



# 분자선 에피택시 분야 특허동향보고서



박 창 우  
조사분석3팀

## 보고서 작성 목적 및 배경

에피택시(Epitaxy) 기술이란, 단결정으로 이루어진 웨이퍼 상에 얇은 박막결정을 성장시키는 결정성장방법 중 하나로, 이 과정에서 기판은 그 위에 새로운 결정을 성장시키는 시드 결정(seed crystal)이 되며, 새로운 결정은 기판과 같은 결정구조 및 방향성을 가진다. 이렇게 기판 웨이퍼 위에 같은 방향성을 갖는 단결정 막을 기르는 기술을 에피택셜 성장(epitaxial growth) 또는 에피택시(epitaxy)라 한다.

에피택시는 성장되는 결정이 기판 결정과 같은 물질인 경우인 호모 에피택시(homoepitaxy)와 결정들이 서로 유사한 격자구조를 갖지만 다른 물질인 경우인 헤테로 에피택시(heteroepitaxy)로 구분된다.

최근에는 단결정 기판 위에 다른 물질 재료의 단결정 박막을 헤테로 에피택시로 성장시키는 기술의 중요성이 부각되고 있다.

예를 들면, MgO 단결정 기판 위의 고온 초전도 박막이나 초전 박막의 형성 혹은 단결정 Si 기판 상의 SiC, 다이오드 혹은 화합물 반도체 박막 형성 등을 들 수 있다. 헤테로 에피택시 기술에서는 박막의 결정구조가 기판의 결정 구조와는 달리 격자 상수 불일치가 발생하기 때문에 박막 성장 초기에는 박막 구조가 교란되기 쉽다. 그 때문에 헤테로 에피택시에서는 기판 표면에 버퍼층이나 조성을 서서히 박막 조성에 근접시킨 경사층을 형성하는 경우

도 있다.

막의 표면에 적절한 원자를 공급하기 위하여 다양한 방법이 사용된다.

현재 주로 사용되고 있는 방법에는 액상 에피택시(liquid phase epitaxy; LPE), 기상 에피택시(vapor phase epitaxy; VPE), 그리고 분자선 에피택시(molecular beam epitaxy; MBE) 등이 있고 이러한 성장방법들에 의해 Si와 GaAs를 포함하는 광범위한 반도체 박막 결정들이 키워지고 있다. 특히 화합물 반도체를 이용한 전자 및 광전자 소자의 구현에 있어 에피택시 공정은 필수적인 공정이라 하겠다.

상기 열거한 에피택시 기술 중 여타의 에피택시 기술에 관한 특허 출원은 1990년을 기점으로 하향 추세를 보이고 있으나, 분자선 에피택시(molecular beam epitaxy; MBE) 기술은 화합물 반도체 디바이스의 연구 진전, 반도체의 박막화 및 다층 구조화 등의 기술적 추위와 함께 점차 기술 개발에 대한 관심이 증대되어, 특허 출원의 수도 늘어가고 있는 추세이다. 이러한 특허 기술적 경향에 부합하여 분자선 에피택시(MBE)의 기술 및 출원 동향에 대한 논의를 진행하고자 한다.

## 분자선 에피택시

### (molecular beam epitaxy ; MBE)

분자선 에피택시(molecular beam epitaxy ; MBE)란 초진공실(10torr 이하) 안에서 원료물질을 가열하여 증발시킨 분자 빔으로 기판 위에 단결정을 성장시키는 에피택시 방법이다.

이 기술은 1970년대 고순도 반도체 성장을 위한 공정법



〈그림 1〉 Heteroepitaxy 관련도

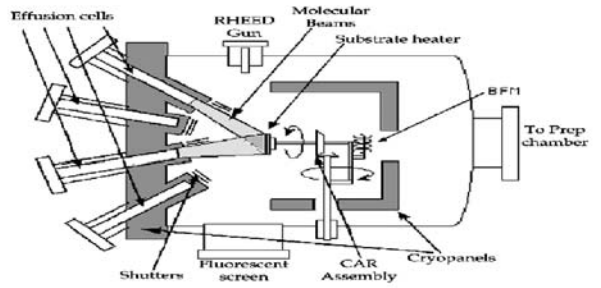
으로 소개되기 시작하여 연구용 뿐만 아니라 생산 관련 공정 기술에서도 금속, 절연체, 초전도체 등의 에피택셜 층을 형성하는 범용한 기술로 자리잡아 가고 있다.

이 방법으로는 초진공하에서 박막이 성장하기 때문에 불순물이 적고, 실리콘뿐만 아니라 불과 몇 개의 원자층 정도의 두께밖에 안 되는 매우 얇은 결정막의 성장, 초격자 구조 및 복잡한 다층구조막을 제어하면서 만들 수 있어 정밀성과 활용범위가 넓다는 것이 특징이 있다. 때문에 화합물 반도체 발전과 함께 유용한 공정 기술로 평가 받고 있으나, 여타의 에피택시 기술에 비하여, 박막 성장 속도(lower growth rate) 및 웨이퍼 탑재 용량(lower wafer capability)이 낮아 대량화 설비의 생산 수율에 적합하지 않고, 장치가 고가이며 복잡하다는 문제점을 가지고 있다.

### 분자선 에피택시의 특징

- 1) 낮은 성장 속도 (evaporation at very low deposition rates)
- 2) 낮은 웨이퍼 탑재 용량 (lower wafer capability)
- 3) 초진공 상태 (typically in ultra-high vacuum)
- 4) 고가 및 제어의 용이성 (expensive and very well controlled)
- 5) 양질의 결정구조 (grow films with good crystal structure)
- 6) 다수의 소스 사용 (often use multiple sources to grow alloy films)
- 7) 낮은 기판 온도 (deposition rate is so low that substrate temperature does not need to be as high)

현재 고전자 이동도 트랜지스터(high electron mobility transistor)등과 같은 초고속 트랜지스터의 제조나 양자효과를 연구하기 위한 초격자 소자를 만드는 데 널리 쓰이고 있으며, 반도체 표면 연구에도 유용하여 향후 유기금속화합물을 원료로 하여 원료 기체 간의 화학반응을 이용한 기판 위에 반도체의 단결정 박막을 형성하는 유기금속화학 기상 증착법(organic metal chemical vapor deposition/OMCVD)과 함께 화합물 반도체 제작에 유망한 기술로 관심을 받고 있다.

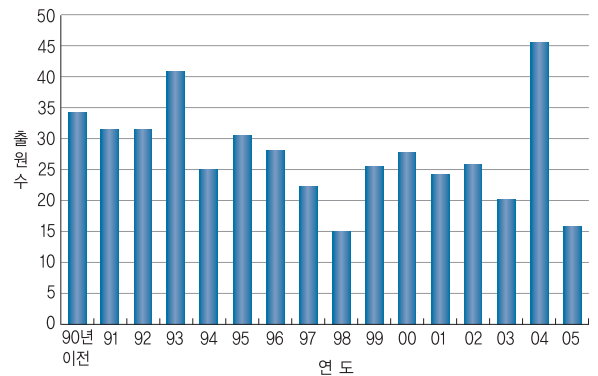


〈그림 2〉 MBE system 개략도

## ■ 한국의 특허동향

### 1. 국가별 특허동향

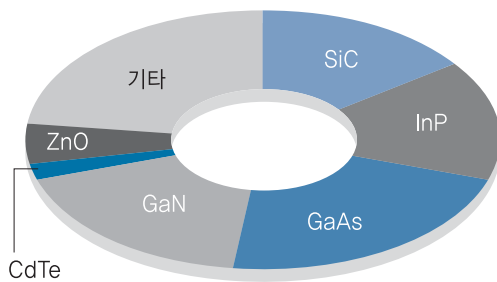
- 분자선 에피택시(molecular beam epitaxy; MBE) 기술과 관련한 한국의 특허 출원은 총 447건 (미공개 제외)으로 조사되었다.
- 한국의 MBE 관련 특허는 1990년을 기점으로 2004년 까지 꾸준한 양의 출원이 이루어지고 있다.
- 2004년 및 2005년의 특허 건수 산정에서 미공개 데이터가 누락되어 있으므로, 해당 연도 산출량은 근사치이며, 특히 2005년의 경우 그 차이가 더욱 심하여 유효 데이터로서의 적절성 여부가 분명치 못하다.
- 한국의 MBE 관련 특허는 MBE system 개선과 관련한 출원보다는 원료 물질의 결정 성장을 위한 절차에 관한 출원이 다수를 이룬다.  
(MBE system 관련 출원 : 총 447 건 중 21 건)



〈한국 연도별 출원수〉

## 2. 기술별 특허동향

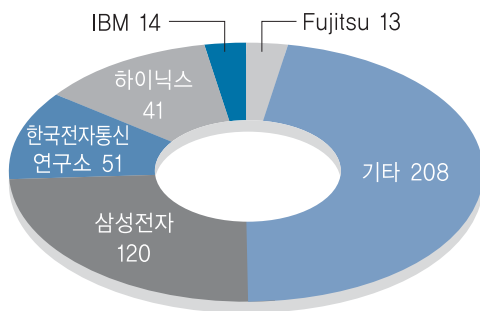
- 한국의 특허 문헌을 통해 본 MBE가 적용되는 원료 물질별 비율은 GaAs, GaN, InP, SiC 등의 순이며, 특히 갈륨계 화합물의 결정 성장과 관련된 비중이 과반수 정도를 차지하고 있다.
- 대다수 III - V 족 화합물 반도체 결정 성장 방법으로 MBE가 차용되고 있음을 보여준다.
- 하기 그래프 상 기타 원료 물질로는 언급된 물질 이외의 III - V 족 물질, Si 기판 및 사파이어 등의 결정 성장 등이 있다.



〈한국 MBE 원료별 출원 비율〉

## 3. 연구주체별 특허동향

- 한국의 MBE 관련 출원의 경우 상위 5개사가 출원량의 과반수 이상을 차지하고 있으며, 3개의 국내 업체와 2개의 외국 업체가 포함되어 있다.
- 삼성전자의 출원 비중이 120건(약 27%)으로 가장 많으며, 이후 한국전자통신연구소가 51건(약 11%), 하이닉스 반도체가 41건(약 9%), IBM이 14건(약 3%), Fujitsu가 13건(약 3%) 등으로 나타났다.



〈한국 출원인별 출원수〉

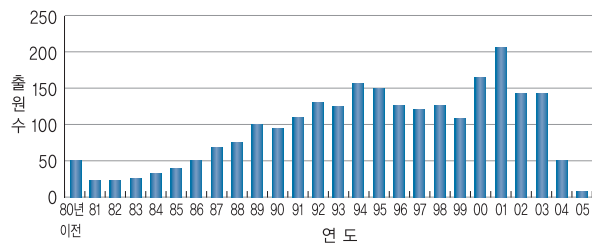
- 한국의 MBE 관련 출원의 경우 상위 3개 업체의 출원 비율이 높은 편(약 47%)으로, 국내 반도체 대기업

을 중심으로 한 출원 편중 및 의존도가 높은 것으로 나타났다.

## ■ 미국의 특허동향

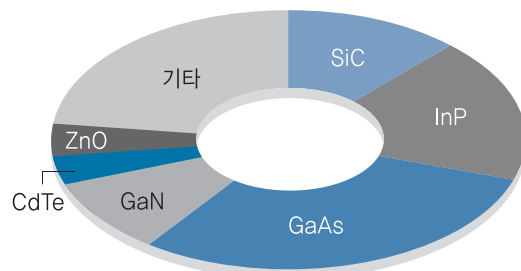
### 1. 국가별 특허동향

- 분자선 에피택시(molecular beam epitaxy; MBE) 기술과 관련한 미국의 특허 출원은 총 2469건 (미공개 제외)으로 조사되었다.
- 미국의 MBE 관련 특허는 1980년 이후부터 1995년까지 꾸준한 증가 추세를 보이며, 이후 연간 100건 이상의 일정량 이상의 출원이 이루어지고 있다.
- 2004년 및 2005년의 특허 건수 상정에서 미공개 데이터가 누락되어 있으므로, 해당 연도 산출량은 근사치이며, 특히 2005년의 경우 그 차이가 더욱 심하여 유효 데이터로서의 적절성 여부가 분명치 못하다.
- 미국의 MBE 관련 특허는 출원의 양적인 면에서 한국에 비해 상대적으로 높은 수치이며, 일본과 비슷한 수치를 보이고 있다.



〈미국 연도별 출원수〉

### 2. 기술별 특허동향



〈미국 MBE 원료별 출원 비율〉

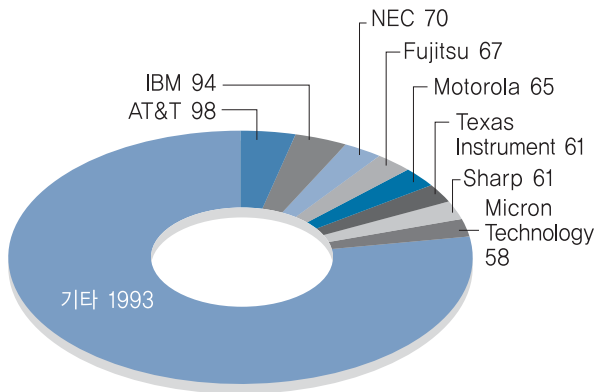
- 미국의 특허 문헌을 통해 본 MBE가 적용되는 원료 물질별 비중은 GaAs, InP, GaN, SiC 등의 순이며,

특히 갈륨계 화합물의 결정 성장과 관련된 비중이 과반수 정도를 차지하고 있다.

- 대다수 III - V 족 화합물 반도체 결정 성장 방법으로 MBE 가 차용되고 있음을 보여준다.
- 하기 그래프 상 기타 원료 물질로는 언급된 물질 이외의 III - V 족 물질, Si 기판 및 사파이어 등의 결정 성장 등이 있다.

### 3. 연구주체별 특허동향

- 미국의 MBE 관련 출원의 경우 50 건 이상 출원을 한 상위 8개사의 출원량이 전체의 19% 정도이며, 상위 출원인은 미국 및 일본 민간 기업들이 차지하고 있다.
- AT&T의 출원 양이 98건(약 4%)으로 가장 많으며, 이후 IBM이 94건(약 4%), NEC 가 70건(약 3%), Fujitsu가 67건(약 3%), Motorola가 65건(약 3%), Texas Instrument와 Sharp가 61건(약 2%), Micron Technology가 58건(약 2%) 등으로 나타났다.
- 미국의 MBE 관련 출원의 경우 상위 8개 업체들의 출원량이 특정 출원인에 편중되지 않으며, 50건 미만의 기타 부류에 포함된 출원인이 차지하는 비중이 80%(1,993건) 가량으로 나타나 다양하고 고른 출원인 분포를 보이고 있다.



〈미국 출원인별〉

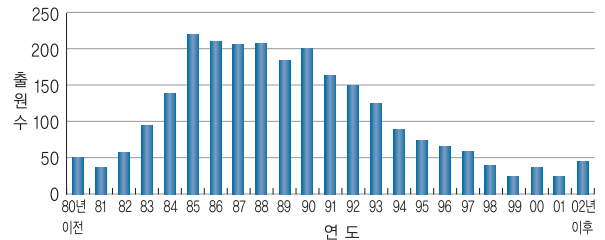
## 일본의 특허동향

### 1. 국가별 특허동향

- 분자선 에피택시 (molecular beam epitaxy; MBE)

기술과 관련한 일본의 특허 출원은 총 2,502건 (미공개 제외)으로 조사되었다.

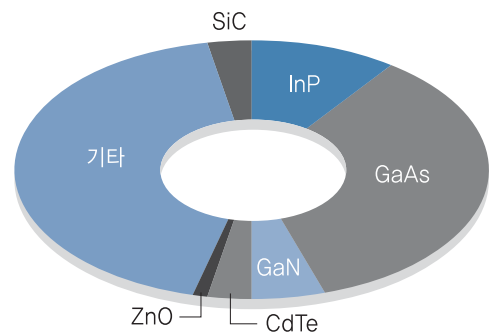
- 일본의 MBE 관련 특허는 1985년에서 1990년 까지의 일정한 출원량의 분포를 보이다 1991년을 기점으로 양적인 면에서 감소하고 있는 경향을 보였다.
- 2004년 및 2005년의 특허 건수 산정에서 미공개 데이터가 누락되어 있으므로, 해당 연도 산출량은 근사치이며, 특히 2005년의 경우 그 차이가 더욱 심하여 유효 데이터로서의 적절성 여부가 분명치 못하다.
- 일본의 MBE 관련 특허는 출원의 양적인 면에서 한국에 비해 상대적으로 높은 수치이며, 미국과는 비슷한 수치를 보이고 있다.



〈일본 연도별 출원수〉

### 2. 기술별 특허동향

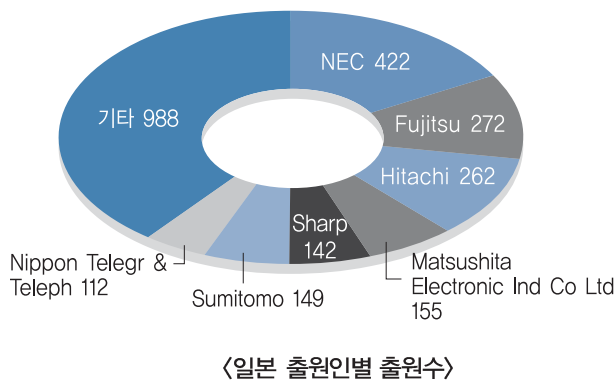
- 일본의 특허 문헌을 통해 본 MBE가 적용되는 원료 물질별 비중은 GaAs, InP, GaN, SiC 등의 순이며, 특히 갈륨계 화합물의 결정 성장과 관련된 비중이 과반수 정도를 차지하고 있다.
- 대다수 III - V 족 화합물 반도체 결정 성장 방법으로 MBE 가 차용되고 있음을 보여주고 있다.
- 하기 그래프 상 기타 원료 물질로는 언급된 물질 이외의 III - V 족 물질, Si 기판 및 사파이어 등의 결정 성장 등이 있다.



〈일본 MBE 원료별 출원 비율〉

### 3. 연구주체별 특허동향

- 일본의 MBE 관련 출원의 경우 100건 이상을 출원한 상위 7개사가 출원량의 약 60%를 차지하고 있으며, 모두 일본 업체로 이루어져 있다.
- NEC의 출원 비중이 422건(약 17%)로 가장 많으며, 이후 Fujitsu가 272건(약 11%), HITACHI가 262건(약 10%), MATSUSHITA ELECTRIC이 155건(약 6%), Sharp가 142건(약 6%) SUMITOMO ELECTRIC이 149건(약 6%), NIPPON TELEGR & TELEPH가 112건(약 4%) 등으로 나타났다.
- 일본의 MBE 관련 출원의 경우 상위 7개 업체의 출원 비율이 높은 편(약 60%)이며, 이들을 중심으로 30개의 업체가 10건 이상 출원한 것으로 조사되어 다양한 출원인 분포를 이루고 있다.



### 결어

한국, 미국, 일본을 중심으로 분자선 에피택시 관련 특허 동향을 살펴보았다.


한국의 경우 MBE 관련 출원 양에서도 미국 및 일본과

비교하여 1/5 수준인 것으로 나타났다.

또한, 국내에 출원된 대부분의 특허 역시 외국 출원인에 의한 것으로, 실제 10건 이상 출원한 국내 업체 및 기관은 3곳에 지나지 않았다.

반면, 미국의 경우 50건 이상을 출원한 상위 8개 업체 중 5곳이 미국, 3곳이 일본 업체로 조사되었으며, 일본의 경우 100건 이상을 출원한 상위 7개 업체가 모두 자국 기업으로 나타나 한국의 특허 상황과는 다르게 양적으로 활발한 활동을 보이고 있는 것으로 확인되었다.

특히, MBE system과 관련된 특허로만 범위를 한정하였을 때에는 그 차이가 심화되어 국내 출원의 경우 21건으로, 미국(700여 건) 및 일본(1,000여 건)과는 급격한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

초격차 소자 및 유기 금속 화합물 등 새로운 반도체 분야의 적용 기술로 주목 받고 있는 MBE 기술의 위상에 비교하여, 비메모리 반도체 세계 1위국이라는 국내 업체 및 연구 기관들의 미래를 대비하는 MBE 기술에 대한 특허적 관심에 아쉬움을 갖는다. 

### ■ 참고문헌

#### • 국내문헌

- 1) 김봉렬, 「분자선 에피택시, 전자공학회집지 제110권 5호, 대한전자공학회 1983.
- 2) 박병우 외, 「반도체 공정 교육, 서울대학교 반도체 공동 연구소, 2001.
- 3) 특허청 반도체 심사담당관실 2002 신기술동향보고서 「박막트랜지스터, 특허청, 2002.
- 4) 특허청 반도체 심사담당관실, 2003 신기술동향보고서 「반도체 제조용 증착기술, 특허청, 2003.

#### • 국외문헌

- 1) Fernando Rindl, Basics of Molecular Beam Epitaxy, Annual Report 2002 Optoelectronics Department, University of Ulm, 2002.

#### • 웹사이트

<http://www.kipris.or.kr>