

유도결합 플라즈마(ICP) source로 생성된 plasma 특성의 공정 변수 영향

이상욱, 김훈, 임준영, 안영웅, 황인욱, 김정희, 지종열, 최준영, 이영종, *한승희
(주)에이디피엔지니어링, *한국과학기술연구원

The Effects of Processing Parameters of Plasma Characteristics by Induced Coupled Plasma Source

S.W. Lee, H. Kim, J.Y. Lim, Y.Y. Ahn, I.W. Whoang, J. H. Kim, J.Y. Ji, J.Y. Choi, Y.J. Lee *S.H. Ha
ADP Engineering, *Korea Institute of Science & Technology

Abstract : 반도체 소자의 소형화, 고집적화는 junction 깊이 감소와 도핑농도의 증가를 요구한다. 현재 상용화되는 도핑법은 이온빔 주입(Ion Beam Ion Implantation, IBI)인데, 이 방법은 낮은 가속에너지를 가하는 경우 이온빔의 전류가 급속히 감소해 주입 속도가 낮아져 대량 생산이 어렵고 장비가 고가라는 단점이 있다. 하지만 플라즈마를 이용한 이온주입법(Plasma Source Ion Implantation, PSII)은 공정 속도가 빠르고 제조비용이 매우 저렴해 새로운 이온주입법으로 주목받고 있다. PSII법에서 플라즈마 특성은 그 결과에 큰 영향을 미치므로 플라즈마 특성의 적절한 제어가 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 공정압력과 RF power를 변화시키며 플라즈마 밀도 측정했다. 그 결과 공정압력이 증가함에 따라서 플라즈마 밀도는 감소되었고 RF power 증가함에 따라서 플라즈마 밀도는 증가되었다.

Key Words : Induced Coupled Plasma(ICP), Plasma density, Pulse plasma

1. 서 론

반도체 소자의 소형화, 고집적화로 source/drain junction의 깊이 감소 및 도핑농도가 증가되고 있고 2010년에 junction 깊이는 6.5 nm, 도핑농도는 $8.9 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 을 요구하게 될 것이다[1].

현재 도핑용으로 상용되고 있는 IBI 장치는 낮은 가속 에너지를 가하는 경우 이온빔의 전류가 급속도로 감소하여 이온주입 속도가 매우 낮아지고[2] 공정 속도가 급감되어 대량생산이 불가능하다. 또 타겟 조절 장치(target manipulation)나 빔 스캐닝 장치 (beam scanning) 등이 장착되어 있어 고가의 제조공정으로 원가절감이 어려워지는 문제가 발생되고 있다[3]. 하지만 플라즈마를 이용한 PSII는 장치가 간소하고 저가이며, 높은 이온주입 속도를 갖는다. 또 넓은 면적에 균일하게 이온주입을 할 수 있고 다른 공정과 간편하게 결합할 수 있다는 장점이 있다[3]. PSII법은 플라즈마 특성에 의해 공정 결과가 크게 변함으로 플라즈마의 특성을 적절히 제어하는 기술이 필수적으로 요구된다.

본 연구는 플라즈마 이온주입 장비 및 ICP 플라즈마원을 자체 개발해 플라즈마 이온주입 공정 전 최적의 펄스 플라즈마 발생 조건을 도출해 내고자 Ar gas를 이용해 연속파(Continuous Wave, CW) mode에서 플라즈마 밀도 및 분포도를 측정하였다.

2. 실험

Fig. 1은 본 연구에 사용된 PSII 장비 사진이다.

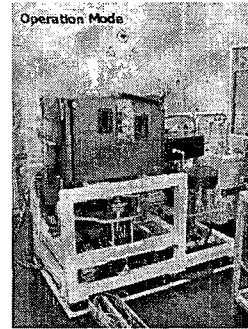


Fig.1 PSII equipments in this study

RF generator(IS40, TRUMPF KOREA, 13.56 MHz)로 ICP type의 플라즈마를 발생시켰다. 이때 공정 압력, RF power, Langmuir probe(SLP2000, PLASMA)의 위치 즉, stage의 중심으로부터 반경과 antenna-probe 거리를 변화시키며 플라즈마 밀도 및 분포도 변화를 측정했다. Table 1은 CW mode로 발생된 플라즈마의 공정 조건이다. 이때, Ar gas의 flow rate는 200 sccm으로 고정했고 각 공정 결과는 각각 10회 측정 한 평균값이다.

Table 1. Experimental conditions of CW plasma

Probe position(mm)		Pressure (mTorr)	RF power (KW)
Radius	Height		
Center	120	6	1
60	180	8	2
120	240	10	3
180	-	12	4
-	-	-	5
-	-	-	6
-	-	-	7

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 진공조 내에서 stage의 중심으로부터 반경을 변화시키며 측정된 플라즈마 밀도와 분포도를 나타낸 그래프이다. 이때 공정 압력은 8 mTorr, RF power 5 kW였다. Antenna-Probe의 거리가 120mm인 경우 높은 밀도가 측정되었지만 분포 편차가 컸고 240 mm인 경우 분포 편차는 낮은 반면 밀도가 낮았다. 또 stage 반경 증가에 따라 밀도가 크게 변함을 알 수 있었다. 180 mm에서는 높은 밀도와 분포도가 가장 균일하게 측정되었다. 따라서 이 후 실험은 antenna-probe 거리 180 mm에서 진행하였다.

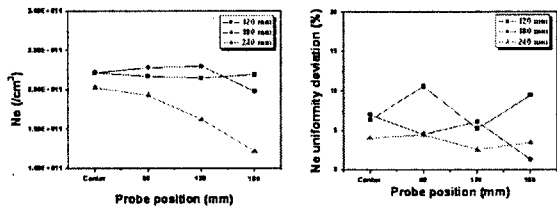


Fig.2 Characteristics of plasma by probe position

Fig. 3은 Antenna-probe 거리 180 mm, RF power 5 kW에서 공정압력 변화에 따른 플라즈마의 특성 변화를 나타낸 그래프이다. 공정압력이 증가함에 따라서 플라즈마 밀도는 감소하는 경향을 보였다. 밀도 분포도는 공정압력 8 mTorr에서 가장 균일하게 측정되었다. 공정압력과 RF power 관계에 의해 공정 가스의 이온화 정도가 달라지므로 이와 관련된 자세한 연구가 요구됨으로 RF power의 변화에 따른 플라즈마 밀도 변화를 연구하였다. Fig. 4는 Antenna-Probe 거리 180 mm, 공정 압력 8 mTorr에서 RF power 변화에 의한 플라즈마 밀도와 분포도를 나타낸 그래프이다. 그림에서 보듯이 RF power가 증가함에 따라서 플라즈마 밀도도 증가하였다. 또 RF power 1~2 kW에서 밀도가 급증하는 E-H 구간임을 확인 할 수 있었다. 플라즈마 밀도는 낮은 power 구간에서 넓게 분포하지만 power가 증가함에 따라서 좁아지는 경향을 나타내었다. 특히, 6 kW에서 가장 일정한 밀도분포를 측정할 수 있었다.

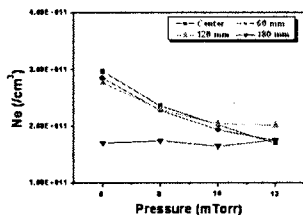


Fig.3 Characteristics of plasma by processing pressure

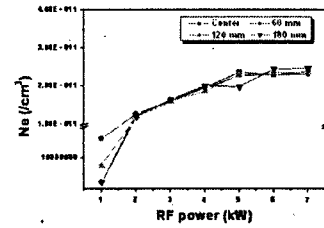


Fig.4 Characteristics of plasma by RF power

4. 결론

본 연구에서는 장비 및 ICP type의 플라즈마 발생장치를 자체 개발해 CW mode의 플라즈마 특성을 측정했다. 플라즈마의 특성에 미치는 공정 변수 효과를 알아보고자 공정 압력 및 RF power를 변화시킨 결과 ICP antenna-probe 거리가 180 mm 인 경우, 압력이 증가함에 따라서 플라즈마 밀도는 감소하는 경향을 보였고 RF power가 증가함에 따라서 플라즈마 밀도는 증가하였다. 이를 바탕으로 추후 펄스를 이용한 플라즈마 이온주입 공정을 위한 최적의 플라즈마 발생조건을 도출해 낼 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 논문은 산업자원부가 지원하는 국가 반도체연구개발 사업인 "시스템집적반도체기반기술개발사업(시스템IC2010)"을 통해 개발된 결과임을 밝힙니다.

참고 문헌

- [1] "International Technology Roadmap for Semiconductor," SIA, 2005.
- [2] X. Hong, "Introduction to semiconductor manufacturing technology", (Prentice Hall, New York, 2001)
- [3] F. LAllement et al., "Fabrication of N+/P ultra-shallow junctions by plasma doping for 65nm CMOS technology", Surf. Coat. Technol. 186 (2004) 17.