

論文2002-39SD-1-5

C₂F₆ 가스가 Via Etching 특성에 미치는 영향 (Effects of C₂F₆ Gas on Via Etching Characteristics)

柳 知 亨 * , 朴 在 墩 * , 尹 基 完 *

(Jee-Hyung Rheu, Jae-Don Park, and Giwan Yoon)

요 약

0.35 μ m-비아(via) 식각공정을 개선하기 위하여 C₂F₆ 가스의 식각특성을 분석하였다. 실험한 재료는 TEOS/SOG/TEOS 막을 올린 8인치 웨이퍼이며, 실험의 기법은 직교행렬(Orthogonal array matrix) 실험 방식을 활용하였다. 산화막 식각에 이용된 장비는 transformer coupled plasma(TCP) source 방식이며 고밀도 플라즈마(HDP)장비이다. 실험의 결과는, 실험변수의 범위 내에서 C₂F₆는 0.8 μ m/min-1.1 μ m/min 범위의 식각속도를 보이며 균일도(Uniformity)는 \pm 6.9%미만으로 측정되었다. CD 변화(skew)는 식각 전과 후를 비교하여 10% 미만이었고 그 결과 비등방성(anisotropic) 식각의 특성이 우수하였다. C₂F₆를 20sccm 공급할 때 문제점이 발견되지 않았지만 14sccm을 공급하면 SOG 막의 내벽이 침식당하는 문제점이 있었다. 결과적으로 C₂F₆는 HDP TCP에서 빠른 식각비와 넓은 공정창(process window)을 가진 식각특성을 나타내었다.

Abstract

In order to improve the 0.35 μ m-via hole etching process the etching characteristic of the gas C₂F₆ has been analyzed. The samples were triple-layer films (TEOS/SOG/TEOS) on 8-inch wafers and the orthogonal array matrix technique was used for the process. The equipment for etching was the transformer coupled plasma (TCP) source which is a type of high density plasma (HDP). This experiment showed the etching rate for C₂F₆ was 0.8 μ m/min-1.1 μ m/min and the measured uniformity was under \pm 6.9% in the matrix window. The CD skew comparison between pre and post-etching was under 10% which is an outstanding results in the window of profile in anisotropic etching. There was no problem in C₂F₆ with the flow rate of 20sccm, but when 14sccm of C₂F₆ was supplied there was a recess problem on the inner wall of SOG film. Consequently the etching characteristic of C₂F₆ shows a fast etching rate and a very wide process window in HDP TCP

I. 서 론

산화막을 건식 식각하는 가스들은 CF₄, CHF₃, SF₆

* 正會員, 韓國情報通信大學校 工學部

(School of Engineering, Information and Communications University(ICU))

※ 실험할 수 있도록 도와주시고 결과를 발표함에 기여이 동의해주신 한국램리서치와 담당자 분에게 감사드립니다.

接受日字:2001年7月19日, 수정완료일:2001年11月9日

등 여러 가지가 있지만 아직 C₂F₆에 대한 특성은 잘 알려져 있지 않다. 산업계에서, 건식 식각 장비는 점차로 대형 챔버의 고진공 고밀도 플라즈마 쪽으로 발전을 거듭하고 있으며 새로운 식각 가스의 개발이 요구되고 있다. 그 방안으로 C₂F₆를 고밀도 플라즈마 장비인 TCP 산화막 식각 장비(oxide etcher)에 적용하여 비아홀(via hole)을 식각할 경우 식각 특성을 고찰하고자 한다.

실험에 사용된 샘플은 8인치 웨이퍼이며 식각을 하

고자 하는 via 층은 TEOS/SOG/TEOS 삼중막으로 되어있다. 비아홀의 CD(critical dimension)은 0.35 μ m이며 각층의 두께는 3000Å/3000Å/3000Å인 막을 사용하였다.

실험의 기법은 직교행렬(orthogonal array matrix) 실험방식에 의거하여 설계되었다. 이 방식은 적은 수의 웨이퍼로 많은 공정변수와 그 변화 값을 고려하여 시간적 경제적으로 절약할 수 있는 장점이 있었다. 직교행렬실험에서 변수(factor) 수준(level)의 효과를 계산하는 식을 설명하였고 그 값들을 그래프로 그려서 각 공정변수의 경향을 볼 수 있도록 하였다. 실험은 본식각 단계(main etching step)와 보조식각단계 (over etching step)로 나누어서 각 단계별로 산화막 두께의 100%가 식각되도록 해서 실제 생산 웨이퍼와 같은 식각방식으로 실시하였다.

공정의 변수들은 챔버압력, 상단전력(Top or TCP power), C₂F₆ 유량, 그리고 아르곤(Ar) 유량 등이며 이들 중에서 C₂F₆에 대하여 중점적인 분석을 하였다. 측정할 값들의 종류는 식각비(etch rate), 균일도(uniformity), CD, 선택비, 식각 윤곽(etching profile) 등으로 생산에서 요구하는 데이터를 추출하여 비교하였다. 마지막으로 C₂F₆ 가스가 산화막을 식각하는 비아홀(via hole) 식각에 적합하며 생산성과 안정성을 확보하는데 도움을 줄 것으로 결론지었다.

II. 실험

웨이퍼는 tetraethylorthosilicate(TEOS)를 화학기상증착(chemical vapor deposition, CVD)방식으로 만들고 SOG는 액상결정(liquid crystal)을 도포한 후 열처리(Curing) 과정을 거쳐서 제작되었다. 시료는 산화막 식각비 측정을 위해 감광제(photo resist) 6000Å/TEOS 3000Å/SOG 3000Å/TEOS 3000Å/Si로 된 웨이퍼와 TiN 식각비를 측정하기 위해 감광제 6000Å/TEOS 3000Å/SOG 3000Å/TEOS 3000Å/TiN 1000Å/Si로 된 웨이퍼를 준비하였다. 직교행렬실험을 위해 금속층의 패턴이 있는 10장의 웨이퍼를 준비하였다. 금속층의 표면은 TiN이 증착되어 있다. 금속 패턴이 있는 웨이퍼는 감광제의 불규칙한 두께와 산화막의 두께가 고려된 실제 생산 웨이퍼와 동일한 구조로 되어있다(표 1).

샌드위치처럼 삼층구조로된 TEOS와 SOG의 막질은 물질적으로 서로 다른 스트레스 계수와 강도를 지니고

표 1. 식각할 웨이퍼의 구조이며 층별로 두께를 나타내었다.

Table 1. The structure of wafers, the table shows the thickness of each layer.

film layer	For Etch rate and uniformity	For Selectivity to TiN	For matrix test
Photo resist	6,000 Å	6,000 Å	12,000 Å
TEOS	3,000 Å	3,000 Å	3,000 Å
SOG	3,000 Å	3,000 Å	3,000 Å
TEOS	3,000 Å	3,000 Å	3,000 Å
TiN		1,000 Å	800 Å
Al/TiN/Ti			3,000 Å
Si substrate	Si substrate	Si substrate	Si substrate

있으며^[1] 전기적인 항복전압^[2] 등도 서로 다를 뿐만 아니라 건식 식각시에도 다른 식각특성을 보이므로 식각비를 계산할 때 이를 고려해야 한다. 또한 SOG는 후반 열경화시에 솔벤트의 증발로 체적이 약 30% 정도 수축되고 막질 간의 이질성으로 인하여 박편으로 떨어지는 균열현상이 발견되거나^[3] 세정시 수분의 함유로 인하여 SOG 침식이 발생할 수도 있다. 특히 세정시 발생하는 SOG 침식은 식각시 생성된 SOG 침식과 구분할 수 없기 때문에 주의 해야한다. 세정전에 샘플을 잘라서 SEM사진을 촬영해도 비아홀 내벽에 폴리머가 쌓여있기 때문에 세정 전에는 비아홀 내벽의 식각상태를 정확하게 파악할 수 없다. 식각후 감광제를 제거할 때 챔버내에서 O₂ 플라즈마를 이용하는 내부세정(in-situ cleaning)을 실시한다. 이때 역시, SOG 침식을 주의해야 한다.

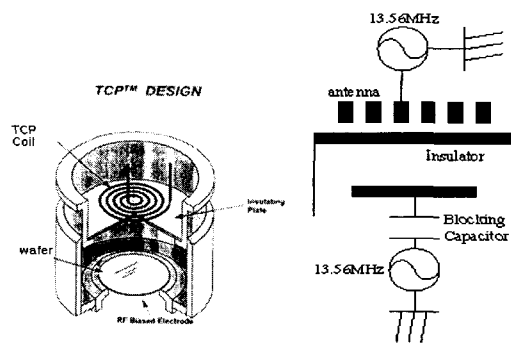


그림 1. 실험에 사용된 산화막식각장비 TCP910 챔버구조, 그림에서 라이너와 가스분배판은 생략되었다.

Fig. 1. The chamber configuration of TCP910 oxide etcher in the experiment, this picture doesn't show a liner and GDP.

본 연구에 사용된 장비는 램리서치사의 산화막 식각용 TCP9100 이며 챔버 내부의 구조는 다음과 같다(그림1.). 양극정전척(bipolar electrostatic chuck) 테두리에 SiN 재질의 포커스링(focus ring)이 있고, 챔버의 천장 부위에 달려있는 가스분배판(gas distribution plate, GDP)에는 10개의 가스 구멍이 있다. 또한 TCP 코일은 4번 감긴 나선 형태이며, 코일 내부로 냉각용액이 흘러 들어가도록 되어있고 그 곳으로 13.56MHz RF가 공급된다, 웨이퍼 쪽으로 4MHz의 RF가 공급된다. 척과 챔버 천장 사이의 높이인 갭(gap)은 10cm이며, 내부측벽은 산화막 처리가 된 알루미늄 재질이다. 웨이퍼의 온도는 웨이퍼의 뒷면으로 공급되는 헬륨 가스에 의해 상온으로 유지되며 챔버내로 헬륨 가스가 과다하게 유출되지 않도록 실험전에 확인한다. TCP 코일에 공급되는 전력에서 반사전력(reflective power)이 발견되거나 챔버의 압력이 불규칙하게 변하는 것이 감지되면 헬륨의 과다 누출을 의심할 수 있다.

사용한 가스는 C₂F₆와 더불어 아르곤을 희석용 가스로 사용하였다. 실험에서 변화시킬 공정변수는 C₂F₆와 아르곤 가스의 공급량, 챔버 내의 압력, TCP에 공급되는 전력 등을 3가지 수준으로 변화시켰다. 고정된 공정변수로는 웨이퍼가 놓여있는 척에 공급되는 전력이 1625W, 챔버안의 플라즈마를 집중시키는 라이너(linear)의 온도가 섭씨 200도이다. 한편 척의 온도가 섭씨 20도로 유지되어 웨이퍼의 온도가 상승되는 것을 막아준다.

본 실험을 위해 설계된 공정표는 직교행렬 실험의 행렬 표이며 변수와 수준은 L934 방식이다. 다음의 표 2. 에 수준 1,2,3과 변수 1,2,3,4를 행과 열로 나타내었다. 표 3.은 9장의 웨이퍼를 식각할 각각의 공정변수를 나열한 표이다. Tacuchi 방법이라고 하는 직교행렬실험

표 2. L934 Matrix의 변수 값과 수준 값의 범위
Table 2. Range of L934 matrix for the factors and levels.

	F1 =pressure	F2=Top power	F3=C2F6	F4=Ar
Level 1	22mTorr	1250W	14sccm	20sccm
Level 2	32mTorr	1600W	20sccm	100sccm
Level 3	42mTorr	1950W	26sccm	180sccm

표 3. 각 변수와 수준의 값과 실험의 결과, 식각비와 균일도, 식각후 홀의 지름
Table 3. Value of factor and level for the matrix, and the results of the experiment.

웨이퍼 번호	Pressure mTorr	Top power W	C2F6 sccm	Ar sccm	식각비 결과, uniformity	평균 CD 결과, μm
9	22	1250	14	20	7954Å/m+6.9%	0.387
10	22	1600	20	100	10018Å/m+4.6%	0.389
11	22	1950	26	180	10927Å/m+4.2%	0.378
12	32	1250	20	180	9928Å/m+4.3%	0.387
13	32	1600	26	20	10306Å/m+3.7%	0.338
14	32	1950	14	100	9048Å/m+5.6%	0.377
15	42	1250	26	100	9990Å/m+3.7%	0.347
16	42	1600	14	180	9896Å/m+3.6%	0.382
17	42	1950	20	20	10305Å/m+4.0%	0.382
18	32	1600	26	20		

방식 중에서 L934 표는, 하나의 공정변수의 세 가지 변화에 대해 다른 3개의 공정변수들은 모두 동일한 조건으로 중복되지 않게 변화 값을 나열하였기 때문에 각각의 변수는 상호간의 영향이 거의 없이 개별적으로 분석이 가능하다. 3 수준 4 공정변수의 경우 공정변수와 수준간의 효과를 알기 위하여 81장의 웨이퍼가 필요하지만 직교행렬 실험기법을 활용하면 9장으로 줄일 수 있어서 실험의 기법 또는 품질 관리에서 유용하게 활용할 수 있다.^[4]

식각을 하기 전에 식각 시간을 계산하기 위하여 행렬의 해석변수대로 산화막의 식각비와 균일도를 측정하였다. 금속층의 패턴이 있는 웨이퍼의 식각은 본식각 단계 100%와 보조식각단계 100%를 기준으로 실시하였다. 보조식각은 10장 모두 같은 조건으로 실시하였다. 10장의 웨이퍼를 한꺼번에 식각하고, 모두 같은 조건으로 한꺼번에 감광제를 제거하고, 세정을 한 후 CD SEM 장비를 이용하여 비아홀의 입구를 위에서 보는 방향으로 촬영했다. 그 후 비아홀의 에칭후 윤곽을 보기 위하여 비아홀을 수직으로 잘라서 측면을 SEM으로 촬영했다. SEM으로 촬영한 사진은 비교할 수 있도록 나열하였다.

III. 특성 및 결과

표 3.은 9장의 웨이퍼에 대한 측정 결과이다. 장비의 재현성을 보기 위해 웨이퍼번호 18번은 웨이퍼번호 13

변과 같은 조건으로 식각하였다. 식각비와 균일도의 재현성이 증명되어 장비는 안정하다고 볼 수 있었으며 18번 웨이퍼의 데이터는 버린다. 직교행렬실험방식을 근거로 계산을 하면 챔버 압력, 상단전력, C₂F₆ 유량, 아르곤 유량 등이 식각비, 균일도, CD에 어떤 영향을 주는지 그래프로 알 수 있다.

직교행렬실험기법에서 C₂F₆ 변수수준의 효과를 다음과 같은 방법으로 계산한다. C₂F₆ 유량 요인에서 같은 수준 3개씩을 합산하여 3으로 나누면 그 수준에서의 평균값이 되며 그것을 변수수준의 효과(effect of factor level)이라고 한다.^[4] 이 변수수준에 따라 식각비, 균일도, CD 등을 그래프로 그리면 각 변수에 대한 수준 별 특성을 분석할 수 있다.

C₂F₆의 공급량이 14sccm 일 때 식각비 평균 = $(7954+9048+9896)/3 \text{ \AA/min} = 8966 \text{ \AA/min}$

C₂F₆의 공급량이 20sccm 일 때 식각비 평균 = $(10018+9928+10305)/3 \text{ \AA/min} = 10084 \text{ \AA/min}$

C₂F₆의 공급량이 26sccm 일 때 식각비 평균 = $(10927+10306+9990)/3 \text{ \AA/min} = 10407 \text{ \AA/min}$

C₂F₆의 공급량이 14sccm 일 때 균일도 평균 = $(6.9+5.6+3.6)/3 \% = 5.4\%$

C₂F₆의 공급량이 20sccm 일 때 균일도 평균 = $(4.6+4.3+4.0)/3 \% = 4.3\%$

C₂F₆의 공급량이 26sccm 일 때 균일도 평균 = $(4.2+3.2+3.7)/3 \% = 3.9\%$

C₂F₆의 공급량이 14sccm 일 때 CD 평균 = $(0.387+0.377+0.382)/3 \mu\text{m} = 0.382 \mu\text{m}$

C₂F₆의 공급량이 20sccm 일 때 CD 평균 = $(0.389+0.387+0.382)/3 \mu\text{m} = 0.378 \mu\text{m}$

C₂F₆의 공급량이 26sccm 일 때 CD 평균 = $(0.378+0.338+0.347)/3 \mu\text{m} = 0.354 \mu\text{m}$

그 외 챔버 압력, 상단전력, 아르곤에 의한 변수 수준의 효과도 위와 같은 방식으로 계산한다. 이런 계산을 근거로 공정변수의 변화에 대한 식각비의 특성을 그림 2. 의 그래프에서 보여주고 있다.

C₂F₆의 공급량이 14sccm에서 20sccm, 26sccm으로 증가함에 따라 식각비도 같이 증가함을 볼 수 있다. 그러나 식각비가 1 $\mu\text{m}/\text{min}$ 이상 되면 식각비의 증가가 둔

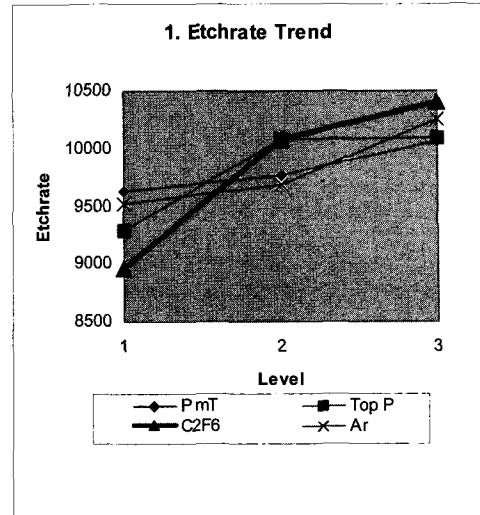


그림 2. 공정변수 C₂F₆, 상단전력, 아르곤, 챔버압력이 식각비에 미치는 영향

Fig. 2. Effect of C₂F₆, top power, Ar, chamber pressure on etch rate characteristics.

화됨을 볼 수 있는데 이 때가 C₂F₆의 공급량이 20sccm 이 되는 시점이다. 그래프에서는 20sccm 이상의 C₂F₆ 공급량은 식각속도의 향상에 도움을 주지 않고 있음을 알 수 있다. 이 경우 과도한 식각 가스의 공급은 과도한 폴리머를 형성하므로 식각도중에 비아홀을 막아서

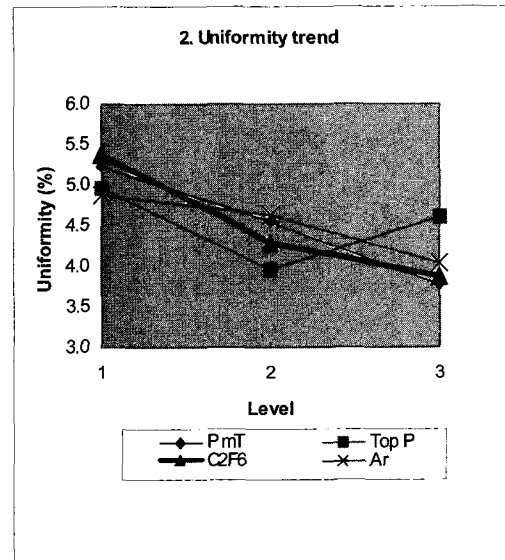


그림 3. 공정변수 C₂F₆, 상단전력, 아르곤, 챔버압력이 균일도에 미치는 영향

Fig. 3. Effect of C₂F₆, top power, Ar, chamber pressure on uniformity characteristics.

식각이 더 이상 되지 않도록 하는 비아홀 막힘 (plugging) 문제를 만들 수 있다.

식각비와 함께 계산되는 균일도는 그림 3. 에 나타나 있었다. C₂F₆의 공급량이 많아질수록 균일도가 좋아지는 것을 알 수 있다. 식각비가 높으면서 균일도가 좋다는 것은 장비의 생산성에 도움을 준다. 균일도는 실험범위 전반을 통하여 ±6.9%이하였고 웨이퍼 두 장을 제외하면 ±4.6% 이하인 우수한 공정 능력을 보여준다. 이는 웨이퍼내 혹은 웨이퍼간의 균일도를 관리하기가 용이할 가능성을 보여준다. C₂F₆의 공급량이 20sccm이 지나 는 부분에서 균일도의 변화가 크지 않은데 이 역시 폴리머(polymer)가 웨이퍼에 많이 쌓이는 시점에서 식각의 형태가 변화하기 시작했음을 보여주는 것이다.

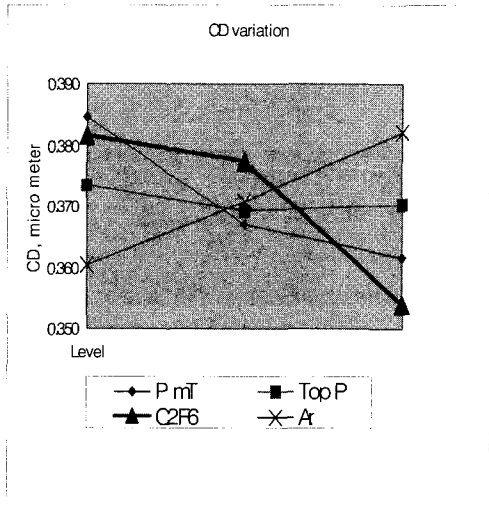


그림 4. 공정변수 C₂F₆, 상단전력, 아르곤, 챔버압력이 CD 변화에 미치는 영향

Fig. 4. Effect of C₂F₆, top power, Ar, chamber pressure on CD characteristics.

공정변수에 따른 CD의 영향은 다음 그림 4와 같다. SEM의 사진을 근거로 측정을 하여 CD의 변화를 관찰한 결과, 그림에서 보는 바와 같이 C₂F₆의 공급량이 많아질수록 CD의 평균 값은 감소하는 경향이 있다. 식각비와 비교를 하면 식각비의 증가가 둔화되는 부분에서는 CD가 현저하게 감소한다. 반대로 식각비가 현저하게 증가하는 구간에서는 CD의 감소는 미미하다. 이 사실은 전술한 바와 같이 식각 가스인 C₂F₆의 공급이 계속 증가하더라도 일정 구간이 되면 폴리머의 과다 발생으로 인해 식각속도가 떨어지고 과다한 폴리머에 의

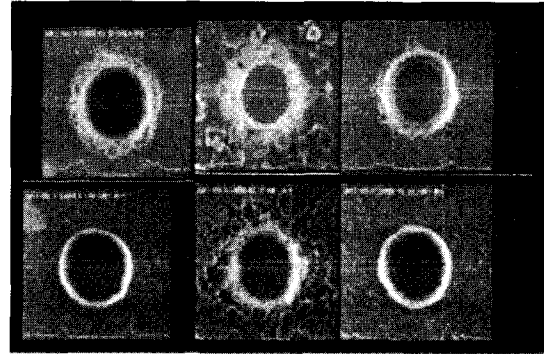


그림 5. C₂F₆의 공급량이 14 sccm 일 때 홀의 평면
Fig. 5. Top view of via holes after etching under 14 sccm-C₂F₆.

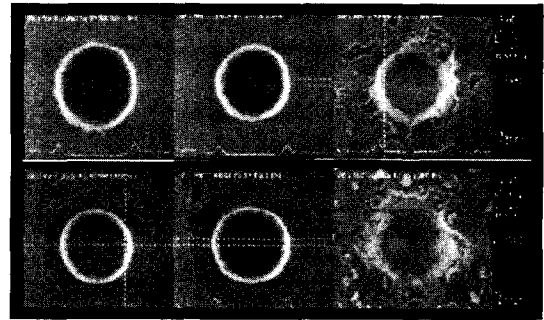


그림 6. C₂F₆의 공급량이 20 sccm 일 때 홀의 평면(측척 무시)
Fig. 6. Top view of via hole after etching under 20 sccm-C₂F₆.

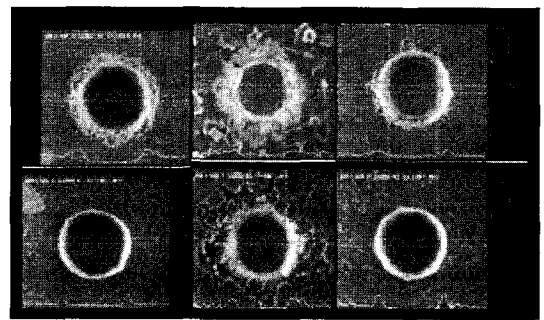


그림 7. C₂F₆의 공급량이 26 sccm 일 때 홀의 평면(측척 무시)
Fig. 7. Top view of via holes after etching under 26 sccm-C₂F₆.

해 비아홀의 입구가 보호되었기 때문으로 분석된다.

윗면 CD SEM 사진을 그림 5,6,7에서 볼 수 있다. 식각전 감광제의 CD와 식각후 비아홀의 CD의 차이인 CD 변화(skew)는 식각전 감광제 CD의 10% 이내로 관

리가 되었다. 비아홀 CD의 측정 부위는 홀의 바닥에서부터 홀 깊이의 10% 지점을 측정한 것이다. 식각결과 식각후의 홀 CD가 식각전 감광제 CD보다 더 큰 양성의 식각윤곽(profile)이 측정되었다. CD SEM 사진에서 보이는 비아홀 주위의 얼룩은 O₂ 플라즈마로 감광제를 벗긴 후에 남은 감광제의 찌꺼기이다. 이 경우 일반적으로 습식 세정을 실시하면 웨이퍼의 표면을 깨끗하게 만들 수 있다. 그러나 과도한 폴리머의 발생이나 플라즈마에 의해 감광제의 경질화가 심하게 발생한 경우 감광제의 찌꺼기를 습식세정으로도 제거할 수 없는 경우가 있다.

몇 장의 사진에서 비아홀 주위가 침식된 것은 아르곤의 공급량과 챔버 압력의 변화와 관련이 있다. 아르곤은 캐리어 가스나 식각가스를 희석시키는 역할도 하지만 이온폭격(ion bombardment) 효과에 의한 표면 식각 작용도 있다. 발표된 보고서에 의하면 챔버내의 압력이 낮을수록 방향성이 증가하여 비방성 식각이 용이하며 이온과 중성 입자간의 평균 자유행로가 이온 공핍층의 두께에 비해 커지므로 충돌 확률은 작게되고 기관으로 방향성을 가지고 주입되는 이온의 개수는 많아진다^[5]. 이 실험에서도 같은 결과를 볼 수 있었는데 압력이 높을수록 비아홀의 CD가 감소하는 경향을 볼

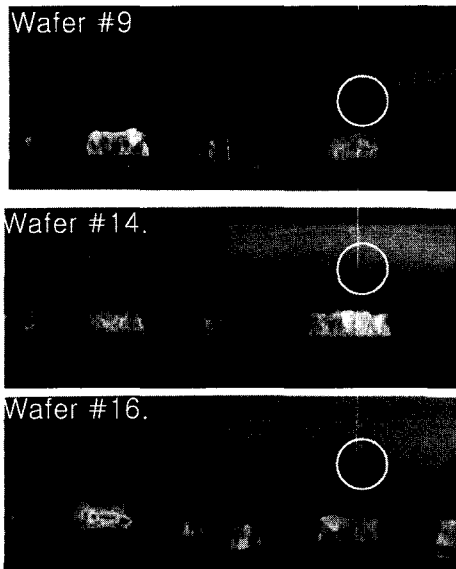


그림 8. C₂F₆의 공급량이 14 sccm 일 때 홀의 측면(축척 무시), 원 안은 SOG 침식을 보여줌.
Fig. 8. Cross-section view of via holes after etching under 14 sccm-C₂F₆, pictures show SOG recess in the circles.

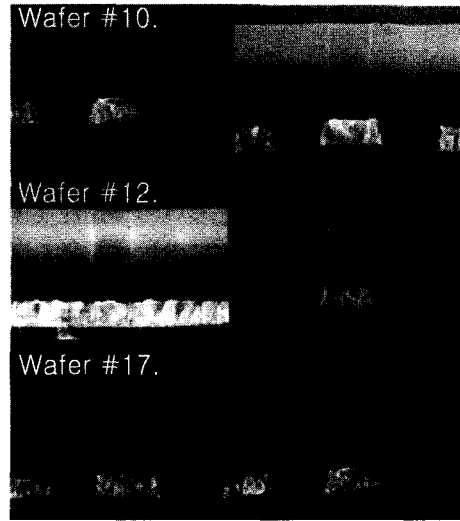


그림 9. C₂F₆의 공급량이 20 sccm 일 때 홀의 측면(축척 무시)
Fig. 9. Cross-section view of via holes after etching under 20 sccm-C₂F₆.

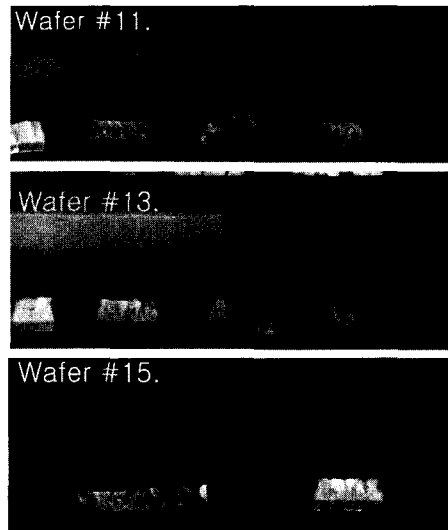


그림 10. C₂F₆의 공급량이 26 sccm 일 때 홀의 측면(축척 무시)
Fig. 10. Cross-section view of via holes after etching under 26 sccm-C₂F₆.

수 있었다. CD가 감소하는 것은 아르곤 가스의 경우 식각가스이온의 직진성이 증가하기 때문으로 분석된다. TCP 챔버는 비방성 식각이 증가 되는 20~50mTorr의 낮은 압력 범위에서 플라즈마가 형성된다. 따라서 이온이나 중성입자의 충돌로 인한 등방성 식각보다는 이온의 직진성이 높은 이방성 식각이 증가 될 것이다. 이렇

경우 높은 온도에 의한 감광제 막의 손상, 아르곤의 이온 폭격효과에 의한 감광제의 가장자리 손상 또는 아르곤 이온의 난반사에 의한 비아홀 내벽의 침식 등을 예측할 수 있다. 또한 감광제가 금속배선의 모서리 위에 걸쳐져 있는 경우 감광제의 두께 차이에 의해 산화막의 표면이 침식되는 경우가 있는데 이 경우는 감광제의 선택비를 높여서 해결을 한다.

비아홀을 수직으로 절단하여 찍은 SEM사진의 결과는 그림 8, 9, 10에 나타내었다. C_2F_6 의 공급량이 14sccm 인 경우에는 식각한 3장의 웨이퍼가 모두 비아홀의 SOG 내벽이 침식되는 SOG 침식문제가 발생했다. 그림 8의 사진 위에 둥근 원으로 표시한 부분이 SOG가 침식된 부분인데 이런 경우가 심각하면 W 마개(plugging)공정을 실시할 때 불량이 발생한다. TiN을 증착할 때 SOG 침식부분에 TiN이 증착되지 않거나 비아홀 접촉저항의 증가로 인해 집적회로(Integrated Circuit)의 불량을 야기시킨다. 그림 9처럼 C_2F_6 가스를 20sccm 공급한 후 식각을 실시한 경우는 SOG 침식이 극히 미미하거나 발견되지 않았다. 이는 C_2F_6 가 과다하게 공급되면서 비아홀 내벽에 폴리머가 형성되었고 그 폴리머의 보호 작용으로 인해 산화막의 침식이 적었다고 사료된다. 그림 10처럼 26sccm의 가스량을 공급한 경우는 SOG 침식을 발견할 수 없었으며, 180sccm의 아르곤을 공급한 경우에는 비아홀 내벽이 거친 경우를 볼 수 있었다. 다량의 폴리머에 의해 발생하는 식각중단(etching stop) 현상또는 홀막힘(hole plugging) 현상은 직교행렬시험의 전방에 걸쳐서 발견되지 않았다. 폴리머에 의해 홀막힘 현상이 발생하면 식각시간을 많이 늘려도 더 이상 식각이 되지 않고 홀의 입구가 손상이 되거나 산화막의 표면이 침식을 당하는 경우가 발생한다.

식각후 윤곽은 모든 결과가 90도 각도를 유지하고 있는 것으로 판명되었다. 그림 8의 웨이퍼번호 9번과 16번의 경우 비아홀 하단의 내벽이 기울어진 것을 볼 수 있는데 이것은 샘플을 세로로 자를 때 절단면이 비스듬하게 되어 발생한 현상이며 경사진 윤곽(sloped profile)과는 관계없다.

SEM에서 볼 수 있는 TiN 선택비는 우수한 것으로 판명되었다. 보조식각을 100% 실시했음에도 불구하고 TiN 표면의 침식은 거의 발견할 수 없었다. 이런 경우에는 감광제가 존재하는 한 좀 더 오랜 시간 동안 보조식각을 수행할 수 있는 장점이 있다.

IV. 결 론

TCP 방식을 이용한 고진공 고밀도 플라즈마 장치에서 C_2F_6 는 식각 가스로서 우수한 비아홀 식각 특성을 보여주었다. 분당 $1\mu\text{m}$ 이상의 빠른 식각비와, 2장의 조건을 제외한다면 실험변수 전 범위를 통하여 5% 미만의 균일도를 만족시켜주었다. CD의 경우 식각전 감광제 CD와 식각후 비아홀 CD의 차이인 CD 변화가 실험변수의 전 범위에 걸쳐서 감광제 CD의 10% 이내를 유지할 정도로 우수하였다. C_2F_6 가 14sccm의 경우 SOG 내벽의 막이 침식되는 SOG 침식현상이 발견되는 문제점이 있었다. 이것은 C_2F_6 가스가 식각에 더 많이 관여한 반면 플라즈마 반응에 의한 폴리머의 형성이 미약했기 때문이다.

사진 및 결과그래프를 판독한 결과 C_2F_6 가스가 비아홀 식각에 미치는 영향은 공급량 20sccm을 기준으로 변화를 보였다. 식각비의 경우 가스의 공급량이 증가하면 식각비도 증가하는데 분당 $1\mu\text{m}$ 의 식각비를 보이는 20sccm을 기준으로 증가분이 둔화되었고, 가스의 공급량이 늘어나면 균일도 값도 감소하는데 역시 20sccm을 기준으로 감소분이 둔화되었다. CD는 C_2F_6 가스의 공급량이 많아질수록 작아지는데 이 역시 20sccm을 기준으로 그 감소분이 둔화되었다. C_2F_6 가스의 공급량이 20sccm 이전에는 식각에 대부분의 가스가 소모되어 폴리머의 형성이 적고 20sccm 이상이 되면 플라즈마화된 여분의 가스는 많은 양의 폴리머를 형성하여 산화막을 보호하기 때문이다. 그러나 과다한 폴리머에 의한 홀막힘 현상은 발견되지 않았다. 아르곤은 이온 폭격효과에 의해 홀입구가 침식되는 현상이 발견되었다. 100sccm 이후에는 이런 현상은 많이 완화 되었다.

식각후 비아홀의 윤곽은 어떤 조건에서도 수직적 구조를 보이는 넓은 공정창을 보여주었다. 산화막에 대한 TiN의 선택비도 통상적으로 필요한 20:1 이상의 결과를 볼 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] D. Allman, L. K. Han, D. L. Kwong, "Effects of PECVD Oxide Process in the Sandwiched SOG Structure on MOSFET Hot-Carrier Reliability", IEEE, VLSI Technology, Systems,

- and Applications, Proceedings of Technical Papers. pp. 173-175, 1995.
- [2] J. M. Back, Y. C. Jung, Y. S. Lee, Y. H. Lee, Journal of the Korean Institute of Telematics and Electronics, Journal of the KITE 1994, 8 v. 31-A, pp. 53-61 1016-135x 1994.
- [3] S. Nag, A. Chatterjee, K. Taylor, I. Ali, S. O'Brien, S. Aur, J. D. Luttmner, I. C. Chen, "Comparative Evaluation of Gap-Fill Dielectrics in Shallow Trench Isolation for Sub-0.25um Technologies" IEEE, Electron Devices Meeting, 1996, International, Page(s): 841-845, 1996.
- [4] Y.C.Ban, J.H.LEE, S.H.Yoon, et. al., "Calculation of ion distribution in an RF plasma etching system using monte carlo methods", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, v. 35-D n. 5, pp. 54-62 1226-5845, 1998.
- [5] Madhav S. Phadke, "Quality Engineering using Robust Design", AT&T Bell Lab, Prentice Hall, New Jersey, pp. 42-52, 1989.

저 자 소 개



柳知亨(學生會員)

1986년 2월 : 경북대학교 전자공학과 재료전공. 1988년 12월~1991년 12월 : 대우통신 반도체사업부. 1992년 1월~1998년 2월 : 한국 텔레콤 연구소 공정엔지니어. 2001년 8월 : 한국정보통신대학원 석사 졸업. <주관심분야> 반도체 공정, 플라즈마 식각, 플라즈마 CVD

尹基完(正會員)

1983년 2월 : 서울대학교 금속공학과 학사. 1985년 2월 : 한국과학기술원 재료공학과 석사. 1994년 8월 : 텍사스대학교(오스틴) 재료공학과 박사. 1985년 3월~1990년 3월 : LG전자 중앙연구소 근무. 1994년 8월~1997년 10월 : 디지털이큅먼트사 근무(미국). 1997년 12월~2000년 12월 : 한국정보통신대학원 조교수. 2000년 12월~현재 : 한국정보통신대학원 부교수. <주관심분야> 차세대 나노소자, 무선통신 RF 핵심부품, 스마트안테나 알고리즘 등

朴在墩(學生會員)

2000년 2월 : 한양대학교 전자전기공학부 학사. 2000년 3월~현재 : 한국정보통신대학원 공학부 석사과정. <주관심분야> 스마트안테나, Multi-band VCO, Tunable Filter