

나노계측기술 최신특허기술동향

[연재 일정 안내]

연 재	산업분야	테 마
2004. 2월호	기계/금속	정밀절삭가공기술 자동차용 승객안전장치
2004. 3월호	환경/에너지	식물개량기술
	전기/전자	광신호 전송기술
2004. 4월호	화학/약품	고분자 필름
	기계/금속	엘리베이터 및 에스컬레이터
2004. 5월호	전기/전자	네트워크 보안기술
	화학/약품	디지털비디오 편집기술
2004. 6월호	환경/에너지	자연친화형 공조시스템
	환경/에너지	하이브리드자동차
2004. 7월호	화학/약품	천연물 의약 및 화장품
	전기/전자	다기능 휴대폰
2004. 8월호	화학/약품	파인세라믹스
	기계/금속	반도체 기술
2004. 9월호	전기/전자	반도체 제조공정용 신기술
	환경/에너지	수질오염 방지 기술
2004. 10월호	전기/전자	반도체 패키징기술
	화학/약품	첨단 염색공기기술
2004. 11월호	기계/금속	신용접기술
	전기/전자	가솔린엔진 분사제어기술
2004. 12월호	전기/전자	디지털방송 영상처리기술
	환경/에너지	인터넷 정보검색기술

※ 상기 연재 일정은 내부 사정에 따라 변경될 수 있습니다.

※ 각 분야별 문의사항은 아래 연락처로 하시기 바랍니다.

- 기계/금속분야 : Tel) 02-3459-2865, 2871

- 전기/전자분야 : Tel) 02-3459-2863

- 화학/약품분야 : Tel) 02-3459-2869

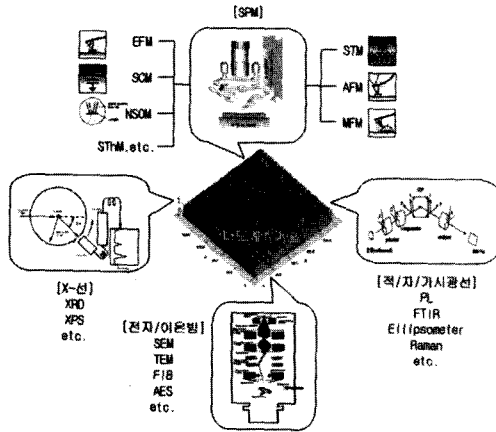
- 환경/에너지분야 : Tel) 02-3459-2864

기술의 주요 구성도

나노계측기술은 나노기술의 기반이 되는 핵심 기술로 '나노미터 수준의 물성·구조 및 성분을 계측하고 분석해내는 기술'이라 정의할 수 있다. 나노계측 기술은 최근 나노 연구의 폭발적인 계기가 된 SPM기술을 중심으로 입사원의 종류에 따라 X-선 기술, 전자/이온빔 기술, 적/자/가시광선 기술로 구분할 수 있다.

나노계측기술은 그 기술의 범위가 실로 방대하기 때문에, 이를 총 망라하여 검색, 분류, 분석하는 것은 현실적으로 지극히 어려운 일이다.

따라서, 본 분석에서는, 분석대상기술을 나노계측기술의 대표주자라고 할 수 있는 SPM 기술을 중심으로, 현재 한국이 다른 국가에 비해 강점을 보이고 있는 반도체산업과 관련하여 여러가지 박막들의 표면형상, 구조, 물리적/화학적 특성 등을 계측, 분석해 내는 박막분석용 계측기술 중, 현재 많이 사용되고 있거나 미래에 그 수요가 증가될 것으로 예상되는 몇몇 나노계측기술에 국한하였다.



(그림 1) 나노계측기술의 구성도

기술발전 및 산업동향

1982년 세계 최초로 개발된 STM에 의해 표면을 원자나 분자단위로 직접 관찰하게 된 이후 표면의 여러가지 물성을 측정하기 위한 다양한 계측 원리가 계속해서 개발되어 AFM, MFM, EFM, NSOM, SThM, STS 등 수 많은 SPM이 개발되었다. 현재 SPM 장치의 경우 정도 향상 및 고속화를 위한 연구개발이 계속되고 있으며, SPM 기술의 경우는 새로운 원리에 입각한 계측기술 그 자체의 개발뿐만 아니라, SPM 기술을 정보저장기기, 나노리소그래피, 입자조작 등 타분야에 적용하고자 하는 응용연구가 활발히 진행 중에 있다.

X선, 전자/이온빔, 적/자/가시광선을 이용한 계측기술은 그 역사가 상당히 오래된 기술로 기술 그 자체는 상당히 안정화되어 있어, 근래의 기술 개발은 입사원 등 부속장치의 개선을 통한 정밀도 개선, 다른 장치와의 복합화를 통한 다기능화 등에 초점이 맞추어져 진행되고 있다. 최근들어 바이오 분야에 있어서의 나노계측기술에 대한 발전이 두드러지며, Metrology AFM, X-선간섭계, 나

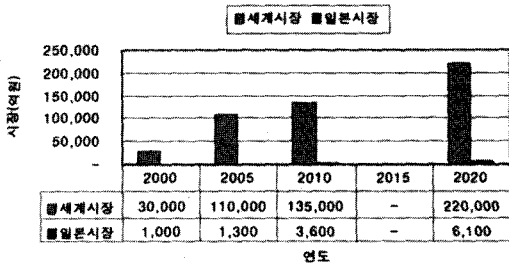
노튜브의 응용, 3차원 나노형상 측정하기 위한 Molecular Measuring Machine 등에 관한 연구개발이 활발해지고 있다. 또한, 나노계측기술의 측정표준화 및 표준물질에 대한 연구개발도 세계 각국에서 이루어지고 있다.

미국 등 선진국은 50년대에 이미 나노기술에 대한 개념이 시작되고, 80년대 이후 관련 장비 등의 개발로 기술이 크게 발전한데 비해, 한국은 90년대 들어 대학, 연구소 위주로 개념해석 정도의 단편적 나노기술 연구가 추진되어 왔다. 나노기술은 타 분야보다 기초연구가 필수적인데 비해, 국내의 경우 기초과학기술의 발전기반이 취약하고 R&D 프로그램도 비체계적이고 산발적으로 이루어졌으며, 나노기술 연구에 필수적인 학제적 연구가 불충분하고 나노기술 연구 장비 및 실질적인 나노 연구를 수행할 수 있는 연구 인력도 크게 부족한 상태이다. 현재 우리나라 나노기술 수준은 연구인력, 연구개발비, 연구 기반시설 등에서 선진국의 수분의 일 수준으로 세계기술평가센터(WTEC) 보고서에 의하면 우리나라 기술력은 미국, 일본 등 선진국의 25%로 평가되고 있다. 이에 1990년대 중반 이후에는 나노기술에 대한 연구저변을 확대하고 동 분야의 연구 인력을 집중 양성하기 위해 정부가 중심이 되어 여러가지 연구지원사업을 추진 중에 있다.

나노계측기술은 그 범위가 너무 방대하고 정확한 기술의 범위를 정의하는 데에도 어려움이 많아 관련 시장규모를 정확히 산출하는 것이 그다지 용이하지 않다. 따라서, 여기에서는 나노기술 전체 시장 및 나노 계측기술이 많이 사용되고 있는 반도체 산업에 있어서의 측정 및 검사장비의 시장, 일반 계측기기의 시장 등에 대하여 기술하고, 일본 경제신문사와 미쯔비시 종합연구소, NEDO 등의 자료로부터 추정된 나노계측 시장에 대하여

기술한다.

(그림 2)는 일본 경제신문사와 미쯔비시종합연구소, NEDO, 일본종합연구소의 자료를 활용하여 나노계측시장의 시장규모를 전망한 자료이다. 표에 나타난 바와 같이 나노계측장치의 세계시장 규모는 2000년에 3조원, 2005년에는 약 11조원, 2010년에는 13조 5,000억원, 2020년에는 22조원에 달할 것으로 전망되고 있다. 한편, 2000년 일본 시장규모는 세계시장의 3.3%에 불과한 1,000억원, 2005년에는 1,300억원으로(세계시장의 1.2%) 크게 감소하나, 2020년에는 세계시장의 2.78%인 6,100억원으로 성장할 것으로 전망하고 있다.



(그림 2) 나노계측장치의 시장규모전망

현재 나노계측장치는 몇몇 기업에 의해 시장이 독점되고 있다.

SPM 장치의 경우 얼마 전까지 Digital Instruments와 PA가 Scientific Instruments가 세계 시장을 거의 양분하다시피 하였으나 여러 단계의 병합, 흡수과정을 거쳐 최근 VEECO가 이들 회사들을 전부 인수함으로써 세계 SPM 시장에서 절대 강자로 군림하게 되었다.

또한, SEM, TEM 등 전자현미경 시장은 HITACHI와 JEOL이, FIB장치는 FEI와 SEIKO, JEOL 등이 거의 독점기술을 갖고 세계시장을 장악하고 있다.

국내 나노계측장치 관련 기업은 SPM관련하여 PSIA와 SNU Precision, SEM과 관련하여 미래로 시스템, 엘립소미터와 관련하여 상록코리아, 엘립소테크놀로지 등 몇몇 소수의 벤처기업에 불과하며, 대부분의 나노계측장치들을 거의 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다.

주요국 특허출원동향

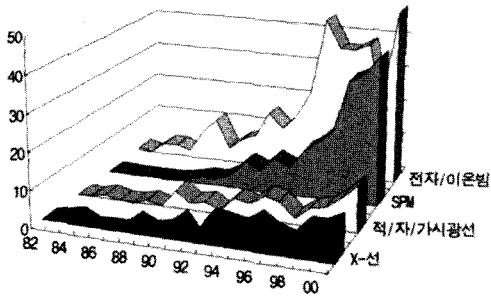
한국의 특허출원 동향을 보면 90년대 중반 이후 급격한 성장곡선을 나타내고 있는데, 이는 90년대 초부터 점진적으로 나노 계측기술에 대한 국내 업체들의 관심이 고조되기 시작하였다는 것을 보여준다. 이는 다소 뒤늦은 감이 있지만 미래 산업에서의 나노계측기술의 중요성을 인식한 국내업체들이 집중적인 기술개발에 따른 영향으로 볼 수 있다.

SPM(주사탐침현미경)과 전자/이온빔을 이용한 기술을 중심으로 90년대 중반 이후 급격히 증가하고 있음을 알 수 있다. 전자/이온빔을 이용한 장치가 국내에서 가장 많이 사용되고 있어서 이 장치에 대한 특허가 상대적으로 많았고, 이는 90년대 이후에 국내의 표면물리에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는 추세와도 상당한 연관성을 가지고 있다.

극미소 정성분석이 가능한 SPM의 경우 국내에서는 90년대 후반부터 국내의 연구진들에게 많이 사용되면서 다양한 측정을 위한 장치의 개발이 진행되어 급격한 발전추세를 보이고 있다. 반면 그래프에서 알 수 있듯이 X-선이나 적/자/가시광선을 이용하는 장치의 경우는 상대적으로 낮은 출원 건수를 나타내었다.

이는 이들 장치가 현재 많이 사용되고 있음에도 불구하고 이 장치들이 오래전부터 많은 과학자들

에 의해 사용되어 왔기 때문에 이미 오래전에 외국에 관련 특허들이 상당수 등록되었기 때문으로 보인다.



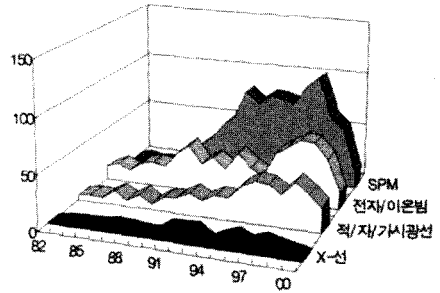
(그림 3) 한국의 특허출원 동향

미국의 특허출원 동향을 보면 80년대는 점진적으로 출원건수가 증가하였으나, 90년대초반부터 출원건수가 급격히 증가하기 시작하여 90년대 중반에 다소 감소한 후 다시 증가하는 추세에 있다. 최근 미국 정부가 미래 최대 관심산업으로 급부상한 나노기술 육성에 팔을 걷어부치고 나선 것을 감안할 때 더욱 증가할 것으로 추정되며, 더욱이 “데이터스토리지, 센서, 제조 등의 여러 분야에서 나노기술이 빅뱅을 초래할 때 중요한 기술”이라며 나노기술을 강조하는 보고서를 내놓고 있어 앞으로 더욱 나노기술의 개발에 박차가 가해질 전망이다.

SPM의 경우 90년대에 들어 사용이 널리 보급되면서 사용자들의 다양한 요구에 따라 급격한 발전을 하여 출원건수가 급격하게 증가되는 것을 볼 수 있으며, 전자/이온빔의 경우 증가와 감소를 반복하다가 90년대 말부터 꾸준히 출원이 증가하고 있으며, 적/자/가시광선의 경우 90년대 중반부터 출원건수가 꾸준히 증가하여 기술개발이 활발하게 진행되고 있다는 것을 알 수 있다. X-선의 경우 일정한 편이지만 출원건수가 다른 기술들에 비해

상당히 적다는 것을 알 수 있다.

X-선의 경우 낮은 출원율의 원인은 이 방법들이 아주 오래 전부터 사용되던 방법들이어서 장치의 안정화가 거의 완성되었기 때문으로 추정된다.



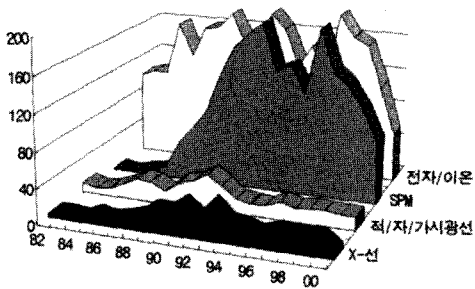
(그림 4) 미국의 특허출원 동향

일본의 특허출원 동향을 보면 앞서 분석한 다른 국가들에 비해 많은 출원건수를 보여주고 있으며, 80년대에 점진적으로 증가하는 곡선을 보여주고 있으며, 90년대 중반의 감소는 일본국내의 경제 상황에 영향을 받은 것으로 보여진다.

SPM의 경우 80년도 말부터 급격한 성장을 하였으나, 전자/이온빔의 경우 80년도 초반부터 높은 출원율을 보여주고 있으며, 상대적으로 X-선과 적/자/가시광선의 경우 낮은 출원율을 보이고 있다. SPM의 경우 본격적인 연구가 80년대 말부터 시작되었는데, 이에 90년대 들어 급격한 출원건수의 상승을 보이게 되었고, 전자/이온빔의 경우는 이미 오래전부터 가장 많이 사용되고 있는 기술로써 꾸준한 기술개발 결과 지속적인 특허출원이 이루어지고 있다.

반면 X-선과 적/자/가시광선에 있어서의 낮은 출원비율의 원인은 이 방법들이 아주 오래 전부터 사용되던 방법들이어서 장치의 안정화가 거의 마무리 되어가는 시점이기 때문인 것으로 파악된다. 역시 90년대 중반에 공통적으로 감소의 경향을 나

타내는 것은 일본의 경제사정과 무관하지 않은 것으로 판단된다.



(그림 5) 일본의 특허출원 동향

향후전망

나노계측기술의 향후 전망은 사용자 편리성이 보다 증대된 형태로(현재의 나노계측장치들은 사용이 매우 까다로워 고도의 숙련된 전문가에 의해서만 한정적으로 사용되고 있음) 장치의 개선이 이루어질 것으로 전망된다.

또한, 각 계측장치가 단일 형태로는 계측의 용도 및 정밀도에 한계가 있기 때문에 장치용도의 다양화 및 성능개선을 위해, 향후 이들 단일 장치가 갖는 우수한 특성들을 살려 상호보완적인 계측이 가능하도록 여러 계측장치가 하나의 형태로 결합된 다기능성 복합장치의 개발이 매우 활성화 될

것으로 전망된다.

이러한 나노계측기술은 향후 나노, 정보기술분야 뿐만 아니라, 바이오테크놀로지 분야, 나노-바이오 융합기술분야, 나노-정보 융합기술분야, 환경기술분야, 우주기술분야 등 다양한 분야에서 그 기술적 수요가 급증할 것으로 전망된다.

나노-바이오분야에서는 바이오칩(DNA칩, 단백질칩, Lab-on-a-chip), 생체의 자기조립 현상을 이용한 신 나노제조공정 및 나노 구조물 합성, 생체의 근본적인 현상 이해 등, 바이오 분야에서는 질병의 조기진단 및 바이오 신약개발 등, 나노-정보분야에서는 SET, MRAM, PRAM, FRAM, NRAM, PDS와 같은 차세대 고집적 정보저장기기 등, 환경분야에서는 오염물질과 같은 환경관련 물질의 계측, 나노구조의 역할 연구(오염물질의 흡수, 콜로이드의 분산 안정성, 세균의 운동성), 대기 및 수자원 공정에서 나노입자의 역할 연구 등, 우주분야에서는 우주산업용 물질의 분석 및 조합, 우주환경에 견딜 수 있는 초경량, 초고강도 나노 물질, 우주환경에 적합한 나노전자공학, 우주탐사에 필요한 생물체적 시스템(외계 우주에서의 자기조립 시스템) 등의 개발과 관련하여 나노계측기술은 그 기반기술로 활발히 연구개발되어 그 활용성이 증대될 전망이다.