

자화된 평판형 유도 결합 플라즈마의 특성 및 건식 식각에의 응용

이수부, 박헌건, 이석현.
인하대학교 공과대학 전자·전기·컴퓨터 공학부

The Characteristics of Magnetized Planar type Inductively Coupled Plasma and its Application to a Dry Etching Process

Soo-Boo Lee, Hun-Gun Park, Seok-Hyun Lee.
school of Electrical and computer Engineering, Inha University.

Abstract - Planar type magnetized inductively coupled plasma etcher has been built. The density and temperature of Ar plasma are measured as a function of rf power, external magnetic field, and pressure. The oxide etch rate and selectivity to polysilicon are measured as the above mentioned conditions and self-bias voltage.

라즈마 생성이 가능하다는 장점을 갖고 있으며 자장을 인가하는 경우 성능을 개선시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다.^[1]

1. 서 론

반도체 산업에서 1G DRAM 급 이상의 초고집적(Ultra Large Scale Integrated, ULSI) 회로 소자를 제작하기 위한 차세대 식각 장비 및 증착 장비용 플라즈마 소스의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 이러한 고밀도 플라즈마 소스들은 전자 싸이클로트론 공명(ECR), 헬리콘(Helicon) 플라즈마, 평판형 유도 결합 플라즈마(ICP)가 주목을 이루고 있다. 이중 평판형 ICP는 저압에서의 동작과 고밀도화가 용이하여 고속 식각이 가능하며, 용량 결합 성분의 감소로 인한 석영창의 손상을 줄일 수 있고, 저압에서도 안정된 임피던스 정합이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 또한 평판형 ICP가 ECR 또는 Helicon 플라즈마 소스에 비해 대면적의 균일한 플

2. 자화된 평판형 유도 결합 플라즈마의 특성

2.1 실험장치의 구성

코일에 13.56MHz의 RF전원을 인가하고 임피던스 정합 상태를 만들면 코일에 큰 전류가 흐르게 되고, 이 전류는 시변하는 자장을 발생시키게 된다. 이렇게 발생된 시변하는 자장은 페러데이 유도 법칙(Faraday's induction law)에 따라서 그림 1.에서와 같이 시변하는 회전 전장을 발생시키게 된다. 이 유도된 전장에 의해서 전자가 가속되어 중성 기체 분자와 충돌을 일으켜서 이온화된 플라즈마를 발생 유지시키게 된다.^[2] 그림 2.는 본 연구에서 사용된 평판형 ICP의 개략도이다. 코일의 턴(turn) 수는 많을 수록 좋지만, 너무 많이 감으면 기판과 코일사이에서 capacitive coupling이 증가하고 고전압이 유도되는 결점이 있다. 본 실험에서는 두께가 1/4 inch인 동관으로 직접 제작한 3½-turn 코일을 사용하였고 과열을 막기 위해 관내에 냉각수가 흐르도록 하였다.

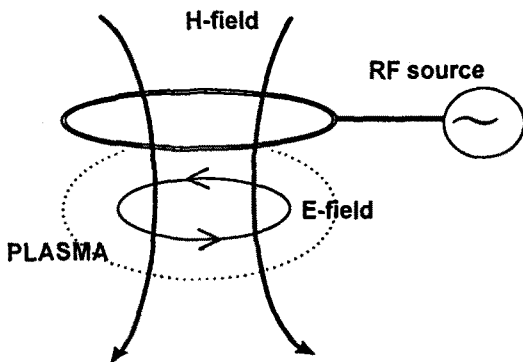


그림 1. 평판형 ICP에서의 전장과 자장의 개념도

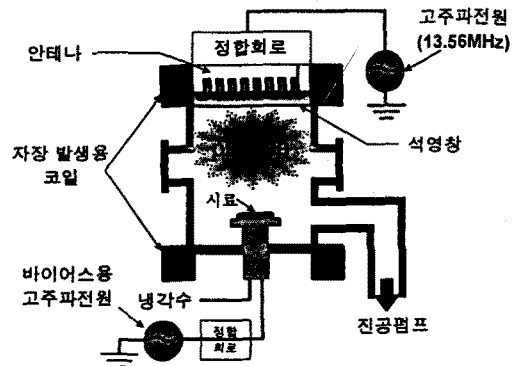


그림 2. 평판형 ICP 식각 장치의 개략도

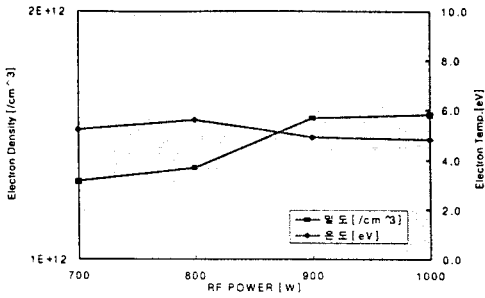


그림 3. RF power에 따른 전자의 온도 · 밀도 (압력:1mTorr, 자장:10Gauss, Ar가스량:10sccm)

2.2 Langmuir probe를 이용한 플라즈마 변수의 측정

본 연구에서 사용된 ICP 장비를 Ar 가스 분위기에서 double Langmuir probe를 사용하여 전자의 온도와 밀도를 측정하였다. 그림 3.은 antenna로 입사되는 power에 따라 측정된 전자의 온도 및 밀도의 결과이다. 온도는 4~5 eV 정도이며 밀도는 900W 이상에서 수렴하는 모습을 보이고 있다. 그림 4.는 외부에서 인가한 자장의 변화에 따른 결과로서 5Gauss에서 전자의 밀도가 최대치를 나타내고 있다. 그림 5.는 압력에 따른 결과이다. 압력 증

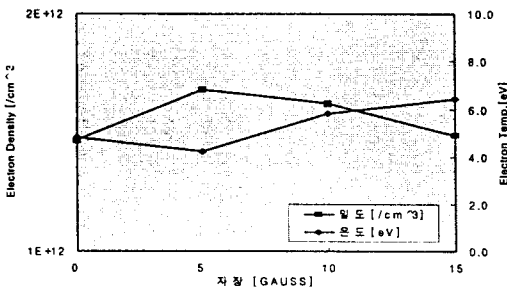


그림 4. 자장에 따른 전자의 온도 · 밀도 (압력:1mTorr, RF power:800W, Ar가스량:10sccm)

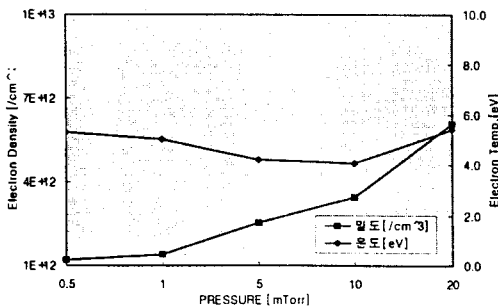


그림 5. 압력에 따른 전자의 온도 · 밀도 (자장:10Gauss, RF power:800W, Ar가스량:10sccm)

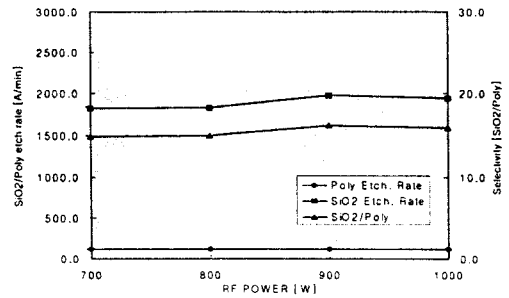


그림 6. RF power에 따른 산화막 식각 속도 및 선택도 (압력:5mTorr, 자장:10Gauss, C₄F₈가스량:5sccm, Self Bias power:-120V) 가에 따라서 밀도가 증가하는 모습을 보이고 있다.

2.3 산화막 건식 식각에의 응용

전자 사이클로트론 공명(ECR), 헬리콘(Helicon) 플라즈마, 평판형 유도 결합 플라즈마(ICP) 등의 고밀도 플라즈마 소스들은 모두 저압에서도 고밀도의 플라즈마를 발생시킬 수 있고 이온화율이 높으며 이온의 에너지를 조절할 수 있다는 장점을 갖고 있다.^[3]

본 실험에서는 Si위에 습식 산화 공정에 의하여 SiO₂를 10000Å을 형성한 시료와 Si위에 SiO₂를

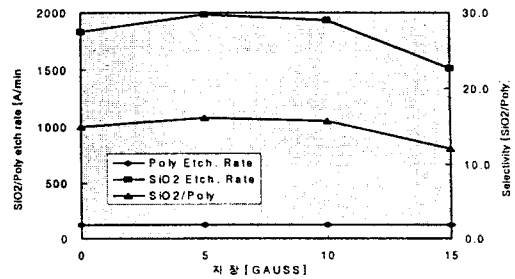


그림 7. 자장에 따른 산화막 식각 속도 및 선택도 (압력:5mTorr, RF power:800W, C₄F₈가스량:5sccm, Self Bias power:-120V)

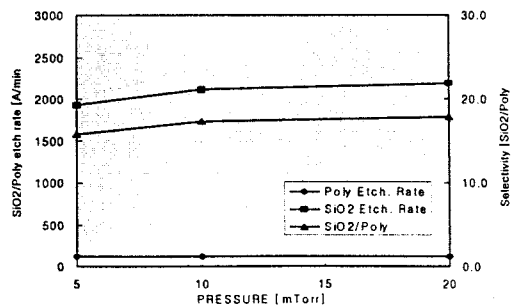


그림 8. 압력에 따른 산화막 식각 속도 및 선택도 (자장:10Gauss, RF power:800W, C₄F₈가스량:5sccm, Self Bias power:-120V)

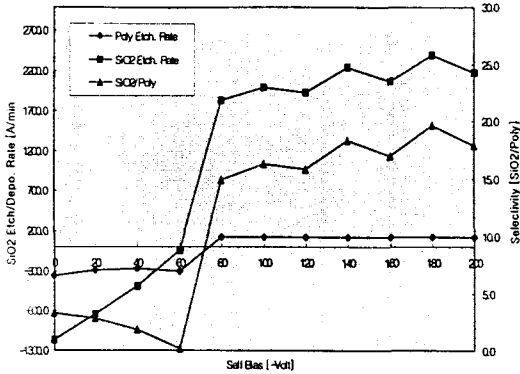


그림 9. Self Bias power에 따른 산화막 식각 속도 및 선택도 (압력:5mTorr, RF power:800W, C₄F₈가스량:5sccm, 자장:10Gauss)

1000 Å 그리고 그위에 Poly.를 3000 Å 증착시킨 시료를 C₄F₈ 가스를 사용하여 oxide etch rate와 polysilicon에 대한 선택도를 구하였다. 그림 6.은 antenna로 인가되는 RF power에 따라 식각 속도를 구한 결과로서 플라즈마 밀도와 유사하게 900W에서 수렴하고 있다. 그림 7.은 자장의 변화에 따른 결과로서 5Gauss에서 최대의 식각 속도를 나타내고 있다. 이는 밀도 측정과 같은 경향성을 보이고는 있으나 자장의 효과가 나타나지 않고 있는 결과이다. 그림 8.은 압력증가에 따른 식각 결과로서 압력증가에 따라서는 식각 속도 또한 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이 결과로 보아 앞에서 인가된 RF power에 대해서 식각 속도가 수렴하는 이유는 etchant가 충분하게 공급되지 않아 플라즈마 밀도가 수렴하는 것에 기인하는 것으로 사료된다. 즉, 따라서 압력이 증가한 경우는 에너지를 흡수할 etchant가 증가하여 식각 속도 및 밀도가 다소 증가하는 것으로 판단된다. 그림 9.는 기판에 인가된 자기 바이어스 전위에 따른 식각 결과로서 바이어스 전위를 -80 Volt. 이하로 하게되는 경우에는 기판에 충분한 에너지가 공급되지 않아서 오히려 증착 현상이 발생함을 보이고 있다

3. 결 론

평판형 ICP를 제작하고 double Langmuir probe를 이용하여 Ar 플라즈마에서 전자의 온도, 밀도를 측정하였고 oxide etch rate와 polysilicon에 대한 선택도를 구하였다. 실험 결과를 정리하면 아래와 같다.

- (1) Ar 가스 분위기에서 전자의 밀도가 10¹²/cm³ 이상이 되는 고밀도 플라즈마를 형성하였다.
- (2) 인가 전력 증가에 따라서 플라즈마 밀도 및 식각 속도가 증가한다.

- (3) 외부 자장을 인가할 경우 5Gauss에서 최대의 밀도 및 식각 속도를 보이고 있다.
- (4) 압력 증가에 따라 밀도 및 식각 속도가 증가하였다.
- (5) bias 전위를 -80 Volt. 이하로 할 경우에는 오히려 증착 현상이 발생하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이호준, "자화 유도 결합 플라즈마의 건식 식각 특성에 관한 연구", 서울대학교 공학박사학위논문, 1996
- [2] 윤차근, "자화된 평판형 유도결합 SF6 플라즈마의 특성 및 극저온 건식 식각에의 응용", 서울대학교 공학석사학위논문, 1996
- [3] S. Samukawa and S. Furuoya, Jpn. J. Appl. Phys. 32(1993), L1289