

정보화시대의 시대적요구를 충족시켜 주기 위해선 광학소자의 핵심소재가 되는 광학재료의 개발에 박차를 가해야 할터

글 : 한원택 수석연구원/생산기술 연구원
기계·소재개발센터

1. 서론

산업사회로 부터 정보화시대로 급격하게 변하고 있는 요즘, 산업기술도 전자기술에서 광기술로 전이되는 것을 볼 수 있다. 다량의 정보를 빠른 속도로 송수신하기 위해 빛을 매개로 한 광통신망이 최근 급속하게 확장 운용되고 있으며, 21세기 통신은 광통신 시스템이 주도적인 역할을 담당할 것으로 전망된다.

또한 레이저 프린터, 광파일 시스템, 각종 영상처리장치등 광응용기기 및 시스템도 그 기술의 발전속도와 수요가 급증하고 있다. 물론 이러한 광응용기기의 핵심이 되는 광자기 디스크, 광센서, 태양전지, LD, LED등의 광부품도 그 수요가 증가하고 있다. 이렇게 유망한 광산업을 발전시키기 위해선 광부품 등 광응용기기

에 사용되는 핵심 광학재료의 개발과 기술발전이 선행되어 있지 않으면 불가능하다.

재료는 그것을 구성하는 원소의 종류와 결합구조에 따라 금속재료, 무기재료, 유기재료 등으로 나누어 진다. 이러한 재료는 또한 그 특성에 따라 전자재료, 기계재료, 광학재료 등으로 나누어 진다.

재료가 광의 매질이 되거나, 광과 매질의 상호작용에 의한 광기능이 실현될 때 재료는 광학재료로 분류될 수 있다. 그러나 실제로 광학렌즈, 필터, 프리즘, 광 fiber등과 같이 단순한 광기능을 가진 재료 외에 광기능과 전자기능 혹은 자기기능을 복합적으로 나타내는 재료도 많다.

본고에서는 이러한 광전, 광자재료를 포함한 광범위한 광학재료를 대상으로 하여 최근 광학재료산업의 현황, 신기술 동

향 및 시장전망을 기술하였다.

2. 광학재료의 분류 및 특성

광학재료는 그 기능에 따라 광학기능재료, 광전변환기능재료, 광자기 기능재료로 나눌 수 있다.

광학기능재료는 광의 guide 기능 즉, 도광기능을 가진 각종 광 fiber등의 도광재료, 광의 변조 및 감쇄 등의 특성을 가진 광제어재료, 레이저를 발진시키는 레이저 발진재료, 2차, 3차 비선형 광특성을 가진 비선형 광학재료, 입사된 빛이나 전기적 에너지에 따라 광특성이 변화되는 광조절재료, 특정한 파장대의 빛을 투과시키는 광투과 재료 등으로 나누어 진다. 광전변환 기능재료로는 전기에너지로 받아 광을 방출하는 발광재료와 빛을 받아 전기를 발생시키는 광전도재료

광학재료산업현황과 신기술동향

표 1. 광학재료의 기능에 따른 분류 및 종류와 특성

	대분류	중분류	재료의 특성
광학재료	도광재료 (fiber 재료)	석영계, 다성분계, 중금속 산화물계, 불화물계, Chalcogenide계 glass fiber, Plastic계 광 fiber 류	<ul style="list-style-type: none"> • 광을 수동적으로 waveguide하는 역할 • 고굴절율의 core와 저굴절율의 clad 층으로 이루어짐
	광제어재료	마이크로렌즈, 광도파로, 비구면 렌즈, 자기광학재료, 음향광학재료, 열광학재료	<ul style="list-style-type: none"> • 광을 focusing, 굴절 등을 일으키게 하여 재료가 가지는 광, 자기, 음향, 열적인 특성과 함께 복합된 성질을 이용하여 광을 제어함
	레이저 발진재료	단결정레이저 재료, 유리레이저 재료, 반도체레이저 재료, 액체레이저 재료, 기체레이저 재료	<ul style="list-style-type: none"> • 각 재료의 레이저 특성을 통해 레이저를 발진시킴 • 단결정, 유리, 반도체, 액체, 기체를 이용함
	비선형 광학재료	비선형광학유리, 비선형무기단결정재료, 비선형유기단결정재료, 반도체합유 비선형 복합체 유리	<ul style="list-style-type: none"> • 재료의 polarization이 인가된 전기장세기 E에 비례하지 않아 E의 세기에 따라 재료의 굴절율이 변함 • 외부전기장에 따라 특성이 달라진 재료에 의해 빛의 특성이 변화됨 • 광의 파장을 1/2, 1/3로 나눌 수 있는 SHG, THG 특성
	광조절재료	광선택반사재료, 광선택투과재료, Electrochromic 재료, Photochromic 재료	<ul style="list-style-type: none"> • 입사된 빛의 양을 선택 반사, 투과하여 광량의 조절이 가능함 • 자외선이나 인가하는 전기적 에너지에 의한 재료 내의 반응에 의해 빛의 명암 및 색조 등의 광특성이 조절됨
	광투과재료	적외선투과유리, 다결정세라믹재료, 일반광학유리, 광학 폴리머	<ul style="list-style-type: none"> • 특정한 파장대를 갖는 빛을 투과시키는 성질 • 박막 혹은 bulk한 상태로 광 filter 기능
광전 변환 기능 재료	발광재료	LCD 재료, LED재료, LD재료, 형광체재료, EL재료	<ul style="list-style-type: none"> • 전기에너지를 받아 재료 고유의 파장을 가진 빛을 방출함
	광전도재료	감광재료, 광센서재료, 광전도반도체재료, 광전지반도체재료	<ul style="list-style-type: none"> • 빛을 받아 그 광에너지를 전기에너지로 변환시키는 기능
광자기 기능 재료	광메모리재료	ROM 광메모리재료(재생전용), WROM재료(Write & Read), Rewritable 재료, 광메모리 기관재료	<ul style="list-style-type: none"> • 레이저에 의해 phase의 변화가 일어나거나 광자기 효과로 인하여 광메모리가 가능 • 광메모리 재료를 코팅할 수 있는 기관 유리 재료

로 나눌 수 있다. 광자기기능 재료로는 광자기 효과를 이용

한 광메모리 재료 및 광메모리 기관재료가 있다.

다음의 표 1에 광학재료의 기능에 따른 분류 및 종류와

광학재료산업현황과 신기술동향

그 재료의 특성을 간략하게 설명하였다.

3. 광학재료의 신기술 동향

통신분야, 정보처리분야, 에너지·자원분야에서의 광산업기술을 이룩하기 위한 광응용기기, 광부품의 개발은 각 기능을 갖춘 핵심소재의 개발이 선행되어야 한다.

다음에 전술한 광학재료의 분류에 따라 최근 신기술 동향을 서술하였다.

1) 광학기능재료

광 fiber는 1960년 미국에서 레이저가 발명된 후, 기존의 광학기술 개념이 혁신되어 현재는 일본과 미국에서 실용화되어 전세계 광통신망을 이루는 재료로 널리 사용되고 있다. 미국, 일본에서 개발된 저 손실의 silica galass 광 fiber의 기술은 거의 이론적인 한계에 도달할 정도로 완성되어 있다.

광 fiber 중에서도 Er^{3+} , Pr^{3+} 등 희토류 금속이온 등이 함유되어 능동적인 기능을 수행하는 특수 광 fiber 등은 능동 광소자의 핵심소재가 되어 1980년대 말부터 현재까지 미국의 AT&T, 일본의 NTT를 위시하여 호주, 유럽 등지에서 기술개발에 박차를 가하고 있다. 특히 Er^{3+} doped fiber는 실용화되어 광 amplifier로 장



기초광학재료가 되는 광학유리는 현미경, 사진기, 복사기 등 광학기기 및 사무기기의 생산과 함께 발전되어 현 250여종의 광학유리가 독일, 일본에서 개발되어 상용되고 있다.



착되어 사용되고 있다. 편광유지 fiber, dispersion shift fiber 등 기능이 보강된 fiber도 개발되어 상용화 되고 있으며 dual core fiber 및 grating fiber등 특수목적의 광 fiber도 활발히 연구 개발 중이다.

장거리 통신망에는 상기의 glass 광 fiber가 사용되나, LAN 등 가까운 거리의 네트워크용 통신망에는 Plastic fiber가 이용되며 optical loss를 줄이려는 방향으로 일본에서 특히 연구가 활발하다.

(1) 광투과 재료

기초광학재료가 되는 광학유리는 현미경, 사진기, 복사기 등 광학기기 및 사무기기의 생산과 함께 발전되어 현 250여종의 광학유리가 독일, 일본에서 개발되어 상용되고 있다. 또한 반도체 메모리 chip 등 patterning을 위한 photomask용 silica 유리 및 합성 silica 유리도 기초소재로 상용

화되어 그 폭발적인 수요를 잘 감당하고 있다.

광투과 재료 중 광통신용 석영유리계 광 fiber외에 파장 3 μm 이상의 적외선에 대해 투과성이 뛰어난 유리재료는 원격 sensing, 적외선 레이저, 적외선 광학 등에 대한 군사 및 상업적 필요성이 대두 되면서 미국·유럽에서 1980년대 말부터 연구가 활발히 진행 중에 있다. 그 중 Fluoride 유리, Chalcogenide 유리, Heavy Metal Oxide 유리 등에 대한 개발이 주목된다.

적외선 투과유리는 광섬유 형태를 이용하여 원격 가스센서 및 광섬유 증폭기, 그리고 bulk 형태로는 적외선 레이저 발진소자, 적외선 투과 렌즈 등의 응용을 목적으로 연구, 개발되고 있다. 환경문제와 관련하여 각 산업체의 매연 상태를 연속적으로 감시할 수 있는 적외선 광섬유 센서, 의료 수술용 레이저(CO, CO₂) 투과용 광섬유, 첨단 군사장비에 이용되는 eye-safe 레이저 등이 그 응용 예이다. 또한 현재 가시광선의 빛을 사용하고 있는 여러 분야에서도 대기 투과도, 정확도의 향상을 위해 적외선 광의 사용을 적극 검토하고 있는 실정이다.

(2) 레이저 발진 재료

레이저 발진 광학재료 분야의 연구는 핵융합 반응에 이용

광학재료산업현황과 신기술동향

될 수 있는 정도의 초고출력 레이저 개발, 원자 혹은 분자 수준의 진동을 규명할 수 있는 femto second(fs)수준의 ultrafast레이저의 개발, 파장가변 고체 레이저, 현재까지 발견되지 않은 파장대역의 파장을 발진하는 레이저 발진재료 개발 등의 측면에서 연구가 진행되고 있다.

핵융합 반응용 레이저의 경우 큰 규모로 제작할 수 있는 유리 레이저의 적용이 예측되며, 이 유리(Nd:glass) 레이저를 이용하면 1억도의 온도를 얻을 수 있는 초고출력 레이저의 개발이 조만간 실현될 것으로 전망된다.

fs 수준의 레이저와 센서는 분자나 원자 수준 물질의 거동을 밝혀 낼 수 있는 기술을 제공하여 줄 것으로 기대된다. 이분야로의 응용 가능한 레이저로는 유기염료 레이저와 Ti:사파이어 레이저 및 Cr:LiSAF레이저 등의 파장가변형 고체 레이저 등이 있다. 이중 Ti:사파이어 레이저는 현재 100fs 수준의 것이 흔히 만들어지고 있으며, 30fs 정도의 것까지 제조된 것으로 보고된 바 있다.

파장가변형 고체레이저는 과학기기 및 의료기기용으로의 적용이 기대되는 것으로서 현재 가장 활발히 연구되어지고 있는 것 중의 하나로는

Cr:LiSAF레이저가 있다. 이 레이저는 폭넓은 발진 대역을 갖고, 열적 특성이 우수하며, pumping이 용이하다는 장점을 갖고 있다. 이 분야의 연구는 ultrafast 레이저의 개발과 연계하여 진행되고 있다.

최근 BBO, KTP 단결정을 이용하여 $0.4\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ 의 파장영역에서 tunable한 레이저 발생장치인 OPO(Optical Parametric Oscillator)가 상용화되어 각광을 받고 있다. 또한 새로운 파장대역을 발진하는 발진재료의 개발연구는 반도체 레이저 재료에서 특히 활발히 진행되고 있다. 특히 소형 경량이며 발진 및 변조가 쉽고 효율성이 높은 반도체 레이저로는 znCdSe계 및 InGaAsP 계등이 있다. 광정보처리 바코드 리더 등에 더욱 우수한 특성이 기대되는 단파장용 레이저의 개발연구가 활발히 진행되고 있으며 일부 그 성과가 보고되고 있다.

(3) 비선형 광학재료

1950년대 초반의 maser의 발견에 뒤이은 1960년대 레이저의 발견은 매우 높은 강도(upto $10^{18}\text{w}/\text{cm}^2$)의 빛을 이용할 수 있도록 하였고, 이와 같은 강력한 빛을 물질에 조사함으로써 물질의 광학적 특성이 변화되는 비선형 광특성이 실험적으로 발견되었다. 이때부터 1970년대 초반까지는 광학

적 비선형성에 대한 이론적 고찰과 함께 비선형성을 억제하려는 노력이 진행되었는데 이는 고출력 glass 레이저에서 beam의 quality를 높이기 위함이었다.

그러나 1970년대 후반 optical bistability 및 optical phase conjugation이 발명된 이후부터 높은 비선형성을 갖는 재료를 얻으려는 노력이 현재까지 진행중이다. 그와 같은 노력의 결과 1970년대 후반 비선형 유기 재료가 합성되었고 뒤이어 높은 광학적 비선형성을 갖는 여러 종류의 비선형광학재료가 개발되었다.

현재까지 개발된 비선형 광학재료는 유기재료, 무기단결정재료, 유리재료, 반도체 재료 및 이들의 복합재료 등으로 구분할 수 있다.

유기재료로서는 PMMA, PPV 및 PDMS 등이, 무기재료로서는 KDP, KTP, BBO 및 LBO 등이, 유리재료로서는 TeO_2 계와 같은 중금속 산화물계 유리 및 chalcogenide계 유리 등이, 그리고 반도체계재료로는 GaAs계의 Multayer Quantum Well(MQW) 등이 현재까지 개발된 대표적인 비선형 광학재료이다.

또한 이 재료들을 합성하여 더욱 우수한 재료를 얻기 위한 비선형 복합재료 개발 연구결과 CuCl, CdS 등이 함유된 반

광학재료산업현황과 신기술동향

도체 미립자 분산 유리재료, polymer 미립자 분산 유리재료, 금속 미립자 분산 유리재료 등이 개발되었다. 비선형 광학재료중 실용화된 것으로는 전기광학변환기를 비롯하여 각종 광센서, 광 counter 및 SHG, THG 등이 있다.

대량의 정보를 고속으로 처리할 수 있는, 빛을 이용한 신호의 변조, 증폭, 저장 등을 구현하기 위하여는 비선형 물질이 필수적이라는 사실 때문에 현재는 비선형 광학재료개발 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 활발히 모색되고 있는 광 컴퓨터가 실현될 경우 비선형 광학재료 시장은 폭발적으로 증가할 것이다.

(4) 광전 유기 재료

광응용 유기재료로는 감광성 폴리이미드 수지, UV 경화용 잉크 및 염료와 접착제, 반도체산업에 긴요히 사용되는 전자빔 레지스트, Deep UV 레지스트 등이 개발되어 상용되고 있다. 또한 최근에는 2차 비선형 광효과가 우수한 유기물질의 개발연구가 활발하다.

지금까지 개발된 비선형 광학효과가 우수한 분자는 300여종 이상이 발견되었고 최근에도 많은 노력이 경주되고 있다.

유기화학 합성을 통해 제조된 광전유기재료는 단결정으로 성장시켜 소자로 사용한다.

단결정 성장이 어려운 물질 등은 고분자 중합체나 silica복합체를 이용해 분자배향을 함으로써 2차 비선형 효과를 이용한 소자를 만들 수 있는데 시간에 대한 비선형 분자의 이완현상을 억제하는 문제를 해결하기 위해 집중적인 연구를 수행하고 있다.

최근 프랑스의 CNET가 유기결정을 이용한 parametric oscillator 제작에 성공하였고 고분자 중합체에서 side-chain polymer를 이용해 분자배향의 이완현상을 상당히 감소시킨 결과가 발표되고 있다. 이와 같은 연구개발현황에 비추어 상당히 가까운 시일 내에 비선형 광학 유기물질을 이용한 새로운 광통신 소자의 출현이 예측되고 있다.

2) 광전변환기능 재료

(1) 발광재료

LCD, LED 및 LD 등의 발광소자는 기존의 각종 디스플레이 소자를 대신할 수 있는 것으로 인식되어 왔고, 최근 들어서는 세계적으로도 저 구동전압, 고속응답, 긴 수명, 높은 신뢰성 등을 확보할 수 있는 기술의 확보와 더불어 급격한 시장 신장세를 나타내고 있다. 특히 LCD는 숫자표시소자, 패널 디스플레이 등의 디스플레이 분야에의 응용에 더하여 OA분야에서도 그 응용이

확대되고 있다. 정보화시대의 디스플레이 기기의 LCD화로 인하여 일본 및 미국에서는 반도체 시장에 버금가는 사상 최대의 시장을 앞두고 Large size의 LCD panel 개발에 엄청난 투자를 하고 있다. 또한 LD는 단결정이나 Gas를 이용해서 레이저를 얻는 방법에 비하여 손쉽게 작은 출력의 레이저를 얻을 수 있다는 점 때문에 광파이버를 이용한 광통신용 광원으로서의 응용기술이 확보되고 있다. 최근에는 파장영역대를 넓히기 위한 노력으로 Green, Blue LD가 활발히 개발되고 있다.

향후 발광소자기술은 현재 실질적 응용기술이나 기초적인 원리연구에 있어서도 일본이 첨단을 달리고 있다고 볼 수 있으며, 당분간은 이러한 일본의 독주가 계속되리라 예상된다.

현재는, LED, LD 등에서 얻을 수 있는 빛의 파장이 제한되어 있다는 점이 있으나, 이러한 문제를 극복하기 위해 세계적으로도 많은 연구가 이루어지고 있다. 2천년 전까지는 가시광선영역은 물론 적외선, 자외선 영역의 거의 모든 유용한 파장대의 빛을 얻을 수 있는 소재개발이 이루어질 전망이다. 원하는 파장의 빛을 얻기 위해서 무엇보다 그러한 파장의 빛을 만들 수 있는 소

광학재료산업현황과 신기술동향

재의 개발이 필수적이므로 LED, LD 등의 발광소자 연구에서는 소재의 개발이 대부분을 차지하게 되리라는 것을 예상할 수 있다.

LCD는 TN, STN 급에서 Thin Film Transister(TFT) 급으로 기술이 이미 실용화 되었고 Resolution을 높이기 위한 화소의 증대와 LCD 기판 size를 크게하기 위한 노력을 경주하고 있다. 또한 LCD용 기판유리는 일본의 Asahi 유리, Central Glass회사의 제품은 연마를 하여 사용을 하나, 최근 미국의 Corning은 Fusion Down Draw법을 이용한 무연마, 무알칼리 붕규산 유리기판의 실용화에 박차를 가하고 있다.

아울러 기판유리의 두께를 1mm이하로 더욱 더 얇게 하고자 하는 기술을 개발하는 중이다. 그리고 LCD를 비롯한 Display용 기판유리의 수요는 광학재료중 수위를 차지할 것으로 전망된다.

(2) 광전도 재료

광전도 소자에는 자외선 감지소자, 가시광 감지소자, 적외선 감지소자, 그리고 태양전지와 같은 광전지 등도 있다. 이에 사용되는 재료의 종류도 다양하여 실리콘계 반도체에서 CdSe나 GaAs 등의 화합물 반도체 등이 사용되고 있다.

현재 세계적으로 기술개발

이 활발히 진행되고 있는 광정보통신 기술은 바로 이러한 광센서를 비롯한 광전지 기술이 매우 중요한 분야를 차지하고 있다고 할 수 있다.

그러므로 광센서기술의 발전방향은 응답속도의 고속화, 무결점 반응, 소형·박형화, 장치간 인터페이스화, 소전력



렌즈,프리즘, 레이저용 주변 광소재 등의 광학유리산업은 일부 연마공정을 제외하고는 생산실적이 거의 없는 실정... 또한 반도체산업의 활성화로 그 수요가 많은 반도체칩의 patternning용 photomask 유리도 전량 수입에 의존하고 있다.



화 그리고 검출 정밀도의 강화 등이 있다.

태양전지는 1970년대와 1980년대 초의 에너지위기와 관련하여 태양력을 이용하기 위한 목적으로 활발히 연구가 진행되어 왔다. 현재까지 개발된 재료는 아몰퍼스 실리콘이 주로 사용되고 있으며, 그 외에도 GaAs, CdS, CdS/CdTe,

CdTe 등의 화합물 반도체가 개발되었다. 태양전지용 유리기판 재료도 태양전지 생산액의 약 35%를 차지하는 높은 비중을 가진 재료로서 태양전지의 에너지 변환효율 향상과 에너지원의 분산화 정책에 따라 높은 성장이 기대된다.

3) 광자기기능재료

(1) 광메모리 재료

반도체 및 자기기록 기술과 더불어 정보산업의 3대 기반기술이 되는 광메모리기술은 일본, 미국 선진국의 정보산업 경쟁력 우위확보를 위한 전략 기술로 개발되어 왔다.

일본은 Read Only Memory Optical Disc(ROM-OD)분야에서 이미 콤팩트 디스크 및 레이저 디스크를 개발하여 실용화하였고 통산성 산하 광산업기술진흥협회(OIDTA) 주도 하에서 차세대 광메모리 재료인 Rewritable-OD 개발을 위해 주력 하고 있다.

메모리 용량은 기록밀도 10GB/mm²이상, 전송속도는 MB/sec channel 이상을 광메모리재료를 개발하고 있다.

미국도 Data storage systems center(CMU)에서 광메모리 고밀도화, 고속화를 위한 overwriting laser beam array이용 기술 등 개발을 수행하고 있다. 또한 광메모리 OD도 현 3.5"에서 2"로 소형

광학재료산업현황과 신기술동향

화를 목표로 하고 있고, 디스크 1개내에 ROM, WROM, RW 기능 모두를 보유한 기능을 갖고 가격경쟁력이 높은 광디스크 생산개발에 주력하고 있다. 또한 하드디스크의 기판으로 사용되는 우수한 재료인 유리의 개발도 일본을 추측으로 개발이 활발하다. 현재는 20MB급 HDD의 1.3" size로 커지며 100MB 용량을 지닌 고급화기술로 발전하고 있다.

4. 광학재료의 국내 기술 현황

1) 광학기능 재료

(1) 도광 및 광투과 재료

국내의 판유리 생산기술은 생산설비의 외제 도입으로 창유리 등 일반 산업분야에서 높은 수준을 유지하고 있다. 그러나 특히 렌즈, 프리즘, 레이저용 주변 광소재 등의 광학유리산업은 일부 연마공정을 제외하고는 생산실적이 거의 없는 실정이다. 또한 반도체산업의 활성화로 그 수요가 많은 반도체칩의 patterning용 photomask 유리도 전량 수입에 의존하고 있다.

한편 국내의 광섬유 생산(광통신용 실리카 섬유)은 외국 유수기업의 기술도입으로 가전4사에서 수출까지 하는 기술수준에 이르고 있다. 이러한 광섬유 생산기술은 부분적인 변형만 이루어지면 가까운 시

일내에 고부가가치의 희토류 원소 함유 광섬유, 적외선 투과 광섬유 등 특수 광섬유에 응용될 수 있다.

(2) 레이저 발진 재료

국내의 레이저 관련산업은 현재 레이저시스템 구축 조립산업을 제외하고는 매우 취약한 형편이다. 특히 레이저 발진 재료의 경우, 고체 레이저용 Nd:YAG, Nd:glass 등의 연구가 실험적으로 이루어진 바 있으나 고가의 생산설비가 요구되고 국내시장도 비교적 작아 적극적인 투자가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 또한 반도체 레이저의 경우 대부분의 관련 기술 특허가 일본 등 선진외국에 의해 독점되고 있어 생산설비 투자시 기술료의 부담을 감수해야 할 형편이다. 레이저 발진재료 산업이 원활히 발전되기 위해서는 의료기기, 광학기기 등 유관산업의 발전으로 인한 국내 수요의 확충이 필요하다.

국내 광전 무기 단결정에 관한 기술은 실험실 규모의 단계를 벗어나지 못하고 있다.

이는 광전 단결정의 경쟁에 필수적인 요소인 결정의 대형화와 결정 품질의 고급화가 아직 국내 경쟁력이 있을 만큼 이루어지지 않았기 때문이다. 그러나 최근 단결정 재료의 중요성에 대한 인식이 점점 높아지고 있으며, 단결정 재료의

개발의욕도 활발하다. 현재 국내에서는 대학교, 연구소, 기업에서 레이저 발진용 단결정, 레이저 파장변환용 단결정, 광변조 및 광편향용 단결정, 반도체 단결정 등에 관한 연구를 활발히 하고 있다. 상용화 수준의 단결정으로는 LiNbO₃, LiTaO₃ 등이 있다.

(3) 비선형 광학재료

불확실한 실용화 시기로 인해 국내 산업계로 부터는 외면당하고 있는 실정이다.

최근 연구소와 대학에서 전 광통신을 위한 핵심재료로서 비선형 광학재료를 연구하고 개발중이나 실재는 광으로 모 든 신호가 처리되는 광자시대에는 비선형 광학재료가 현재의 반도체재료만큼이나 산업적 잠재력을 지니고 있다고 생각된다. 또 다른 국내 비선형 광학재료기술 산업에서의 문제점은 레이저 제조기술, 광통신시스템 구축기술 등 유관 광자산업의 취약으로 인해 비선형 광학재료기술의 개발이 어렵다는 점이다. 2차 비선형 광특성을 지닌 polymer재료와 3차 비선형 광학재료인 HMO 유리 및 SDG 유리의 연구가 진행중이다.

(4) 광전 유기 재료

국내 대기업의 바람직하지 못한 현상중의 하나인 지나친 보수성으로 인해 유기광전 재료와 같은 새로운 분야에 연구

광학재료산업현황과 신기술동향

개발 투자를 꺼리고 있는 실정이다. 그러나 외국에서 일단 성공하면 특허장벽과 기술이전에 필요한 막대한 기술료를 지불해야 되는 문제점을 안고 있다. 또한 연구개발과 산업을 주도하는 정부 부처에서도 2~3년 간의 단기간내에 실용화 할 수 있는 소재기술 개발을 유도하고 있기 때문에 유기광전재료기술과 같은 보다 잠재력이 크고 장기적인 연구개발 투자를 요하는 분야가 자연소홀히 취급되고 있다.

2)광전변환 기능 재료

(1)발광재료

LED, LD 등과 같은 발광소자는 디스플레이용 소자로서 응용되는 것 이외에도 OA 기기나 광통신용 레이저 광원으로의 응용이 제기되어 활발한 연구 및 실제 응용제품들이 많이 나와 있는 실정이다.

광기술응용산업의 입장에서 보면 발광소자가 차지하는 비중은 전체의 50%선을 상회하고 있다. 그러나 국내에서는 광기술 응용제품의 생산이 비교적 많이 이루어지고 있음에도 불구하고 대부분의 핵심 소재기술이나 응용기술에 대한 연구가 이루어지지 않고 있으며, 소재부품 및 핵심소자는 거의 전량 일본으로부터의 수입에 의존하고 있는 실정이다.

“

1993년을 기준으로 한 세계 광산업의 지역별 생산규모를 보면, 광부품 및 재료분야에서는 일본 60%, 미국 18%, 유럽 16%, 기타지역 6%로서 일본이 절대적으로 큰 비중을 차지...

세계 광학재료시장은 1994년 3백억~4백50억달러, 2천년에는 8백억~1천2백억달러 규모로 추정

”

LCD의 국내시장도 노트북 타입의 컴퓨터 및 각종 디스플레이 기기의 LCD화로 큰 시장을 형성하나, 핵심부품은 대부분 수입하여 조립하고 있는 실정이다. 또한 LCD용 얇은 봉 규산계의 기판유리는 전량 수

입하여 연마가공하는 기술수준이다. ITO 코팅등 소자제조를 위한 제반, 광 관련 장비가 거의 외제를 사용하는 것도 문제점으로 남아 있다.

(2)광전도재료

국내에서는 중소기업 수준

표. 2 광학적 기능 유리재료의 일본 시장규모

(단위 : 백만불, %)

분 류	1991년	2000년	신장율
광통신용 광 fiber *	895	1790	8.0
Bundle fiber	338	570	6.0
미소공학 소자	581	1,160	8.0
굴절을 분포유리	84	150	6.7
IC photomask	1,200	2,100	6.4
선택 흡수반사유리	705	1,270	6.8
광센서	147	550	15.8
Solar cell	60	210	14.9
Display 용 유리	438	4,000	27.9
자기 Disk 기판유리	10	470	53.4
광 Disk 용 유리 및 광 IC 편향기	425	1,470	14.8
유리 지연소자	89	120	
합계 및 평균 신장율	4,972	13,860	15.3

*Plastic계 광 fiber의 시장은 제외됨

광학재료산업현황과 신기술동향

에서 광센서 부품 및 광전자를 생산하는 업체가 많다. 그러한 기초소재에 있어서는 기술에서 원료까지 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다.

특히 소재에 관해서는 일본이 가장 앞선 기술을 보유하고 있으며, 국내에서는 일본의 기술 및 원료를 수입하여 단순 가공 조립만을 하고 있는 실정이다.

그러므로 새로운 특성을 가진 재료를 개발하는 것은 민간기업의 입장에서는 매우 난해한 문제라고 할 수 있다.

국내에서도 최근에는 광통신분야와 광정보처리에 관한 관심이 고조되고 광소자를 개발, 제품화하여 실용하려는 움직임이 급격히 일어나고 있으나, 기초부품에 해당하는 광센서의 기술개발 및 소재기술의 확보 없이는 광장비의 개발은 불가능하다.

5. 광학재료의 시장 전망

세계의 광산업은 광학기술의 급속한 발전으로 시장규모가 1990년 1천4백40억달러, 1994년 3천2백억달러로 연평균 20% 수준의 높은 증가율로 2천년에는 무려 8천억 달러에 이를 것으로 전망되고 있다. 그 중에서도 레이저 및 광응용기기(시스템) 부문은 성장규모와 성장 잠재력면에서 가장 큰

비중을 차지할 것으로 보인다. 특히 광응용기기 전체 수요의 약 60%는 사무자동화기기분야에서 이용될 것으로 예상되며 또한 광통신기술과 광정보처리기술이 향후 광산업의 성장을 주도해 나갈 것으로 전망된다.

1993년을 기준으로 한 세계 광산업의 지역별 생산규모를 보면, 광부품 및 재료분야에서는 일본 60%, 미국 18%, 유럽 16%, 기타 지역 6%로서 일본이 절대적으로 큰 비중을 차지하고 있으며, 광응용기기(시스템)분야는 미국 40%, 유럽 30%, 일본 25%, 기타지역 5%로서 미국이 성장을 주도하고 있다. 실제 광부품 및 광응용기기에 많은 광학재료가 사용되나 통계로 잡힌 광학재료 시장은 재료자체가 단독으로 사용되든지 물량이 특별히 많은 품목에 한정되는 한계가 있다. 각종 광부품과 광응용기기에 사용되는 광학재료가 포함된다면 광산업 전체시장 규모의 10~15%를 광학재료의 시장규모가 차지한다고 할 수 있겠다.

따라서 세계광학재료시장은 1994년 3백억~4백50억달러, 2천년에는 8백억~1천2백억 달러 규모에 달할 것으로 추정된다.

국내 광산업도 세계 광산업의 급속한 성장에 힘입어 생산

금액 기준으로 1988년 7억2천달러, 1990년 10억달러, 1994년 77억 달러로 연평균 41.9%의 성장율을 기록하면서 2천년에는 4백80억 달러에 이를 것으로 전망된다. 그러나 1991년 기준으로 일본은 광산업이 전자산업 전체 생산액의 14.8%를 차지하고 있는 반면 우리나라는 1994년 기준으로 0.2% 수준에 불과한 것으로 추정되고 있어 생산규모면에서 아직 미미한 단계에 머물고 있다. 국내 광학산업은 카메라, 복사기, 자동컬러사진현상기 및 쌍안경 등의 제품이 주종을 이루고 있으며, 1992년부터는 카메라, 복사기 등 내구 소비성 광학기기 위주에서 레이저기술의 응용계측장비, 첨단 광학요소 제품인 비대칭 대구경 렌즈 등도 개발하기 시작하였다.

광학재료산업의 시장전망을 정확히 파악하기 위해서는 현재의 시장규모가 정확히 파악이 될 때 가능한데, 광학부품 및 광 시스템의 기초소재로 이용이 되는 광학소재산업의 특수한 사정으로 광 fiber, 선택 반사, 흡수유리 등 소재 자체가 최후제품의 성격을 지닌 몇몇 품목의 예는 시장규모 파악이 어렵다.

따라서 그 외 소재산업의 규모는 비교적 파악이 되어있는 광부품 및 광응용기기의 대략

광학재료산업현황과 신기술동향

10~15%를 소재산업의 비율로 계산하여 전망할 수 있다.

전세계 광학재료 물량의 60% 이상을 차지하는 일본의 생산규모를 통해 광학재료 산업의 시장을 전망해보았다.

일본의 경우 광학 기능용 유리의 생산규모는 1991년 현재 약 50억달러이며, 2천년에는 약 1백40억달러에 이를 것으로 전망된다. 1991년 현재 IC Photomask용 유리, 선택흡수 반사유리, 광통신용 fiber, 미소광학 소자, Display용 유리, 선택흡수 반사유리, 광통신용 fiber, 미소광학 소자, Display용 유리의 순서로 시장 점유율이 크나 광통신과 Multimedia가 주로 이용될 정보화시대인 2천년에 이르러서는 Display용 유리가 연 28%의 급신장을 하여 1991년에 비해 10배의 시장규모를 가질 것으로 예측된다. 그 뒤를 따라 광통신용 광 fiber와 IC photomask, 각종 광전 및 광전소자에 필수적으로 사용될 미소광학 소자등이 큰 시장규모를 가진 것으로 예상된다. 또한 발광, 수광기능의 광소자, 광스위치, 광변조기 등의 직접 광학소자, 광 coupler 및 광 connector 같은 광수동부품등 광학부품 전반에 광학재료가 약 10%의 원가비로 포함된다고 가정하면 광학재료의 생산 및 시장규모는 더 증가할 것이다.

광학재료와 광학부품중의 광학재료 구성비를 10%로 가정하여 시장규모를 예측해 볼 때 광학재료의 일본 시장규모는 1992년에 70억달러, 1994년에 1백억달러, 2천년에는 약 3백억달러로 전망된다. 반면 국내의 광학재료 시장은 1994년 현재, 약 10억달러로 일본 광학재료 시장의 10분의 1을 차지하나 2천년에는 50억달러 이상으로 급성장 할 것으로 예측된다.

세계 광학재료의 분야별 전망은 디스플레이용 유리, 광통신용 fiber, IC용 photomask, 미소광학 소자용 재료, 광센서, Solar Cell 등에서 밝다고 할 수 있다.

6.결 론

광통신, 광메모리, 광센서, 광전반도체 등의 광학산업은 광정보화시대가 가속화됨에 따라 다른 산업보다 더욱 큰 발전이 예상된다. 이러한 통신 및 정보화시대의 시대적 요구를 충족시켜주기 위해서는 광학 시스템, 이 시스템을 구성하는 광학부품, 또한 이러한 광학소자의 핵심소재가 되는 광학재료를 다함께 개발해야 할 것이다. 다행히 광통신 및 정보관련 광산업이 부각됨에 따라 광시스템의 구축을 위한 연구개발이 정보통신부의 B-

ISDN사업, 통상부의 Electro 21사업, Display 사업 등을 통해 한국에서도 최근 1990년대에 들어와 활발하게 되었다. 그러나 고부가가치를 가진 광산업을 위한 단기적인 상품개발을 목표로 연구 및 개발을 추진하다보니 필수적인 광부품을 국산화 개발하기 전에 먼저 그 광부품을 수입하게 되는 연구체제로 변하게 되는 경우가 많았다. 이렇게 수입된 광부품을 조립하거나 시스템화 할 때도 단순 부품으로만 생각하여 결국 조립장비까지도 자동화란 명목으로 수입하게 되었다.

결국 가장 원천적이며 광부품의 기능을 수행하게 하는 기초 핵심소재의 개발은 항상 뒷전으로 밀려왔고, 광시스템 및 장비가 어느정도 기술 및 가격 경쟁력을 얻을만 할 때는 광부품 및 광소재의 부재로 인한 기술종족으로 도저히 기술자생력을 갖지 못하게 된 것이 현실의 한 단면이다. 가장 원천적인 기술이면서도 기술종속성이 큰 광학재료 및 광부품 기술은 많은 경우 일본이 기술을 주도하고 있으나, 정보화시대에 돌입한 이 시점에서 반도체사업에서 보여주었던 기술력과 정부의 뒷받침 아래 부가가치가 있는 광학재료의 기술확립과 국산화를 위해 연구 및 생산에 박차를 이제 국내에서도 가해야 할 것이다.