

# 고밀도 평판형 유도결합 BCl<sub>3</sub>/CF<sub>4</sub> 플라즈마에 의한 GaAs 계열반도체의 선택적 식각에 관한 연구

최충기, 박민영, 장수욱, 유승열, 이제원<sup>†</sup>, 송한정, 전민현  
인제대학교 나노공학부/나노기술응용연구센터

## Study of Selective Etching of GaAs-based Semiconductors using High Density Planar Inductively Coupled BCl<sub>3</sub>/CF<sub>4</sub> Plasmas

Chung-ki Choi, Min-young Park, Soo-ouk Jang, Seung-ryul Yoo, Je-won Lee<sup>†</sup>, Han-jung Song, Min-hyon Jeon  
School of Nano Eng./ Center for Nanoapplications Technology, INJE Univ.

**Abstract :** 이번 연구는 BCl<sub>3</sub>/CF<sub>4</sub> 플라즈마를 사용하여 반도체소자 제조 시 널리 이용되는 GaAs 계열반도체 중 대표적인 재료인 GaAs/AlGaAs 및 GaAs/InGaP 구조를 선택적으로 건식 식각한 후 분석한 것이다. 공정변수로는 ICP 소스파워를 0~500W, RIE 파워를 0~50W 그리고 BCl<sub>3</sub>/CF<sub>4</sub> 가스 혼합비를 중점적으로 변화시켰다. BCl<sub>3</sub> 플라즈마만을 사용한 경우(20BCl<sub>3</sub>, 20W RIE power, 300W ICP source power, 7.5mTorr)는 GaAs/AlGaAs의 선택비가 0.5:1이었으며 이때 GaAs의 식각률은 ~2200 Å/min이었으며 AlGaAs의 식각률은 ~4500 Å/min이었다. 식각 후 표면의 RMS roughness는 < 2nm로 깨끗한 결과를 보여주었다. 15% CF<sub>4</sub> 가스가 혼합된 17BCl<sub>3</sub>/3CF<sub>4</sub>, 20W RIE power, 300W ICP source power, 7.5mTorr의 조건에서 3분 동안 공정한 결과 순수한 BCl<sub>3</sub> 플라즈마만을 사용한 경우보다 표면은 다소 거칠었지만(RMS roughness:~8.4) GaAs의 식각률(~980nm/min)과 AlGaAs와 InGaP에 대한 GaAs의 선택도(GaAs/AlGaAs=16:1, GaAs/InGaP=38:1)는 크게 증가하였다. 그리고 AlGaAs 및 InGaP의 경우 식각 시 나타난 휘발성이 낮은 식각 부산물(AlF<sub>3</sub>:1300℃, InF<sub>3</sub>:1200℃)로 인하여 50nm/min 이하의 낮은 식각률을 보였고, 62.5%의 CF<sub>4</sub>가 혼합된 7.5BCl<sub>3</sub>/12.5CF<sub>4</sub>플라즈마의 조건에서는 AlGaAs 및 InGaP에 대한 GaAs의 선택도가 각각 280:1, 250:1을 나타내었다.

**Key Words :** Selective etching, GaAs, AlGaAs, InGaP, semiconductor, Dry Etching,

### 1. 서 론

반도체 기술은 정보통신기술과 더불어 21세기 고도의 정보 사회를 구현하기 위한 핵심기술로서 고부가가치 산업의 중심에서 대용량화, 고속화, 지능화, 다기능화의 방향으로 날로 발전하고 있다. 특히 III-V족 화합물반도체 소자는 실리콘 소자에 비해 높은 주파수의 이점을 가지기 때문에 무선통신과 1~100㎐ 범위에서 동작하는 군사용품에서 널리 적용되어 왔다. 그중에서 GaAs/AlGaAs와 GaAs/InGaP 구조의 공정 기술은 GaAs기반 반도체소자의 제작을 위해 매우 중요한 공정이다. 특히 GaAs/InGaP 이종접합구조는 GaAs/AlGaAs 구조에 비해 신뢰성, 저산화 그리고 전기적 특성의 뛰어난 이점 때문에 습식식각과 건식식각공정에 대해 활발히 연구되고 있다. 하지만 GaAs 계열 반도체 구조에서 GaAs 만 선택적으로 식각할 수 있는 공정에 대한 연구보고는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 GaAs 계열 반도체의 높은 선택적 식각을 구현하기 위하여 이온밀도와 이온에너지를 독립적으로 조절이 가능하다는 강점을 지닌 평판형 유도결합 BCl<sub>3</sub>/CF<sub>4</sub> 플라즈마를 이용한 연구를 수행하였다.

### 2. 실험

본 실험에서 사용된 AlGaAs와 InGaP 샘플은 각각 금속유기 화학기상증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)과 금속유기 분자선 증착법(Metal Organic Molecular Beam Epitaxy, MOMBE)을 이용하여 GaAs 기판위에 격자정합시켜 1μm 두께로 에피성장하였다. 이때 AlGaAs는 Si를 20% 포함하고 있는 Al<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As이고 InGaP은 In을 50% 포함하는 In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P이다. 각 샘플들은 1μm 두께의 감광막을 도포하여 패터한 후, 어노다이징 된 4인치 케리어 위에 올려놓고 실험하였다. 챔버 베이스압력은 Cold Cathode 게이지, 공정압력은 Baratron게이지로 측정하였고, 샘플 기판의 공정온도는 열교환기를 이용하여 항상 실온(25℃)을 유지하였다. 또한 공정 중 BCl<sub>3</sub> 가스의 응축을 막기 위해 가스라인은 열선을 사용하여 40℃ 이상을 유지하였다. 공정변수로는 ICP소스파워, RIE 파워, BCl<sub>3</sub>/CF<sub>4</sub>의 혼합비이고, 공정 후 적절한 식각깊이를 얻기 위하여 전체 공정시간은 3분으로, 공정압력은 7.5mTorr로 고정하였다. 공정 후 표면두께측정기(alpha-step 200, Tencor)를 사용하여 식각률을 측정하였고 표면특성을 평가하기 위해 FE-SEM(S-4300 SE, Hitachi)과 AFM(XE-100, PSIA)이 이용되었다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 20W RIE 파워, 300W ICP 소스파워, 7.5mTorr의 공정압력에서 BCl<sub>3</sub>와 CF<sub>4</sub> 혼합비에 따른

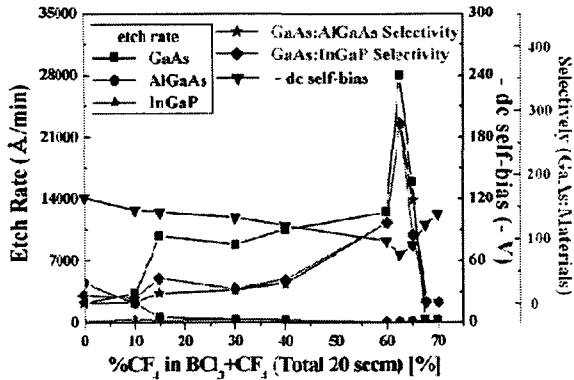


그림 1. BCl<sub>3</sub>/CF<sub>4</sub> 가스 조성에 대한 GaAs, AlGaAs, InGaP의 식각률과 GaAs의 선택도(300W ICP 소스파워, 20W RIE 파워, 7.5mTorr).

GaAs, AlGaAs, InGaP의 식각률과 AlGaAs, InGaP에 대한 GaAs의 선택도를 보여준다. CF<sub>4</sub> 가스의 혼합량이 증가함에 따라 GaAs의 식각률과 선택도가 증가하였으며 62.5% CF<sub>4</sub>가 혼합된 7.5BCl<sub>3</sub>/12.5CF<sub>4</sub> 가스조성비에서는 AlGaAs에 대한 GaAs의 선택도가 280:1, InGaP에 대한 GaAs의 선택도가 250:1로 최대 식각선택도를 나타내었다. 그리고 15% CF<sub>4</sub>가 혼합된 17BCl<sub>3</sub>/3CF<sub>4</sub>의 가스조성비에서는 높은 식각선택도(GaAs:AlGaAs=16:1, GaAs:InGaP =38:1)와 우수한 표면(RMS roughness:~8.4)을 동시에 얻을 수 있었다.

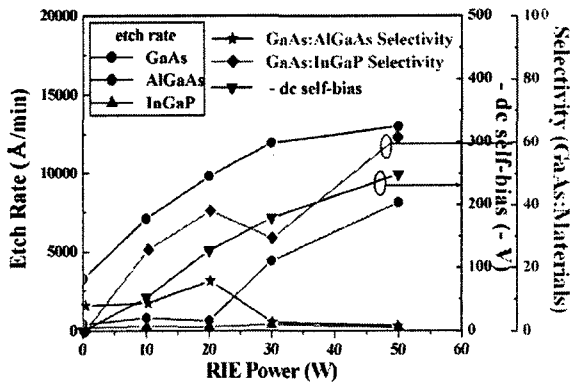


그림 2. RIE 소스파워에 대한 GaAs, AlGaAs, InGaP의 식각률과 GaAs의 선택도(300W ICP, 17BCl<sub>3</sub>/3CF<sub>4</sub>)

그림 2의 그래프는 17BCl<sub>3</sub>/3CF<sub>4</sub>, 300W ICP, 7.5mTorr 조건에서 3분 동안 공정 후 RIE 파워에 따른 GaAs, AlGaAs, InGaP의 식각률 그리고 GaAs의 선택도를 나타낸 그래프이다. RIE 파워가 증가함에 따라 이온에너지의 증가로 인하여 GaAs, AlGaAs의 식각률은 증가하였으며 InGaP의 경우는 거의 변화가 없었다.

그림 3은 17BCl<sub>3</sub>/3CF<sub>4</sub>, 300W ICP, 20W RIE, 7.5mTorr 조건에서 3분 동안 건식식각을 한 패턴이 된 GaAs의 SEM 사진이다. 사진에서 광광제는 패턴 위에 보존

되어 있다. 표면거칠기(RMS roughness : ~8.4nm)는 다소 거칠었지만 선택적 공정에 적합한 식각 선택비(GaAs:AlGaAs =16:1, GaAs:InGaP=38:1)를 나타내었다.

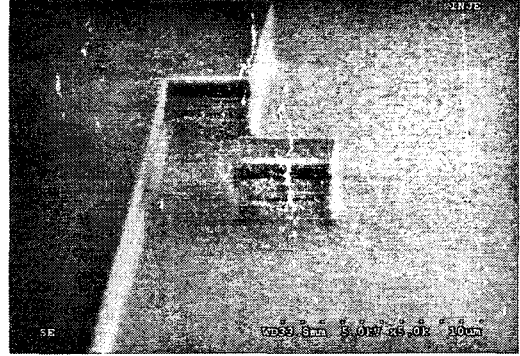


그림 3. 17BCl<sub>3</sub>/3CF<sub>4</sub>, 300W ICP 파워, 20W RIE 파워, 7.5mTorr에서 공정한 GaAs의 SEM 사진

#### 4. 결론

이번 실험에서는 GaAs 계열 반도체의 선택적 식각공정을 위해 고밀도 평판형 유도결합 BCl<sub>3</sub>/CF<sub>4</sub> 플라즈마를 이용하여 RIE 파워, ICP 소스파워, BCl<sub>3</sub>/CF<sub>4</sub> 혼합비에 따라 GaAs/AlGaAs 와 GaAs/InGaP 반도체들을 식각한 후 특성 분석을 하였다. 특히 15% CF<sub>4</sub>가 혼합된 17BCl<sub>3</sub>/3CF<sub>4</sub>, 20W RIE, 300W ICP, 7.5mTorr 공정조건에서는 AlGaAs, InGaP 에 대한 GaAs의 뛰어난 선택도(GaAs :AlGaAs =16:1, GaAs:InGaP=38:1)와 우수한 표면특성 (RMS roughness:~8.4nm, vertical angle >87°)을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 CF<sub>4</sub>의 혼합에 의한 이온보조효과 및 휘발성이 낮은 식각부산물 층이 형성되어 GaAs의 선택도가 증가한 것으로 판단된다. 결론적으로 본 연구에서는 GaAs 계열반도체의 선택적 식각을 위해 고밀도 평판형 유도결합 BCl<sub>3</sub>/CF<sub>4</sub> 플라즈마 공정을 개발하였으며 높은 선택비를 가진 결과를 얻을 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 2005년 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

#### 참고 문헌

- [1] R. J. Shul and S. J. Pearton, eds., Handbook of Advanced Plasma Processing Techniques (Springer, Berlin, 2000).
- [2] O. Wada, Microelectronics Reliability, 39, 1839 (1999).
- [3] S. R. Yoo, H. W. Ryu, W. T. Lim, J. W. Lee, G. S. Cho, M. H. Jeon, H. J. Song, J. S. Ko, J. S. Go, S. J. Pearton, Korean Journal of materials Research(2005)