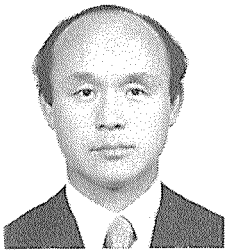


# 海外 材料·素材 工業의 點檢



주 응 길

韓國科學技術院 材料工學科/工博

급속한  
현대 과학발전의  
속도에 발맞추어 경제성장과  
안정을 보장하는 길은 신기술 개발과  
신제품 개발이며 독자적 기술이 전제된다.  
선진제국의 신기술 개발의 밑바탕에는  
재료 및 소재공업의 발전이  
주축이 되고 있음을 볼 때  
우리도 하루빨리 재료 및  
소재 공업의 발전이  
이루어져야겠다.

## 1. 서론

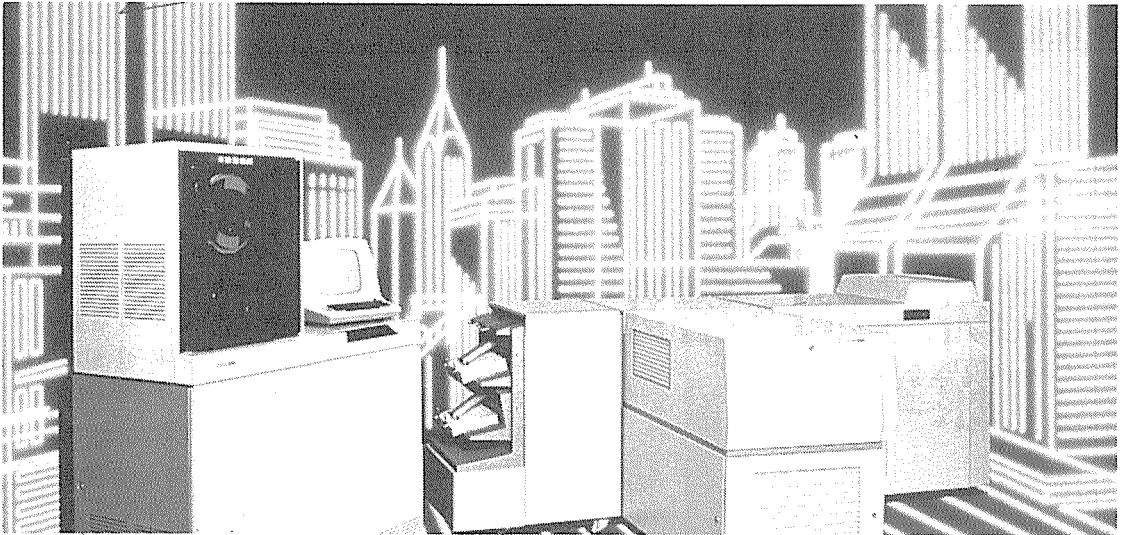
주어진 짧은 지면에 新素材에 관해서 원고를 써달라는 진흥회의 원고 청탁을 받고 본인은 다소 막연한 느낌을 가졌다. 그러나 이 원고를 쓰면서 필자가 독자들에게 편견없이 신소재의 현황과약을 가능한한 쉽게 설명하는 것이 임무라고 느껴 다소 산만한 느낌이 들겠지만 新素材의 전 분야에 대해 단편적으로 기술하겠다.

현대인은 과학의 利器를 이용하여 편리하게 살고 있긴 하지만 인간이 과학 기술을 지배하기 보다는 역으로 과학기술이 현대인 생활방식에 크게 영향을 미치어 현대인과 과학기술은 서로 거미줄처럼 얽혀 있는 것 같다.

미국의 카네기는 철강공업으로, 록펠러는 석유산업으로 거부가 된 것을 전세계 사람들은 이미 알고있다. 그런데 최근에는 철강산업이나 석유산업에서 거부가 된 사람보다는 오히려 컴퓨터 전자산업 등의 첨단산업에 몸 담은 사람들이 갑부가 되고 1990년대에 가서는 세계 최대회사가 석유재벌 엑손이나 자동차 제조의 세계 최대 회사 제너럴 모터스가 아니고 컴퓨터회사인 IBM이라는 사실을 우리는 기억하여야 할 것이다. 이러한 관찰은 앞으로 세계의 富를 첨단산업에 종사하는 사람들이나 회사들이 지배할 것이 분명하다는 것을 암시하고 있다.

과학의 발전은 인간의 생활을 편리하게 하여 주고 있지만 과학기술과 거리가 먼 사람들에게는 오히려 격차감을 준다. 材料工業에 관하여 관찰하여 보면 그동안 현대문명의 대들보였던 철강이 이제는 시들해진 느낌이다. 과학기술이 발전해감에 따라 현대인 생활형태의 변화 속도는 더욱 빨라지고 이에 따르는 材料나 素材도 새로운 것으로 더욱 빨리 대체되고 있다.

肥料, 石油化學등이 우리에게 희망을 주었던 산업이기는 하나 이에 우리가 전폭적으로 의지할 수 있는 산업의 유형은 아니다. 과학기술은 우리 생활의 변화를 가속화시키기 때문에 우리



재료 및 소재의 개발에서 신기술로 또 신제품으로 이어지는 과학기술의 발전이 시급하다

는 빠르게 과학발전의 뒤를 쫓아 갈 수밖에 없다. 따라서 우리는 성장을 담당할 新製品을 만들어내지 않으면 안되며 성공을 판가름하는 수단은 新技術이 될 수밖에 없다.

근래 우리 주위에 발생한 제 사건들(미국의 컬러TV 덤핑 시비, EC의 VTR 관세 인상, ……)을 돌이켜 보면 남이 개발한 것을 빠르게 모조 생산하여 수출하고 있기 때문에 외국의 반발을 받고 있기도 하다. 따라서 자립기술에 의하여 제품을 개발, 기업은 해외진출에 힘써야 할 것이며 여기에 바탕이 되는 것이 기술개발이다. 기술개발이 정착화 되기 위한 준비작업은 반드시 필요한 것으로서 이러한 점에 주안을 두어 해외 선진국에서 각광을 받고 있거나 미래산업의 材料·素材工業에 대하여 편의상 크게 1) 半導體材料 2) 화인 세라믹스 3) 金屬材料 4) 高分子材料 및 光學材料로 나누어 기술하기로 한다.

## 2. 半導體 材料

電子材料의 대표로 꼽을 수 있는 규소 單結晶은 高純度 液相으로부터 소위 Czochralski 방법으로 길러지고 있으며 IC제작의 경우 1매의 웨이퍼로부터 만들어지는 칩의 수량이 생산원가를 지배하는 요소가 되므로 점차 大口徑化되어 초기의 3인치에서 최근 6인치의 웨이퍼가 나오고 있으며 일본의 信越半導體에서는 9인

치 구경의 웨이퍼를 시험제작하고 있다.

규소에서의 전자이동도가  $1,350\text{cm}^2/\text{Vsec}$ 로 비교적 작음에도 불구하고 꾸준히 개발되는 것은 高集積化를 위해서는 격자결합이 없어야 하기 때문에 갈륨비소(GaAs), 갈륨인(GaP) 등과 같은 금속간 화합물의 획기적인 결정성장법이 개발되지 않는 한 꾸준히 고순도의 규소 단결정 소비가 증가될 것이다.

일본의 野村總合研究所의 「NRI 예측자료」에서 1990년 일본의 VLSI 시장규모가 약 3조 5,000억엔이 될 것이라 예측했는데 규소 단결정으로 제작된 소자의 비율이 훨씬 높기 때문에 꾸준히 개발되어야 한다. 이러한 규소를 바탕으로 한 좋은 예로써 3차원 회로소자로 개발되고 있는 SOI(Silicon on Insulator)기술이 있다. 그러나 점차 처리속도와 분량이 증가 추세에 놓임에 따라 전자이동도가 큰 GaAs, GaP 등의 화합물과 高速電子移動素子(HEMT) 등이 필요하게 되어 규소와는 별개로 연구되고 있다. 현재로는 GaAs를 이용한 MSI 정도의 소자 집적화가 실험실에서 제작되고 있으나 점차 진전될 것이며 PN접합층에 전류를 주입시켜 접합 경계층에서 빛이 나오는 현상을 이용한 LED 및 LD(Laser diode)는 光電子의 시대에서 빼놓을 수 없는 소자이다. 이러한 光-電子 특성을 이용하여 表面光電變換素子, 내부에 신호처리 기능을 구비한 3차원 집적회로에 의한 Monolit-

hic Image Processor, 광-전기 변환 기능을 구비한 monolithic 光論理素子 등으로 개발되고 있으며 초전도 현상을 이용한 Josephson 소자 역시 주목을 받고 있으나 인터페이스에서 접속 문제가 심각하여 개발이 늦어지고 있다.

결국 반도체 재료로서는 규소가 주를 이루고 있으며 (1990년의 일본시장규모는 약 5,000억엔 GaAs, GaP는 약 600억엔) 계속적인 수요의 증가가 있을 것으로 예측된다. 그러나 이와는 달리 非晶質 (Amorphous) 규소가 태양전지 재료로 주목받고 있으며 효율 8% 이상의 대면적 非晶質 규소 태양전지의 실용화가 곧 이루어짐에 따라 새로운 양상이 나타날 것으로 예상된다.

### 3. 화인 세라믹스

재래의 세라믹스와는 달리 화인 세라믹스는 여러가지 기능을 갖고 있어서 각 기능에 따라 전기·전자 기능, 자기 기능, 광학 기능, 화학적 기능, 기계적 기능, 방사선 기능 등으로 분류할 수 있으며 1980년 세계 총 시장규모는 42억 5,000만弗이었으며 그중 IC Package분야가 8억弗, 콘덴서가 7억 5,000만弗로 전자부품용으로 쓰인 세라믹스의 총액이 약 63%인 27억弗에 달하였다. NRI 자료에 따르면 1900년의 일 일본시장 규모가 1조 1,450억엔, 2000년대 초의 시장규모는 무려 5조엔에 달하리라 예측하고 있다. 이러한 화인 세라믹스의 시장규모는 개발에 힘입어 더욱 증가하리라 예상된다.

국내 화인 세라믹스의 시장규모는 현재 약 1,200억원 정도로 이중 90%가 전자공업 관련재료이다. 이러한 화인 세라믹스는 1990년대를 이끌어 갈 尖端産業의 중요재료로서 큰 기대가 되며 이용분야는 대체로 電子部品, 磁氣部品, 機能材料로 크게 분류한다. 중요한 것에 대하여 설명하면 전기·전자 기기에 대하여는 IC용 기판이라든가 콘덴서, 압전소자, 자성재료 등의 예를 들 수 있다. 기계재료로서는 기계적 실(S-eal) 즉 패킹을 사용하지 않고 기밀성을 갖게 하는 실이 더욱 널리 사용될 것이며 그외에 구조재료로서 자동차에, 그리고 철강관계의 내열재료로서 조금씩 사용되기 시작하고 있는 것이 현재의 상황이다. 앞으로 5년 이내에 높은 온도

에서의 열교환장치에 이용되고, 자동차 부품이 올해에 나오게 될 것으로 예상되며 turbo charger, 디젤엔진의 여러가지 부품, 화학공업 등에서는 밸브 등의 기계장치류에 세라믹스의 응용이 시작되리라고 예측된다. 90년대의 중간 이후에는 단일 디젤엔진, 가스터빈 등 자동차 엔진에 본격적으로 이용될 것으로 보인다.

좀 더 세부적으로 살펴보면 전자제품의 경량화에 따른 소자의 소형화가 큰 발전을 하여 주로 BaTiO<sub>3</sub>계의 적층콘덴서, SrTiO<sub>3</sub>계의 BL콘덴서가 이미 개발되었고, BaTiO<sub>3</sub>의 입체현상을 이용한 PTCR, PbZrO<sub>3</sub>-PbTiO<sub>3</sub>의 2성분에 다른 성분을 첨가한 3성분계 압전 세라믹스가 쓰이고 있으며 고주파용 압전 세라믹스에의 개발이 진전되어 10.7MHz의 FM 중간주파대의 세라믹 필터가 실용화되어 선택회로가 소형화된 이래, 종래의 單結晶만 쓰던 표면탄성과 (SAW) 필터에도 사용되어 무조정의 TV용PIF 필터가 개발되고 있다.

에너지용으로는 초음파 세척기를 시초로하여 플라스틱 가공기, IC의 세선용접 등에 이용되었고, 압전 세라믹스를 맞붙인 바이모프(bimorph)는 압전부자, 스피커의 트위터 등에 폭발적으로 시장이 확대되고 있으며 새로운 응용분야로는 잉크 제트인쇄기, VTR의 헤드 위치 결정기구 등에 실용화되어 가고 있으며 레이저의 Q-Switching용으로도 실용화되고 있다. 또한 최근 microprocessor의 출현이래 클럭 발전기에도 사용되어 마이크로 컴퓨터의 시장확대와 더불어 수요가 확대되고 있으며, 충전제로써 고무나 폴리머를 혼합해서 만든 압전고무가 스피커의 우퍼 또는 혈압계 등으로 쓰이고 있다.

전자적 기능을 벗어난 내열성을 이용하여 1982년 일본 코세라와 이스즈 자동차 합작의 세라믹 디젤엔진을 탑재한 승용차의 시험 주행에 이어 Co, Ni, Cr 등의 희소 금속을 절약한다는 자원 에너지 절약의 관점에서 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>가 관심을 끌고 있으며 내연기관용으로 대체될 경우 그 시장규모는 엄청나다고 하겠다. 그리고 tokamak형의 핵융합로 제1벽의 재료로 SiC가 착안되고 있다.

절삭용 재료로서는 탄화 타이타늄, 질화 타이타늄이 주목을 끌고 있으며 세라믹스 시장의

약 20%를 차지하고 있다. 또한 내열성을 갖는  $Al_2O_3$ 를 수소분위기 하에서 소결하여 반투명의 「Lucalox」가 1958년 개발된 이후 투명 세라믹스가 고압 나트륨 방전 등에 사용됨으로써 점차 수요가 증대되고 있으며 電氣 光学性質을 이용한 전기광학용 세라믹스가 개발되어 광학에서의 새로운 분야로 각광을 받고 있다.

그 이외에도 생체 재료로서 세라믹스가 주목받아 인공치아도 개발되고 있다.

이미 더러 열거하였지만 화인 세라믹스의 용도 및 개발 현황은 일일이 열거할 수 없는 상황이며 새로이 석기시대를 맞이하는 기분이 들게 되며 따라서 시장규모의 예측을 불허하게 되고 필요에 의하여 개발 및 공급이 이뤄지고 있는 실정이다.

#### 4. 금속 및 복합재료

금속재료에서는 비정질 금속, 초소성 재료, 초전도 재료, 형상기억합금, 수소 저장 합금 등이 주목을 받고 있으며 복합재료는 탄소섬유, 보론섬유, 아라아미드 섬유, 강화 복합 재료의 발전이 기대된다.

비정질 합금은 액체 상태에서 1초동안에 최소  $10^{\circ}C$  정도의 속도로 급냉시켜 만든 것으로 처음에 실용화된 것은 전력의 대량 수요에 쓰이는 변압기 철심이었으며 자기헤드의 재료로 이미 개발되어 있으며 독특한 내식성을 갖고 있기도 하다.

또한 형상기억합금, 초전도 합금, 수소 저장 합금이 유망하다는 평가를 받고 있다. 그러나 금속재료에서는 반도체 관련 소재 분야의 발전이 기대되고 있으며, 극저온에 가까와지면 갑자기 전기 저항이 사라지는 초전도 재료의 실용화에는 임계자계가 발생하는 높은 온도의 금속을 찾아내는 것이 성패를 좌우하는데 현재 Nb, Ge이 절대온도 23도로써 액체 수소를 사용하여 냉각시키고 있으나 아직 초기 단계이며 최근 소련의 아카데미 금속 물리학 연구소는 Nb, Sn 합금계가 125Oe의 자계에서  $1cm^2$ 당 100만 암페어의 전류가 흐를 수 있는 초전도 재료를 개발하였다고 한다. 액체 질소의 절대온도 77도 이상의 임계온도를 가진 재료를 개발한다면 산업계

에 대단한 충격을 갖고 올 것이 분명하며 새로운 차원의 에너지 산업이 등장할 것이다.

이 이외에도 금속 신소재로써 Ag-Zn, Ag-Al-Cu의 개발이 주목할 만하며 이들은 레이저 광에 의한 국부적인 색조 변화가 가능하여 반사율의 可逆性을 이용, 정보의 記錄·再生·消去가 가능한 광기록 합금으로 개발하고 있다.

복합재료의 대표로 꼽을 수 있는 탄소섬유는 연 평균 45% 이상의 높은 성장률을 보여 시장 규모가 확대될 것으로 보이며 세계 탄소 섬유 수요를 보면 83년 1,800톤에서 85년에는 2,540톤, 87년에는 3,520톤으로 늘어날 전망으로 탄소섬유의 특징은 高強度, 高彈性, 高電導性을 가지며 耐藥品性, 難燃性이 뛰어나다. 50년대 후반에 연구 개발된 이후 20여년동안 급속도로 연구되어 오늘날 항공공학용의 재료로 중요한 자리를 차지하기까지 이르렀으며 골프채나 테니스 라켓, 낚시대 등의 스포츠 레저용품으로, 항공기 자동차 등의 구조재로서의 용도가 이미 열렸고 의료 관제의 기기나 시험사용단계에 들어가고 있다.

현재로서는 제조단가가 높지만 연구, 개발에 의해 고층건물이나 교량, 일반 생활용구 등에도 크게 이용될 것이다. 또한 탄소화합물을 열분해하여 제조하는 氣相成長 탄소섬유를 열처리하여 흑연화시키면 층간 화합물이 형성되어 전기 전도도를 높여주므로 새로운 導電體 로써의 가능성도 보여준다.

이러한 금속재료의 일본 시장규모를 보면 2천년엔 1조5,000억엔, 복합재료가 4,000억엔을 상회하리라 보고 있다.

#### 5. 高分子 材料 및 光学 材料

고분자 재료를 크게 분류하면 엔지니어링 플라스틱(내열성, 전기 절연성, 금속 대체용), 감광수지, 고기능 분리막, 고전성 고분자와 유기반도체, 고분자 흡착재로 나눌 수 있으며 연평균 14%의 시장 증가율을 보이고 있고 금속 재료의 시장규모와 같은 정도가 될 것이라고 전망된다.

구조재로써 쓰이는 폴리 카보네이트(PC)는 충격에 강하며, 금속 대체용으로서의 용도는 전

자기기, 카메라 몸체, 차량용으로 쓰이고 고분자 재료는 전기 절연성이 뛰어나 절열재료로 쓰이며 대표적인 것이 에폭시 수지이다. 감광성 수지는 카메라, 사진용 감광 필름, 공업용의 감광성 필름(프린트 기관 제조용)으로 쓰이고 있으며 반도체 산업의 번창에 따라 수요가 증가되고 있다.

이온 교환막으로 쓰이는 기능 분리막은 농축의 원리를 이용하여 공업폐수로부터 유용물질 회수, 유기약품의 제조에 쓰이고 탈염의 원리를 이용 염수로부터 식수, 공업용수의 제조, 공업폐수의 처리, 아미 노산 용액의 정제, 유제품의 탈염 등에 사용되고 있고 이외에도 전해격막, 투석 등에도 이용되고 있다.

高分子材料는 절연성이 높지만 충전재로서 탄소를 첨가한 도전성 고분자가 연구되고 있으며 탄소의 첨가량이 증가할수록 탄소의 표면적이 커져 접도가 떨어지게 되어 30%이상의 첨가가 아직은 곤란하다. 이러한 고분자 재료는 정전기가 발생하지 않아 섬유, 의류 등에 사용할 목적으로 연구되고 있다.

현재 1mm 두께의 플라스틱 판의 경우 10/Ωcm의 도전율이 얻어지고 있으며 도체와 반도체의 경계에 놓이게 되므로 30% 이상의 탄소를 첨가한 도전성 플라스틱 재료가 연구되고 있어서 고분자 전선이 도래할 날도 멀지 않았다고 보며, 1979년 덴마크의 코펜하겐 대학에서 유기 화합물 초전도체가 개발된 이래 금속에 의한 초전도체에서 임계온도의 최소는 절대온도 30도로 예측하고 있는 반면 상온에서의 유기 초전도재료가 출현할 가능성을 가지고 있어서 연구가 활발한 분야이기도 하다. 또한 광학 특성이 우수한 투명 플라스틱이 장차 통신 케이블용으로 연구되고 있으며 카메라 렌즈용으로 개발되고 있다.

마지막으로 광학재료는 앞으로 도래할 광학시대를 맞이할 준비를 하고 있으며 종래의 유리에서 점차 벗어나 大口徑의 렌즈용으로 ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> 등이 연구되고 있고 Nd-YAG 레이

저를 비롯한 고체 레이저용 재료, 평면 디스플레이를 위한 재료, 전기 광학 현상을 갖는 單結晶 연구가 진행되고 있다. 이외는 별도로 세라믹스를 투명화시켜 PLZT의 경우 광 스위치, 광 변조기, 광 메모리 등에 사용되고 있기도 하며, 2천년대에는 홀로그래피(Holography)를 이용한 3차원 정보의 리얼타임(Real Time) 처리가 가능할 것이며 또한 입체 TV가 개발될 것으로 예상되고 있다. 이러한 작업을 위한 광학재료가 개발되고 있으며 시장규모는 아직 밝혀지지 않고 있다.

## 6. 결 론

해외에서의 新素材 분야를 살펴보았으나 필자 자신은 미흡한 감을 금할 길이 없다. 국내에서 신소재하면 반도체 분야를 일반적으로 속칭하는 경향이 있는 것 같아 보다 광범위하게 신소재가 우리 산업에 미칠 수 있는 영향 범위를 점검해 보았다.

반도체하면 일반적으로 기기장치 산업이고 대규모 투자가 필요한 단점이 있고 신개발품의 순환수명이 짧아 기술의 저변확대와 보다 많은 기술개발 투자가 이루어져야 우리의 경쟁력이 보장될 것이다. 우리 반도체 업계가 미국과 일본에 세찬 도전을 해 보았으나 일단 좌절상태에 있는 것 같다. 우리도 무조건 첨단산업 분야에의 투자가 성공을 보장하지 않는다는 사실을 배운 것 같다. 배움이 산지식이 되고 우리는 미래에 대한 대처를 해야 할 것이다.

과학기술의 급속한 발전은 우리도 안일한 자세로 관망할 수 없는 처지에 있도록 만들고 있다. 정체는 우리의 후진성을 가져올 것이며 우리도 무엇인가 하여야 되는 데 안목없는 연구개발계획과 이의 실행은 우리의 한정된 재원의 낭비를 가져올 우려도 있다. 첨단산업하면 전자공업, 유전공학, 정보산업, 신소재 등을 예로 드는데 여기서는 신소재 공업에 관하여 간단히 살펴 보았다.