

Wet cleaning 공정 시 DI water 의 온도에 따른 BPSG 막질의 특성 변화에 대한 연구

Wet cleaning process, DI water at a temperature of

According to the study of changes in the characteristics of BPSG membranous

*장재규¹, #이공수², #윤민상³, 안정수⁴
 * jaekyu.jang¹, #alfredo.lee², minsang.yun³, jungsoo.an⁴
¹ 삼성공과대학교 반도체공학과, ² 삼성반도체 메모리 제조센터,³
 Key words : BPSG, Absorption, H2O, Process temp, Boron, Phosphorus

1. 서론

반도체 Device 에 절연 층의 재료로 가장 널리 사용되는 BPSG 는 주로 AP CVD 방식으로 만들어지며 막질 내 두 가지 다른 Type 의 Oxygen 이 존재한다. 첫 번째 Type 은 두 개의 Silicon 원자에 의해 공유되어 있는 “Bridging Oxygen” 이고 또 다른 형태는 Oxygen 이 하나의 Silicon 원자에만 공유되어 있는 “Non bridging Oxygen” 이다. 이러한 형태에 있는 “Non bridging Oxygen” 은 SiO₂ 의 전기적으로 중성을 유지하기 위해 주위의 Si 원자나 B,P 같은 양이온의 불순물을 Silica 구조 내로 들어오게 한다. BPSG 막질의 불순물들은 그 농도에 따라서 Reflow 특성 및 Stress 및 Chemical 에 의해 Etch Rate 등을 달라지게 한다. BPSG 막질 B,P 농도 감소로 인해서 Fig. 1 와 Direct Contact Pattern 에 터짐과 BPSG 막질이 Recess 되는 문제가 발생되었다.

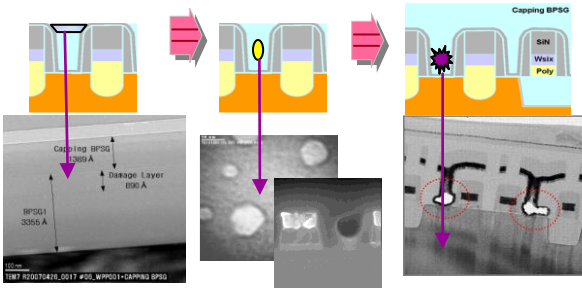


Fig. 1 Process problem case

이러한 현상은 반도체 공정에서 불량률 야기하며, 이에 따라서 반도체의 신뢰성을 저하시키는 문제점을 가지고 있다. 본 실험은 BPSG 농도가 감소하는 문제점을 파악하여 근본 원인을 찾아 해결하고자 한다.

2. 실험 방법

본 실험을 진행하기 위해서 Fig. 2 와 같은 Layer 구조에서 공정 시료 Test 를 진행하였다.

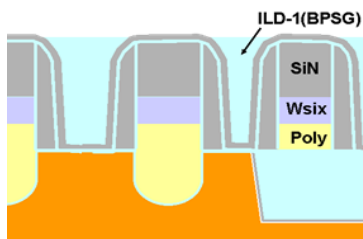


Fig. 2 BPSG of Direct Contact Process flow

첫 번째 실험은 H₂O 에 Temperature 에 따라서 BPSG 막질에 Absorption 에 변화를 알아보는 실험을 진행하였고, 두

번째, 실험으로 H₂O Temp 에 따른 BPSG 농도에 변화를 알아보는 실험을 진행 하였다. Wet Clean 공정에서는 DIW Rinse Process 진행 시에 일반적으로 약 25℃와 70℃에 두 가지 Process temp 를 사용하며, 각 공정에 따라서 사용 온도가 달라지게 된다. 본 실험은 H₂O Temp 가 BPSG 막질에 영향을 주는 인자로써 이를 실험을 통해 문제점을 분석하고자 한다.

3. 본론

3-1. H₂O High Temp 변화에 따른 Absorption 실험

Fig. 2 와 같은 시료 Layer 에서 고온 DIW 에 Rinse Process 가 진행된다. 표면은 BPSG 막질이 노출되어 있으며, Process 는 Fig. 3 에 Process 로 진행된다.



Fig. 3 Process Temp of H₂O Rinse(HQDR) Sequence

DIW 진행 Temp split 실험을 통해 BPSG 막질에 변화를 관찰하였다. BPSG 막질에 H₂O Process 온도에 따른 실험 결과 H₂O 의 흡수량은 Fig. 4 와 같이 [TD-MS] 분석을 통해 BPSG 막질에 변화를 확인할 수 있었다. DIW Process Temp 를 Normal 진행 온도인 고온 A 와 이보다 높은 고온 B 두 조건에서 BPSG 막질은 고온 B 조건일 경우 H₂O Absorption 함량이 10% 더 증가 되는 것으로 확인되었다.

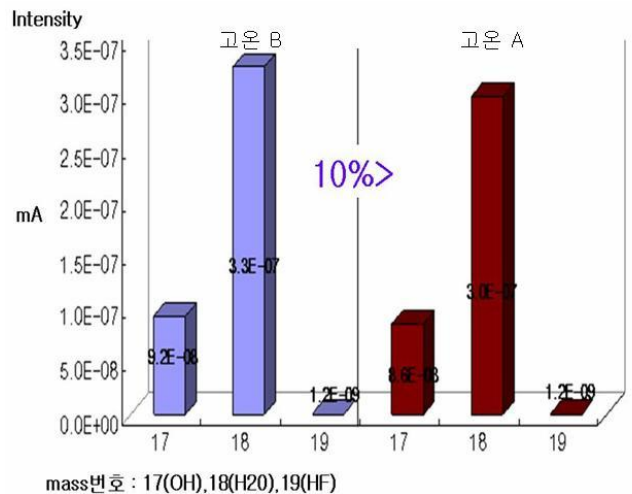


Fig. 4 H₂O Absorption of BPSG -TD MS 분석

BPSG 막질의 특성을 보면 흡수에 취약한 막질로 잘 알려져 있고, 소량 흡수가 일어날 경우 H₂O 는 BPSG 막질의 Phosphorus 와 일차적으로 반응하여 P2O₅ 와 같은 형태로

BPSG 막질의 표면에 도출된다. 그러나 다량의 H₂O 분자가 흡습이 될 경우 막질내의 Phosphorus 와 Boron 은 H₃PO₄, H₂BO₃ BPO₄ 같은 형태로 빠져 나온다. 이를 step 별로 살펴 보면, Silica 구조에서 B, P 는 흡습 되는 H₂O 와 반응하여 H₃BO₃, H₃PO₄ 형태로 표면에서 outgassing 되어 B, P 농도는 감소한다. Fig.5 와 같이 막질 내 Phosphorus 가 소량의 H₂O 와 반응하여 P₂O₅ 가 표면으로 석출되고, Excess H₂O 재 흡습이 진행 될 경우에는 P₂O₅ 는 H₂O 와 추가적으로 반응하여 H₃PO₄ 로 유출 되었음을 간접적으로 나타낸다. 한편 Silica 구조에서 빠져 나간 B, P 대신 Non bridging Oxygen 은 주위의 Nonbonding Si 원자와 결합하거나 Pure 를 형성 하게 되는 것으로 추정 된다.

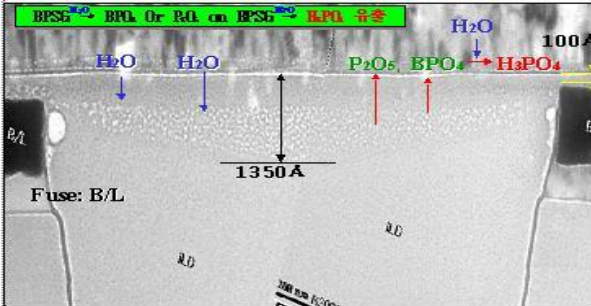


Fig. 5 : BPSG Deposition analysis of the membrane surface

3-2. BPSG H₂O Temp 상승에 따른 Profile 실험

1) BPSG 막질 표면에서 DIW 가 고온 B 진행 시에 BPSG 막질에서 Boron 과 Phosphorus 가 Consume 되며, Capping BPSG Depo 후에도 Fig. 6 과 같이 B, P 농도가 낮게 유지되고 있는 것을 확인하였다.

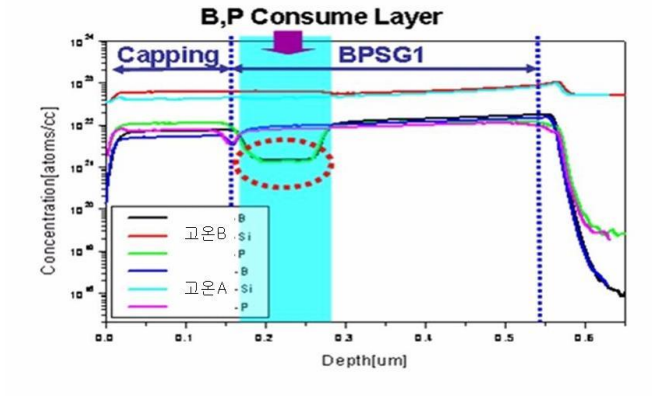


Fig. 6 Consume Layer of B,P dopant -SIMS 분석

2) HQDR Bath (DIW Rinse) 내 Deionized Water 온도에 따른 유의 차 Test 결과 Fig. 7 와 같이 H₂O 온도 하향될 경우에는 BPSG 막질에 Consume 이 없는 것으로 확인하였다.

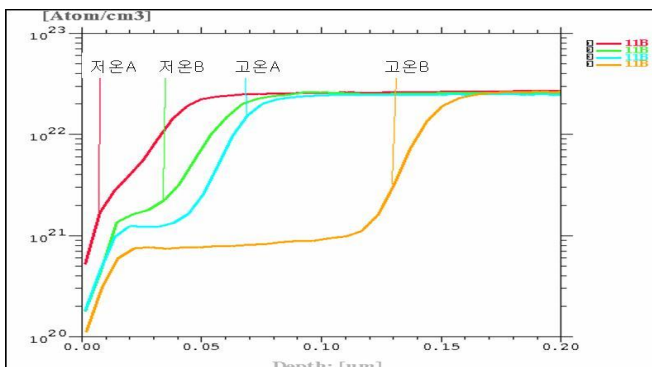


Fig. 7 Note first of Deionized Water Temp

4. 결론

BPSG 막질 내 B,P 의 Consumed Depth 은 Fig. 8 와 같이 고온 A 일 때부터 증가되며, 고온 B 이상에서는 의미 있는 수준으로 반응이 진행되어 Consumed layer 가 급속 하게 증가되는 것으로 관측하였다. 이는 고온 B 이상에서의 BPSG 막질에 흡습을 가속화함으로 특성을 변화시키는 원인으로 판단되며, 후속 공정에서의 불량에 주요 요인이 됨을 변형된 BPSG Layer 를 보고 알 수 있었다.

또한, Fig. 8 실험에서 B,P 잔류 농도는 저온 A 에서 저온 B 까지 점차적으로 감소하는 것을 추가적으로 확인할 수 있었다.

BPSG 절연막에 변성을 방지하기 위해서는 H₂O 에 흡습에 따른 영향을 받지 않도록 H₂O 의 사용 Temp 를 해당 공정에 맞게 고려하여 사용 관리될 것이 요구된다.

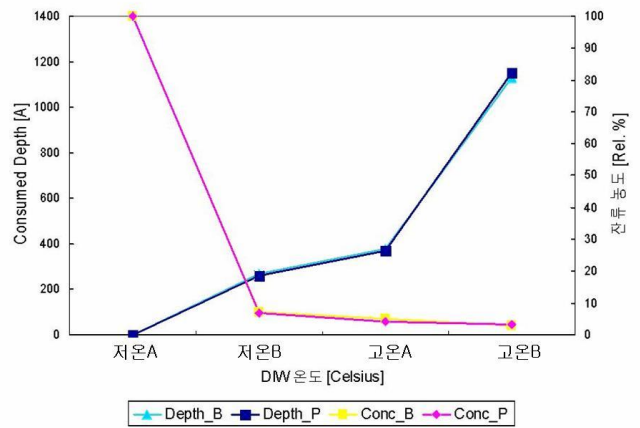


Fig. 8 Mechanism of H₂O in the temperature of the BPSG characteristics

참고문헌

[1] Iyer R. Thakur R.P.S. Rhodes H.; Liao R.; Roslet R.; Yieh E.;Electrical and physical characterization of tetraethylorthosilicate-O3 borophosphosilicate glass. J. Electrochem. Soc, 143, no.10, 3366,1996

[2] Watanabe H.; Kitajima H.; Honma I. Ono H.;Wilhelm R.J.; Sophie A.J.L. Influence of water adsorption/desorption processes on the selectivity of vapor HF etching. J. Electrochem. Soc, 142, no.4 1332, 1995

[3] Yoshimaru M. Matsuhashi H. Moisture resistance of annealed boron phosphorosilicate glass films for ver large scale integrated circuit applications. J. Electrochem. Soc., 143. no.9, .3032,1996