

# Nano 스케일 부품 제조용 In-Line 시스템의 특허동향 분석에 관한 연구

김성민\*, 고준빈#, 박희상\*\*

## Research for Patent Application Tendency in the In-Line System Manufacturing for Component of Nano Scale

Seung Min Kim\*, Jun Bin Ko# and Hee Sang Park\*\*

### ABSTRACT

This research considered that the significance of the NT(Nano Technology) which gradually increased the importance of it and investigated the technology development current situation of the Korea, U.S.A, Japanese, Europe. Therefore, in domestic and foreign, this research was widely used. It includes the tendency of the technology about processing methods using the ion beam and electron beam among the In-line system related technique field for the high efficiency energy beam application nano scale manufacturing components. The technique level of Korea, the international trend of technology and cooperation research present condition are dealt in. The information about the checked out of business of research and development of the country consistency and policy establishment try to be provided.

**Key Words** : Nano Technology (나노 기술), Ion Beam (이온빔), Electron Beam (전자빔)

### 1. 서론

나노 물질은 100nm 이하의 입자 혹은 결정 크기를 가지는 재료를 의미하며 섬유, 박막 및 초미립 분자 재료로 구분될 수 있다. 구성물질의 특정 크기가 작아짐에 따라 단위 체적당 비표면적이 월등히 증가하는 표면효과에 의하여 기존 마이크론 크기 물질의 성질과는 전혀 다른 우수한 물리적, 화학적, 전기적 및 자기적 특성이 나타나는 것으로 알려져 있다.<sup>1-6</sup> 본 연구에서는 상기와 같은 나노 스

케일 부품을 제조하는데 있어 고효율의 에너지 빔을 이용한 In-Line 시스템을 개발하기 위한 전 단계로써 NT(Nano Technology) 관련 기술 분야의 한국, 미국, 일본, 유럽의 기술 개발 현황을 살펴보고자 한다. 고효율 에너지빔 응용 Nano 스케일 부품 제조용 In-line 시스템과 관련된 기술들은 전반적으로 미국 및 일본에 의해 주도되어 가고 있는 경향이 심했으며, 전반적인 기술이 최근에 들어 더욱 활발히 개발되어지고 있는 만큼, 국내에서도 연구개발을 통해 일본 및 미국과의 기술 격차를 줄이고, 기

접수일: 2007년 12월 14일; 게재승인일: 2008년 3월 16일

\* 특허청 제어기계심사팀

# 교신저자: 국립 한밭대학교 기계설계공학과

E-mail: kjb1002@hanbat.ac.kr Tel. (042) 821-1833

\*\* 충남대학교 기계공학과 대학원 BK21메카트로닉스 사업단

술 잠식을 방지하며, 나아가 그들보다 앞선 진보된 기술 개발을 수행하여 고효율 에너지빔 응용 Nano 스케일 부품 제조용 In-line 시스템에서 선도적인 지위를 차지할 수 있도록 하는 것이 바람직할 것이다.<sup>7-11</sup>

## 2. 기술분류 및 특허검색 결과

### 2.1 기술분류

본 논문에서는 연구 성과의 파급효과 및 연구의 필요성을 고려하여 Table 1과 같이 선택된 7개의 연구기획 기술 분야를 특허분석대상으로 하였으며, 2006. 12. 31 까지의 한국, 일본, 유럽 공개특허와 2007. 04. 31 까지 미국등록특허를 분석 대상으로 하였다. 전체 특허 건수의 산정은 각각의 소분류에 의한 검색 결과를 종합하여 도출하였다.

Table 1 Classification of technology

Ion beam	multi ion source
	multi open ion beam
	3D ion beam processing
	partial ion injection
Electron beam	maskless electron beam lithography(EBL)
	multi column EBL
	electron beam 3D shape measurement

### 2.2 특허검색 결과

Table 1의 기술분류에 의한 특허검색결과 Table 2와 같이 99건의 한국공개특허, 435건의 일본공개특허, 61건의 유럽공개특허 및 315건의 미국등록특허가 검색되었다. 미국의 경우 2001년 이후 특허공개제도를 도입함에 따라 2001년 이전의 특허 공개 건수는 검색할 수 없으므로 전체 분석구간에 걸쳐 등록특허를 검색하여 분석하였다.

## 3. 연도별 전체 특허동향

Fig. 1에서 보이는 바와 같이 고효율 에너지빔 응용 Nano 스케일 부품 제조용 In-line 시스템 개발 분야는 전반적으로 상승세를 나타내고 있으나 국가에 따라 최근 출원건의 추이가 상승세 또는 하락세를 보이는 편차가 있으며, 일본은 1993년에 출원이

Table 2 Search result of prior parts in nano scale components

Data classification	Nation	Period	Result
a patent application	Korea	1900~2006	99
	Japan	1900~2006	435
	Europe	1900~2006	61
Registration	U.S.A	1900~2007	315
Total			910

급격하게 하락하는 조정기를 거쳐 상승세를 보이다가 최근에는 다시 하락세로 전환되는 것으로 나타났다.

미국특허는 전반적으로 증가추세를 보이고 있으나, 2001년을 기점으로 증가와 하락이 반복되고 있으며, 특히 2003년부터 2005년까지의 특허등록 추이는 심한 편차를 보이고 있다. 특히, 2003년에는 43건의 특허등록이 이루어져 전년대비 76.9%에 이르는 급격한 등록 증가세를 보이는 반면 이듬해인 2004년에는 22건의 등록을 보여 전년대비 80.7%의 감소세를 보여 특허등록 추이에 있어 편차의 폭이 급격하게 요동치는 동향을 보이고 있다. 또한, 2006년에는 34건의 특허등록이 이루어져 높은 편차를 보이는 특허 등록 추이가 지속되고 있는 것으로 나타났다.

일본 특허는 1993년 이후 급격한 출원감소를 보이다가 2005년까지 꾸준한 증가세를 나타내고 있다. 특히, 1993년 33건에서 15건의 특허출원으로 급격한 출원 감소세를 보인 일본은 이후 1995년부터 2004년까지 다소의 기복이 있으나 꾸준한 증가세를 보여 1993년 수준의 출원건수에 근접하였다. 이후 2005년은 14건이 출원되어 전년의 33건의 출원과 비교하여 전년대비 50%의 감소세를 보여 다시 급격한 감소세를 보이는 것으로 나타났다.

한국과 유럽은 일본과 미국과 비교하여 상대적으로 적은 출원분포와 함께 출원 증가세도 높지 않으나 대체로 출원의 증가세를 지속하고 있는 것으로 파악되었다.

점유율에서 일본과 미국이 전체 910건 중 각각 435건 및 315건을 차지하여 47%와 35%의 점유율을 보여 전체 80% 이상이 일본과 미국에 집중되어 있는 반면, 한국과 유럽은 각각 99건과 61건의 출원을 점유하여 전 세계 출원점유율의 17.6%만을 점유하고 있어, 일본과 미국이 관련 기술을 주도하고 있는 것으로 분석되었다.

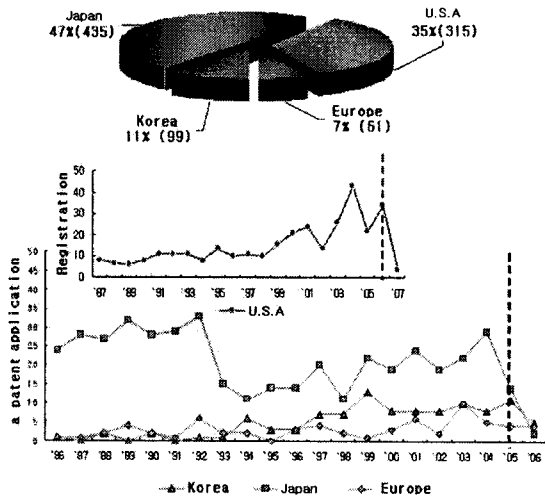


Fig. 1 Country special permission share of high effectiveness energy beam application Nano scale parts manufacture In-line system field and special permission number of item

#### 4. 국가별 특허 동향 및 점유율

##### 4.1 한국특허에서의 국가별 특허동향

Fig. 2에서 보이는 바와 같이 한국특허에서 고효율 에너지빔 응용 Nano 스케일 부품 제조용 In-line 시스템 개발 분야는 외국인의 출원시점이 한국인의 출원시점보다 다소 앞선 것으로 보인다. 전체적으로 내국인과 외국인의 출원비중은 비슷한 분포를 나타내고 있다. 1986년부터의 출원분포를 보면 외국인의 출원이 한국인의 출원 보다 5년 정도 앞서 출원되고 있으나 그 비중이 미약하였고, 한국인의 출원은 1990년대 초반부터 시작되어, 1990년대 중반이후 지속적인 성장을 나타내고 있다.

외국인에 의한 출원은 한국의 출원시점과 맞물려 다소 앞서는 증가세를 보이다가 1999년을 기점으로

으로 지속적인 하향세를 보여 한국인의 출원점유 비율과 비슷한 분포를 나타내고 있다. 외국인의 국적을 살펴보면 일본이 33건을 출원하여 전체 33.3%의 점유율을 보여 가장 높은 비중을 차지하고 있고, 뒤이어 미국이 13건, 네덜란드가 3건, 독일이 2건을 출원하였으며, 일본과 미국의 비중이 큰 것으로 파악되었다.

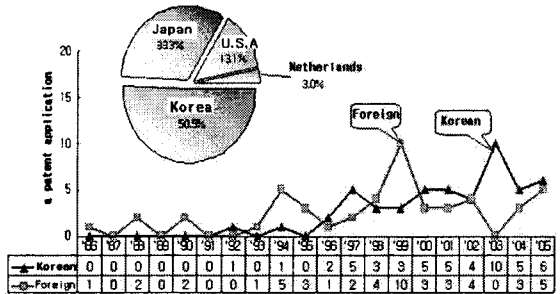


Fig. 2 Yearly patent application tendency of native and foreigner in Korea

##### 4.2 미국특허에서의 국가별 특허동향

Fig. 3에서 보이는 바와 같이 미국특허에서의 국가별 특허동향을 살펴보면, 미국이 분석구간 전체 등록특허 315건 중 169건을 차지하고 있어 53.7%의 점유율을 보여 자국민의 등록비율이 외국인의 등록비율을 앞서고 있다.

미국의 외국인 등록동향을 보면 일본이 100건을 등록하여 31.7%의 점유율 보이고 있고, 그 뒤를 독일 14건, 네덜란드 7건, 대만 5건의 등록 추이를 보이고 있어 일본이 미국특허의 외국인 점유율에서 가장 높은 점유율을 차지하고 있는 것으로 파악되었다.

미국특허는 1990년대 초반까지 외국인의 등록보다 자국민의 등록 추이가 높게 나타났으나, 그 후부터 2000년 초반까지는 외국인의 등록추이가 다소 높게 나타났으며 이후에는 다시 자국민의 등록이 증가세를 보여 자국민의 출원비중이 외국인보다 높은 현재의 추이를 유지하고 있다.

외국국적의 등록특허 분포를 살펴보면 다양한 국적을 가진 등록특허들이 확인되고 있는데, 이는 1990년대 초반이후 외국국적의 등록특허의 비중이 자국민의 등록특허 비중을 앞서면서 이 시기에 다수의 나라로부터 출원된 등록특허의 증가에 따른 결과로 예상된다.

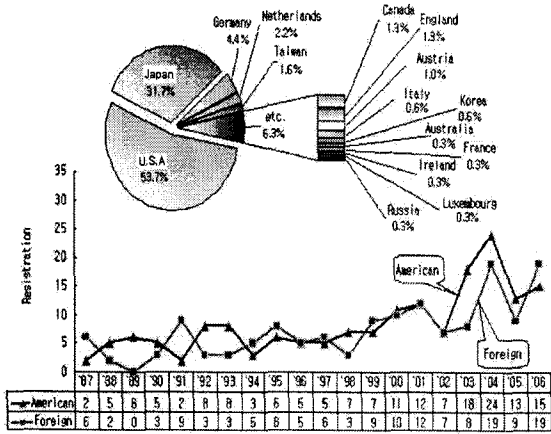


Fig. 3 Yearly patent application tendency of native and foreigner in U.S.A

### 4.3 일본특허에서의 국가별 특허동향

Fig. 4에서 보이는 바와 같이 일본은 전 세계의 특허 점유율에서도 가장 높은 점유율을 나타내고 있는 동시에 일본에서의 특허 점유율 또한 매우 높아 97%라는 압도적인 특허 점유율을 나타내고 있다. 일본특허에서는 미국의 출원이 8건(1.8%)으로 매우 낮은 비중을 보이고 있는 것으로 파악되었으며, 다른 나라의 출원 분포는 정량적인 데이터 산출에 대한 의미를 부여하기 어려울 정도로 미약하게 분포되어 있는 것으로 나타났다. 특히, 독일 0.5%, 프랑스, 영국, 한국이 각각 1건의 특허를 출원하여 0.2%라는 매우 낮은 점유율 분포를 보이고 있어 일본에서 외국인에 의한 특허 영향력이 매우 낮은 것으로 파악되었다.

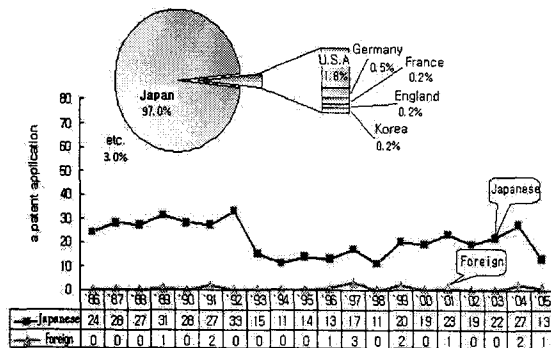


Fig. 4 Yearly patent application tendency of native and foreigner in Japan

### 4.4 유럽특허에서의 국가별 특허동향

Fig. 5에서 보이는 바와 같이 유럽특허에서는 비유럽인의 특허출원 분포가 유럽인의 특허출원 분포를 크게 앞서는 것으로 파악되며, 특히, 일본, 미국의 특허점유율이 높게 나타났다.

일본은 유럽특허에서 32건을 출원하고 있어 유럽 전체 특허의 52.5%라는 매우 높은 점유율을 나타내며, 미국은 21건의 특허출원으로 32.4%의 점유율을 차지하여 일본과 미국이 유럽에서의 특허 점유율 80% 이상을 점유하는 동시에 비유럽인의 특허출원 점유율에서도 높은 비중을 점유하고 있는 것으로 나타났다.

또한, 유럽인 특허출원은 독일 3건(4.9%), 네덜란드 3건(4.9%), 영국 1건(1.6%)을 출원하여 매우 미미한 활동을 나타내고 있는 것으로 파악되었다. 한국은 유럽에서도 1건의 특허출원을 보여 일본에 이어 유럽에서의 특허출원 또한 저조한 것으로 파악되었다.

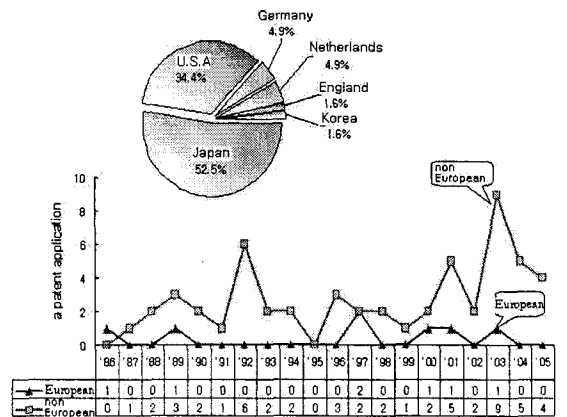


Fig. 5 Yearly patent application tendency of native and foreigner in Europe

## 5. 세부 기술의 연도별 특허동향

### 5.1 한국의 세부 기술 분야별 출원동향

Fig. 6에서 보이는 바와 같이 한국의 기술 분야별 출원동향을 살펴보면 전반적으로 이온빔 가공장비의 비중이 전자빔 가공장비의 비중보다 높은 것으로 파악되며 각 세부기술에 대한 연도별 추이를 보면 다소 기복이 심하게 발생되고 있으나 모든 기술 분야가 증가추세를 보이고 있다.

이온빔 가공장비는 55건이 출원되어 전체 99건 중 56%의 점유율을 보이고 있고, 전자빔 가공장비는 44건으로 44%의 점유율을 나타내고 있다.

또한, 이온빔 가공장비에 대한 세부기술별 점유

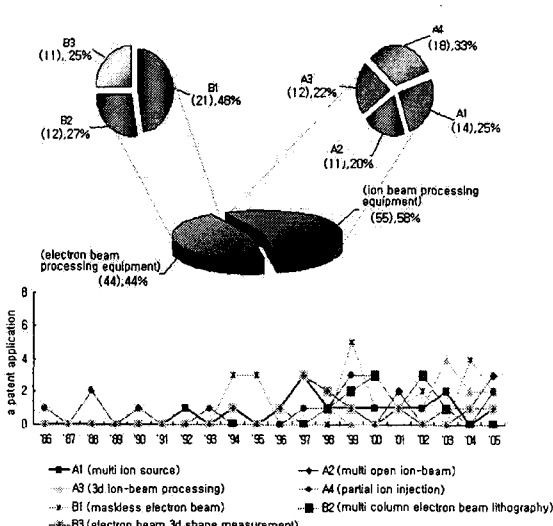


Fig. 6 In-line system for Korean high effectiveness energy beam application of Nano scale parts manufacture

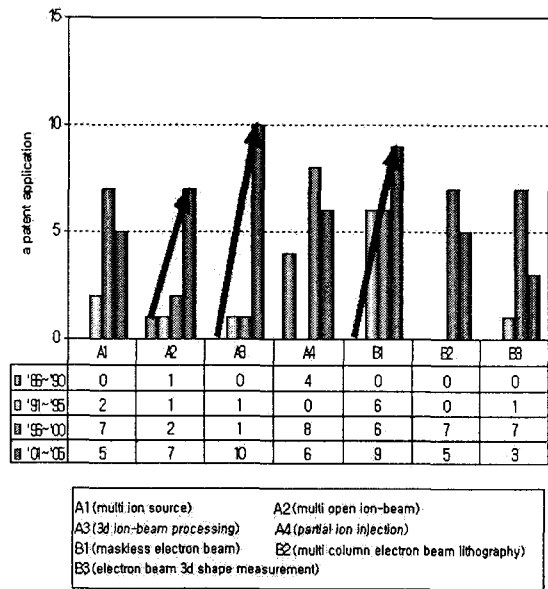


Fig. 7 Korea technology field, section patent application

율을 보면 국부적 이온 주입 기술 분야가 33%(18건)의 점유율을 보여 가장 높았으며, 그 다음으로 다중 이온 소스 기술이 25%, 3차원 이온빔 가공 기술이 22%, 다중 개구 이온빔 기술이 20%의 점유율을 보여 대체로 고른 기술 분포를 보이고 있다.

전자빔 가공장비에 대한 세부기술별 점유율을 보면 마스크리스 EBL (Electron Beam Lithography) 기술 분야가 48%(21건)로 가장 높은 점유율을 보이고 있으며, 다중컬럼 EBL 기술 분야는 27%(12건), 3차원 형상측정 기술 분야는 25%(11건)를 각각 점유하고 있다.

한국의 기술 분야별-구간별 출원동향을 살펴보면, Fig. 7에서 보이는 바와 같이 다중개구 이온빔 기술 분야 및 3차원 이온빔 가공 기술 분야, 마스크리스 EBL 기술 분야가 지속적인 상승추이를 보이고 있으며, 특히 2001년부터 2005년 구간에서 3차원 이온빔 가공 기술 분야가 급격한 성장세를 보이고 있다.

### 5.2 미국의 세부 기술 분야별 출원동향

Fig. 8에서 보이는 바와 같이 미국의 세부기술별 등록동향에서는 이온빔 가공장비가 160건으로 51%의 점유율을 보이고, 전자빔 가공장비가 155건으로 49%의 점유율을 보이고 있어 이온빔과 전자빔 분야의 특허등록이 고르게 나타나는 것으로 파악되며, 국부적 이온 주입 기술 분야를 제외한 세부 기술 분야들은 전반적으로 상승세의 국면을 나타내고 있다.

이온빔 가공장비에서는 다중개구 이온빔 기술 분야가 64건, 39%의 점유율로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 그 다음으로 다중이온소스가 41건 (26%), 국부적 이온 주입 기술이 30건(9%), 3차원 이온빔 가공 기술이 25건(16%)의 분포를 나타내고 있다.

전자빔 가공장비에서는 66건의 등록 건이 파악된 마스크리스 EBL 기술의 비중이 가장 높았으며 (42%) 이는 미국의 전체 세부기술 중에서도 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 3차원 형상측정 기술 분야는 전자빔 가공장비에서 34%를 차지하고 있으며, 다중 컬럼 EBL 기술 분야는 24%의 점유율을 차지하고 있다.

미국의 세부기술별-구간별 등록동향을 살펴보면, Fig. 9에서 보이는 바와 같이 다중 이온 소스 및 다중 개구 이온빔, 다중 컬럼 EBL, 3차원 형상측정

기술이 지속적인 상승세를 이어가고 있다. 다중이온소스 및 다중개구 이온빔, 다중 컬럼 EBL, 3차

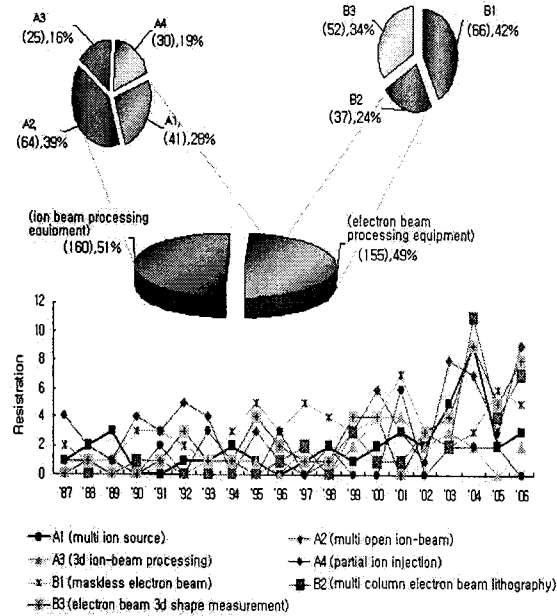


Fig. 8 In-line system for U.S.A high effectiveness energy beam application of Nano scale parts manufacture

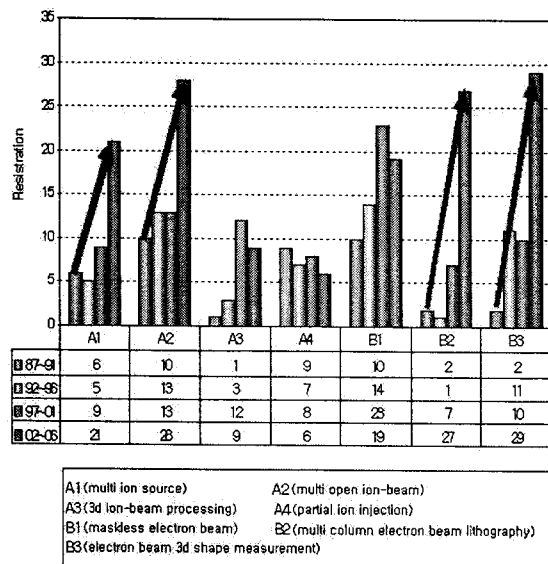


Fig. 9 U.S.A technology field, section patent application

원 형상측정 기술 분야는 공통적으로 2002년에서 2006년 구간에 각각 9건에서 21건, 13건에서 28건, 7건에서 27건, 10건에서 29건의 급격한 출원 증가세를 보이고 있어 이 구간에서 관련 기술 분야의 집중적인 연구개발이 진행 된 것으로 분석된다.

### 5.3 일본의 세부기술 분야별 출원동향

Fig. 10에서 보이는 바와 같이 일본의 세부기술 분야별 출원동향을 살펴보면 전자빔 가공장비의 점유율이 256건으로 전체 기술 분야에서 59%의 점유율을 보이고 있으며, 이온빔 가공장비는 179건으로 41%의 점유율을 보이고 있어 한국과 미국이 이온빔 가공장비 분야의 비중이 높거나 비슷한 반면 일본은 전자빔 가공장비 분야의 비중이 높게 나타나고 있으며, 최근 관련 기술의 출원이 다소 하락세를 보이고 있다.

전자빔 가공장비에서 일본은 마스크리스 EBL (Electron Beam Lithography) 기술 분야가 132건이 출원되어 52%라는 압도적인 비중을 차지하고 있으며, 그 뒤로 3차원 형상측정 기술이 95건으로 37%, 다중 컬럼 EBL 기술 분야가 29건으로 11%의 점유율을 나타내고 있다.

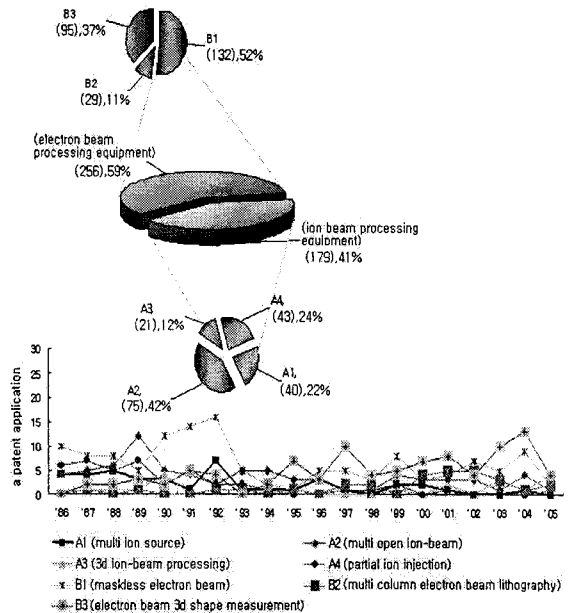


Fig. 10 In-line system for Japan high effectiveness energy beam application of Nano scale parts manufacture

이온빔 가공장비에서는 다중 개구 이온빔 기술 분야가 75건으로 42%의 월등한 점유율을 나타내고 있으며, 국부적 이온 주입 기술 분야가 43건으로 24%, 다중 이온 소스 기술 분야가 40건으로 22%의 점유율을 나타내고 있다.

3차원 이온빔 가공 기술 분야는 21건으로 12% 차지하고 있으며, 이는 전체 일본 특허출원 435건의 5%도 되지 않는 매우 저조한 점유율을 보이고 있는데, 미국과 한국에서 집중되고 있는 3차원 이온빔 가공 기술 분야는 상대적인 점유율면에서 상대적으로 낮은 것으로 분석되었다.

일본의 세부기술별-구간별 출원동향을 살펴보면, Fig. 11에서 보이는 바와 같이 다중 컬럼 EBL과 3차원 형상측정 기술 분야만이 지속적인 상승세를 보이고 있고 전반적인 출원 추이는 하락세를 보이고 있다.

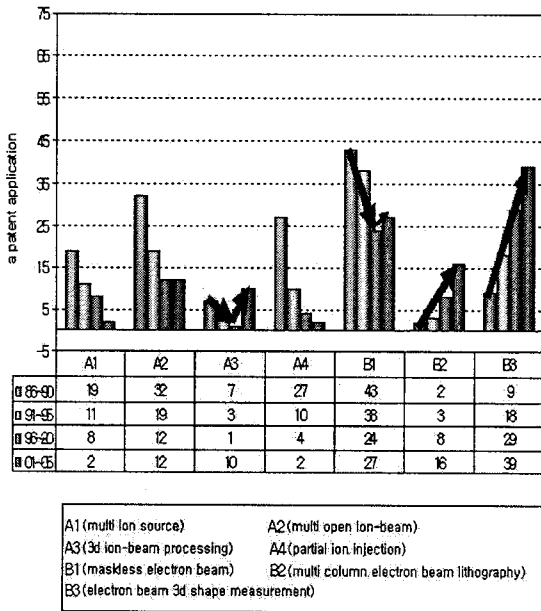


Fig. 11 Japan technology field, section patent application

특히, 3차원 이온빔 가공 기술 분야와 마스크리스 EBL 기술 분야는 상당한 비중을 차지하고 있는데, 1996년부터 2000년 구간까지 지속적인 하락세를 보이다가 2001년부터 2005년 구간에 들어서 각각 10건과 27건이 출원되어 이전구간 대비 상승세를 나타내고 있어 동일 구간에 전반적으로 하락세

를 보이는 일본의 다른 세부기술 분야와 대조를 이루고 있다.

### 5.4 유럽의 세부 기술 분야별 출원동향

Fig. 12에서 보이는 바와 같이 유럽에서의 세부 기술 분야별 출원동향을 보면 전반적인 출원 편차가 심하게 나타나고 있는 것으로 파악되고 있으며, 그 중에서 마스크리스 EBL과 다중 컬럼 EBL, 3차원 형상측정 기술 분야가 다소의 증가 국면을 유지하고 있다. 유럽특허에서는 전자빔 가공장비가 37건이 출원되어 61%의 점유를 차지하고 있으며, 이온빔 가공장비는 24건이 출원되어 39%의 점유율을 보이고 있다. 전자빔 가공장비에서는 마스크리스 EBL 기술 분야가 16건으로 43%의 가장 높은 점유비율을 보이고 있고, 다중 컬럼 EBL은 11건으로 30%, 3차원 형상측정은 10건으로 27%의 점유율을 나타내 비슷한 분포를 보이고 있다. 특히, 이온빔 가공장비에서는 다중 개구 이온빔이 10건(42%), 다중이온소스가 8건(33%)이 출원되어 높은 점유비율을 보이고 있고, 3차원 이온빔 가공은 4건(17%), 국부적 이온 주입 기술 분야는 2건(8%)이 출원되어 매우 낮은 출원비율을 나타내고 있는 것으로 나타났다.

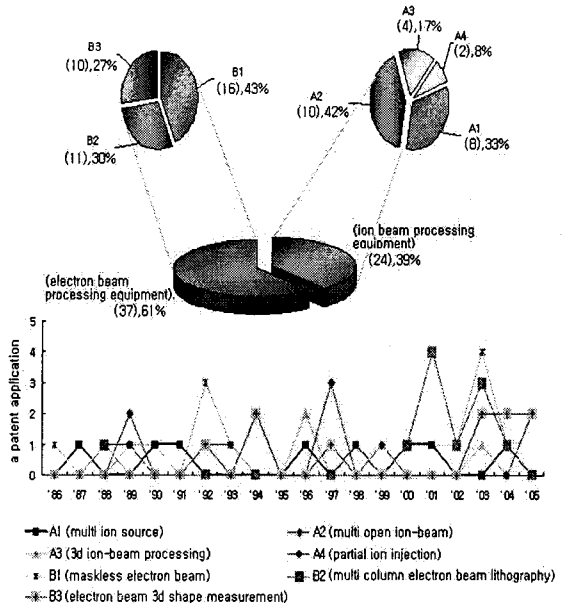


Fig. 12 In-line system for Europe high effectiveness energy beam application of Nano scale parts manufacture

유럽에서의 세부기술별-구간별 출원동향을 살펴보면, Fig. 13에서 보이는 바와 같이 구간별로 상승세와 하락세를 지속하는 기술 분야는 없는 반면에 2001년부터 2005년 구간에서 마스크리스 EBL, 다중컬럼 EBL, 3차원 형상측정 기술이 이전구간보다 높은 각각 7건, 9건, 6건의 출원이 이루어졌음을 나타내고 있다.

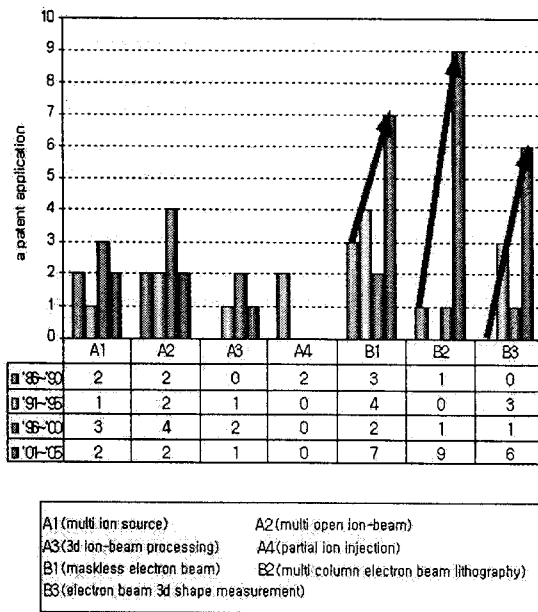


Fig. 13 Europe technology field, section patent application

### 6. 결론

특허망 분석 및 공백기술 도출을 통해 고효율 에너지빔 응용 Nano 스케일 부품 제조용 In-line 시스템 기술 분야의 특허를 살펴본 결과 일부 신기술 분야를 제외하고는 많은 기술 분야에서 일본과 미국에 의해 연구개발이 진행되었으며, 특정 분야에서는 상위적인 개념의 특허가 존재하고 있기는 하나, 아직까지 응용기술과 관련된 기술에 대해서는 추가적인 연구개발 분야가 많이 남아 있는 것으로 판단된다. 이온빔 분야의 다중 이온 소스, 3차원 이온빔 가공 및 국부적 이온 주입 분야는 미국과 일본의 주요 출원인 등에 의한 기본적인 개념 및 구성에 대한 상위 개념의 선행 특허 등이 발견되었으며, 그 이외에 다중 개구 이온빔 분야에서는 앞으

로 기술개발이 이루어져야 할 공백기술을 찾을 수 있을 것으로 판단된다. 전자빔 분야의 마스크리스 EBL분야, 다중 컬럼 EBL 분야 및 3차원 형상측정 분야에서 미국과 일본의 주요 출원인 등에 의해 기술개발이 다양하게 이루어져 기본적인 개념 및 구성에 대한 상위 개념의 선행 특허 등이 다수 발견되었다.

기술흐름도 분석을 통해 살펴본 결과 고효율 에너지빔 응용 Nano 스케일 부품 제조용 In-line 시스템 기술은 최근까지 지속적인 기술 개발이 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 일부 초기 관련기술이 1970년대에 개발되기 시작되었으며, 그 이후 일본과 미국의 주도 하에 기술 개발이 이루어졌으며, 각 분야별로 각 국가별로 시기상의 차이는 있으나 지속적인 연구개발을 통해 초기의 기술을 보다 발전시킨 새로운 기술을 출현시키며 지속적인 연구개발이 이루어지고 있는 것으로 파악되었다.

### 참고문헌

1. Lee, C. O., Shin, K. W., Lee, J. S., Cho, S. J., Lee, C. H. and So, J. Y., "Montecarlo Simulation of the Thermal Neutron Reflectometer with Horizontal Sample Geometry for Surface Characterization of Nanostructured thin films," Journal of the Korean Vacuum Society, Vol. 14, No. 3, pp. 119-125, 2005.
2. Bang, J. H., Kwon, K. H. and Cho, N. G., "Development of an Ultra Precision Machining System Using a Force and Displacement Sensing Module," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 22, No. 12 pp. 42-50, 2005.
3. Choi, H. Z., Kang, E. G., Lee, S. W. and Hong, W. P., "Development of Micro Plasma Electrode using Focused Ion Beam," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 22, No. 5 pp. 175-180, 2005.
4. Lee, S. H. and Son, J. M., "Optimization of Nano Machining Parameters Using Acoustic Emission and the Taguchi Method," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 21, No. 3 pp. 163-170, 2004.
5. Park, J. W. and Lee, D. W., "Fabrication of



- Micro Diamond Tip Cantilever for AFM-based Tribo-Nano lithography,” Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 23, No. 8 pp. 39-46, 2006.
6. Moon, J. I., Kim, B. T., Kim, Y. I. and Heo, S. J., “A Study on the Cutting Conditions in Machining for Nanometer Surface,” Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 15, No. 9, pp. 152-157, 1998.
  7. Gerlach, R. L., Tesch, P. P., Swanson, L. W. and Utlaut, M. W., “Multi-Column Fib for Nano fabrication Applications,” United States Patent and Trademark Office, US 6797969 B2., 2004.
  8. Ando, M., Matsuzaka, M. and Saita, M., “Multiple-Imaging Charged Particle-Beam Exposure System,” United States Patent and Trademark Office, US 5012105 A, 1991.
  9. Aita, K., “Focused Ion Beam apparatus,” United States Patent and Trademark Office, US 6642512 B2., 2003.
  10. Yasuda, H. and Komami, H., “Electron Beam Exposure Method and Electron Beam Exposure Apparatus,” United States Patent and Trademark Office, US 6218060 B1., 2001.
  11. Principe, E., “Method and Apparatus for Quantitative Three-Dimensional Reconstruction in Scanning Electron Microscopy,” European Patent Office, EP 1710828 A2., 2006.