

ARC를 위한 PECVD SiO_xN_y 공정에서 N₂O 처리 및 cap 산화막의 영향

논문

The Effect of N₂O treatment and Cap Oxide in the PECVD SiO_xN_y Process for Anti-reflective Coating

김 상 용*, 서 용 진**, 김 창 일*, 정 현 상@, 이 우 선@, 장 의 구*

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

*중앙대학교, **대불대학교, @조선대학교

Abstract

As gate dimensions continue to shrink below 0.25 μ m, improving CD (Critical Dimension) control has become a major challenge during CMOS process development. Anti-Reflective Coatings are widely used to overcome high substrate reflectivity at Deep UV wavelengths by canceling out these reflections. In this study, we have investigated Batchtype system for PECVD SiO_xN_y as Anti-Reflective Coatings. The Singletype system was baseline and Batchtype system was new process. The test structure of Singletype is SiON 250A + Cap Oxide 50A and Batchtype is SiON 250 A + Cap Oxide 50A or N₂O plasma treatment. Inorganic chemical vapor deposition SiO_xN_y layer has been qualified for bottom ARC on Poly+WSix layer. But, this test was practiced on the actual device structure of TiN/Al-Cu/TiN/Ti stacks. A former day, in Batchtype chamber thin oxide thickness control was difficult. In this test, Batchtype system is consist of six deposition station, and demanded 6th station plasma treatment kits for N₂O treatment or Cap Oxide after SiON 250A. Good reflectivity can be obtained by Cap Oxide rather than N₂O plasma treatment and both system of PECVD SiO_xN_y ARC have good electrical properties.

Key Words : Critical Dimension(CD), Plasma(플라즈마), Singletype Chamber(납장형 챔버), SWR(special work requests), COO(cost of ownership)

1. 서 론

게이트 면적이 0.25 μ m 이하로 계속 감소됨에 따라 CD(critical dimension) 조절능력을 개선시키는 것은 CMOS 공정 개발을 위한 중요한 도전이 되고 있다. 반반사코팅(Anti-Reflective Coating ; ARC)은 DUV(deep ultra violet) 파장에서 이들 반사(reflection)를 줄이므로써 기판의 높은 반사도(reflectivity)를 극복하기 위해 널리 사용되어 왔다. 본 연구에서는 반반사 코팅막으로서 PECVD SiO_xN_y막을 이용하는 batchtype 시스템에 대해 조사하였다. singletype 시스템은 베이스 라인(baseline) 이었고, batchtype 시스템은 여기서 소개하는 새로운 공정이다. singletype의 테스트 구조는 SiON 250 A + cap 산화막 50 A 이고, batchtype의 테스트 구조는 SiON 250 A + cap 산화막 50 A 또는 N₂O 플라즈마 처리이다. 무기(inorganic) CVD SiO_xN_y 층이 poly + WSix 층 위에 bottom ARC를 위해 qualify 되었다. 그러나 이 테스트는 실제적인 소자 구조인 적층형(stack) TiN/Al-Cu/TiN/Ti 구조에서 이루어졌다. 이전에는 박막의

산화막 두께조절이 batchtype 챔버(chamber)에서는 어려웠다. 본 테스트에서 배치타입 시스템은 6개의 증착 스테이션(station)을 가지며 SiON 250 A을 증착한 후에 N₂O 플라즈마 처리 또는 cap 산화막을 형성하기 위해 6번째 스테이션 플라즈마 처리 키트(kit)가 요구되었다. N₂O 플라즈마 처리 보다는 cap 산화막에서 더 양호한 반사도가 얻어졌고 PECVD SiO_xN_y ARC의 두 시스템 모두 양호한 전기적 특성을 나타내었다. 공정 개선을 위한 중요한 역할은 금속 위 oxynitride 막의 등각(conformal)의 스텝 커버리지(step coverage)에 의한 반사도(reflectivity)의 감소이다. 양호한 반사율(oxynitride 막의 경우 3.0 % 이하)은 금속 위에 N₂의 화학작용을 이용하여 250 A 정도의 oxynitride 막을 최적의 반반사층을 사용함으로써 얻을 수 있다. oxynitride 막의 굴절률 n과 소멸계수(extinction coefficient) k는 248 A의 경우 각각 1.824와 0.179 이었다. 이 값들은 NanoSpec 8000XSE를 사용하여 측정되었다. N₂ 화학작용에 의한 oxynitride 막은 N₂O에 대한 SiH₄의 비(ratio)의 경우 0.29에서 0.37 까지의 n과 k 값을 나타내었다. 반면에 SiH₄/N₂O의

singletype 시스템의 가스비는 0.42 이었다. $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}$ 비의 증가는 248 Å의 경우 더 높은 n과 k 값을 나타내었다.

2. 실험

표 1은 $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}$ 의 가스비와 n, k 값의 경향을 나타낸 것이다. 400 °C에서 SiH_4 , N_2O , N_2 화학작용을 갖은 6 스테이션 시퀀스 시스템을 사용하여 원하는 PECVD 막을 증착하였다. N-H 아민기(amine radical)는 DUV 화학적으로 증폭된 레지스트(chemically amplified resist)를 오염시키는 것으로 알려져 있다.[1] 이를 레지스트 푸팅(footing)을 유발시킨다. cap 산화막 또는 N_2O 플라즈마 처리 단계가 과연 푸팅을 감소시킬수 있는 가를 알아보기 위해 사용되었다. 이는 두 방법 중 하나로 확인 되었다. 첫째, 50 Å의 사일렌계(silane based) cap 산화막이 250 Å의 SiON막 위에 증착되었다. 두번째는 250 Å의 SiON 막의 표면 위에서 post N_2O 플라즈마 처리가 수행되었다. N_2O 플라즈마 처리결과 반사율은 3 % 이상이었다. 표 2는 N_2O 처리에 따른 반사율을 보인 것이다. 표 2에서 반사율을 3 % 이하로 줄이는 데 batchtype 챔버가 필요하며 가장 좋은 방법은 cap 산화막을 사용하는 것임을 알 수 있다. 그림 1은 반사율 경향을 보인 것으로 N_2O 플라즈마 처리를 한 것이 가장 높은 반사경향을 나타내었다. 이전에는 batchtype 챔버에서 박막 산화막의 두께 조절은 거의 불가능하였다. 그래서 이러한 박막의 cap 산화막의 경우 우리는 6번째 스테이션 플라즈마 처리 키트(kit)가 필요하였다. cap 산화막의 레시피(recipe)는 베이스라인(baseline)의 singletype 챔버와 비교되도록 셋업되었다. 보통 PECVD 산화막은 $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}$ 의 가스비가 일반적으로 0.05 보다 더 클 때 생성되었다. $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}$ 의 가스비는 singletype 시스템에서 0.03 이었고, batchtype 시스템에서는 0.06 이었다. 두 번째 테스트 결과 cap 산화막의 반사율은 3 % 이하였다. 이 테스트에서 N_2O 처리는 높은 반사율을 나타내었으나 cap 산화막은 반사율을 조절하기가 훨씬 더 용이하였다. 이는 그림 1에 잘 나타나 있다.

3. 실험 및 고찰

화학적으로 증폭된 포지티브 DUV(deep ultra violet) 포토레지스트는 SiON(silicon oxynitride), TiN(titanium nitride), BPSG(boron phosphorous silicate glass) 등과 같은 기판 위에서 공정이 진행될 때 보통 푸팅(footing)이라고 부르는 조그만 프로파일(profile) 편차(deviation)가 레지스트/

기판의 계면에서 나타나는 것으로 알려져 있다[2]. 심각한 푸팅은 임계면적(critical dimension ; CD) 균일도를 저하시키고, 리소그래피 성능을 떨어뜨리는 등의 심각한 문제를 초래한다. 본 실험에서는 전반적인 CD 변화와 CD 스윙(swing)을 최소화하기 위한 효과를 고찰하기 위해 N_2O 플라즈마 처리와 cap 산화막의 반사율을 조사하였다. 이번 테스트에서는 두가지 방법을 사용하였다. 첫 번째, 3 Lots의 사전 평가 실험 작업과, 두 번째, 0.25um 칩의 5 Lots에서 검증 조사되었다. 3 Lots의 특별한 작업 요청에 의해 singletype cap 산화막의 photo CD와 etch CD는 각각 0.306과 0.396 이었고, batchtype의 cap 산화막은 각각 0.305와 0.389 이었다. 또한 batchtype N_2O 플라즈마 처리한 결과 각각 0.295와 0.379 이었다. DI와 FI CD는 두 시스템에서 문제가 없었다. 그림 2와 3에 포토 CD와 에치 CD의 경향을 나타내었다. 게다가, Digital Instruments 사의 AFM(Atomic Force Microscope)를 이용하여 금속의 지형학(topography)을 제조사하였다. 그림 4는 각 스플릿 조건에 따른 표면 모양을 보인 AFM 사진이다. 각 스플릿 조건의 사진을 비교한 결과 금속의 topography는 다소 모양이 서로 다를 수 있었지만, 이는 CD 변화에는 영향을 주지 않았다. 여기서 하나의 흥미로운 문제에 접하게 되었다. 상대적으로 batchtype N_2O 처리는 cap 산화막에 비해 나쁜 반사율을 갖는 다는 것이다. 3Lots의 special work request(SWR)를 통해 전기적 CD가 금속저항에 따라 분석 되었다. 이를 그림 5, 6, 7, 8에 나타내었다. 이 분석 데이터는 singletype 시스템이 batchtype 시스템보다 상대적으로 더 좋은 성능을 보이고 있다.

3. 결과

우리는 금속층의 DUV 포토리소그래피 공정을 위한 반사코팅으로 PECVD SiOxNy 막에 대해 연구 하였다. 무기(inorganic)의 ARC 막은 낮은(cost-of-ownership), 등각의 스텝 커버리지와 같은 장점을 가지고 있고, 최적의 광학성질을 얻을 수 있다. 양호한 반사율은 N_2O 플라즈마 처리보다는 cap 산화막에 의해 얻을 수 있었으며 PECVD SiOxNy ARC를 위한 두 시스템 모두 양호한 포토레지스트와 금속 프로파일을 나타내었다. 더욱이 레지스트 푸팅이 거의 관찰되지 않았고, 양호한 전기적 성질을 나타내었다.

(참 고 문 헌)

- [1] Kenneth p. macwilliams, Srinivasan sudararajan and Jon w. hander Dielectric Technology, Novellus

Systems, Inc., San Jose, CA 95134 Integration of PECVD SiOxNy as anti-reflective coating for DUV lithography of metal layers. Asia pacific technical seminar 1999 spring

[2] Avinash Kant, Jiro Yota and Geoge Talor Advanced Process Technology, Conexant Systems, Newport Beach, CA 92660. Advantages of inorganic anti-reflective coating PECVD SiOxNy for sub-0.25 μ m gate lithography and etch process

[3] Tuby Tu, Kent Liao, et al., in 1997 Proceeding of DUMIC, (VMIC, Santa Clara, 1997) p. 251.

표 1. SION 또는 SiO₂의 가스비와 n, k의 경향

Table 1 : Gas Ratio & n, k Trend (SION or SiO₂)

Singletype

SiH4 : N2O : N2 → SION or SiO ₂	SiH4/N2O Ratio	t (Å)	n	k
50 : 120 : 4950 → SION	0.42	261.8	1.873	0.151
11 : 350 : 4950 → SiO ₂	0.03			

Batchtype

SiH4 : N2O : N2 → SION or SiO ₂	SiH4/N2O Ratio	t (Å)	n	k
160 : 550 : 8000 → SION	0.29	261.7	1.824	0.179
60 : 1000 : 8000 → SiO ₂	0.06			

표 2. N2O 플라즈마 처리 및 반사율

Table 2 : N2O treatment and its reflectance

	M/C	Condition	Cap Oxide	N2O Treat	Ref (%)
Split #1	Singletype	SION 250 Å	Oxide 50 Å	N/A	0.62
Split #2	Batchtype	SION 250 Å	N/A	8 f, 5 sec	3.45
Split #3	Batchtype	SION 250 Å	N/A	13 f, 5 sec	3.49
Split #4	Batchtype	SION 250 Å	N/A	13 f, 8 sec	3.69

표 3. N2O 처리 및 반사율(두번째 테스트 결과)

	M/C	N2O Sole	Cap Oxide	N2O Treat	Ref (%)	Remark
Split #1	Singletype	N2O-120	N/A	13 f, 8 sec	2.63	n=1.873 k=0.151
Split #2	Batchtype	N2O-430	Oxide 50 Å (Singletype chamber)	N/A	1.50	n=1.850 k=0.256
Split #3	Batchtype	N2O-460	Oxide 50 Å (Singletype chamber)	N/A	1.05	n=1.844 k=0.236
Split #4	Batchtype	N2O-490	Oxide 50 Å (Singletype chamber)	N/A	0.74	n=1.845 k=0.215
Split #5	Batchtype	N2O-550	Oxide 50 Å (Singletype chamber)	N/A	0.31	n=1.824 k=0.179
Split #6	Batchtype	N2O-550	N/A	13 f, 8 sec	1.72	n=1.824 k=0.179

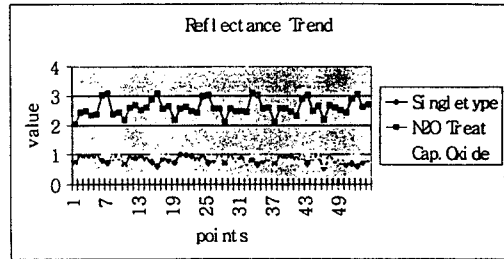


그림 1. 스플릿 조건에 따른 반사율 경향

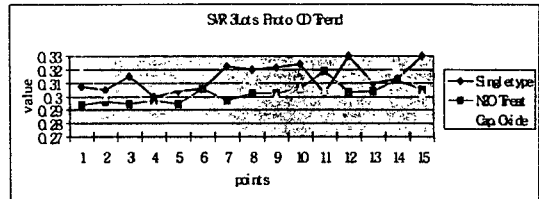


그림 2. 스플릿 조건에 따른 photo CD

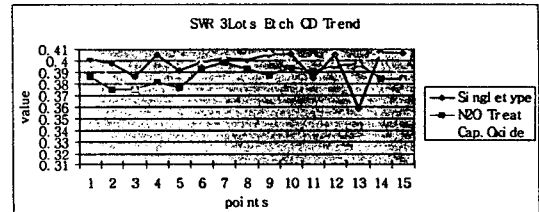
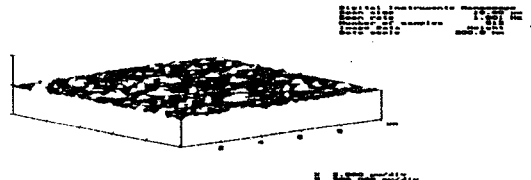
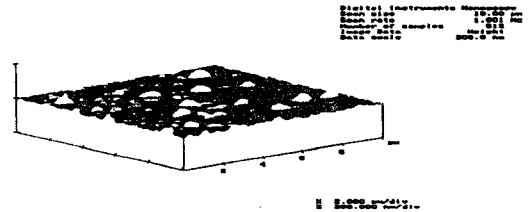


그림 3. 스플릿 조건에 따른 식각 CD



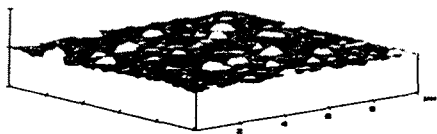
(a) Single type : SiON 250 Å + Cap Oxide 50 Å



(b) Batch type : SiON 250 Å Only (No N₂O treatments)

```

Digital Instruments Nanoscope
Scan Size      10.00
Scan Rate      1.000 Hz
Scan Area      100.00 nm x 100.00 nm
Image Size     512
Data Rate      200.0 MB
  
```



5.000 μm x 5.000 μm
200.000 nm/Div

082.018

(c) Batch type: SiON 250 Å+N₂O treatments (13Liter, 8 Sec)

그림 4. 스프릿 조건에 따른 AFM 분석사진

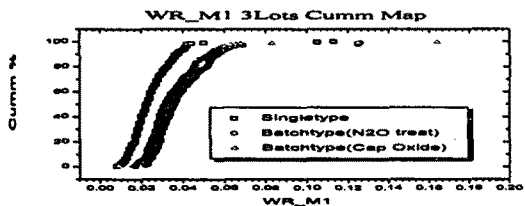


그림 5. SWR 3Lots WR_M1 Cummm Map

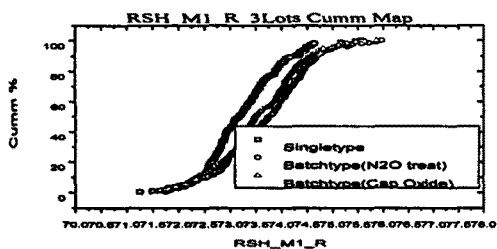


그림 6. SWR 3 Lots RSH Cummm Map

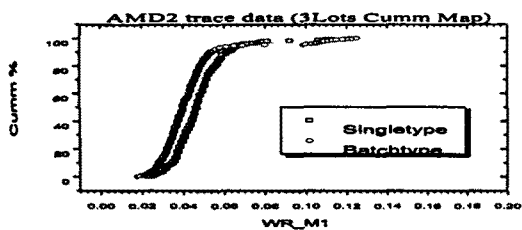


그림 7. 5 Lots tracking Wr_MI

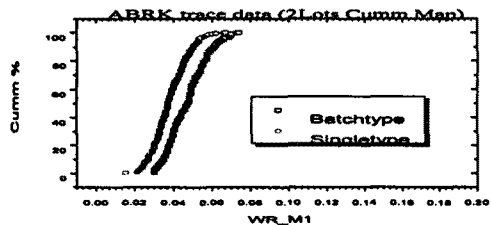


그림 8. 5 Lots tracking WR_MI