

## Focus Ring 재질과 두께변경에 따른 Rnit non uniformity 평가

차성호, 정진욱  
한양대학교 전기공학과

### Rnit non uniformity evaluation by materials and thickness of focus ring

Sung Ho Cha, Chin-Wook Chung  
Hanyang University Electrical Engineering

**Abstract** - SF6 & NF3 chemistry를 사용하여 W bitline process 조건에서 plasma confinement 및 gas & radical의 flow에 영향을 미치는 focus ring 재질과 두께변경을 하여 Rnit non uniformity 평가한다.

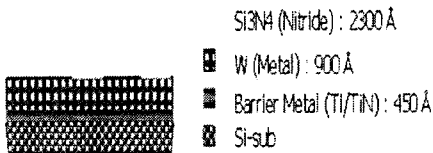
#### 1. 서 론

SF6 및NF3 Chemistry 사용하여 W Bitline Process를 Set-up 하고자 하였으나 만족할 만한 결과를 얻지 못하였다. 특히 NF3 Chemistry Baseline 조건에서 Rnit Non-uniformity가 불량으로 인하여 Set-up이 되지 않음에 Hardware Modification 통한 Bitline Recipe Tuning을 진행하였다. SF6 Chemistry Base 조건에서 Plasma Confinement 및 Gas & Radical의 Flow에 영향을 미치는 Focus Ring의 재질및 두께 변경에 따른 Rnit Non-uniformity를 평가한다.

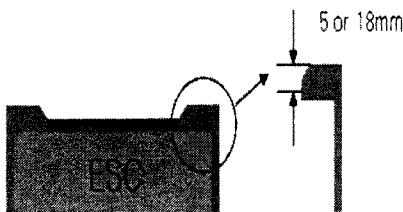
#### 2. 본 론

##### 2.1 WaferPreparation

실험에 사용된 Wafer는 Prime Chip과 동일한 Film Stack을 사용하였다.



<Fig.1> Wafer의W Bit line 식각전 Profile



<Fig.2> Focus Ring 구조

#### 2.2 실험방법

##### 2.2.1 FocusRing 재질및두께변경

Focus Ring 재질 변경(Ceramic vs Quartz) 및 두께 변경(5mm vs 18mm)에 따른 Real topology 웨이퍼의 Vertical Profile (H/M Nitride/W/Ti/TiN), Cell/Peri 간 식각Micro-loading, FICD, 그리고 Rnit Non-uniformity를 확인하였다.

##### ▶ Recipe

W M/E : 5mT/700Ws/120Wb/30SF6/30N2/40Cl2/10/20 HeTorr/40t(E)/40/40t(W/L)/EOP(30")

W O/E : 5mT/700Ws/120Wb/30SF6/70N2/0Cl2/10/20 HeTorr/40t(E)/40/40t(W/L)/30% O/E

BM M/E : 10mT/750Ws/120Wb/20Cl2/50N2/30Ar/10/20 HeTorr/40t(E)/40/40t(W/L)/ EOP(15")+100% O/E

W Bitline Process Target Spec.

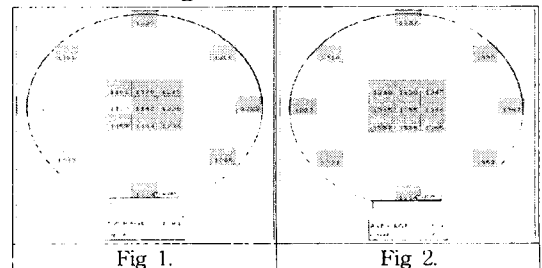
- ▶ Etch Rate : > 2000 min/A
- ▶ Hardmask CD Bias/CD : <0.015um, >0.09um(90nm)
- ▶ Rnit : 1200Å ~ 1400Å
- ▶ Rnit Non-uniformity (Range) : < 5% (200Å)

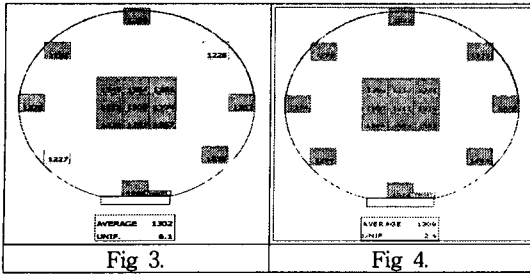
##### 2.2.2 Recipe Fine Tuning

Focus 재질 변경 및 두께 변경에 따른 최적 조건을 기준으로 Rnit의 변화에 영향을 미치는Cl2/N2 Gas Flow 양에 따른 미세 Tuning을 진행하여 Rnit 및 Non-uniformity 및 FICD 값을 확인 하였다.

#### 2.3 실험결과

##### 2.3.1.FocusRing 재질및두께변경





- ▶ Fig 1. Ceramic Focus Ring & Thickness (5mm)  
: 2382Å/min( E/R), 5.1%(uniformity)
  - ▶ Fig 2. Ceramic Focus Ring & Thickness (18mm)  
: 2648Å/min (E/R), 5.0%(uniformity)
- Focus Ring의 두께 증가에 따라 Nitride E/R이 약간 증가, Non-uniformity가 약간 감소. Nitride E/R의 증가는 Focus Ring의 두께 높을수록 RF Electric Field가 Focus Ring에 의해 ESC쪽으로 Confinement되기 때문이다. 또한 Rnit Non-uniformity가 개선되는 것은 Electric Field Confinement 뿐만 아니라 Radical 및 By-product의 Flow가 Wafer의 Edge 쪽에서 Smooth하게 조절되는 것으로 사료된다.

- ▶ Fig 3. Quartz Focus Ring & Thickness (5mm)  
: 2604Å/min (E/R), 6.1%(uniformity)
- ▶ Fig 4. Quartz Focus Ring & Thickness (18mm)  
: 2618Å/min (E/R), 2.6%(uniformity)

Focus Ring의 두께 증가에 따라 Nitride E/R이 약간 증가, Non-uniformity가 약간 감소. Quartz가 Ceramic Focus Ring에 비해 유전률이 낮기 때문에 Electric Field의 Confinement 효과는 떨어지는 반면 표면에서 Oxygen Source를 발생시켜 Nitride E/R의 증가시키는 효과가 있다. 따라서 Thin Focus Ring에서는 Focus Ring에서 발생하는 Oxygen By-product가 크게 영향을 미치지 않지만 Thick Focus Ring에서는 RF Electric Field Confinement가 크게 영향을 미치는 것으로 사료된다.

### 2.3.2. 위 실험에 따른 Real Bitline Topology Wafer의 단면 SEM 및 In-line Tilt SEM 결과

#1. Ceramic Focus Ring (5mm)		
Rnit : 1276Å	Rnit : 1439Å	Cell CD : 86nm
#2. Ceramic Focus Ring (18mm)		
Rnit : 1227Å	Rnit : 1295Å	Cell CD:93 nm

#3. Quartz Focus Ring (5mm)		
Rnit : 1123Å	Rnit : 1179Å	CellCD:104 nm
#4. Quartz Focus Ring (18mm)		
Rnit : 1158Å	Rnit : 1225Å	CellCD:105 nm
Edge	Center	Top View

<#1>는 현 Baseline 조건으로 Rnit Non-uniformity가 8.5%이고, CD Bias가 20nm이고, Top view 상의 불록이 Defect가 발생하였다.

<#2>는 Ceramic Focus Ring의 두께를 증가시킨 경우인데, Rnit Non-uniformity가 3.1%이고, CD Bias가 12nm이고, Top view 상의 불록이 Defect가 발생하지 않음.

<#3>는 종전의 Ceramic을 Quartz Focus Ring으로 교체시 Slightly Positive Profile이고, Rnit Non-uniformity가 4.0%이고, CD Bias가 1nm이고, Top view 상의 불록이 Defect가 발생하지 않음.

<#4>는 Ceramic을 Quartz Focus Ring으로 교체 및 두께 증가시 Slightly Positive Profile이고, Rnit Non-uniformity가 4.6%이고, CD Bias가 0nm이고, Top view 상의 불록이 Defect가 발생하지 않음.

위 실험을 통해 Ceramic Focus Ring (18mm)가 Vertical Profile, Rnit Non-uniformity, CD Bias, 그리고 Top view 상의 불록이 Defect가 발생하지 않아 가장 적정하였다.

### 2.3.3. Recipe Fine Tuning

위 재현성 평가 시 W Bitline Profile이 약간 Slightly Positive 하게 나타났다. 이를 개선하기 위하여 Ti/TiN의 Undercut 발생을 고려하여 Electrode Temperature를 증가하기 보다는 Passivation Gas인 N<sub>2</sub>/Cl<sub>2</sub> Gas의 유량을 감소하여 진행하였다.

아래에 나타내는 바와 같이 Passivation Gas의 유량이 감소함에 따라 Rnit의 값은 증가하고, Rnit Non-uniformity 증가하였다.

<Tuning 조건 >

W M/E step : 30N2/40Cl2 값을 감소시키면서 test

#1. 30N2/40Cl2 -> 20N2/20Cl2		
Rnit : 1653A	Rnit : 2072A	Cell CD : 80nm
#2. 30N2/40Cl2 -> 25N2/25Cl2		
Rnit : 1561A	Rnit : 1876A	Cell CD : 85nm
#3. 30N2/40Cl2 -> 30N2/25Cl2		
Rnit : 1284A	Rnit : 1317A	Cell CD : 87nm
#4. 30N2/40Cl2 -> 30N2/30Cl2		
Rnit : 1331A	Rnit : 1380A	Cell CD : 88nm
Edge	Center	Top View

#1,2에서 보듯이 30N2/40Cl 보다 20N2/20Cl2 조건에서는 Hard Mask 및 W Bitline Profile 이 거의 Vertical 하여 양호했으나 Rnit Target에 맞추지 못하는 문제가 발생하였다.

위 결과에서 보듯이 Rnit 및 Rnit Non-uniformity에 대한 Spec.에 너무 차이가 발생하여 Passivation Gas인 N2/Cl2 Gas의 유량을 증가하여 Tuning을 아래와 같이 진행하였다.

#3,4에서는 N2/Cl2 Gas가 증가함에 따라 Rnit Target 및 Rnit Non-uniformity가 양호하였으나, W Bitline Profile 측면에서 여전히 Slightly Positive 하였다.

### 3. 결 론

SF6 Chemistry Base 조건에서 Plasma Confinement 및 Gas & Radical의 Flow에 영향을 미치는 Focus Ring의 재질 및 두께 변경에 따라 아래와 같은 최적 조건을 얻었다.

- ▶ Focus Ring Material : Ceramic (Al2O3)
- ▶ Focus Ring Thickness : 18mm
- ▶ 최적 Recipe (RCP)

W M/E : 5mT/700Ws/120Wb/30SF6/30N2/40Cl2/10/20

HeTorr/40t(E)/40/40t(W/L)/EOP(~ 30")

W O/E : 5mT/700Ws/120Wb/30SF6/70N2/0Cl2/10/20

HeTorr/40t(E)/40/40t(W/L)/30% O/E

BM M/E:10mT/750Ws/120Wb/20Cl2/50N2/30Ar/10/20

HeTorr/40t(E)/40/40t(W/L)/EOP(~15")+100% O/E

Tachyon W Bitline Process Performance @ Lab

- ▶ Etch Rate : 1862min/A,
- ▶ Hardmask CD Bias/CD : <0.012um, >0.093um(93nm)
- ▶ Rnit : ~ 1259 Å
- ▶ Rnit Non-uniformity (Range) : < 3.1% (100Å)
- ▶ No Top Defect

결론적으로 SF6 Chemistry Baseline으로 설정된 조건이 Spec.에 Rnit, FICD, Profile Rnit Non-uniformity, 그리고 No Top Defect 등의 조건을 만족하였다. 그러나 진행되고 있는 Device에 따른 W EOP Time의 변화로 인하여 Rnit Target의 차이를 유발하였다. 즉 EOP Time이 작아서 Rnit Target이 높게 나타났는데, 이는 Open Area에 따른 W 식각의 Macro-loading 현상으로 사료된다. 따라서 Rnit Target을 맞추기 위해서는 W Etch 조건을 EOP & 30% O/E 보다는 Just Time & 30% O/E 조건으로 변경시켜 진행해야 한다.