



오·폐수 처리 시설도 친환경적으로 변신

중국 동북부의 송화강을 죽음의 강으로 만든 '벤젠오염사건', 두산전자를 폐업의 위기로 몰고 간 '낙동강 폐놀사건' 등과 '청계천 복원사업'으로 일반 국민들이 안심하고 마실 수 있는 좋은 물과 쾌적한 생활환경에 대한 요구가 날로 커지고 있고 이를 위한 각종 오·폐수 처리시설이 주목받고 있다.

그러나 오·폐수를 정화할 수 있는 하수처리장 등은 혐오시설로 인식될뿐더러 과도한 건설비용으로 이를 확충하거나 신규로 설치함에 어려움이 따르고 있고, 높은 인건비와 고에너지의 사용으로 유지관리비용이 과도한 실정인바, 이러한 시설을 친환경적으로 개선하여 지역주민들에게 사랑받는 저렴하고 쾌적한 시설로 만들기 위한 기술 개발의 필요성이 증대되고 있다.

최근 오·폐수 처리시설의 친환경적인 개선 움직임으로서 기존의 하수처리장을 복개하여 상부에 공원 및 체육시설을 확충하거나 발생하는 메탄가스를 자체 에너지원으로 이용하고, 하수처리장의 방류수 후단에 생태공학적으로 고도처리시설을 설치하여 자연형 하천을 만들어 시민들을 위한 친환경교육의 장소 및 휴식처로 제공하고 있다.

이러한 변화에 따른 주요기술로는 모래, 자갈 및 수생식물을 이용하여 하수를 처리하는 자연정화공법, 생태하천의 조성, 인공습지의 조성, 부도(인공식물섬)의 설치, 수생식물의 수질개선능력을 개선하기 위한 개량 등 다양한 기술들이 개발되고 있다.

지난 5년간(2001~2005년) 오·폐수의 생물학적 처리 기술에 대한 전체 특허출원 건수는 2001년 359건에서 2005년 231건으로 점차 감소하는 추세를 보이고 있으나, 동·식물 및 자연물을 이용한 기술에 대한 특허출원 건수는 2001년 19건에서 2005년 26건으로 지속적으로 증가하고 있어 관련 기술 개발 추이가 친환경적으로 변화되고 있음을 알 수 있다.

동·식물 및 자연물을 이용한 기술을 세부적으로 살펴

<표1> 오·폐수의 생물학적 처리 기술의 특허출원동향

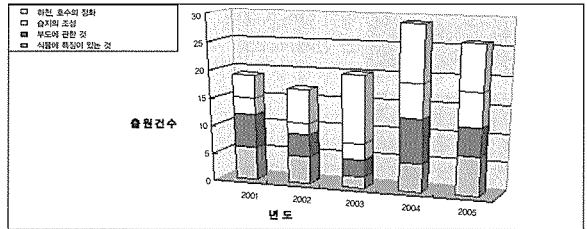
<단위: 건>

구분	2001	2002	2003	2004	2005	계
호기적처리	219	196	187	166	130	898
혐기적처리	9	9	9	11	19	57
호기와 혐기의 조합에 의한 처리	96	91	87	48	48	370
동·식물 및 자연물의 이용	19	17	20	29	26	111
미생물에 특징이 있는 것	16	13	14	10	8	61
계	359	326	317	264	231	1,497

<표2> 동·식물 및 자연물을 이용한 기술의 특허출원 세부 분류

<단위: 건>

구분	2001	2002	2003	2004	2005	계
식물에 특징이 있는 것	6	5	2	5	7	25
부도에 관한 것	6	4	3	8	5	26
습지의 조성	3	2	3	6	6	20
하천, 호수의 정화	4	6	12	10	8	40
계	19	17	20	29	26	111



<표3> 출원인별 동·식물 및 자연물을 이용한 기술의 특허출원동향

<단위: 건>

구분	2001	2002	2003	2004	2005	계
개인출원	12	15	15	21	10	73
법인출원	7	2	5	8	16	38
계	19	17	20	29	26	111

보면 하천 및 호수의 양안에 정화기능을 가지는 시설을 설치하는 기술이 가장 많이 출원되고 있고, 부도(인공식물섬)의 설치, 습지의 조성, 수질정화능력을 개선하기 위한 동·식물의 개량 등과 같은 기술의 출원이 활발함을 알 수 있으며, 동·식물로는 패류, 갈대, 부레옥잠, 부들,

수초, 연꽃 등이 다양하게 채용되고 있다.

출원인별로 보면 2004년도까지는 개인출원이 많았으나 2005년도의 경우에는 법인출원이 개인출원의 1.5배 이상으로 많이 차지하여 기업체 등에서 친환경적인 오·폐수 처리시설의 개발이 활발히 진행되고 있음을 알 수 있다.

앞으로도 범세계적인 환경문제의 부각과 생활수준의 향상으로 우리나라의 오·폐수 처리기술분야에서 동·식물 및 자연물을 이용하여 자연을 치유하고 회복시키도록 하는 기술이 더욱 각광받고 발전될 것으로 전망된다.



“첨단 반도체칩 이제는 금형으로 찍어낸다”

최근 국내외에서 나노기술¹⁾ 개발의 봄을 타고 반도체칩 제조 공정에 있어서도 핵심공정으로 분류되었던 고비용의 복잡한 사진 현상 방법을 대신할 차세대 반도체 및 평판디스플레이용 회로 형성 기술로 나노임프린트 기술이 주목받고 있다.

나노임프린트 기술은 현재 반도체 공정에서 사용하는 사진현상 방식의 미세화의 한계점을 극복하기 위한 기술로 미세회로가 각인된 금형(스탬프)을 기재위에 도포된 재료의 표면에 도장을 찍듯이 눌러 경제적이고 효과적으로 미세회로를 전사할 수 있는 저비용, 고생산성 기술이며 사용하는 재료의 특성에 따라 자외선감응 재료를 이용하는 자외선임프린트 방식과 열감응 재료를 사용하는 열전사임프린트 방식이 있다(그림1, 2).

이러한 나노임프린트 기술을 사용하여 고집적 반도체를 구현하기 위해서는 나노스케일에서의 물리현상을 고려한 미세회로형성 기술, 스탬프제작 기술, 감광재료개발 기술, 임프린트 장비개발을 위한 나노미터급 정밀제어 기

술이 필요하다. 현재 이론상 임프린트공정으로는 10nm의 고집적 반도체 미세회로 선폭 제작이 가능한 것으로 알려져 있으며, 전 세계 반도체 제조 기술의 방향을 안내하는 지도로서 참고가 되고 있는 International Technology Roadmap for Semiconductors(ITRS)에 나노임프린트 기술로 22nm의 미세회로 선폭을 형성할 수 있는 반도체 제조기술이 소개된 바 있다(그림 3).

이는 기존의 사진 현상 기술이 회로선폭 100nm 정도의 반도체를 제조하는 수준에 머물러 있다는 점을 감안할 때 매우 혁신적인 기술로 받아들여지고 있다.

나노임프린트 기술에 대한 관심이 고조된 최근 5년간의(2001~2005) 임프린트 관련 국내 특허출원 동향을 살펴보면, 총137건이 출원되었으며 그 중 미세회로전사의 목적이 아닌 종래의 단순 임프린트 유사기술 관련 출원을 제외한 핵심 나노임프린트 기술관련 출원은 총40건으로, 2002년까지는 총5건에 불과했으나, 2003년부터 내국인의 출원이 급증하기 시작하여 2004년까지 총34건으로 전체 대비 85%에 달한다. 이는 2003년을 전후로 국내 반도체 산업계에서 기존 사진 현상 방식의 미세화 한계점을 극복하기 위한 차세대 기술로 나노임프린트에 대한 요구와 관심이 높아졌기 때문인 것으로 보인다.

출원인별로는 국내 기업의 출원이 40%로 큰 비중을 차지하고 있으며, 그 중 LG전자는 나노임프린트 기술을 적용한 프로젝션TV용 편광필름과 같은 디스플레이 소재를 개발한 바 있으며, LG필립스LCD는 나노임프린트로 TFT 회로를 형성하는 기술을 개발 중이며, 한국기계연구원은 자외선임프린트 장비 개발에 있어서 선도적인 역할을 하고 있는 것으로 나타났다. 외국 기업의 출원으로는 열전사임프린트 방식의 창시자인 미국 프린스턴 대학의 S. Chou교수가 설립한 나노넥스, 현재 자외선임프린트 방식의 가장 발전된 기술을 보유하고 있는 것으로 평가되고 있는 미국의 MII사 등이 18%를 차지해 주요 출원 기

각주: 1) 1나노미터(nm)는 1미터(m)의 10억분의 1을 의미하며 원자 3~4개가 배열된 정도의 극미세한 크기로 머리카락 굵기의 10만분의 1에 해당한다. 일반적으로 크기가 1 내지 100나노미터 범위의 재료나 대상에 대한 기술이 나노기술로 분류된다.

업으로 나타났다.

세부기술 유형별 출원비율은 나노임프린트 장비 개발 및 미세회로형성 기술이 향후 나노임프린트 기술을 대량 생산 체제의 반도체 산업에 적용하기 위한 원천 기술로서 전체출원의 65%를 차지하고 있으며, 기존 사진 현상 방식의 감광재료에서 요구되는 것 보다 까다로운 물리적인 성질이 요구되는 임프린트용 감광재료 개발기술이 22%, 나노임프린트 공정에 사용되는 미세회로의 원형인 스템프 개발기술이 5%등으로 나타났다.

향후 반도체 수요는 계속 늘어날 것이며 그 반도체를 보다 저렴한 비용으로 대량 생산하기 위한 업계의 지속적인 노력이 요구됨에 따라 그 노력의 중심에 있는 국내 나노임프린트 기술의 미래는 매우 밝을 것으로 예상 된다.

〈붙임〉

1. 나노임프린트 공정

나노임프린트 공정은 공정의 특징상 열전사(Hot embossing)공정과 자외선(UV) 공정으로 구분할 수 있으며 그림1은 1996년 프린스턴대학의 Chou 교수가 최초로 개발한 Hot embossing 나노임프린트 공정을 개략적으로 나타낸 그림이다. 나노 크기의 패턴이 부조(요철)형태로 형성된 스템프로 polymethylmethacrylate(PMMA) 재질의 레지스트가 코팅되어 있는 기판 표면을 고온조건에서 누른 후 냉각과정을 거쳐 분리하게 된다. 이에 따라 레지스트에는 스템프의 나노패턴이 정반대 형태로 전사되고, 이방성 에칭작업을 거쳐 레지스트 표면에서 눌러진

부분에 남아 있는 레지스트 재료를 완전히 제거하게 된다.

Chou 교수가 개발한 나노임프린트 기술은 열을 가하는 형태를 취하고 있다. 이는 다층화작업이 필수적인 반도체 디바이스 개발에 적용할 경우, 열 변형에 의해 다층 정렬이 어렵다는 단점을 갖고 있다. 그리고 점도가 큰 레지스트를 임프린트하기 위해 적용하는 고압(30 bar 정도) 공정 조건 때문에 이미 제작된 구조물의 파손을 일으킬 소지가 있고, 불투명한 스템프는 다층화 정렬작업에 불리하게 작용한다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 텍사스 오스틴 대학의 Sreenivasan 교수 등은 1999년에 대표적인 UV 임프린트 공정인 Step & Flash Imprint Lithography(SFIL) 공정기술을 제안한다. 그림2에서 나타낸 바와 같이 이 공정기술은 UV 경화소재를 사용하여 상온 저압으로 나노구조물을 제작할 수 있는 기법으로, 자외선이 투과할 수 있는 재질(Quartz, Pyrex glass 등)을 사용한다는 점이 특징이다. 이 UV 경화 방식의 나노임프린트는 1996년 Philips 연구팀인 Haisma 등에 의해 이미 발표된 바가 있으나 반도체공정에 적용하기 위한 체계적인 연구는 Sreenivasan 교수팀에 의해 이루어졌다고 할 수 있다. SFIL 공정에서는 먼저 전달층(transfer layer)이 실리콘 기판 위에 스펀코팅 된다. 이어 UV 투과성 스템프가 전달층과 일정간격이 유지된 상태에서 저 점성 UV 경화수지를 표면장력에 의하여 안으로 충전되도록 한다. 충전이 완료된 시점에서 스템프를 전달층과 접촉 시키고, UV를 조사하여 UV 경화수지를 경화 시킨 후, 스템프를 분리하고 에칭과정과 lift-off 과정을 거쳐 나노구조물이 기판 위에 각인되도록 하는 것이다.

현재는 전달층과 스템프사이에 UV 경화수지 액적을 떨어뜨린 후 스템프로 가압하는 방식으로 연구가 진행되고 있다. SFIL의 또 다른 특징은 step & repeat 방식으로 전체 웨이퍼를 한번에 임프린트하는 것이 아니라 소단위크기의 스템프를 사용하고 여러 번 반복하여 임프린트하는 방식을 채택하고 있다는 점이다. 이는 기존의 STEPPER 방식과 유사하다 할 수 있다.

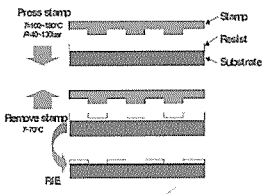


그림 1. 열전사(Hot embossing)공정

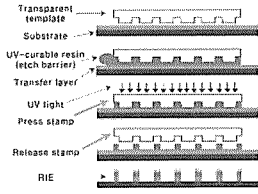


그림 2. 자외선(UV) 공정

2. ITRS roadmap에서 임프린트기술의 위치

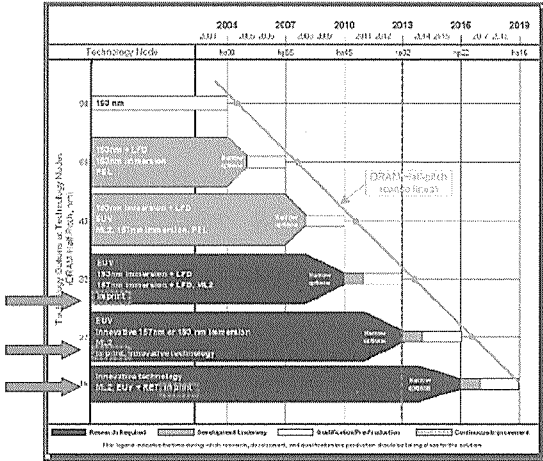


그림 3. ITRS roadmap에서 임프린트기술의 위치

3. 출원동향

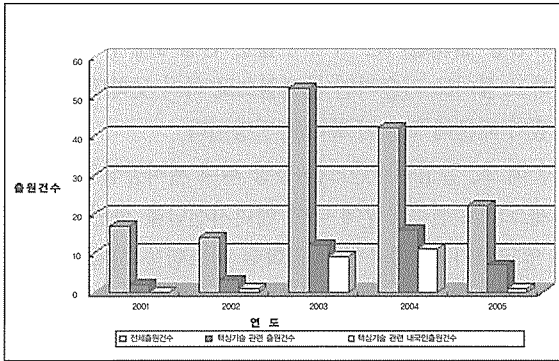


그림 4. 연도별 출원건수

그림 5. 출원인별 출원비율

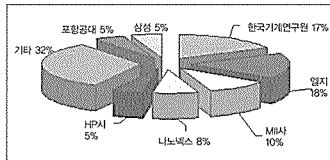
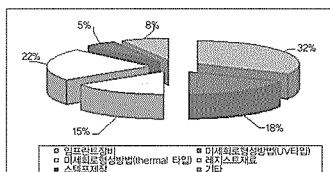


그림 6. 세부기술유형별 출원비율



집적도가 100배 높은 차세대 분자전자 메모리 실용화 단계

특히 청에 따르면 기존의 반도체 메모리보다 집적도가 100배 정도 높은 분자전자 메모리 관련 특허출원이 크게 증가하고 있는 것으로 나타났다

분자전자 메모리란 전압(電壓)에 따라 분자(分子)의 전기 전도도(電氣 傳導度 : 전기가 잘 흐를수 있는 정도) 차이가 발생하는 원리를 이용하여 데이터를 저장하는 것으로서 기존 반도체에 비해 메모리 집적도가 높고, 제조공정수 단축이 가능하여 제조단가를 낮출 수 있으며, 구동전압이 낮아 전력소모를 줄이는 장점이 있어 차세대 메모리로 각광받을 것으로 예상하고 있다.

분자전자 메모리는 2015년 실용화가 가능하다고 전망하고 있는 가운데 전 세계의 기술수준은 미국(라이스(Rice), UCLA, 프린스턴 대학, 휴렛 팩커드社)과 독일(인피니온社)이 주도하고 있으며 국내에서도 한국전자통신연구원, 한국표준과학연구원, 한국화학연구원 등에서 개발에 주력하는 품목으로서 국내 기술수준은 주요 외국의 50% 수준으로 평가되고 있다.

한편, 분자전자 메모리의 전 세계 시장규모는 2015년 기준 800조원으로 전망하고 있으며, 가격이 저렴하고 집적도가 높아 휴대폰, 차세대 PC, 초경량 우주개발, 인공로봇개발 등에 크게 기여하리라 판단되는 유망기술분야이다. ◀

<분자전자 메모리 전 세계 시장규모>

제품명	2015년 시장규모 (점유율)
AND/OR 로직 게이트 부품	100조원 (8%)
SRAM, DRAM 대체용 휘발성 분자 메모리	200조원 (16%)
비휘발성 플래시 분자 메모리 (휴대폰, MP3, 디지털카메라 등)	300조원 (24%)
기타	200조원 (16%)
계	800조원

* 출처 : 한국전자통신연구원 전자통신동향분석 제20권 제5호(2005년 10월)