

나노기술의 첨병 -탄소나노튜브-

최근 나노기술에 대한 열기가 산·학·연·관의 깊은 관심으로 한층 더해가고 있다.

탄소원자로만 이루어진 “꿈의 신소재”라 불리는 탄소나노튜브(carbon nanotube)는 21세기의 나노기술을 선도하는 가장 중요한 재료 중 하나로서 머리카락의 1만분의 1에 불과한 미세한 크기, 원통형의 특수한 형상, 우수한 기계적 특성, 전기적인 선택성, 뛰어난 전계방출 특성 등의 독특한 성질로 인하여 관련 기술개발과 특허출원이 급증하고 있다.

탄소나노튜브는 1991년에 발표되어 1992년에 NEC에 의해 세계 최초로 제조법 특허가 출원된 이래 전세계적으로 1999~2000년을 고점으로 급속히 증가해 왔으며, 2001년에는 그 증가세가 주춤거리고 있으나 향후 꾸준한 증가세를 보이리라 예상된다.

이러한 탄소나노튜브는 각종 디스플레이 기기, 연료전지, 2차전지, 의료기기, 테라급 반도체 등의 소재로 사용되며 세계 시장규모는 오는 2005년에는 3조 3,000억원 대로 크게 확대될 것으로 전망하고 있다.

□ 탄소나노튜브의 개요

최근 나노미터 크기의 극미세 영역에서 새로운 물리현상과 향상된 물질특성을 나타내는 연구결과가 보고되면서 나노기술이라는 새로운 과학 영역이 태동하게 되었고, 이러한 나노기술 분야 중에서도 특히 탄소나노튜브는 새로운 물질특성의 구현이 가능하여 기초연구와 산업적 응용성 측면에서 동시에 크게 각광을 받고 있다.

탄소나노튜브는 자연계에서 가장 가느다란 튜

브라 할 수 있는 지름이 1~30nm의 원통형 긴 관을 형성하는 탄소 소재로서 1개의 탄소 원자가 3개의 다른 탄소 원자와 결합한 육각형 벌집 모양의 구조를 이루고 있으며 속이 비어 있어 가볍고 전기전도는 구리만큼 좋으며, 열전도는 다이아몬드만큼 우수하고 강도는 같은 굵기의 강철보다 100배나 뛰어나다.

- 1960년대 물리학자인 베이컨(R. Bacon)이 최초로 관찰하였고, 1992년 일본전기회사(NEC)의 이지마(Iijima)박사가 Fullerene(탄소원자 60개가 모인 것 : C60)으로부터 최초로 탄소나노튜브를 합성하였다.
- 1998년 Ren 등이 플라즈마 화학기상증착법을 사용하여 글라스 기판 위에 수직배향된 고순도의 탄소나노튜브를 합성시킨 것을 계기로 탄소나노튜브의 합성과 응용기술 측면에서 획기적인 진전을 가져오게 되었다.
- 탄소나노튜브는 나노 크기의 그래파이트 면이 말리는 각도 및 형태에 따라서 전기적으로 도체 또는 반도체의 특성을 보이며 벽을 이루고 있는 결합수에 따라서 단일벽 나노튜브(single-walled nanotube : SWNT) 또는 다중벽 나노튜브(multi-walled nanotube : MWNT)로 구분되고, 단일벽 나노튜브(roped nanotube)가 여러개로 뭉쳐있는 형태를 다발형 나노튜브로 구분된다.
- 탄소나노튜브는 각종 디스플레이 기기, 연료전지, 2차전지, 의료기기, 테라급 반도체 등의 소재로서의 사용뿐 만 아니라 초소형전자기계시스템에 있어서 나노 기어, 스위치 등으로의 응용 연구도 활발히 이루어지고 있다.

□ 탄소나노튜브의 기술 및 특허출원동향

1. 탄소나노튜브의 기술동향

탄소나노튜브의 합성과 에미터 응용에 관한 연구는 미국·일본 등 선진국에서 국내 연구팀보다 수년 앞서서 활발히 수행하고 있지만 국내외적으로 탄소나노튜브 합성에 있어서 고품질 탄소나노튜브의 구조제어된 수직배향 합성기술, 저온 합성기술, single-walled 탄소나노튜브의 대량합성 기술 등을 실현시키기 위해서는 해결해야 할 문제점들이 많다.

- 현재 국내 연구팀의 CVD를 이용한 탄소나노튜브의 합성기술은 선진국과 거의 동등한 수준에 도달했지만 대량생산 기술과 single-walled 탄소나노튜브 합성법 등에서는 전반적으로 뒤쳐진 상태이다.
- 국내의 에미터 응용기술 개발은 주로 FED(Field Emission Device) 응용에 관심이 집중되어 왔으며 이의 특허출원도 다른 분야에 비해 많으나, 전반적인 에미터 응용을 비롯한 각종 응용연구 수준은 아직도 선진국에 비해 크게 뒤져있는 상태이다.
- 국내외적으로 기관에 수직 배향된 탄소나노튜브를 이용한 FED 개발은 보고된 바 없으며, FED 이외의 다른 전자방출시스템(백색광원, CRD 전자방출원, VFD 등)에 관한 연구는 아직 시작단계에 머물고 있다.

탄소나노튜브의 국가별 유망용도를 살펴보면 각국의 기술적 특성에 맞게 다양한 분야에서 유망용도가 정해졌다는 것을 알 수 있으며 특히, 한국의 경우에는 FED, EMI/RFI 차폐, 전자부품 등의 분야에서 유망할 것이라 예상된다.【표 1】 참조

2 탄소나노튜브의 특허출원동향

2.1 각국내의 탄소나노튜브 관련 특허출원동향【표 2】 참조

미국·일본·한국은 1999년에 유럽은 2000년에 그 출원건수가 최고에 달했으나 그 이후에는 다소 감소하는 경향을 보이며(유럽은 제외) 전체적인 출원건수에 있어서는 한국이 가장 많다는 것을 알 수 있다.

- 출원건수가 다소 감소하는 경향은 탄소나노튜브의 합성법과 이의 응용분야에 대한 기술의 한계에 기인한 것이라 판단된다.
- 한국이 전체적인 출원건수에 있어서 가장 많은 것은 고무적인 현상이긴 하나, 탄소나노튜브 합성법과 관련된 원천기술은 대부분 미국·일본이 갖고 있다는 점에서 다소 문제점이 있다고 할 수 있다.

2.2 국내 탄소나노튜브 관련 특허출원동향

나노기술 vs. 탄소나노튜브 출원 동향 비교 【표 3】 참조

- 나노기술관련 출원은 매년 급증하고 있다는 것을 알 수 있으나, 나노기술 중 탄소나노튜브관련 분야가 차지하는 비중은 1999년을 고점으로 점차 낮아지고 있다는 것을 알 수 있으며 이는 초기(1999년) 기술 선점의 과다방어 출원이 점차 기술력 위주의 출원으로 바뀌고 있기 때문이라고 판단된다.

디출원 상위 3개사의 출원 동향【표 4】 참조

- (주)일진나노텍이 1999년에 최다 출원을 하였고 이후 탄소나노튜브 합성법에 관한 기술

한계로 인해 그 출원이 감소하는 경향을 보이는 반면, (주)삼성에스디아이는 출원감소 감소폭이 작고 (주)엘지전자는 계속 출원이 증가하고 있다는 것을 알 수 있는데 이는 현재 기술로 어느 정도 한계에 달한 합성법에 관한 출원보다는 이의 응용분야로의 출원이 많기 때문으로 파악된다.

년도별 외국인 출원비율(【표 5】 참조)

- 1997년에는 외국인 출원비율이 75%에 달했으나, 이후 급감하여 10%대에서 움직이고 있다는 것을 알 수 있으며 이는 외국인의 출원건수는 거의 일정하나 국내인의 출원건수가 급증하였기 때문이다.

년도별/기술분야별 출원현황(【표 6】 참조)

- 탄소나노튜브에 관한 출원 중 대표적으로 합성, 전자방출(FED 포함), 각종 전자소자에 관한 출원을 비교하였는데, 합성법은 1999년에 급증하였다가 이후 감소하였는데 이는 현재의 기술적 한계를 나타내는 것이라 할 수 있으며 추후 탄소나노튜브 분야의 기술적 발전을 위해서 해결해야 할 중요한 문제라고 생각되어지며, 응용분야 중에서는 전자방출 분야에서 가장 많은 출원이 있었고, 특히 FED 분야에서 두드러진 출원이 있었다.

□ 결 론

탄소를 10억분의 1단위의 초미세 튜브형태로 가공한 탄소나노튜브는 전자방출 특성과 화학적·기계적 특성이 우수한 차세대 전자재료로서 많게는 1g 당 1,000불 이상을 호가하기도 하는 고부가가치의 첨단 소재로서 발광소자, 메모리 소자, 수소전지 등에 응용할 수 있으며 미국을 비

롯한 세계 각국이 정부 주도로 연구개발에 투자하고 있지만 현재까지는 경쟁력있는 대량생산 기술을 확보한 곳은 세계적으로 그리 많지 않기 때문에 이에 대한 기술확보는 매우 중요하다.

국내 연구진에 의해 탄소나노튜브의 대량 생산과 이의 응용분야에 대한 많은 특허출원이 이루어져 왔으며 주로 합성과 FED 분야에 대한 출원이 대다수를 차지하고 있으나, 합성법에 있어서는 미국·일본이 주요 원천기술을 보유하고 있고 또한, 일부 기술은 특허출원을 하지 않은 채 비밀로 하고 있는 실정을 감안할 때 탄소나노튜브 관련 분야에 있어서 앞서나가기 위해서는 합성법과 관련된 원천기술을 확보하는 게 큰 과제이고 이는 곧 탄소나노튜브와 관련된 여러 응용분야로의 적용을 결정짓는 중요한 문제이기도 하다.

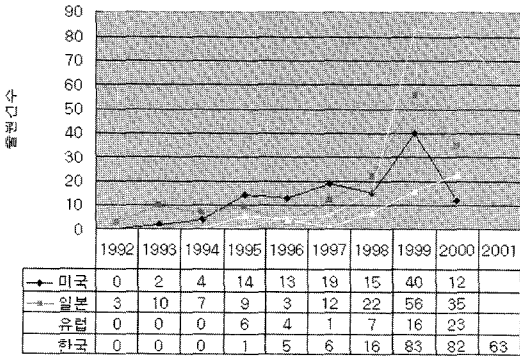
탄소나노튜브는 현재까지 연구용도로 많이 쓰이나 향후 5년 안에 복합체, LCD/CRT용 field emitter, 에너지 저장(수소저장, Li-ion 2차 전지) 등의 분야에서 시장성을 확보할 전망이다. 특히 디스플레이분야에서 FED가 차지하는 시장규모는 2005년에는 10억불에 이를 것이라 예상되는 고부가가치 산업인 만큼 합성법에 대한 투자와 더불어 여러 응용분야에 대한 폭넓은 투자가 이루어져야 한다.

【표 1】 국가별 유망용도

유 망 용 도	
미 국	전자, 의약, 광 data 저장용 코팅/필름, EMI/RFI 차폐
일 본	전자부품, EMI/RFI 차폐, FED, 에너지 저장(Li-ion battery)한 국FED, 전자부품, EMI/RFI 차폐
독 일	나노기계, 생물약제학, 코팅 및 필름, EMI/RFI 차폐
프랑스	에너지 저장, 의약품, 코팅
중 국	EMI/RFI 차폐, 폴리머 첨가제, MWCT (수요가 큼)
러시아	폴리머 첨가제, 코팅 및 필름, EMI/RFI 차폐

【표 2】 각 국내의 출원동향

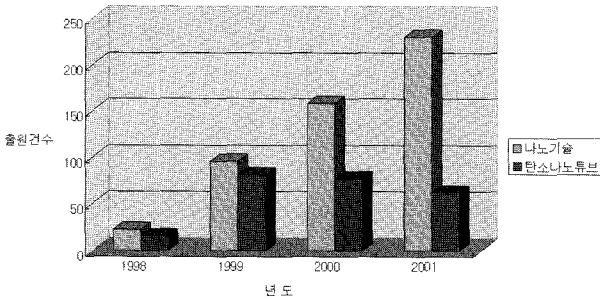
각 국내의 출원동향



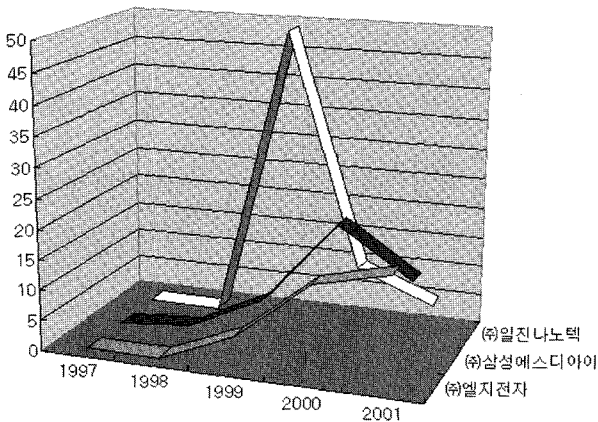
※ 미국·일본·유럽 : 2000년 말까지 출원 자료한국 : 2001년 말까지 출원 자료

【표 3】 나노기술 vs. 탄소나노튜브 출원 동향 비교

나노기술 vs. 탄소나노튜브

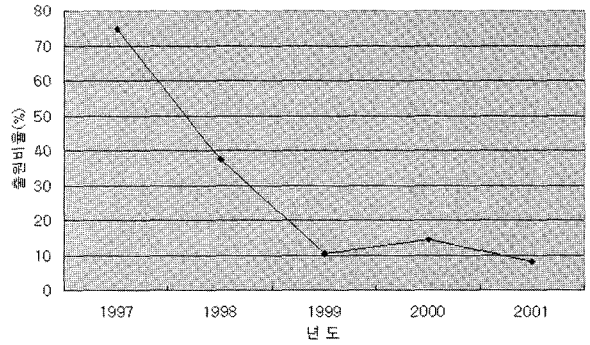


【표 4】 다출원 상위 3개사의 출원 동향



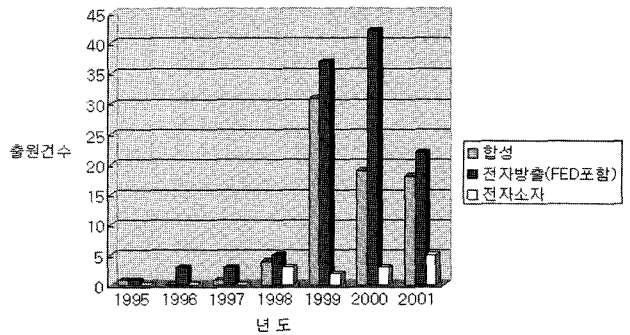
【표 5】 연도별 외국인 출원비율

년도별 외국인 출원비율



【표 6】 연도별/기술분야별 출원현황

년도별/기술분야별 출원현황



PDA에 관한 국내 특허 출원 급증

모바일 컴퓨팅의 핵심으로 부각된 PDA(Personal Digital Assistants)는 일반적으로 워드 프로세싱, 파일 입출력, 개인정보관리 등의 컴퓨팅 기능과 인터넷 접속 기능이 부가된 소형의 휴대용 컴퓨팅 기기로서 2000년 이후 급격히 성장한 것과 비례하여 특허출원도 2000년에는 전년대비 80%이상으로 급증하였다.

PDA가 우리에게 관심이 된 것은 최근의 일이나 실제로 PDA의 역사는 10여 년 정도 되었으며 1996년까지는 세계 PDA 산업도 실패를 거듭하였고, PDA 관련 국내 특허출원도 전자수첩을 고

급화하는 정도이나, 최근에는 멀티미디어 및 무선 기술의 접목으로 역동적인 단계로 접어들어 시장에서 활기를 띠게 될 것으로 예상된다.

PDA는 해외시장에 비하여 국내 시장은 아직 협소한 편이나 인터넷과 결합되면서 급속한 성장을 할 것으로 예상되어 PDA 기술분야와 이를 응용한 특허 출원을 알아봄으로써 향후 국내 PDA시장의 성장을 예측할 수 있다.

PDA에 관련된 국내 특허 출원으로서 1996년에 출원된 삼성전자의 개인 휴대용 단말기, 휴대용 정보 단말장치와 이동 무선 단말 장치 간의 통신 인터페이스 장치 및 그 제어 방법, 1996년에 출원된 엘지전자의 디스플레이 장치 분리형 개인 휴대 통신 등이 있고, 최근에는 단순한 기능부가 및 케이스 위주의 출원에서 장치 및 내장하는 소프트웨어 그리고 응용에 관한 것 등 다양한 특허가 출원되고 있다.

2000년까지 국내에 공개된 특허, 실용신안등록을 토대로 검색해 본 결과 2000년부터는 PDA 기능을 응용하는 비즈니스 모델 특허들이 다수 출원되었고, 1996년에 출원된 특허 및 실용신안등록이 약 76건이었으나 1997년에는 약 71건으로 주춤하였으나 다시 1998년을 기점으로 활기를 띠기 시작하여 2000년에는 1999년 대비 80% 이상의 증가 추세를 보이고 있다.

(PDA 관련한 국내출원동향)

(단위 : 건)

출원년도	1996	1997	1998	1999	2000
출원건수	76	71	151	180	324

* 검색식 예 (1996년도 76건)

76 = (IPC = g06f* or h04*) and (출원일 = 19960101~19961213) and (내용 = 전자수첩 or PDA)

탄소나노튜브 관련 특허 출원 한국이 "최다"

나노기술(Nano Technology)의 첨병으로 불리는 탄소나노튜브 관련 특허 출원이 우리나라가 가장 많은 것으로 집계됐다.

특허청은 지난 92년부터 2000년까지 우리나라의 탄소나노튜브 특허 출원은 193건으로 미국 119건, 일본 157건, 유럽 57건보다 많았다고 20일 밝혔다.

우리나라는 지난해에도 63건의 특허 출원을 기록했다.

우리나라가 전체적인 출원건수는 많았지만 탄소나노튜브 합성법과 관련된 원천기술은 미국, 일본 등이 대부분 갖고 있어 문제점으로 지적된다. 미국, 일본, 한국은 지난 99년 출원건수가 가장 많았으며 유럽은 2000년에 출원건수가 최고에 달했고 이후에는 감소하는 경향을 보였다.

국내의 경우 일진나노텍, 삼성SDI, LG전자 등이 주로 이와 관련된 특허 출원을 기록했으며 현재 기술적으로 어느 정도 한계에 달한 합성법에 관한 출원보다는 응용분야로 출원되는 경향이 많아지고 있다.

특허청 관계자는 "탄소나노튜브는 현재 연구용도로 주로 쓰이지만 향후 5년내 복합체, LCD, 에너지 저장 등의 분야에서 시장성을 확보할 수 있을 전망이다"고 말했다.

한편 탄소나노튜브는 각종 디스플레이기기, 연료전지, 2차전지, 의료기기, 테라급 반도체 등의 소재로 사용될 뿐만 아니라 초소형 전자기계시스템 분야의 나노기어, 스위치 등 응용연구에 활용할 수 있는 꿈의 신소재다.

출처 news24

발특 2002/4