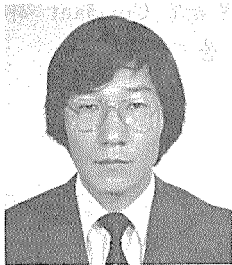


國內 電子材料産業의 現況과 展望



이 영 희

光云大學 電子材料工學科長 / 工博

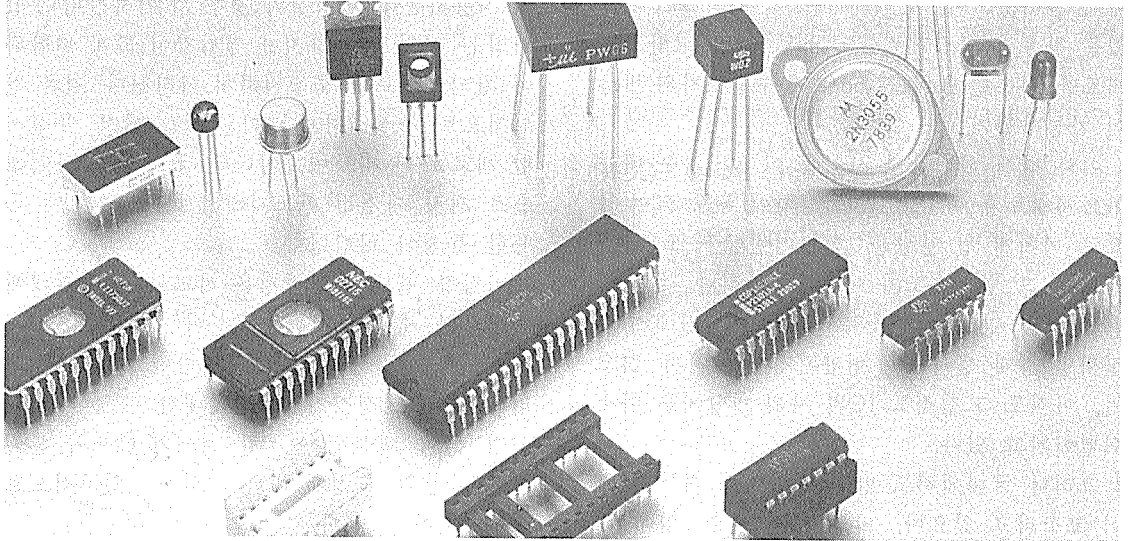
첨단기술의 기반이 되는
신소재, 신기능 소자 등의
개발을 통하여 고도 정보시스템망,
항공기 관련산업, 의료기기, 민생기기
등 향후의 고도 정보화사회의 실현을
이룰 수 있으며 동시에 국제경쟁력
강화 및 고도 경제사회 문화를
창조할 수 있다. 이러한 시점에서
첨단산업에 대한 官·産·學의
상호협력은 절대적인
필요 충분 조건으로
볼 수 있다.

과학기술의 발전은 미래를 개척하는 원동력으로서 경제사회의 발전을 주도하여 왔으며, 산업혁명을 통한 기술의 발전은 핵에너지의 산업적 이용, 항공우주기술의 발전, 화학기술 및 시스템기술의 고도화·다양화 등으로 현대산업은 기술혁신의 개화기를 맞이하고 있다. 이러한 과학기술의 발전은 대부분이 전자재료 산업의 개발에 근간을 두고 있다고 볼 수 있다.

이러한 시대적 요청에 따라 선진 각국에서는 창조적 기술과 혁신적 기술의 개발에 전력을 기울이고 있으며, 이로 인하여 소위 첨단기술이라는 고도의 기술집약적 산업으로서 높은 부가가치 창출을 통한 안정된 경제발전을 이루고 있다. 따라서 이러한 첨단기술의 보유없이는 선진국으로서의 도약은 불가능할 뿐 아니라 경제발전을 꾀할 수 없는 상황에 처하게 될 것이다.

이러한 첨단기술 중 기반이 되는 新素材, 新機能素子 등의 개발을 통한 파급효과는 고도정보 시스템망, 항공기 관련 산업, 의료 기기, 민생기기 등 광범위하게 적용되어 향후의 자동화 사회·정보화사회를 앞당겨 이룰 수 있으며, 이를 통한 국제경쟁력의 강화 및 높은 경제사회 문화를 실현하게 될 것이다.

특히 현대산업을 이끌고 있는 전자 산업은 반도체·신소재 등 관련 전자재료 분야의 지속적인 개발에 크게 영향을 받아왔으며, 이를 통한 전자소자의 성능 향상이 전자산업 발전의 근간을 이루게 되었다. 근래의 전자산업은 인간의 문화생활 용구에서부터 기계·항공·병기 및 우주산업에 이르기까지 산업의 자동화, 지능화, 정밀화에 결정적으로 기여하며, 빠른 기술혁신에 의하여 무한한 발전이 기대되는 고도성장 산업으로서 첨단기술의 맥을 이루고 있으며, 이를 위한 반도체, 신소재, 신기능소자 등 전자재료와 관련된 분야의 우선적인 발전이 필히 수반되어야 한다.



현대의 전자산업은 기계·항공·우주산업에까지 광범위하게 기여하고 있어 우리도 그 기초가 되는 전자재료의 국산화가 시급하다.

1. 결정질 반도체 재료의 현황과 전망

1948년 미국 Bell연구소에서 반도체를 이용한 Transistor의 발명과 더불어 새로운 전자산업이 시작되었고, 그 이후 1959년 반도체 집적회로의 개발을 통하여 1969년 IBM의 반도체 기억소자 사용화, 1978년 1-Chip마이크로 컴퓨터의 개발, 1979년 VLSI의 개발 및 실용화와 1980년대에 들어서면서 VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit)의 개발 가능성 등 반도체 재료분야에 있어 1세기도 안되는 기간에 눈부신 발전을 거듭하여 근래에는 반도체 재료가 갖는 극한적인 성질에 도전하는 초격자 구조, 적층 고밀도 메모리소자와 같은 신기능 소자 등에 대한 개발 등이 분야에 있어 앞으로의 진전은 예측조차 어려울 정도이다.

이와 같은 반도체 재료 처리기술의 급격한 발전에 힘입어 Micro-process기능의 다양화 및 응용분야의 확대는 각종 전자기기의 소형화·경량화·고성능화 및 고능률화를 가능케 하였으며, 전자-기계의 결합된 새로운 산업을 탄생시켰다.

이로 인하여 F.A. (Factory Automation : 공장 자동화), O.A. (Office Automation : 사무자동화) H.A. (Home Automation : 가사자동화)와 같이

사회 전반에 걸친 개혁을 가져오고 있다. 또한 Micro-process 응용분야의 확대와 통신방식의 다양화 및 Mechatronics화와 Software기술 발달로 System화의 진전이 계속될 것이므로 반도체 재료를 사용한 초고밀도 집적회로, CCD소자, 발광·수광소자, 에너지 변환소자 및 센서 등과 같은 특수한 전자소자에 대한 기술혁신과 생산기술의 발전이 크게 기대되고 있다.

이와 같은 특수 전자소자의 개발을 위하여 1980년대에 들어서면서 Si, Ge과 같은 원소 반도체에 이어 II, III, V, VI족 원소를 결합시켜 얻어지는 II-VI, III-V족 화합물 반도체의 생산량이 매년 증가하고 있으며, 이들이 제3의 반도체 재료로서 각광을 받고 있다.

원소반도체가 갖는 제한적인 성질을 넘어서는 특수한 성질을 갖는 화합물 반도체는 주로 발광 diode, Laser diode, 수광 diode와 같은 광전자 소자의 제작에 사용되고 있으며 고속 동작, 고기능성 소자와 같은 고신뢰성을 요하는 전자소자 및 Micro-wave FET, Micro-wave diode, 적외선 감지소자와 같은 Sensor 등 여러 분야에 걸쳐 실질적으로 응용되고 있다.

이러한 화합물 반도체 재료를 이용하여 개발 가능하게 된 Video disk, Video record 및 Laser disk 등은 이미 실용성을 평가받아 보급단

계에 들어섰으며, 근래에 매스컴에서 보도되고 있는 광통신 시스템구성도 바로 화합물 반도체 재료를 사용한 Laser diode와 수광소자의 개발이 가능하였기 때문이다.

이와 같이 현대문명 사회를 이끌어 가는 데는 반도체재료가 미치고 있는 영향이 매우 크며 앞으로 미치게 될 영향을 감히 어림할 수도 없을 정도로 그 발전속도가 빠르다. 그러나 국내에서는 각종 반도체 제품의 단순 조립생산에서 실질적인 자체 생산으로 변환된지 얼마되지 않으며, 아직도 고집적도 IC의 자체 개발에는 다소 뒤떨어지고 있다.

그러나 국내에서도 반도체 재료에 대한 인식이 고조되고 있으며, 비록 외국 기술도입에 의한 고집적도 논리소자의 생산이 시도되고 있으며 일부 국내 기업에서는 GaAs와 같은 화합물 반도체를 이용한 고기능 전자소자의 개발이 진행되고 있다.

2. 비정질 반도체 재료의 전망과 현황

비정질 반도체에 속하는 재료는 매우 많으며 호칭도 여러가지로 불리우는데 그중 대표적인 것으로 비정질 반도체 (Amorphous Semiconductor), 유리질 반도체 (Glassing Semiconductor), 무질서한 구조의 반도체 (Semiconductor of disordered structure) 및 무정형 반도체 (Non-crystalline semiconductor)로 최근에 정의내린 바에 따르면 응용상태에서 갑자기 냉각시키고 유리질 천이온도 (Glass transition temperature, T_g)를 가진 물질은 유리질 (Glass)로 불리우며, 반도체산업에서와 같이 대용량으로 만들기 위한 박막 형성시는 비정질 (Amorphous thin film)로 분류하고 있다. 따라서 Bulk 형태의 반도체 Wafer의 경우는 Glass semiconductor로 불리우며, Thin film의 경우는 모두 Amorphous semiconductor로 부른다. 이러한 물질은 결정을 이루지 않고 무질서한 구조를 가지면서도 근접 격자간에만 일정한 질서를 갖는 단거리 질서 (Short-range order)를 갖는다. 즉 격자간의 결합에는 결합거리와 결합각이 크

게 작용하는데 비정질의 경우 각 격자간의 결합 거리는 거의 일정하지만 결합각이 크게 변화되어 전체적으로는 무질서하게 나타난다. 결국 전체적으로 무질서하게 나타남으로 해서 무질서한 재료로 불리우며, 이러한 구조상의 차이점으로 해서 단결정 반도체에서 나타나지 않는 독특한 특성이 나타난다.

비정질 반도체의 장점은 비교적 단시일내에 간단하게 제조되며 대량생산이 가능하며 실용소자로서 이용할 경우 원가절감이 가능하다. 그러나 아직 물성적인 현상에 대한 해석이 되어 있지 않기 때문에 연구할 여지가 많으며, 본원적인 물질의 특성에 대한 해석이 일차적으로 이루어져야만 한다.

비정질 반도체는 크게 2 종류로 분류하여 연구되고 있다. 즉 Si와 같은 Tetrahedrally bond group과 VI족인 Se, S, Te 등인 Chalcogen을 함유한 Chalcogenide반도체이다.

이중 비정질 Si의 경우 현재 사용되고 있는 단결정 Si의 제 기능을 모두 비정질 Si로 대체시킨다는 목표아래 Diode, TR, TFT (Thin Film Transistor), 태양전지 등이 개발되어 계산기 및 손목시계 등에 이용되고 있으며, Chalcogenide반도체는 결정질 반도체와는 전혀 다른 현상이 나타나므로 해서 새로운 응용소자로서 연구되어 현재 Xerox copy machine, Video camera 등에 실용화되고 있다. 이러한 많은 연구개발의 가치를 가진 비정질 반도체는 다음 3가지로 구분하여 연구되고 있다.

- 1) 전기·전자적 성질
- 2) 광학적 성질
- 3) 자기적 성질

위의 3가지 성질에서 나타나는 현상은 매우 많으나 현재까지 연구되어 온 중요한 현상은 Low field conductivity, Double injection, Impact ionization, Thermal instability negative resistance, Interface effect, Valency control, Photoelectron emission, Reversible phase transition, Photo induced crystallization, Photo induced nucleation, Photodarkening effect, Photochemical effect, Photo stopping

effect, Electro-optical effect 등이 있다.

이러한 성질 및 현상을 이용한 응용소자로서 전도도의 변화를 이용한 온도계, 온도 검출소자, Threshold switch, Thermistor, Bistable switch, Polarized switch, Amorphous transistor FET, Electrostatic printing, Electro-photo-graphic printing, Photo sensor, Solar cell, Image convertor, Image pick-up, Optical mass memory, Holography, Mask processor, Optical modulator, Beam deflector 등 수없이 개발되고 있는 실정이다.

이처럼 많은 분야에 응용할 수 있는 비정질 반도체의 연구는 공학적인 측면에서 매우 유용하며 많은 가능성을 가지고 있다고 본다.

3. Fine Ceramics의 현황과 전망

세라믹스 재료는 비금속 무기원료를 고온에서 소성하거나 용융하여 얻어진 무기질 고체재료를 말하며, 도자기, 건축재료, 유리 등 일상생활의 필수적인 물건들을 포함하여 고대 이후 지금까지 인류문화 발전에 지대한 기여를 하여온 합성재료로서 그 구성성분 및 구조가 복잡하여 재료과학적인 논리적용이 다른 종류의 재료보다 어려워 공업화의 초기부터 상당 기간 동안은 경험적이고 현상학적인 단순지식이 재료의 생산과 품질평가에 활용되었을 뿐이었다.

그러나 1950년대 이후부터는 우주개발이 시작되고 전자 및 통신공업이 본격적으로 발전하게 되어 금속이나 Plastic재료로써는 충족시킬 수 없는 새로운 소재의 요구가 불가피하게 되었으며 그 대상으로서 세라믹스 재료의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 이와 같은 연구개발의 노력은 세라믹스 재료의 새로운 특성 즉 고강도성·고내열성·고내화학성·투광성·광전성·반도성·압전성·유전성·강자성 등의 특수기능이 재료속에 소재된 불순물의 종류 및 함량과 구성성분 그리고 미세구조 등의 요인에 의하여 크게 좌우됨을 알았으며, 이와 같은 인자를 조정하여 원하는 특성을 얻기 위해서는 불순물이 많은 천연 원료보다는 고순도의 합성원

료의 채용이 불가피함을 알게 되었다. 이러한 새로운 요업재료 기술을 천연원료로부터 제조되던 재래적 요업기술과 구분하여 New Ceramics 또는 Fine Ceramics 기술이라 명명하게 되었다. 파인세라믹스 재료의 전자기적 기능은 반도체, 절연체, 압전체, 자성체, Sensor재료 및 광기술 재료로 크게 구분될 수 있다.

절연재료로서는 알루미늄이 자기가 자동차의 Spark plug의 절연체로 사용하기 시작한 이후 고순도 알루미늄이 자기의 Metallizing 기술이 개발되어 SCR 정류기, 진공스위치용기, 전자 Magnetron의 제작에 활용되고 있으며, 오늘날은 반도체 IC Packaging과 Hybrid IC 및 다층배선 기판기술로 전개되었다. 선진국에서는 현재 알루미늄 함량 99.5%의 박막용 기판을 무연마 무유약으로 양산하고 있으며, 동시소성법으로 신뢰성이 높고 기밀성이 완전한 Chip carrier 및 Multichip packaging의 기술을 실용화시켰다.

유전특성을 이용한 Condenser 기술은 높은 비유전율을 갖고 있으면서도 유전손실이 적은 세라믹 콘덴서 재료를 개발하게 되었다. 선진국의 경우 HIC 기판에 직접 부착시킬 수 있으며 용량이 큰 Multilayer chip condenser (MLC) 및 원통형 칩 콘덴서를 대규모로 양산하고 있으며, 원통형 콘덴서는 자동삽입이 가능하도록 Taping 화시키고 있다.

압전 세라믹스는 PZT계의 Pb 원소를 Sr, Ca, Ba 등 알칼리토류 금속원소로 치환하고, 희토류산화물을 첨가하여 특성을 개량시킨 변성 PZT가 주종 재료로써 전기-기계에너지 변환소자 및 진동자로서 광범위하게 응용되고 있다.

절연성이 기본인 세라믹스에 조성적 변화를 주어 반도체화시킬 반도체성 세라믹스 재료는 온도·습도·가스 등 분위기 및 인가전압에 의하여 비저항이 민감하게 변화하여 이를 온도, 습도 및 가스 센서로서 사용하고 있다.

세라믹스계의 대표적인 자성재료인 Ferrite는 고고정저항, 고주파에서 고투자율 등의 장점 때문에 방송기기, 계측기기 등의 여러 분야의 고주파회로용 자성재료로 응용되고 있다.

광기능성 세라믹스는 원적외선 방사체, 투광

성 다결정 세라믹스, 세라믹계의 광회로소자 등을 들 수 있다. 원적외선 방사체의 재료는 $ZrO_2 - SiO_2$, $TiO_2 - Al_2O_3$, $Al_2O_3 - SiO_2$ 계로서 도료의 燒付, 수지의 변화에 응용되고 있으며, 투광성 세라믹스는 알루미나 투명자기 튜브와 고압 Na-ramp의 발광관으로 사용되고 있다. 그리고 PLZT계의 투명자기를 이용한 광셔터, 광변조기, 광메모리, 광표시소자 등이 개발되었으며, $LiNbO_3$, $LiTaO_3$ 등의 단결정 재료를 기판으로 한 광도파로소자, 광굴절소자, 광스위치, 광집적 회로소자 등이 개발되었다.

이상과 같은 세라믹스재료 이외에도 최근에는 세라믹을 이용한 Submicron세라믹, Composite 등 신소재들이 지속적으로 연구되고 있

으며, 그 응용범위 또한 점점 확대되고 있는 실정이다.

결론적으로, 1973년 석유파동이래 각종 자원의 배타적 독점성향으로부터 자원의 안정적 확보라는 중대한 과제를 안고있는 우리나라는, 두뇌자원을 이용한 기술개발에 대한 의존도가 그 어느 때보다 더욱 크다. 그러나 아직 산업개발 기반이 약하고, 산업체에서의 전문 연구기관 및 전문인력 또한 부족한 실정에 있다.

따라서 고도의 기술집약적 산업으로 높은 부가가치 창출을 통한 안정된 경제개발을 이루기 위해서는 첨단산업에 대한 정부·학계·기업간의 상호협력이 강구되어야만 한다.

에너지 절약에 Q.C기법을 활용하자.