

C_4F_8/H_2 helicon wave 플라즈마를 이용한 contact 산화막 식각 공정시 과식각된 실리콘 표면의 잔류막과 손상층 형성 및 이의 제거에 관한 연구

김현수, 이원정, 백종태*, 염근영

성균관대학교 재료공학과, 한국전자통신연구소*

A study on the formation and removal of residue and damaged layer on the overetched silicon surface during the contact oxide etching using C_4F_8/H_2 helicon wave plasmas

H. S. Kim, W. J. Lee, J. T. Baek*, and G. Y. Yeom

Materials Engineering Department, Sung Kyun Kwan University, Suwon, Korea
*Electronics and Telecommunications Research Institute, Taejeon, Korea

Abstract

In this study, the residue remaining on the silicon wafer during the oxide overetching using C_4F_8/H_2 helicon wave plasmas and the effects of various cleaning and annealing methods on the removal of the remaining residue were investigated. The addition of 30% H_2 to the C_4F_8 plasma increased the C/F ratio and the thickness of the residue on the etched silicon surface. Most of the residues on the etched surfaces could be removed by the oxygen plasma cleaning followed by thermal annealing over 450°C. Hydrogen-containing residue formed on the silicon by 70% C_4F_8 /30% H_2 helicon plasmas was more easily removed than hydrogen-free residue formed by C_4F_8 helicon wave plasmas. However, damage remaining on the silicon surface overetched using 70% C_4F_8 /30% H_2 helicon plasmas was intensive and the degree of recovery during the post-annealing was lower.

1. 서 론

저압에서 방전가능하고 기판에 인가되는 이온에
너지를 독립적으로 조절할 수 있는 고밀도 플라즈
마원은 낮은 압력에서 높은 식각속도를 얻을 수

있다는 이점으로 인해 반도체의 식각공정에 널리
연구되고 있다. 그러나 기존 연구에 의하면 고밀
도 플라즈마원을 이용한 contact 산화막의 식각
공정시 하부 실리콘층에 과식각동안 두꺼운 잔류막
과 표면 손상층이 형성된다고 보고되고 있다.¹⁻⁷⁾

식각 공정시 오염 및 손상에 영향을 주는 공정 변수로는 source power, bias voltage 등이 보고되고 있으며 C/F비가 큰 식각 가스일수록 두꺼운 잔류막을 형성하고 수소 첨가시 실리콘 내부로의 침투에 의한 손상이 증가한다는 결과도 보고된다.⁸⁻¹²⁾ 실제 반도체의 산화막 식각 공정중에는 이와 같은 손상 및 오염을 최소화시키는 공정을 사용하여야 하나 산화물식각후 과식각 시간동안 노출된 실리콘 표면에는 필연적으로 오염과 손상이 발생할 가능성이 높고 결과적으로 오염과 손상층은 높은 contact resistance와 contact junction leakage를 야기시키게 된다. 특히, 손상과 오염을 최소화하고 후처리에서 이들 잔류하는 오염과 손상을 효율적으로 제거하는 것이 더욱 중요하다.^{9,13-16)} 현재까지 이러한 잔류막과 손상층의 제거를 위하여 산소 플라즈마, 수소 플라즈마를 비롯하여 Piranha cleaning 등의 세정 방법과 노열처리나 급속열처리 등의 열처리 방법이 사용되고 있으며 SF₆ 가스 등을 이용하여 잔류막층과 손상층을 동시에 제거하는 soft cleaning법도 보고된다.⁹⁾ 한편, 플라즈마원에 관한 연구에 비해 현재까지 보고된 바에 의하면 helicon wave 플라즈마를 이용한 오염 손상에 관한 연구는 거의 보고 되지 않고 있는 상황이다.^{7,17)}

본 논문에서는 고밀도 헬리콘 플라즈마를 이용한 contact산화막 식각공정시 수소 가스 첨가유무에 따른 과식각된 실리콘 표면의 잔류막과 손상층의 형성 정도 및 상태를 조사하고 동시에 산소 플라즈마 처리와 로열처리에 따른 이의 제거 정도에 대하여 연구하였다.

2. 실험방법

본 연구의 contact 식각실험은 C₄F₈/H₂ 가스의 Nagoya type antenna를 지닌 helicon wave 플라즈마 식각장비를 이용하여 산화막을 식각하였으며 helicon wave 발생을 위한 외부 자장은 100

Gauss로 일정하게 유지하였다. 잔류막 관찰을 위한 시편의 식각 조건으로는 1.5mTorr의 공정압력, 1.5kW의 source power, -80 V의 bias 전압 조건에서 식각 가스로는 총유량을 30 sccm으로 일정하게 유지시키는 가운데 100% C₄F₈과 30%수소를 첨가한 70%C₄F₈/30%H₂ 가스조합을 이용하였다. 산화막 식각 시간은 실리콘 웨이퍼위에 증착된 1 μ m PSG (phospho-silicate-glass) 층을 50% 과식각하는 시간만큼 산화막 식각을 수행하였다.

식각 후 실리콘 표면에 형성된 잔류막을 제거하기 위해 piranha cleaning (H₂SO₄:H₂O₂=4:1)에 10분동안 세정하였으며, 산소플라즈마 처리는 ECR 플라즈마원을 이용한 remote type의 microwave plasma asher (ASTEX Co.)를 이용하였으며 처리시 120°C의 기판온도, 500mTorr의 압력, 200Watts에서 10분에서 40분간 수행하였다. 또한 실리콘 표면위에 남아있는 손상층과 오염층 제거를 위해 열처리는 산소플라즈마 처리 후 질소 분위기에서 30분간 200-1000°C에서 열처리를 하였다.

식각된 실리콘 표면과 세정방법에 따른 잔류막의 두께와 화학적인 성분을 관찰하기 위해 SE (spectroscopic ellipsometry), XPS (X-ray photoelectron spectroscopy)를 이용하였고 이온 충돌로 인한 실리콘 내부로의 오염물의 확산, 침투 정도를 조사하기 위해서 SIMS (secondary ion mass spectrometry)를 이용하였다. 열처리 전후 식각된 실리콘 표면의 SPV (surface photovoltage) 방법을 이용하여 carrier lifetime을 측정하여 전기적인 손상정도를 관찰하였으며 고분해능 전자현미경 (HRTEM: high resolution transmission electron microscopy)을 이용하여 1000°C 열처리 전후의 격자 손상 정도를 조사하였다

3. 결과 및 고찰

앞서 실험방법에서 설명된 식각조건에서 100% C₄F₈과 70%C₄F₈/30%H₂ 식각 가스로 50% 과식

각된 실리콘의 경우 각각 산화막 식각 속도는 670nm/min, 450nm/min 하부 실리콘과의 식각 선택비는 10, 22를 나타내었다. 수소 첨가량이 30% 이상으로 증가할 경우 식각 선택비는 거의 100 : 1 이상의 무한대로 증가하나 60% 이상의 수소를 첨가할 경우 과도한 잔류막 형성을 보이며 0.4 μ m contact hole을 비등방적으로 식각할 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 0.4 μ m contact hole 식각 형상이 vertical한 조건에서 상대적으로 높은 식각 속도를 보이는 100% C₄F₈ 가스와 고선택비를 보이는 70% C₄F₈/30% H₂ 식각 가스를 이용하여 오염 및 손상 관찰을 수행하였다.

50% 과식각후 산화막이 제거된 실리콘 표면을 XPS wide scan으로 분석한 결과 탄소, 불소, 산소로 이루어진 polymer 형태의 잔류막이 실리콘 표면에 형성되었음을 관찰할 수 있었으며 SE를 이용하여 잔류막의 두께를 측정된 결과 100% C₄F₈로 식각한 경우 45 Å, 70% C₄F₈/30% H₂로 식각한 경우 66 Å 정도로 측정되었다. Fig. 1에는 XPS 측정시 take-off angle을 15-90 도로 15도 간격으로 변화시켜 가면서 측정된 C/F비를 보이고 있으며 take-off angle에 따른 분석을 통하여 실리콘

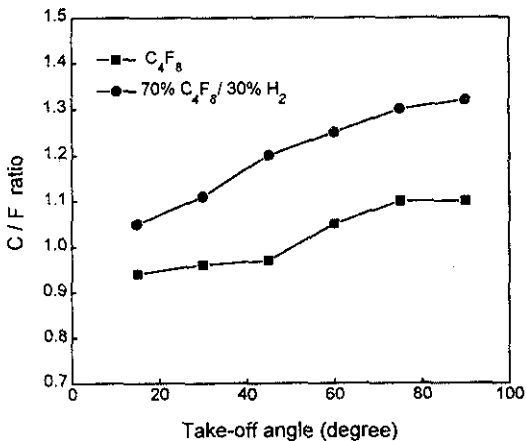


Fig. 1 C/F ratio of the residue measured by angle-resolved XPS on the silicon etched using 100% C₄F₈ and 70% C₄F₈/30% H₂ plasma.

표면으로 부터 수직방향으로의 잔류막성분 분포를 알 수 있다.^{10, 15} 70% C₄F₈/30% H₂로 식각한 경우 모든 측정 범위에서 높은 C/F비 즉, 탄소 과잉의 화학적 성분비를 보이고 있다. 또한 실리콘 표면으로 갈수록 (take-off angle이 작을수록) C/F비가 감소하는 유사한 경향을 보이고 있다. 즉, 각각의 동일한 잔류막에서 식각 가스 종류에 관계없이 상대적으로 표면은 불소 과잉인 형태로 내부는 탄소 과잉형태로 관찰되었다.

식각후 실리콘 표면에 형성된 잔류막은 후속 공정전 반드시 이의 제거가 요구되는데 본 연구에서는 실험방법에서 언급한 바와 같이 piranha 세정, 산소 플라즈마 처리, 그리고 질소분위에서 450, 600°C의 노열처리 등을 제거 방법으로 선택하였다. 먼저 제거방법에 따른 잔류막의 제거 정도를 관찰하기 위하여 SE를 이용하여 잔류막의 두께값을 측정하였으며 식각 가스로 수소를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우에 대해 Fig. 2에 나타내었다. 그림에서 보듯이 잔류막의 제거 정도는 유기용매 제거 방법인 piranha cleaning의 경우 10 Å

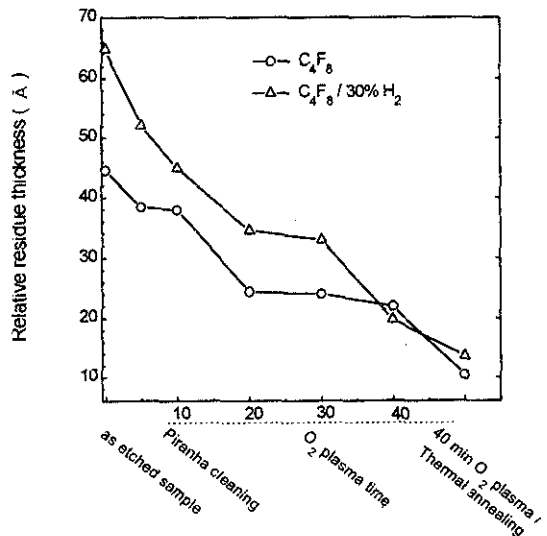


Fig. 2 SE data of residues thickness of the silicon etched using 100% C₄F₈ and 70% C₄F₈/30% H₂ plasmas as a function of post-etch treatments.

내외면을 제거할 수 있으나 산소 플라즈마 처리시에는 처리시간에 의존하였으며 식각 가스 종류에 관계없이 40분간의 산소 플라즈마 처리에 의해 20 Å 정도로 잔류막의 두께를 감소시킬 수 있었으며 후속 450°C 열처리와 10:1 HF dipping을 병행하여 15 Å 이내로 잔류막을 제거할 수 있었고 이 경우 굴절률값이 1.45로 공기상에 노출된 식각과정에서 거치지 않은 실리콘 시편의 값에 근접하였다. 결과적으로 40분간의 산소 플라즈마 처리와 450°C 이상의 후속 열처리에 의해 대부분의 잔류막이 식각가스에 수소가스가 첨가유무에 관계없이 대부분 제거됨을 알 수 있었다. 각 잔류막 제거 방법에 따라 처리 후 실리콘 표면에 잔류하는 잔류막의 화학적 결합상태 등의 미세한 변화를 XPS 분석을 통해 관찰하였다.

XPS 분석시 take-off 각도는 90도로 유지한 상태에서 Si : C : F : O의 상대량을 측정하였으며 이를 Fig. 3에 두 식각에 대하여 각각 나타내었다. 두 종류의 식각 가스, 즉 (a) 100% C₄F₈과 (b) 70% C₄F₈/30% H₂ 가스를 이용하여 과식각후 실리콘 표면에 존재하는 잔류막의 화학적 성분비를 제거 단계별로 나타내었다. 우선 잔류막 조성에 관계없이 실리콘의 상대적 존재량으로 잔류막의 두께를 예측할 수 있는데 식각시 17% (100% C₄F₈), 14% (70% C₄F₈/30% H₂)이었으나 산소 플라즈마 처리 후 두 경우 모두 53%로 거의 유사한 비로 증가되어 잔류막이 상당히 제거 된 것을 알 수 있다. 두 경우에서 식각직후의 상태를 보면 잔류막의 주성분은 탄소, 불소로 관찰되며 산소 플라즈마 처리에 의해 산소함량은 증가되나 불소성분의 경우에는 대부분이 제거 되었고 탄소 성분의 경우 산소 플라즈마 처리만으로는 제거되지 않고 일부 잔류하고 있음을 알 수 있다. 이는 두 식각 가스의 경우에 대해 모두 동일하였다. 산소 플라즈마 처리후 450°C 후속 열처리를 병행할 경우 잔류막 성분의 큰 변화는 관찰되지 않으나 600°C로 열처리 온도를 증가시키면 두 식각 가스로 식각된 시

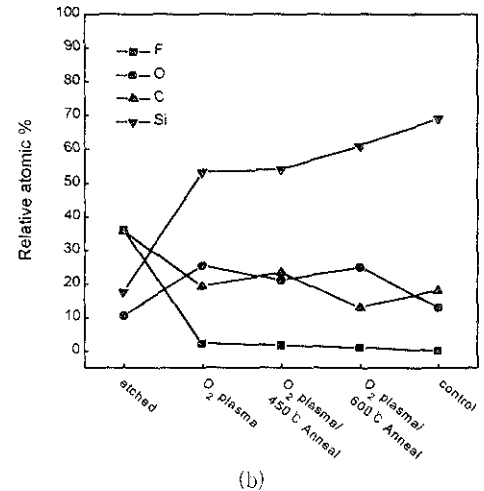
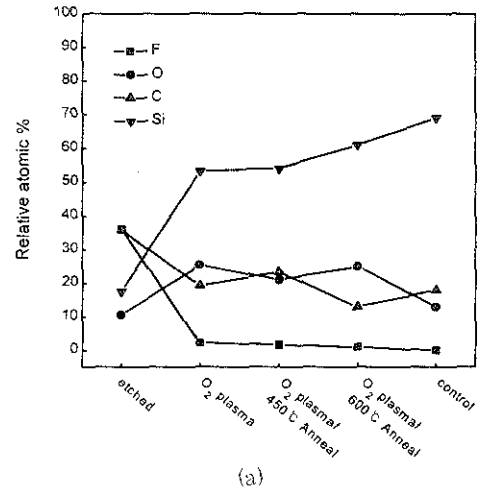
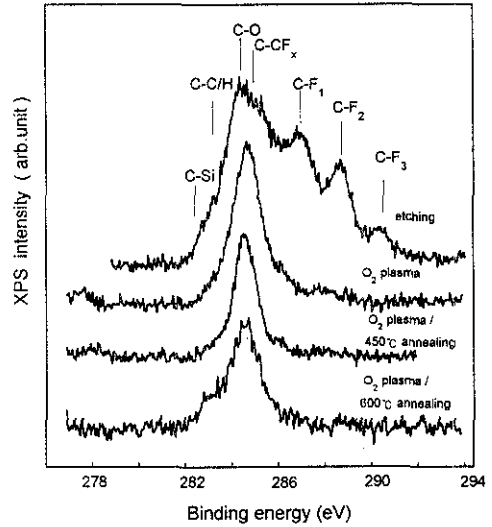


Fig. 3 Composition of the residues formed on the silicon surface etched using (a) 100% C₄F₈ and (b) 70% C₄F₈/30% H₂ plasmas as a function of post-etch treatments. The composition was measured using XPS with 90 degree of take-off angle.

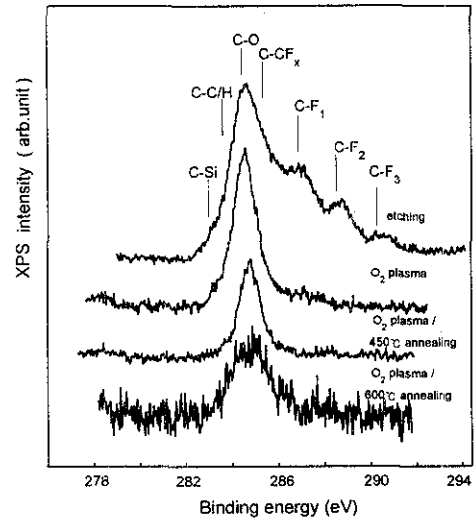
편 모두 탄소 함량이 상당량 감소하고 있으며 실리콘 표면조성이 66% (70% C₄F₈/30% H₂), 60% (C₄F₈)로 식각과정을 거치지 않고 자연 산화막이 형성된 실리콘 웨이퍼 값(69%)에 접근하고 있다. 한편, 식각된 두 시편을 산소 플라즈마와 600°C 열처리로 제거 시킨 후 100:1 HF dipping를 거

치면 그림에 나타내지는 않았지만 성분비는 Si : C : O의 비가 100% C₄F₈의 경우 74 : 16 : 10, 70% C₄F₈/30%H₂의 경우 82 : 11 : 7로 식각과정을 거치지 않고 동일한 HF dipping처리된 control 시편의 성분비인 85 : 8 : 7과 거의 유사한 값을 보이고 있다. 두식각 가스를 비교하였을 때 식각과정에서 형성된 잔류막의 두께는 70% C₄F₈/30% H₂로 식각한 경우가 두꺼움에도 불구하고 산소플라즈마와 후속 열처리에 의해 제거되는 정도는 100% C₄F₈으로 과식각한 경우에 비해 더 큰 결과를 보이고 있다. 이러한 제거 정도의 차이의 원인은 여러 가지를 고려할 수 있는데 이는 수소가 포함된 잔류막의 결합형태가 100% C₄F₈로 식각된 경우에 비해 약한 결합력을 형성하는데 그 원인이 있다고 사료되어 C_{1s}의 narrow scan data를 분석하여 관찰하였다.

잔류막의 화학적 결합 상태를 관찰하기 위하여 Fig. 3의 잔류막 제거 단계별로 실리콘 표면에 잔류하는 C_{1s}의 XPS narrow scan data를 분석하여 관찰하였으며 Fig. 4에 그 결과를 나타내었다. 그림에서 보듯이 식각 가스에 관계없이 C_{1s} 화학적 결합상태는 C-CF_x가 주결합인 것은 동일하나 100% C₄F₈ 플라즈마에 비해 수소가 첨가된 70% C₄F₈/30% H₂ 플라즈마의 경우 C-F_x(x=1,2,3)의 상대적인 존재비가 낮은 것으로 관찰된다. 이러한 결과는 앞서 Fig. 2와 3에서 보여진 식각시 형성된 잔류막의 C/F비의 차이로도 예측할 수 있으며 이는 제거 단계 방법에 따른 변화에서도 확인할 수 있었다. 그림에서 보면 식각시 수소 첨가 유무에 관계없이 C-F_x(x=1,2,3)가 C-CF_x(1 < x < 3), C-C/(H)결합에 비해 제거가 쉬운 것을 알 수 있고 산소 플라즈마 처리 후 대부분의 C-F_x(x=1,2,3)결합은 제거되고 Fig. 3에서와 같이 탄소 과잉의 잔류막 형태로 변화함을 알 수 있다. 탄소를 포함하는 잔류막 성분의 제거가 어려운 이유로는 탄소 성분을 주로하는 폴리머간의 다중결합을 고려할 수 있으며 극단적인 경우 내부 실리콘과의 결합에



(a)



(b)

Fig. 4 Carbon 1s narrow scan data of the silicon surfaces etched using (a) 100% C₄F₈ and (b) 70% C₄F₈/30% H₂ plasmas as a function of post-etch treatments.

의한 Si-C의 강한 결합력에서도 그 원인을 찾을 수 있다. 산소 플라즈마에 의해 제거 되지 않았던 탄소 성분의 경우 후속 열처리에 따라 열분해(pyrolysis)에 의해 제거되고 있다. 물론 열처리 온도

는 450°C 온도보다는 600°C로 온도를 증가시킬 수록 그 효과는 증대하고 있으며 이러한 온도증가에 따른 잔류막 제거 변화 경향은 온도조절에 의한 XPS분석 결과를 통한 다른 연구자의 결과로도 확인할 수 있었다¹⁰⁾.

앞서 동일한 후처리를 거친 경우 상대적으로 두꺼운 잔류막이었던 70%C₄F₈/30%H₂로 식각한 경우가 더 쉽게 제거되는 결과를 보이고 있다. 이러한 수소가 첨가에 따른 잔류막의 제거 정도 차이는 수소가 포함된 잔류막이 100% C₄F₈ 가스로 식각되어 수소가 포함되지 않는 경우에 비해 더 porous하고 C-C결합 보다는 수소가 C-H결합을 형성함으로써 탄소결합을 약화 시키게 된다. 따라서 산소 플라즈마 처리 및 후속 열처리에 따라 이러한 제거가 쉬운 탄소결합을 가진 잔류막이 그 두께가 두껍다 하더라도 열분해시 쉽게 제거될 수 있는 것으로 판단된다.

또한 Fig 4 (a)와 (b)를 비교해 보면 70%C₄F₈/30%H₂로 식각 후 산소플라즈마와 600°C 열처리를 거친 시편의 경우 Si-C결합이 상대적으로 더 적게 잔류하고 있음을 알 수 있다.

SIMS depth profile에 의해 잔류막의 탄소, 불

소의 침투 깊이를 관찰하고 제거단계에 따른 변화를 관찰하였다.

본 연구에서 사용한 SIMS가 static SIMS인 관계로 침투깊이는 1 μ m polysilicon을 reference로 하여 sputter 시간을 침투깊이로 환산하여 사용하였으며 측정시 주변 잔류 성분의 효과 등으로 인한 결과를 포함되게 되므로 침투깊이는 각 성분의 count수가 일정해지는 부근으로 측정하였다.

Fig. 5는 70%C₄F₈/30%H₂로 식각한 시편의 (a)C와 (b) F의 침투깊이를 관찰한 결과인데 절대 농도값은 측정시 조건이나 시편에 따라 영향을 받으므로 농도의 변화가 일정해지는 값을 침투깊이의 척도로 하였을 때 침투깊이가 식각시 탄소 및 불소의 경우 400Å 정도의 깊이를 보이나 산소 플라즈마 처리 및 450°C 후속 열처리를 거치면서 감소하여 식각과정을 거치지 않은 control시편에 근접하고 있다. 그림으로 보아지는 않았으나 100% C₄F₈ 플라즈마로 처리된 시편의 SIMS 분석결과는 유사하였으며 산소 플라즈마처리와 후속 열처리에 의해 제거되는 정도도 유사하였다.

한편 식각가스로 수소 가스 첨가시 문제점으로 보고되는 수소성분의 실리콘 침투에 의한 손상층

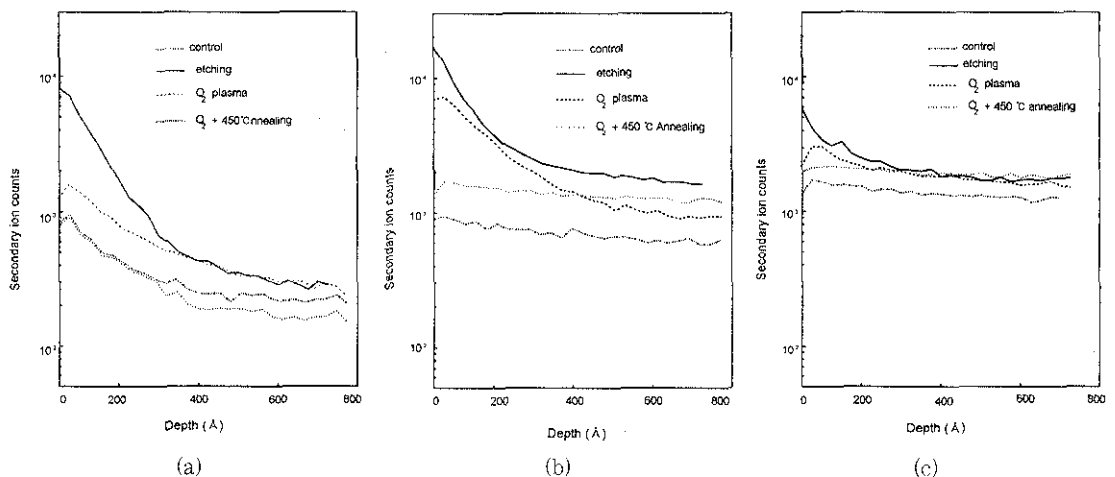


Fig. 5 SIMS depth profile data of (a) carbon, (b) fluorine, and (c) hydrogen on the silicon etched using 70%C₄F₈/30%H₂ plasmas as a function of post-etch treatments.

형성 정도를 관찰하고자 수소성분의 실리콘 내부로의 침투정도를 측정하였으며 이를 Fig. 5(c)에 나타내었다. 식각시 실리콘 내부로 500 Å 정도 침투되었으나 산소 플라즈마와 450°C 열처리 후 대부분 제거되고 있음을 알 수 있다. 또한 기존의 반응성 식각 장비를 이용한 손상 연구에서 보고되는 수 100 Å 정도로의 수소 침투 깊이가 깊지 않고 450°C 열처리로 대부분 쉽게 제거됨을 관찰할 수 있었다.

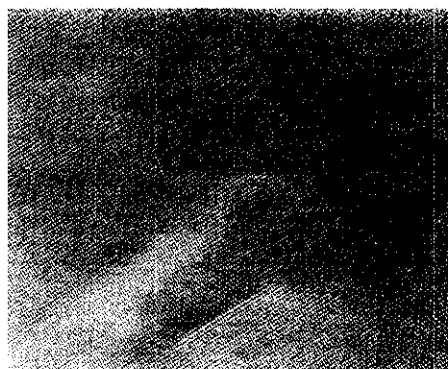
과식각시 실리콘 표면으로 부터의 이온 충돌이나 불순물의 침투 및 확산 등은 식각된 실리콘 표면위에 전기적 물리적 손상을 발생시킬 수 있다.^{17,18)} 본 연구에서는 식각되거나 식각후 손상층을 제거

한 시편의 물리적 전기적 손상 정도를 각각 고분해능 전자현미경(HRTEM)과 SPV에 의해 관찰하였다.

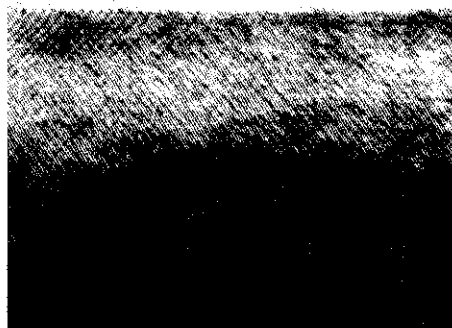
Fig. 6(a)와 (b)는 식각된 상태를 나타내고 있는데 손상의 깊이는 100% C₄F₈ 플라즈마(250 Å)보다 수소를 첨가한 70% C₄F₈/30% H₂ 플라즈마(550 Å)로 식각한 경우 손상의 깊이가 더 깊었다. 그림에서 보여 주듯이 {111}, {311} 적층결함(stacking faults)와 일부 점결함이 관찰되고 있으며 관찰된 시편의 대부분에서 유사하게 관찰되었다. 또한 1000°C, 30분간 질소 분위기에서 후속 열처리 후 물리적 손상층의 변화를 고분해능 전자현미경으로 관찰하였으며 Fig. 6(c)와 (d)에 나타내



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 6 HRTEM image of the silicon surface etched using (a) 100% C₄F₈ and (b) 70% C₄F₈/30% H₂ plasmas and annealed at 1000 °C after (c) 100% C₄F₈ and (d) 70% C₄F₈/30% H₂ plasmas

었다. 100% C₄F₈ 플라즈마로 식각된 경우 결함층은 관찰되지 않고 있으며 따라서 식각시 형성된 물리적 손상층은 1000°C 후속 열처리후 대부분 제거되고 있음을 알 수 있다.

한편, 70% C₄F₈/30% H₂ 플라즈마로 식각후 열처리된 시편은 식각 상태와 비교하였을때 100 Å 이내의 표면근처에서만 점결함이 관찰되었으며 적층결함 등은 관찰되지 않았고 존재하는 결함의 깊이도 100 Å 이내에 제한 되었다. 결과적으로 70% C₄F₈/30% H₂로 식각한 시편에 발생한 결함이 100% C₄F₈로 식각한 시편에 형성된 결함에 비해 제거가 어려움을 알 수 있다. 그러나 이들 고분해능 전자현미경 사진만으로는 관찰범위에 한계를 지니므로 전기적인 측정 방법으로 식각된 시편의 손상 정도를 측정하고자 하였다.

Fig. 7에는 식각 및 600°C, 1000°C로 열처리된 시편의 SPV로 측정된 carrier lifetime의 결과를 나타내었다.¹⁹⁾ 이 결과는 전자현미경 관찰에 비해 넓은 범위(3-inch diameter)의 시편 부위를 측정

한 후 이를 평균한 값으로 나타내었다. 두식각 가스로 식각된 시편의 lifetime 평균값은 각각 317 μsec (100% C₄F₈), 204 μsec (70% C₄F₈/30% H₂)였으며 후속 열처리 온도에 따른 carrier lifetime을 측정된 결과 600°C에서 열처리함에 따라 전기적 손상 정도가 크게 감소 하여 lifetime이 증가하였다. 또한 전자현미경 상으로 관찰시 결함이 관찰되지 않은 100% C₄F₈로 식각 후 1000°C에서 열처리된 시편의 경우 carrier lifetime이 거의 control에 근접한 값을 보이고 있다. 반면에 수소가 첨가된 70% C₄F₈/30% H₂로 식각 후 1000°C로 열처리한 시편의 경우 lifetime이 control에 비해 낮은 값을 나타내고 있어 전기적 손상이 일부 존재함을 알 수 있으며 이는 전자현미경으로 관찰시 일부 관찰된 점결함과 일치하고 있다. 결과적으로 100% C₄F₈ 플라즈마로 식각한 시편이 70% C₄F₈/30% H₂로 식각한 경우보다 물리적 전기적 손상의 제거가 용이함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 C₄F₈/H₂ helicon wave 플라즈마를 이용하여 1 μm thick phosphosilicate glass를 입힌 실리콘을 1.5kW의 inductive power, -80 volts의 bias 전압하에서 50% 과식각 하였을때 노출된 실리콘 표면에 잔류하는 오염과 손상에 대하여 연구하고 이 손상과 오염을 제거하는 방법도 연구하였다.

100% C₄F₈ 및 70% C₄F₈/30% H₂에 의해 과식각된 실리콘 표면에는 각기 45 Å과 66 Å에 해당되는 잔류막이 형성되었으며 이들의 조성은 탄소, 불소, 산소, 그리고 70% C₄F₈/30% H₂의 경우 수소로 이루어져 있었으며 본 연구에서 적용한 산소 플라즈마와 후속 열처리에 의해 어느정도 제거될 수 있음을 표면 성분 분석으로 통해 알 수 있었다. 수소가 식각시 첨가되어 잔류막에 존재할 경우 식각시 형성된 두께는 두꺼우나 잔류막의 결함

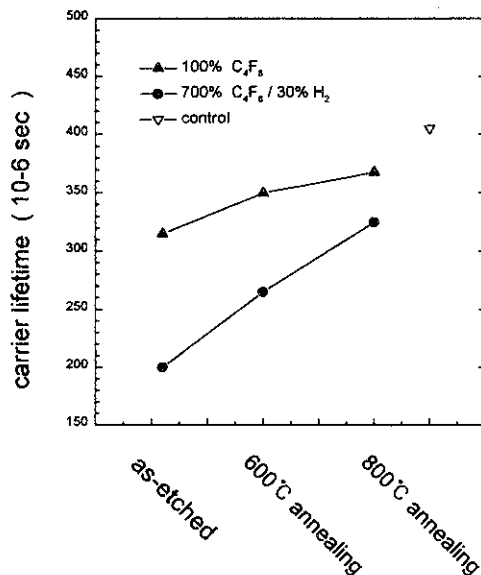


Fig. 7 Carrier lifetime on the etched silicon measured by a surface photovoltage technique as a function of annealing temperature

상태를 약화시켜 제거 속도는 더욱 증가하였다. 따라서 잔류막의 제거는 잔류막의 두께에도 의존하나 잔류막의 화학적 결합 상태에도 크게 의존하였다.

두 식각가스에 대해 식각된 시편은 모두 전기적, 물리적인 손상이 관찰되었으며 50% 과식각후 노출된 실리콘표면에는 100% C_4F_8 및 70% C_4F_8 /30% H_2 플라즈마 모두 물리적 손상이 관찰되었으며 {111}, {311}의 stacking fault 및 접결함 cluster로 이루어져 있었다.

또한 70% C_4F_8 /30% H_2 로 과식각한 실리콘 표면이 더 깊은 깊이에서 결함을 나타내었다. 이들 식각시 발생된 손상은 1000°C 30분간 annealing을 통하여 100% C_4F_8 플라즈마에 생성된 결함을 완전히 제거할 수 있었으나 70% C_4F_8 /30% H_2 플라즈마로 식각한 실리콘 표면에 발생된 결함은 일부 잔류하였으며 이 손상의 제거 정도는 carrier life-time 측정을 통하여 입증할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 97년도 한국 전자통신 연구소의 차세대 반도체 기반기술과제의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 식각실험에 도움을 주신 서울대학교 전기공학부의 황기웅 교수님과 김정훈씨께 감사드립니다.

REFERENCES

1. P. Singer, Semiconductor International, June, 109, (1997).
2. Y. Horiike, K. Kubota, H. Shindo, and T. Fukasawa, J. Vac. Sci. Technol., A 13, 801, (1995).
3. T. Fukasawa, K. Kubota, H. Shindo, and Y. Horiike, Jpn. J. Phys., 33, 7042, (1994).
4. T. Fukasawa, A. Nakamura, H. Shindo, and Y. Horiike, Jpn. J. Appl. Phys., 33, 2139, (1994).
5. K. Kubota, H. Matsumoto, H. Shindo, S. Shingubara, and Y. Horiike, Jpn. J. Appl. Phys., 34, 2119, (1995).
6. Y. Miyakawa, K. Fujita, N. Hirashita, N. Ikegami, J. Hashimoto, T. Matsui, and J. Manamori, Jpn. J. Appl. Phys., 33, 7047, (1994).
7. T. Tsukada, H. Nogami, J. Hayashi, K. Kawaguchi, and T. Hara, J. Appl. Phys., 74, 5402, (1993).
8. H. S. Kim, W. J. Nam, G. Y. Yeom, H. J. Lee, J. H. Kim, and K. W. Whang, J. Vac. Sci. Technol., A 14, 1062, (1996).
9. W. J. Nam, G. Y. Yeom, J. H. Kim, K. W. Whang, and J. K. Yoon, J. Vac. Sci. Technol., A 15, 590, (1997).
10. K. Fujita, Y. Miyakawa, and N. Hirashita, Jpn. J. Appl. Phys., 34, 304, (1995).
11. D. Misra, W. Zhong, R. A. Bartynski, V. Patel, and B. Singh, Semicond. Sci. Technol., 11, 816, (1996).
12. S. Samukawa, Jpn. J. Appl. Phys., 32, 6080, (1993).
13. K. Sakuma, K. Kamoshida, Y. Sato, K. Imai, and E. Arai, J. Vac. Sci. Technol., B 13, 902, (1995).
14. M. Ostling, C. S. Peterson, H. Norstrom, R. Buchta, and H. O. Blom, J. Vac. Sci. Technol., B 5, 586, (1987).
15. H. H. Park, K. H. Kwon, J. L. Lee, K. S. Suh, O. J. Kwon, K. I. Cho, and S. C. Park, J. Appl. Phys., 76, 4596, (1994).
16. Tezuka, N. Kitano, and N. Nakano, J. Electrochem. Soc., 142, 3569, (1995).

17. S. J. Fonash and C. R. Viswanathan, Solid State Technol. p99 July (1994).
18. P. I. Mikulan, T. T. Koo, and S. J. Fonash, Proceedins of the 3rd international Sym. on the cleaning Technology in Semiconduc-
tor Device Manufacturing, New Orleans, 94-7, p 307 October 1993.
19. W. H. Howland and S. J. Fonash, J. Electrochem. Soc., 142, 4262, (1995).