

다결정실리콘의 경사식각에 관한 연구-제 1부: 실험적 고찰

(A Study on Taper Etching of Polysilicon-Part I : The Experimental Study)

李 貞 圭*, 徐 東 亮**, 邊 在 東**

(Jung Kyu Lee, Dong Ryang Suh and Jae Dong Byun)

要 約

다결정 실리콘에 인을 이온주입하고 CF_4 와 O_2 의 혼합가스 또는 SF_6 가스를 사용하는 플라즈마 식각 방법에 의해 다결정 실리콘의 경사식각을 수행하였다. 또한 식각면의 경사를 제어하기 위하여 위 두가지 플라즈마를 이용한 2-단계식각 방법이 시도되었다.

식각된 경사 각도는 이온주입에 의해 격자 구조가 파괴된 표면층과 이온주입의 영향을 받지 않은 하층과의 식각속도 비에 의해 결정되며 그 식각속도 비는 이온주입량, 이온주입 에너지, 식각조건 등에 영향을 받는다. 본 실험에서 얻은 가장 작은 경사각도는 약 10° 였으며, 2-단계식각 방법을 이용하여 경사각도를 약 10° 와 55° 사이에서 제어할 수 있었다.

Abstract

Tapered etching of polysilicon films has been achieved by implanting phosphorus ions into the polysilicon film and using plasma etch in either CF_4-O_2 or SF_6 . A two-step plasma etching method is also proposed to control the taper angle of the etched edge without changing the implantation conditions.

The taper angle is determined by the ratio of the etch rate of the undamaged region to that of the damaged top region of the polysilicon layer. The ratio is found to be dependent on the implantation dose, the implantation energy and the anisotropy of etching. The minimum angle in our experiments is about 10° . When the two-step etching method is employed, the taper angles can be controlled from the minimum angle up to about 55° .

I. 서 론

최근 MOS IC는 디바이스의 소형화, 낮은 전력소모 및 높은 수율 등의 여러가지 잇점으로 인하여 반도체 분야에서 주요 생산 품종이 되고 있으며, 그에 따른 집적도(degree of integration)는 칩(chip)당 100만개 이상의 소자를 갖는 ULSI 급으로 발전되고 있다.

*正會員, 三星電子(株) 半導體研究所
(Semiconductor R& D, Samsung Elec. Co.)

**正會員, 高麗大學校 材料工學科
(Dept. of Mat. Sci., Korea Univ.)

接受日字: 1988年 9月 30日

집적도의 성장은 미세 패턴(pattern)가공, 다층 배선기술 및 양산성 등의 기술적 발전에 의해서 이루어져 왔다. 이러한 기술적 발전중에서 다결정 실리콘의 응용은 반도체 산업에 있어서 기술 향상을 이룩하여 온 주요한 요인중의 하나이다. 여러가지 불순물의 량을 제어하여 도핑(doping) 시킴으로써 다결정 실리콘은 MOS IC의 게이트(gate) 전극재료와 다층 배선재료로 사용되고 있다.¹¹⁾ 또한 최근에 다결정 실리콘은 원가측면에서 효율적인 수율향상을 위하여 기억소자에서 이용되고 있는 재생회로의 laser fusible target links¹²⁾와 LPCVD(저압기상증착법)에 의하여 isolation trench를 채우는 유전체재료로¹³⁾도 사용되고 있다.

VLSI의 다층 구조 공정에 있어서 다결정 실리콘의 미세패턴 가공과 식각에 의한 단면모양의 제어는 특히 중요한 인자가 된다. 그러나 다결정 실리콘막에 대한 미세패턴 가공은 실제적으로 가능한 반면에 식각된 벽의 급격한 경사를 갖은 단면모양은 다음공정으로 다결정 실리콘 위에 놓여지는 절연층의 step-coverage가 나빠지는 요인이 된다. 이러한 step-coverage의 감퇴는 식각 잔유물에 의해 배선간에 필요없는 연결이나 다결정 실리콘위에 놓여지는 층이 얇아지는 현상(thinning effect)으로 인한 단선이 발생하여 반도체 디바이스의 생산성 및 신뢰도에 심각한 영향을 미치고 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 두가지의 문제점들 중에서, 전자는 일반적으로 photo 공정 및 식각공정을 추가하여 해결하지만 제조원가가 상승되고 공정이 복잡하게 된다. 후자에 대하여는 아직까지 근본적으로 문제점을 해결할 수 있는 기술이 개발되어 있지 않다.

따라서 본 논문에서는 step-coverage 및 식각잔유물에 대한 문제점들을 해결할 수 있는 다결정 실리콘의 경사진 식각단면을 얻는 방법에 대하여 고찰하였다. 경사각도를 제어하기 위하여 2단계 식각 방법을 사용하였으며, 실제 반도체 제조공정에 그 실용화가 가능성을 검토하였다.

II. 이론적 고찰

절연체 SiO₂의 contact window를 경사지게 만드는데 사용되어 왔던 경사 식각 기술은 두가지로 분류된다.

- 1) 단일층에 의한 포토레지스트의 lift-off법,¹⁴⁾
 - 2) 식각속도가 빠른 층과 느린 층으로 된 이중막 구조를 사용하는 undercutting 법^{14~17)}
- 등이 있다. 일반적으로 등방성 식각기술과 이중막구

조간의 식각속도 차이를 이용하는 후자의 공정이 활용되어 왔으며 다결정 실리콘 경사식각에도 활용되고 있다. Götzlich와 Ryssel등이 아르곤, 비소 및 보론등의 이온주입에 의한 다결정 실리콘의 경사식각 방법에 대하여 보고한 바 있다.¹⁸⁾

그림 1은 이중막 구조에 대한 단면을 도식적으로 나타내고 있다.¹¹⁾ 그림에서 S점은 식각가스(etchant)에 노출되는 점으로 식각은 S점에서 시작되는데, 각층에서의 식각속도는 균일하고 등방성을 갖고 있다고 가정한다. 식각공정이 진행되는 동안 etchant의 농도변화를 무시하게 되면, etchant는 Q점에 도달하는데 최소의 이동시간이 걸리는 경로(path)를 갖는다. 이러한 식각 거동은 ray optics의 FERMAT 원리와¹¹⁾ 유사한 것이다.

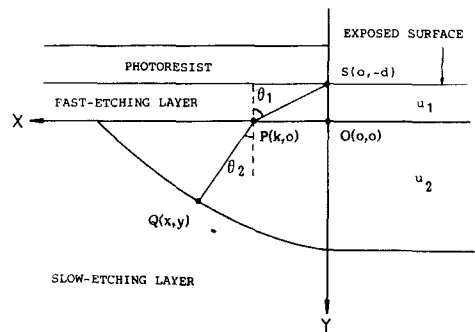


그림 1. 이중막 구조의 도식적 단면도. SPQ는 식각이 시작되는 점S에서 점Q까지 도달하는 최소시간에 대한 식각경로를 나타냄.

Fig. 1. Schematic illustration of the double layer of fast- and slow-etching layer. SPQ is the path of the etchant travel starting from S in the fast-etching layer and arriving at Q in the slow-etching layer.

III. 실험

다결정 실리콘의 경사식각에 대한 본 실험의 공정 흐름을 그림 1에 나타내었다. 경사식각에 대한 실험을 진행하기전에 다결정 실리콘에 대한 식각 특성을 CF₄-O₂, 플라즈마와 SF₆ 플라즈마를 사용하여 검토하였다. 사용된 장비는 평행평판형 플라즈마 식각장비(Drytek, DRIE 100)로 RF generator (13.56MHz), 4개의 가스 line, laser end-point detector 및 6개

의 수냉식 전극(water cooled electrode)으로 구성되어 있으며, RF power (13.56MHz)는 각 전극중에서 윗부분에 공급되고 웨이퍼가 놓이는 밑부분의 전극은 접지(ground) 된다. 또한 장비의 chamber를 진공으로 만들기 위하여서 기계식 진공펌프가 사용되었다.

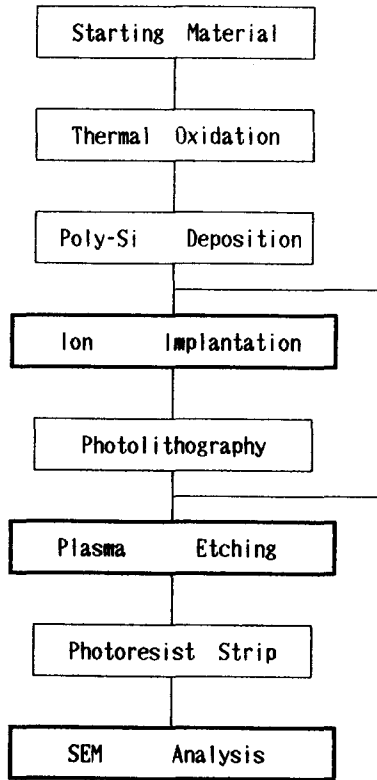


그림 2. 경사식각 실험의 공정 흐름도

Fig. 2. Flow-chart of taper etching process of polysilicon.

실험에 사용된 시편들은 단결정 실리콘 웨이퍼 위에 열적산화막(thermal oxide)을 1000\AA 성장시킨후 LPCVD 방식에 의하여 620°C 에서 다결정 실리콘을 도포하여 준비하였다. 이때 다결정 실리콘의 두께는 5300\AA 이었다. 그리고 식각속도가 빠른 층은 인(P)을 이온주입 시키므로써 만들었다. 이러한 이온주입 단계는 여러가지 경사각을 갖는 경사면을 만드는데 매우 중요하다. 이온주입된 인의 주입량(dosage)은 $5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ 에서 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 까지 변화시켰으며, 이온주입 에너지는 30KeV 에서 110KeV 까지 변화시켰

다. 그 다음 이온주입된 다결정 실리콘위에 positive photo-resist (Shipley, AZ1470)을 이용하여 프라즈마식각 마스크층을 만들었다.

이렇게 준비한 시편들을 $\text{CF}_4\text{-O}_2$ 플라즈마와 SF_6 플라즈마를 사용하여 여러가지 조건에서 식각하였으며, 식각된 단면을 photo-resist를 제거한 후 SEM (Hitachi, 2570-70710) 사진을 통하여 분석하였다.

IV. 결과 및 고찰

$\text{CF}_4\text{-O}_2$ 와 SF_6 플라즈마를 사용하여 식각한 다결정 실리콘의 단면을 SEM 분석에 의하여 관찰하였다. 그림 3은 $\text{CF}_4\text{-O}_2$ 플라즈마에 의하여 얻어진 SEM 단면을 나타내며 그림 4는 SF_6 플라즈마에 의하여 얻어진 것을 나타낸다. 이때 각각의 SEM 단면도는 다결정 실리콘 위에 포토레지스트가 아직 남아있는 상태를 나타낸 것이다.

SEM 사진에서 볼 수 있듯이 $\text{CF}_4\text{-O}_2$ 플라즈마를 사용한 경우에 단면은 거의 완전하게 등방성 식각을 나타내고 있으며, 단면모양은 비등방성(anisotropy)이 거의 1에 가까운 원호이다. 그러나 SF_6 플라즈마를 사용한 경우의 단면모양은 이방성 식각을 나타내며 비등방성이 0.5 정도를 갖는 타원호이다.

이온주입 조건이 경사식각에 미치는 영향을 알아보기 위하여 인이온이 주입된 다결정 실리콘의 식각속도를 조사하였다. 이 실험결과는 그림 5에 나타내었다. 그리고 실험조건은 압력이 500mtorr 이고, RF



그림 3. $\text{CF}_4\text{-O}_2$ plasma에 의해 식각된 시편의 SEM 단면 (25K X)

Fig. 3. SEM cross-sectional view (25K X) of an etched polysilicon in $\text{CF}_4\text{-O}_2$ plasma.

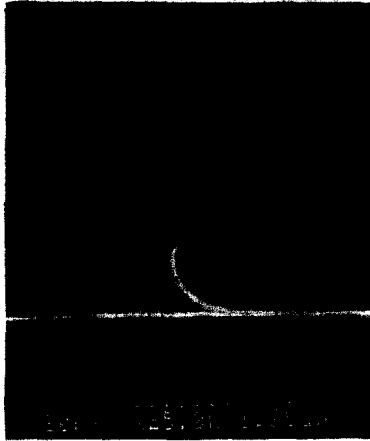


그림 4. SF₆ plasma에 의해 식각된 시편의 SEM 단면도 (25K X)

Fig. 4. SEM cross-sectional view (25K X) of an etched polysilicon in SF₆ plasma.

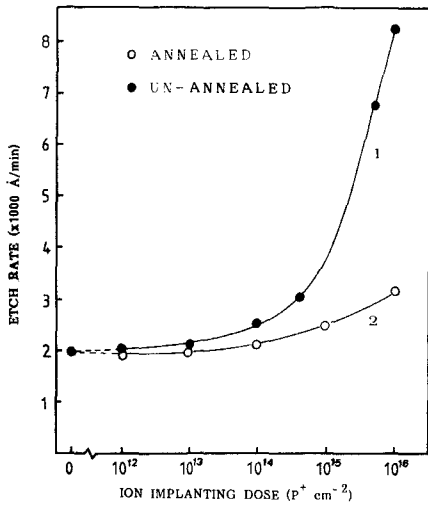


그림 5. CF₄-O₂ plasma에서의 이온주입량 변화에 따른 다결정 실리콘의 식각속도의 변화

Fig. 5. Etch rates of a doped polysilicon as a function of phosphorus implanting dose in CF₄-O₂ plasma.

power는 500watt이며, CF₄와 O₂의 가스 유량은 각각 100SCCM, 10SCCM이고 주입에너지는 60KeV 이었다. 그림 5에서 곡선 1은 열처리가 안된 시편들에 대한 이온주입량에 따른 식각속도의 의존성을 나타

내고 있으며, 곡선 2는 인이온 주입후 N₂ 분위기에 서 1000°C 5분간 열처리한 시편에 대한 것을 나타 내고 있다.

기대한 바와 같이 위의 두경우 모두 식각속도는 인 이온 주입량의 증가에 따라 증가함을 볼 수 있으며, 특히 열처리가 안된 다결정 실리콘의 경우가 열처리 된 시편보다 더 민감하게 증가하며, 특히 주입량이 10¹⁵/cm² 이상에서 열처리된 시편에 비하여 급격하게 (3배이상) 증가함을 볼 수 있다. 이러한 현상은 인 이온이 주입된 다결정 실리콘내의 결정 격자결합과 관련 되어질 수 있으며, 이온주입에 의해 결정 구조의 파괴가 일어난 후 열처리가 안된 다결정 실리콘의 경 우에서 더 명백하게 보여주고 있다. 따라서 이온주 입을 이용하여 식각속도가 빠른 층을 형성 시키므로 경사각도가 가능함을 알 수 있었다.

그림 6 과 7 은 일정한 이온주입 에너지 60KeV 하 에서 인이온의 주입량에 따른 경사각도의 영향에 대 한 실험적 결과를 나타내고 있다. 그림 6은 CF₄-O₂ 및 SF₆ 플라즈마에 의하여 식각된 다결정 실리콘의 경사각도를 인이온의 주입량에 따라 나타내고 있는 데 곡선 1과 2는 각각 SF₆ 플라즈마와 CF₄-O₂ 프라

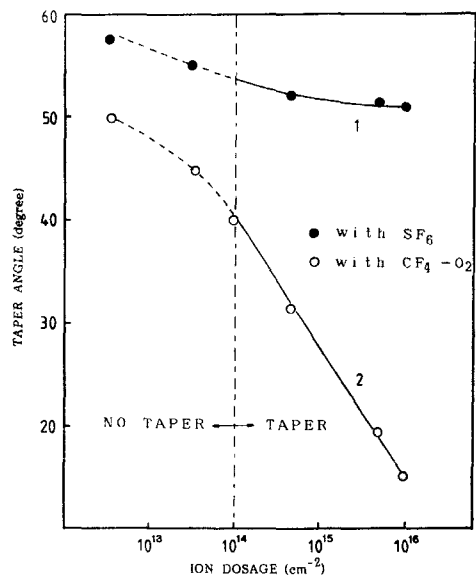


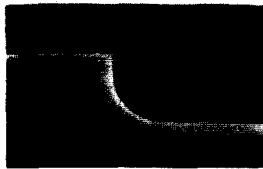
그림 6. 이온 주입량의 변화에 따른 경사각도의 변화 (이온주입 에너지는 60KeV)

Fig. 6. The taper angle as a function of P⁺ ion dosage in CF₄-O₂ and SF₆ plasmas. (implanting energy is 60KeV).

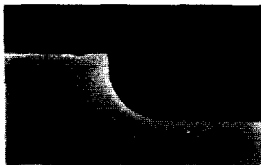
즈마의 영향을 보여주고 있으며, 곡선 2에 대한 다결정 실리콘의 SEM 단면도를 그림 7에 나타내었다.

그림 6과 7에서 볼 수 있듯이 SF₆과 CF₄-O₂ 플라즈마 두 경우에 있어서 경사 각도는 이온주입량의 증가에 따라 감소하였고, 주입량이 10¹⁶/cm² 이하에서는 경사단면을 얻지 못하였다. 또한 경사각도가 CF₄-O₂ 플라즈마에서는 주입량에 민감한 반면 SF₆ 플라즈마에서는 민감하지 않은 경향을 보여주고 있다. 이러한 현상은 이온주입량에 따라 증가하는 결함의 정도(degree of disorder)에 따르며,¹²⁾ 가스 플라즈마의 종류에 따라 변하는 식각방향성의 원리에 의해서 이해될 수 있다.

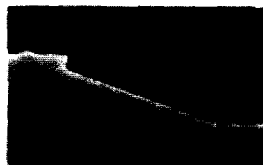
경사각도에 대한 이온주입 에너지의 영향을 알기 위하여 경사식각 실험을 일정한 이온주입량 5×10¹⁵/cm² 이하에서 진행하였으며 이 실험의 결과를 그림



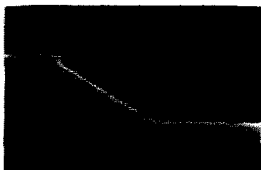
(a) 5E12/cm²



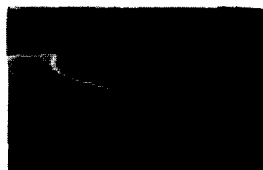
(b) 5E13/cm²



(d) 5E15/cm²



(c) 5E14/cm²



(e) 1E16/cm²

그림 7. 이온주입량의 변화에 따른 CF₄-O₂ plasma에서의 경사식각 거동에 대한 SEM 분석 단면(30K X)

Fig. 7. SEM cross-sectional views (30K X) of taper etched polysilicon in CF₄-O₂ plasma for various doses of P⁺ ions with 60KeV of implantation energy.

8과 9에 나타내었다. 그림 8은 이온주입 에너지에 따른 경사각도를 나타내고 있으며, 그림 9는 SEM 단면을 나타내고 있다. CF₄-O₂ 및 SF₆ 플라즈마 두 경우에 있어서 모두 이온주입 에너지에 따른 경사각도는 약간 증가하는 경향을 보이지만 큰 차이는 없다. 그러나 이온주입량에 대한 의존성에서 볼 수 있었던 것과 같이 식각 방향성, 즉 비등방성의 영향으로 인하여 SF₆ 플라즈마에 비하여 CF₄-O₂ 플라즈마의 경우에 더 낮은 경사각도가 얻어진다.

한편, 그림 7과 9는 인아온이 주입된 다결정 실리콘막의 전형적인 식각구조를 보인 것으로 모든 조건에 대하여 윗부분층의 경사는 급한 overhanging 단면을 보였다. 이러한 단면은 이온주입에 의한 damage 분포에 따라 표면부근의 식각속도가 틀리기 때문에 일어난다. 따라서 이러한 층의 높이는 좀더 빠른 식각반응(enhanced etching)이 일어나는 곳의 깊이를 나타내며, 그 깊이는 이온주입 에너지에 따라 변하는 이온주입층의 project range와 거의 일치한다.

그림 10과 11은 이온주입량과 에너지가 각각 5×10¹⁵/cm²와 60KeV로 일정한 조건하에서 식각조(chamber) 압력에 따른 영향과 O₂ 플라즈마에서의 O₂가

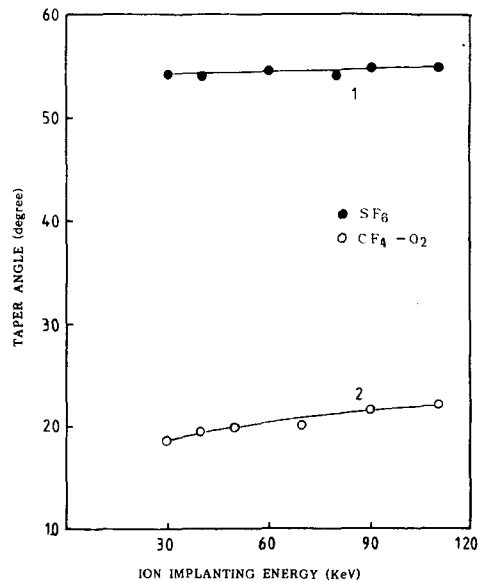


그림 8. 이온주입 에너지의 변화에 따른 경사각도의 변화

Fig. 8. The taper angle as a function of P⁺ ion implanting energy with a constant ion dosage, 5E15/cm², in CF₄-O₂ and SF₆ plasmas.

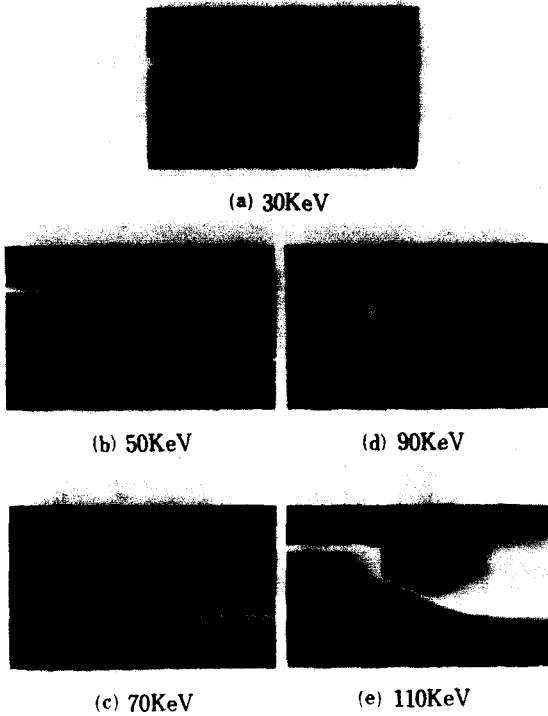


그림 9. 이온주입 에너지의 변화에 따른 CF_4-O_2 plasma에서의 경사식각 거동에 대한 SEM 분석 단면 ($5 \times 10^{15} P^+$ ions/cm²)
 Fig. 9. SEM cross-sectional views (30K X) of taper etched polysilicon in CF_4-O_2 plasma for various implantation energy with phosphorus ion with a dose of $5 \times 10^{15}/cm^2$.

스의 유량에 따른 영향을 나타내고 있으나 식각변수에 대한 경사각도에의 의존성은 거의 나타나지 않았다. 그 현상에 대한 SEM 분석 단면 역시 큰 변화 없이 그림 7(d)와 거의 유사했다.

경사각도를 제어하기 위하여 두가지의 다른 프라즈마, 즉 CF_4-O_2 프라즈마와 SF_6 프라즈마를 사용하는 2-단계 식각방법을 실험하였다. 그림 12와 13에는 $5 \times 10^{15}/cm^2$ 의 이온주입량과 60KeV의 에너지로 주입된 다결정 실리콘의 경사각도를 2-단계식각 공정(two-step etch process)에 있어서 단계별 식각두께의 비에 대한 함수로 나타내고 있다. 여기서 곡선 1의 경우에 첫번째 단계의 식각공정은 CF_4-O_2 프라즈마에서 진행하였으며, 두번째 단계는 SF_6 프라즈마에서 진행하였다. 또한 곡선 2의 경우에는 단계별 식각의 순서를 서로 바꾸어서 진행한 것이다.

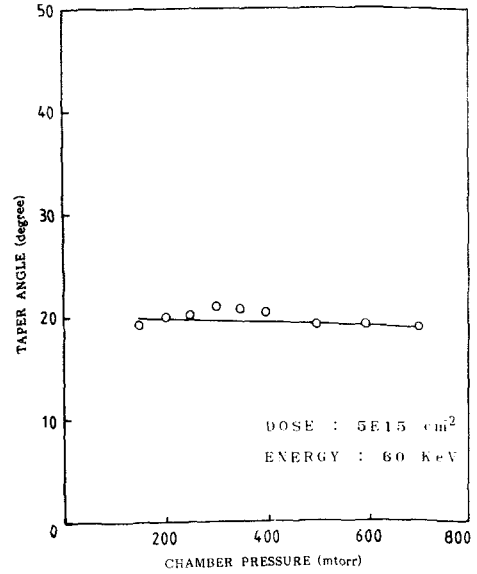


그림 10. CF_4-O_2 plasma에서 식각된 다결정실리콘의 경사각도가 식각 chamber의 압력에 따라 변하는 모양

Fig. 10. The taper angle of polysilicon etched in CF_4-O_2 plasma as a function of the chamber pressure.

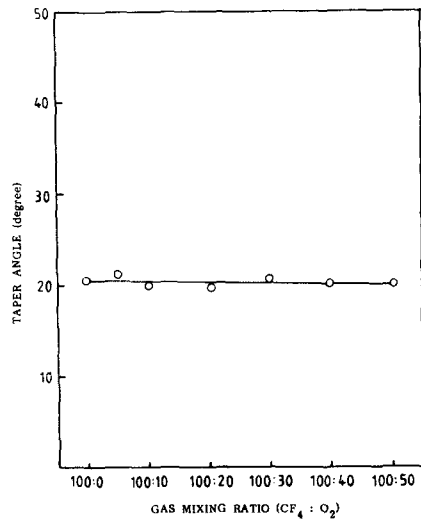


그림 11. CF_4-O_2 plasma의 가스 유량비에 따른 경사각도의 변화

Fig. 11. The taper angle vs. gas mixing ratio in CF_4-O_2 plasma.

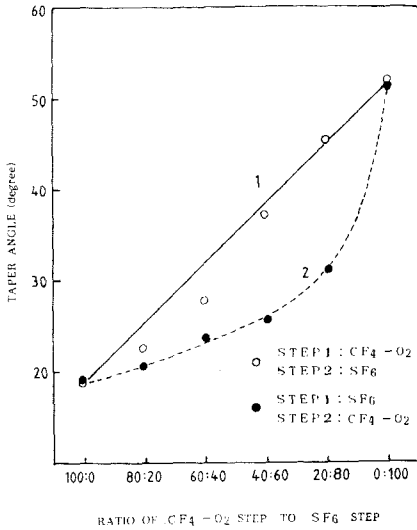


그림12. 단계식각 공정의 단계별 식각비에 따른 경사각도의 변화

Fig. 12. The taper angle vs. the ratio of the etched thickness in two step etching process.

그림에서 볼 수 있듯이 식각된 벽의 경사각도는 SF₆ 플라즈마 단계에서 식각된 두께가 증가함에 따라 증가하고 있다. 첫번째 단계로 CF₄-O₂ 플라즈마 식각이 사용된 경우의 경사각도는 식각비에 따라 약 18°에서 약 50°까지 선형적으로 변하고 있으며, 그림13과 같이 정상적인 단면을 나타내었다. 반면에 첫번째 단계로 SF₆ 플라즈마 식각이 사용된 경우에, 2-단계식각의 단계간 식각비에 대한 경사각도는 비선형적으로 나타나며, 식각단면도 역시 비정상적으로 나타났다. 이러한 결과는 다결정 실리콘의 비저항을 제어하는 이온주입 조건을 변화시키지 않고도 경사각도를 제어할 수 있다는 것을 보여주고 있으며, IC 제조에 있어서 이러한 식각방법이 실제로 응용될 수 있음을 보여주고 있다.

VI. 결 론

본 실험은 이온주입을 이용하여 이중막 구조를 형성하는 방법으로 다결정 실리콘의 경사식각을 시도하였다. 이온주입에 의한 결정 격자의 파괴는 식각속도가 빠른 층을 형성시킬 수 있었으며 이온에너지보다는 이온주입량에 그 특성이 민감함을 알았다.

또한, 실제 디바이스의 제조공정에서 별도공정으로 진행되어야만 하는 저항값 조정 공정과 경사식각 공정을 식각의 비등방성 인자를 달리하는 2-단계 식

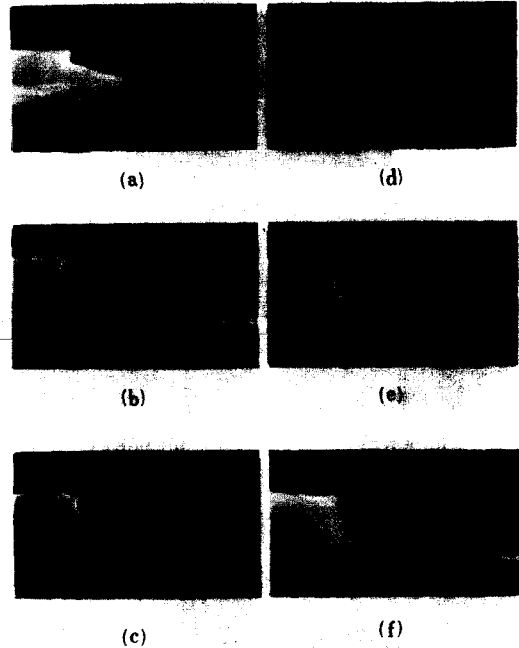


그림13. 단계별 식각비의 변화에 따른 경사식각 거동에 대한 SEM 분석 단면(30K X). 단계별 식각비(CF₄ plasma vs. SF₆ plasma)는 각각, (a) 100 : 0, (b) 80 : 20, (c) 60 : 40, (d) 40 : 60, (e) 20 : 80, (e) 0 : 100

Fig. 13. SEM cross-sectional views (30K X) of the taper etched polysilicon for the step etching process. The ratios between step 1(CF₄-O₂ plasma) and 2(SF₆ plasma) are (a) 100 : 0, (b) 80 : 20, (c) 60 : 40, (d) 40 : 60, (e) 20 : 80 and (f) 0 : 100, respectively.

각방법으로 단순화시킬 수 있음은 물론 응용의 폭을 넓힐 수 있었다.

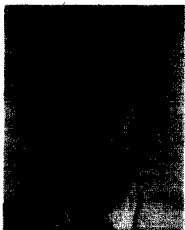
결국, 본 실험에서는 다결정 실리콘의 경사식각은 이온주입에 의한 이중막 구조 형성으로 가능하며 경사각도는 이온주입량과 식각의 비등방성 인자로 조정됨을 보였다. 그러나, 2 단계 식각공정이 아닌 1 단계 공정으로 경사각도를 조정할 수 있는 비등방성 인자를 자유로이 조정할 수 있는 식각공정에 대한 연구와 이론정립이 과제로 남는다.

参 考 文 献

[1] H. Yamanako et al, "Polysilicon interconnection technology for IC device," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 126, p. 1415, 1979.

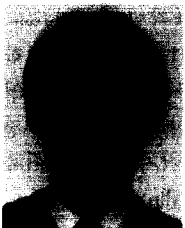
- [2] T.R. O'connel et al, "A 4K static clocked and non-clocked RAM design," *IEEE ISSCC Dig. Tech.*, p. 14, 1977.
- [3] J.F.M. Bindels et al, "Cost-effective yield improvement in fast-tolerent VLSI memory," *IEEE ISSCC Dig. Tech.*, p. 82, 1981.
- [4] R.A. Moline, R.R. Buckley, S.E. Haszko and A.U. MacRue, "Tapered window in SiO₂ by ion implantation," *IEEE Trans. Electron Dev.*, vol. ED-20, p. 840, 1973.
- [5] J.C. North, et al, "Taperd window in phosphorus-doped SiO₂ by ion implantation," *IEEE Trans. Electron Dev.*, vol. ED-25, p. 809, 1978.
- [6] J. Gotzlich and H. Ryssel, "Taperd window in SiO₂, Si₃N₄, and polysilicon layers by ion implantation," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 128, p. 617, 1981.
- [7] H. Ono and H. Tango, "A new technology for tapered windows in insulating films," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 126, p. 504, 1979.
- [8] L.K. White, "Bilayer taper etching of field oxides and passivation layers," *J. Electrochem. Soc.* vol. 127, p. 2687, 1980.
- [9] Y.I. Choi, Y.S. Kwon, and C.K. Kim, "Graded etching of thermal oxide with various angles using silicafilm," *IEEE Electron Dev., Lett.*, vol. EDL-1, p. 30, 1980.
- [10] Y.I. Choi et al, "Etched profiles of SiO₂ layer," *IEEE Electron Dev., Lett.*, vol. EDL-2, p. 227, 1981.
- [11] J. Morgan, "Introduction to geometrical and physical optics," *McGraw-Hill*, New York, 1953.
- [12] S.T. Picraux and P.S. Peercy, "Ion implantation of surfaces," *Scientific American*, p. 102, March, 1985. *

著 者 紹 介



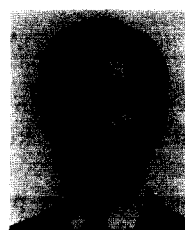
李 貞 圭 (正會員)

1952年 5月 9日生. 1979年 9月 고려대학교 재료공학과 졸업. 1982年 2月 고려대학교 대학원 전자재료공학석사학위 취득. 1987年 2月 고려대학교 대학원 전자재료 공학 박사학위 취득. 1982年 6月 ~ 현재 삼성전자 반도체연구소 선임연구원. 주관심분야는 반도체소자 및 제조공정 등임



徐 東 亮 (正會員)

1957年 11月 1日生. 1981年 2月 고려대학교 재료공학과 졸업. 1983年 2月 고려대학교 대학원 공학 석사학위 취득. 1983年 1月~1989年 4月 삼성전자 반도체연구소 주임연구원. 1986年 9月~현재 고려대학교 대학원 박사과정. 주관심분야는 반도체소자 및 제조공정 등임.



邊 在 東 (正會員)

1938年 12月 10日生. 1961年 3月 서울대학교 물리학과 졸업. 1967年 8月 U. of Notre Dame 물리학 박사학위 취득. 1967年 9月~1971年 5月 미국 Southern Univ. 교수. 1971年 6月~1973年 3月 한국과학기술연구소 책임연구원. 1973年 3月~현재 고려대학교 재료공학과 교수. 1983年 9月~1984年 9月 Univ. of Michigan 교환교수. 주관심분야는 전자재료 및 반도체 제조공정 등임.