide in Copper Pilot Line for 0.12- μm Technology", Elsevier Science, p. 114, 2002.