PMD Liner Nitride공정의 최적화를 위한 박막 특성에 관한 연구

김상용, @서용진, #이우선, #정헌상, **김창일, **장의구
아남반도체(주), @대불대, #조선대, **중앙대

A Study for film characteristics to the Optimization of PMD Liner Nitride Process

Sang-Yong Kim, @Yong-Jin Seo, #Woo-Sun Lee, #Hun-Sang Chung, **Chang-Il Kim, **Eui-Goo Chang

Abstract - 본 실험에서는 PMD Liner Nitride 공정의 최적화의 일환으로 현재 반도체 제조 공정에서 적용하고 있는 Nitride막들의 특성을 비교 분석함과 더불어 연관 공정인 BPSG 증착 및 Densification과의 관련 여부를 파악하기 위한 시도를 하였다. 특히 Nitride 박막 특성을 결정하는 중요한 요소인 Si-H 결합과 Si-NH-Si 결합의 농도 변화 분석을 위하여 FTIR Area 분석법을 이용하였다. 또한 증착된 Film의 안정성 여부를 판단하기 위하여 발생 가능한 정도의 RF Power 흔들림에 대한 Nitride 막의 Stress 변화 정도를 측정하였다.

1. 서 론

기존의 64M 이하 소자 공정에서 사용되던 PMD liner TEOS막은 PMD BPSG와 Poly-Si 사이의 B 투과 현상 방지를 주목적으로 사용되었으나, 256M이상 공정에서는 보다 조밀화된 design에 기인한 Etch Stop Layer의 필요성에 의하여 PE Nitride를 PMD Liner에 적용하게 되었다.[1] 그러나 이미 알려진 바와 같이 PETEOS와 PE Nitride는 전기적 특성 및 Stress, adhesion, B blocking등 여러 가지 특성에서 상당한 차이가 나기 때문에 여러가지 조건에서 증착된 Nitride 박막의 특성을 분석하여 최적의 조건을 찾아낼 필요성이 존재한다.[2] 본 실험에서는 이러한 최적화의 일환으로 현재 256M 이상 소자에서 적용하기 위한 여러가지 PE Nitride 막들의 특성을 비교 분석함과 더불어 연관 공정인 BPSG 증착 및 Densification 과의 관련 여부를 파악하기 위한 시도를 하였다. 특히 Nitride 박막 특성을 결정하는 중요한 요소인 Si-H 결합과 Si-NH-Si 결합의 농도 변화 분석을 위하여 FTIR Area 분석법을 이용하였다. 또한 증착된 Film의 안정성 여부를 판단하기 위하여 발생 가능한 정도의 RF Power 흔들림에 대한 Nitride 막의 Stress 변화 정도를 측정하였다.

2. 본 론

2.1 실험 조건 별 박막 특성 분석

2.2.1 실험 조건

본 실험에서는 1)기존의 PO Nitride 증착조건과 2) PMD Liner Nitride, 3) Low Hydrogen PMD Liner Nitride, 4) High Stress Low Hydrogen Nitride 조건에서 증착된 박막의 특성 분석을 수행하였다. 3) 의 조건의 경우 기존에 사용되던 2)번 조건 보다 낮은 Hydrogen 농도(15% vs 20%)와 낮은 Stress를 가진 것으로(10Mpa tensile vs. 240Mpa compressive) 최근 보고에 의하면 이러한 막질의 변화가 PMOS Transistor 에서의 B 불순물의 투과현상을 상당부분 감소시키는 효과를 가지는 것으로 알려져 있다.[3] 4)의 조건은 새로운 PMD Liner 조건이 미묘한 공정변수의 흔들림에 대해 Film Stress의 변동 폭이 대단히 큰 관계로 이후에 발생 가능한 Film Stress의 변화가 공정에 미칠 영향을 예측하기 위한 실험이다. 자세한 공정 조건 및 film 특성은 Table 1. 에 기술 하였다.

2.2.2 특성 분석 방법

본 실험에서의 특성 분석 방식은 Table 2. 에 나타내었다. 본 실험에서는 우선 FTIR을 이용하여 Nitride 박막 특성에 중요한 인자인 Si-H/ Si-NH-Si 결합의 농도 변화여부를 이후 공정인 BPSG 증착 및 Densification 과의 관련성 속에서 분석한 후 추가적인 Process Window Test를 수행하였다.

2.2.3 실험 결과

[1] FTIR 분석결과

위의 조건에의한 FTIR Data를 Area를 이용하여 분석한 결과는 Fig.1, Fig. 2에 나타내었다. 실험 결과를 요약하면 다음과 같다. ① 각각의 실험 조건에 따른 Nitride 박막의 화학적 특성이 커다란 차이를 보였으며 Si-NH-Si 결합의 농도는 3) Low H2 ≥ 4) Low H2, High Stress > 2) Baseline ≥ 1) PO Nitride 의 순서로, Si-H 결합의 농도는 1) PO Nitride ≫ 2) Baseline ≫ 3) Low H2 ≥ 4) Low H2, High Stress의 순서로 존재하였으며 이는 실험 조건상의 SiH4/NH3 의 비에 기인하는 것으로 판단된다. ② H 과의 결합 농도는 1) PO Nitride ≫ 2) Baseline ≫ 3) Low H2 ≥ 4) Low H2, High Stress의 순서로 Low H2 조건을 적용 하였을때 Boron 투과현상 감소에 상당한 효과가 있을것으로 추정된다. ③ BPSG densification 전후로 소모된 H 결합의 농도 및 남아있는 H 결합 농도역시 ② 과 동일하며 이러한 과정에서 생성된 H2들은 Poly-Si 층으로 확산되거나 BPSG Film 내입자들과 다른 결합을 이루었을 것으로 추정된다. 결과적으로 이러한 H 결합의 감소는 소자 동작 특성에 악영향을 미칠것으로 추정된다. 자세한 결과는 Table 3 와 Appendix 1.

FTIR Graph에 나타내었다.

[2] Crack 및 Process Window Test

본 실험에서의 특이할 만한 사실은 증착된 Nitride Film 에서 PMD Desification 진행 후 Wafer Edge에서 박막의 손상(Crack)을 발견할 수 있었던 점이다. 이에 대한 원인으로는 개별 실험 조건에서의 SiH4/NH3 Ratio 등의 박막의 화학적 조성에 관련된 요소들 뿐만 아니라 막의 Stress 역시 중요한 요소임을 추정할 수 있다.[4]

Fig. 3 은 이에 대한 좋은 예로 Hydride 와 Stress 가 동시에 감소할 경우(a) -> b) -> c)) 막의 손상정도가 감소하며 동일한 조건에서 Stress가 증가(more compressive)하는 경우(c) -> d)) 박막의 손상 정도가 증가함을 알 수 있다. 이에 대한 원인으로는 첫째 -H 농도가 감소하면서 소모되는 H2가 Film Adhesion에 악영향을 미쳤을 가능성과 둘째 BPSG 막의 특성이 densification을 겪으면서 급격한 Stress의 변화를 수반하므로 (+120Mpa -> -50 Mpa) 기존의 PETEOS 박막에 비해 Si와의 Adhesion이 상대적으로 떨어지는 Nitride 막의 경우 Tensile Stress 경향을 가져야만 BPSG Film의 Stress 변화에 대한 보상 효과에 의해 Film의 손상이 적어지는 것으로 판단된다. 물론 PMD Liner Nitride의 적용 두께는 300Å으로 본 실험에서의 4000Å과는 상당한 차이가 존재 하지만 Adhesion 문제에 의한 생산성의 문제가 발생할 확률은 배제할 수 없을 것으로 추정된다.[5] 여기에서 예상되는 중요한 문제점은 Fig. 4 에서 알수 있드시 미세한 RF 변화에 대한 Stress의 변동폭이 상당히 크다는 점으로 공정 관리상의 어려움을 예측할 수 있다. Fig. 5 는 Low H2 조건의 Process Window를 Response Surface 방식에 의하여 산출한 것이다. 그림에서 알 수 있드시 공정 변수의 변화에 대한 Stress의 변동폭이 크고 두께의 Uniformity(%)에 대한 공정의 최적화작업이 필요함을 알 수 있다. Window Test 는 Appendix 2 에 실어 놓았다.

3. 결 론

① 각각의 실험 조건에 따른 Nitride 박막의 화학적 특성이 커다란 차이를 보였으며 Si-NH-Si 결합의 농도는 3) Low H2 ≥ 4) Low H2, High Stress > 2) Baseline ≥ 1) PO Nitride 의 순서로, Si-H 결합의 농도는 1) PO Nitride ≫ 2) Baseline ≫ 3) Low H2 ≥ 4) Low H2, High Stress의 순서로 존재하였으며 이는 실험 조건상의 SiH4/NH3 의 비에 기인하는 것으로 판단된다.

② H 과의 결합 농도는 1) PO Nitride ≫ 2) Baseline ≫ 3) Low H2 ≥ 4) Low H2, High Stress의 순서로 Low H2 조건을 적용 하였을때 Boron 투과현상 감소에 상당한 효과가 있을것으로 추정된다.

③ BPSG densification 전후로 소모된 H 결합의 농도 및 남아있는 H 결합 농도역시 ② 과 동일하며 이러한 과정에서 생성된 H2들은 Poly-Si 층으로 확산되거나 BPSG Film 내의입자들과 다른 결합을 이루었을 것으로 추정된다. 결과적으로 이러한 H 결합의 감소는 소자 동작 특성에 악영향을 미칠것으로 추정된다.

④ Nitride 박막 증착 조건상의 SiH4/ NH3 Ratio 및 Film Stress변화가 막의 Adhesion에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

⑤ 현재까지의 결과에 의하면 Low H2 공정조건의 경우 최적화가 필요한 것으로 사료된다.

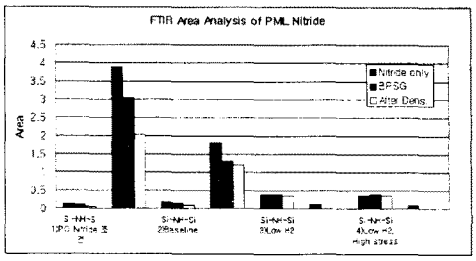

Fig. 1. FTIR Area Anaysis of PML Nitride

[참 고 문 헌]

1,김상용,서용진,장의구, SiH4와 SiH2Cl2 가스에 의해 형성된 텅스텐 폴리사이드 전극이 게이트 산화막의 특성에 미치는 영향 Jounal of KIEEME, Vol.12, No.5, p.394-400, 1999.

2.,김상용,서용진유석빈,김태형,김창일,장의구, PMD-1층의 물질 변화에 따른 소자의 전기적 특성 Proceeding of KIEE, P.1327-1329, July,20-22, 1998.2.

3.Y.J SEO, T.H AN, S.Y KIM, T.H KIM, C.I KIM, E.G CHANG, The Hot Carrier Degradation Effects with Variation of Pre-metal Dielectric(PMD) Materials. Proceeding of ISPSA-98, P 168-169, Nov. 6-7, 1998.

4.김상용, 김창일,장의구,정현상,이우선,서용진, ARC를 위한 PECVD SiOxNy 공정에서 N2O처리및 Cap 산화막의 영향, Proceeding of KIEEME, P.39~42,Apr.29,2000.

5. C.A. Paszkiet, M.A. Korhonen "X-Ray Stress studies of Passivated and unpassivated narrow aluminum metallizations", MRS Spring Meeting, Vol. 188, p153 1990