

유기 광전자 재료의 기술동향

기술해설

Technical Trend in Organo-Optoelectronic Materials and Their Applications

김명룡

(Myong-Ryeong Kim)

Key Words(중요용어) : Organo-optoelectronic materials(유기 광전자재료), Nonlinear optics(비선형 광학), Photo-refractive polymer(광굴절 고분자), Data storage media(정보저장매체), Display device(표시소자), Electric field poling(전계배열), Optical device(광학소자)

1. 서 론

멀티미디어 시대의 도래와 함께 취급하는 정보의 형태는 다양하고 그 양도 갈수록 증대되고 있다. 그 결과, 이들 정보를 전달/분배하는 정보통신 시스템은 점차 고도화되고 전달매체도 전기신호에서 광신호로 점점 대체중이다. 앞으로 다가올 광통신 시대에는 전화망과 분배식 방송망 그리고 데이터 망이 모두 통합될 것으로 전망된다. 빛을 이용한 정보통신 시스템을 구현하기 위한 핵심요소에는 빛을 발생시키는 발광소자, 빛을 검출하는 소광소자, 광신호를 처리하는 광신호 처리소자 그리고 광신호를 전달해주는 광섬유를 꼽을 수 있다. 이외에도 화상정보의 표시를 위한 표시소자와 고품질 텔레비전도 없어서는 안될 중요한 요소이다. 이 같은 소자의 제작에 있어 현재까지는 주로 반도체나 리튬-나이오베이트, 유리 등 무기물을 이용하였으나, 정보의 처리속도가 빨라지면서 기존 물질로는 요구에 대응하기가 어려워 한층 성능이 우수한 소재의 개발이 요구된다. 기존 재료의 대체물질로 최근 유기물 또는 고분자가 각광을 받고 있으며, 이를 사용한 소자개발이 활발히 진행되고 있다.

근래까지 유기물이나 고분자 물질은 반도체 공정에서 미세패턴을 형성하기 위한 감광제나 다층 chip-module의 절연막으로 사용되어 왔으나, 최근에는 유기물의 능동기능을 이용하려는 노력도 시도되고 있다. 광 스위치나 변조기, 필터 등을 위한 비선형 광학재료, 액정 디스플레이, 그리고 앞으로 수요가 증대될 것으로 예상되는 유기물, 전기발광, 플라스틱 광섬유 등에 대한 연구가 현재 활발히 진행중이다.

본 고에서는 이들 유기 광전자 재료가 기존재료에 비해 갖는 강점과 응용분야 및 그 기술동향을 간략히 소개한다.

2. 유기 비선형 광학재료의 광 신호처리 소자의 응용

2.1. 유기 비선형 광학재료의 장점

레이저와 같이 높은 에너지를 유지함과 동시에 단일 스펙트럼에서 일정한 위상을 갖는 파동이 물질에 입사되면 물질중에 전계가 가해져 물질의 전자는 크게 이동이 일어난다(변위, displacement) 일반적인 광학현상과는 다른 큰 물질분극이 생기는 경우가 있다. 즉, 일반적 광학현상으로는 물질분극의 원인이 되는 전계와 그 결과로부터 오는 물질분극 사이에는 $P = \epsilon E$ 인 일차식으로 표현되는 선형적인 관계가 성립한다. 이에 대해, 레이저 광을 물질에 조사할 때, 물질분극의 원인이 되는 전계(E)와 그 결과 생기는 물질분극(P) 사이에 아래의 관계가 있다.

$$P = \lambda_1 E_1 + \lambda_2 E_2 + \lambda_3 E_3 + \lambda_4 E_4 + \dots$$

여기서, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 등은 재료의 비선형성에 의해 결정되는 상수이다. 위 식에서 2차, 3차 항에 관계되는 큰 물질분극에 기초한 광학적현상을 비선형 광학이라 하며, 이같은 거동을 보이는 재료를 비선형 광학재료 (nonlinear optical materials)라 한다. 이들 재료에 레이저 광 파장의 임의의 분율로 전압을 걸어주면 굴절율이 변하는 등의 비선형적 광학현상이 관찰된다.

광 정보처리 시스템을 구현하는 핵심요소 중 하나인 광 신호처리 소자는 전자기파인 빛과 물질이 상호작용할 때 발생하는 비선형 광학성질을 이용하는 것으로, 광 변조기, 스위치, 파장 필터, 파장 변환소자 등이 있다. 광 신호처리에 사용되는 비선형 광학재료로 현재 사용되고 있는 리튬-나이오베이트(예: $LiNbO_3$)나 갈륨비소 등의 대부분 무기재

료는 소자의 제조공정이 까다롭고, 가격이 비싼 단점이 있다. 특히, 양산도 어려워 수요를 감당하는데 한계가 있을 것으로 보인다. 따라서, 최근 이들의 대체물질로 각광받고 있는 것이 유기물 2차 비선형 광학재료이다.

유기물 비선형 광학재료의 강점으로는 아래의 사항이 부각될 수 있다. 1) 유기물의 유전상수가 작아 고속 광소자를 손쉽게 제작할 수 있고, (2) 유기물 비선형광학 재료는 가공성이 우수하고 제조 단가가 저렴하며, (3) 비선형성 특히 2차 비선형성이 무기재료와 같거나 크기 때문에 구동전압이 낮은 소자개발이 가능하다. 또한, (4) 무기물은 주어진 물질의 특성을 변화시키기가 어려운 반면에, 유기물질은 소자제작에 필요한 물질을 요구에 따라 용이하게 합성할 수 있기 때문에 개발에 대한 대응이 용이하다. 끝으로, (5) 비선형광학 고분자는 원리적으로 전계배열(poling)에 의해 형성되는 광 축을 원하는 형태로 조절 가능하고, 소자의 다층화 및 집적화에도 유리한 장점을 지니고 있다.

2.2. 구성원리 및 요건

2차 유기 비선형광학 특성을 보이는 고분자 재료는 크게 비선형광학 특성을 가지는 발색단과 고분자 기지(matrix)로 구성된다. 비선형광학 발색단의 기본 구조는 π-공액물질의 양끝에 전자(electron)를 내놓는 그룹(donor)과 전자를 받아 들이는 그룹(acceptor)을 붙인 형태로, 통상 비점대칭 구조이다. 또한 발색단 뿐만 아니라 그 분자들이 비점대칭적으로 배열되며, 외부에서 전계를 걸어주어 비점대칭적 분자배열을 시키는 방법으로 전계배열법이 유기 비선형 고분자에 많이 이용된다. 이는 발색단을 포함하고 있는 고분자를 유리 전이 온도 (glass transition temperature) 근처에서 전기장을 가해 색소들을 전기장 방향으로 배열시킨 후, 전기장이 가해진 상태에서 온도를 낮추어 유기물의 배열을 동결시키는 것이다. 이 전계배열법은 소자의 제작과정에서 다양한 유연성을 제공해 주고, 공정 또한 간단한 것이 특징이다.

실제 소자제작을 위해 비선형광학 고분자 물질이 갖추어야 할 조건은 비선형 광학계수가 크고 열 및 광학적으로 안정해야 하며, 광 진행 손실이 작아야 한다. 최근 현실적으로 활용가능한 물질이 보고되고 있으며, 이들 물질은 현재 소자개발에 이용되는 리튬-나يو베이트보다 우수한 성능을 지닌 것으로 알려져 고분자를 이용한 광 신호처리 소자의 전망을 밝게하고 있다.

2.3. 응용 예

현재까지 가장 활발히 연구되어온 고분자 광 신호처리 소자로는 광 변조기를 들 수 있으며, 이 소자는 광 도파를 진행하는 빛이 Y형 분리기에서 두 개로 나뉘어 진행하다가 다른 쪽에서 합쳐 간섭하도록 설계되어 있다. 광 도파로가 전기광학 물질 한쪽 팔에 전기장을 가해주면 물질의 굴절률(refractive index)이 바뀌게 되고, 따라서 빛의 진행속도가 바뀌어 광 경로차(path difference)가 생긴다. 이때 빛이 합쳐지는 지점에서 양쪽 팔에서 진행되어온 두 빛의 광로차가 반파장의 홀수배이면 서로 소멸간섭 (destructive interference)을 일으켜 빛의 강도가 0으로 꺼짐("off") 상태가 되고, 광 경로차가 반파장의 짝수배가 되면 보강간섭(constructive interference)을 일으켜 켜짐("on") 상태가 된다. 결국, 외부에서 걸어주는 전기장에 의해 빛의 변조(modulation)가 가능하다. 이 소자의 성능은 변조속도에 달려있으며, 이미 수십 giga-대역 폭을 가진 고분자 전기광학 변조기가 실현됐다. 현재는 좋은 성능의 물질을 이용해 소자의 안정성 문제를 향상시키려는 시도가 진행중이다.

비선형광학 고분자가 가진 또 다른 특성 중의 하나는 전계배열에 의해 형성되는 광 축을 원하는 형태로 조절할 수 있다는 점이며, 이것이 각종 수동 및 능동형 편광 변환소자, 편광 분리기, 편광기 등을 쉽게 구현할 수 있게 해 준다. 현재 국내에서도 전자통신연구소에서 이 분야에 대한 연구를 수행하여 상당한 성과를 얻은 것으로 보고된 바 있다.

3. 유기 광굴절 재료

3.1. 광굴절 효과 (photo-refractive effect)

광굴절 효과는 빛의 강도에 따라 재료의 굴절율이 바뀌는 것으로, 공간적으로 세기가 일정하지 않은 빛을 조사시켜 재료 내부의 전하분포가 변화해, 이것에 의해 생긴 공간 전기장이 전기광학 효과에 의해 물질의 굴절율이 바뀌는 현상이다. 광굴절 효과에 관한 물리적 의미를 부여하는 "band 수송 모델"에 의하면 빛의 강도분포에서 굴절율의 변화는 다음의 몇가지 단계를 거쳐 일어나는 것으로 알려져 있다; (1) carrier의 광여기, (2) 여기된 carrier의 이동과 재결합, (3) 이것에 의해 생긴 전하의 공간분포, (4) Poisson 방정식에 근거한 결정내 전기장의 생성, (5) 전기광학 효과에 의한 굴절율 변화이다.

광굴절 효과를 보이기 위해서는 유전체 또는 반도체의 에너지 밴드에 깊은 trap 준위와 얇은 donor 및 acceptor 준위가 존재해야 한다. 이때 얇은 준위는 전도대 혹은 가전자대에 충분히 가깝고 실온에서는 열적으로 여기되어 대부분 비어(이온화) 있는 반면, 깊은 준위는 부분적으로 이온화되어 있다. 얇은 준위에서 열적으로 방출된 carrier는 깊은 trap 준위와 재결합해 빛을 조사하지 않는 상태에서의 자유로운 carrier는 거의 존재하지 않는다. 이같은 준위 구조를 가진 재료에 빛을 조사하면 깊은 donor 준위에서 전자(carrier)가 전도대로 방출된다. 간섭 결과, 보강간섭에 의한 밝은 장소엔 carrier가 많이 여기되어 간섭호의 명암에 따른 carrier의 밀도분포를 구할 수 있다. Carrier는 광여기 이외에 열여기에 의해서도 발생 하지만, 광 강도가 약한 특수한 경우 외에는 무시할 수 있다. 여기된 carrier는 자유롭게 돌아다닐 수 있기 때문에 전류가 발생되고, 여기에는 (a) 확산전류, (b) drift 전류, (c) 광 기전력 전류의 세 종류가 있다. Drift 전류는 결정 내부에 전기장이 존재할 때 carrier가 강제로 움직이게 됨으로써 생긴다. 광기전력 효과는 조사한 광 강도에 비례해 전류가 흐르는 현상으로, 2차 전기광학 효과와 같이 반전 대칭성이 없는 물질에서만 나타난다. 대부분의 재료에서는 이 효과는 무시할 수 있지만 LiNbO_3 에서는 무시할 수 없다.

주어진 간섭호에 대한 공간 전기장은 다음에 기술하는 논리를 따라 구해낼 수 있다. 즉, 간섭호의 명암에 의해 전하분포가 생기면, 확산 및 drift에 의해 밝은 부위에서 어두운 부분으로 carrier가 이동한다. 그러나 이것에 의해 생긴 전하분포에 의한 공간 전기장에 의하여 역방향의 drift 전류도 생겨 이들이 평형에 도달되는 곳에서 정상상태로 된다. 또 Poisson의 식에서는 공간 전기장의 미분이 전하분포로 되기 때문에 공간 전기장과 전하분포 공간 주기의 위상이 $1/4$ 파장 옆으로 어긋나게 된다. 위에서 기술한 carrier의 여기, 이동 및 재결합 과정에서 유도되는 식에 전하가 연속한다는 식과 이를 공간상에서 평균하면 전하가 중성이 된다는 조건을 사용해 광굴절 효과의 기본 방정식이 얻어진다. 이들을 연립시켜 풀면 주어진 간섭호에 대한 공간 전기장이 구해진다. 막상 공간 전기장이 구해지면 마지막 단계로서 Pockels 효과 등의 전기광학 효과에 의하여 공간 전기장에 따라 굴절율이 변화하며, 굴절을 변화중 공간 전기장에 비례하는 성분만이 광굴절 효과로서 유효하다.

3.2. 유기결정

광굴절 효과를 이용한 유기결정은 1990년에 처음 보고 되었다. 이 결정에서는 저 분자계의 이차 비선형 광학 유기결정으로서 개발된 2-cylooctyl-amino-5-nitropyridine (COANP)에 전자 acceptor인 7, 8-tetracyano-quinodimethane (TCNQ)를 doping하는 것으로 광 전도성을 보였다. TCNQ가 도핑된 COANP는 녹색을 띠고 (non-dope의 COANP는 황색), 파장 600~700nm에 걸쳐 전하 이동에 의한 현저한 광 흡수 특성이 나타난다. 또 형성되는 격자는 굴절을 격자와 흡수 격자의 양자가 확인되고 있다. 다만, 관측된 광굴절 효과의 응답 시간은 광 강도 3.2 W/cm에서 30분 이상으로 매우 길고, 광굴절 특성의 향상을 위해서는 dopant의 선택과 doping 양을 최적화 시킬 필요가 있다. 이런 종류의 유기결정은 강유전체와 같이 광학특성이 우수하여, 아래에 기술하는 광 전도성 고분자 광굴절 재료가 유기 광굴절 재료로서 보다 유망한 것으로 판단된다.

3.3. 광 전도성 고분자 필름

유기 고분자 필름을 이용한 광굴절 재료는 다른 크기의 여러가지 특성의 분자를 비교적 용이하게 조합할 수 있으며, 비선형 Coulomb pair 분자의 이차 비선형성을 전장배향에 의해 만들 수 있는 이점이 있다. 지금까지 보고된 바로는 광굴절 효과를 보이는 것에는 표 1에 요약한 것처럼 guest-host형 I (비선형 고분자 host + dopant), guest-host형 II (carrier수송 고분자 host + dopant) 및 단일 component 형으로 분류되며, 이들에 대한 주요 차이점을 아래에 요약하였다

(1) Guest-host type I (비선형 고분자 host + dopant)는 1991년에 처음으로 미국 IBM에서 발표된 재료로, 비선형 Coulomb pair를 polymethyl methacrylate (PMMA)의 측쇄수식기로 구성된다. C60 등의 carrier 수송 분자의 doping에 의한 증감 등의 보고가 있으며, dopant 분자간의 접촉에 의하여 carrier수송 (전기전도)이 가능한 것으로 알려져 있다.

(2) Guest host type II (carrier 수송 고분자 host + dopant) 재료는 비선형 Coulomb pair가 guest로서 고분자 host에 dope되기 때문에 유리전이 온도의 고분자 host 중에 비선형 Coulomb pair의 전장을 이용해 쉽게 배향할 수 있다. 따라서, 외부 전장과 형성되는 공간 전장에 응답해 비선형 Coulomb pair로 배향하기 때문에 전기광학

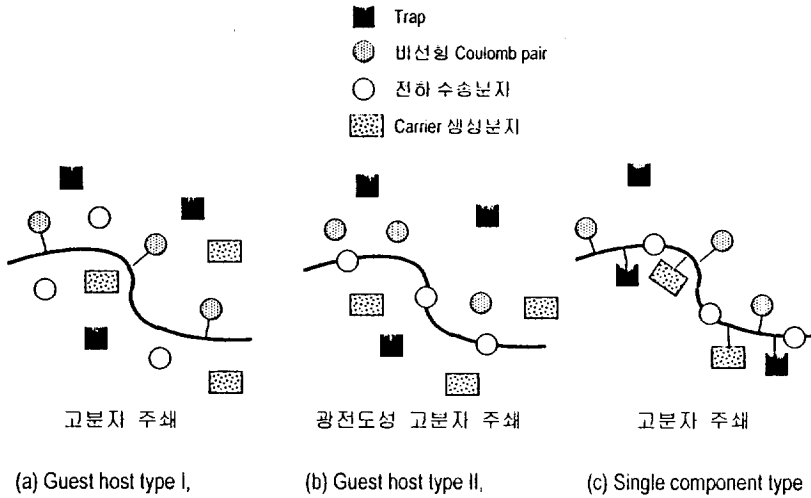


Fig. 1. Three types of photo-refractive polymer.

Table.1. Structure of photo-refractive polymers and their function

기능	Guest host type I	Guest host type II	Single component type
전기광학 효과	비선형 Coulomb pair를 고분자 주쇄로	고농도의 비선형 Coulomb pair를 doping	비선형 Coulomb pair를 고분자 주쇄로
	한화결합		한화결합
Carrier 수송	고농도의 작은 분자를 doping	주쇄 고분자 혹은 측쇄로써 host의 역할	주쇄 고분자 혹은 측쇄분자로 부여
Carrier 생성	비선형 Coulomb pair 자신 혹은 저농도의 분자를 doping	저농도의 분자를 doping	측쇄분자로 부여
Trapping	비선형 Coulomb pair 자신 혹은 무첨가 또는 저농도의 분자를 doping	무첨가 또는 저농도의 분자를 doping	무첨가 또는 측쇄분자로 부여

정수의 크기가 공간적으로 변조된다. 동시에 비선형 Coulomb pair 분자의 이방성 축이 공간적으로 변조되기 때문에 복굴절도 공간적으로 변조된다. 이들 두 효과에 의해 굴절을 변화가 band 수송 모델에서 예상치보다 커지는 배향증가 효과가 나타난다. 현재 carrier 수송 고분자 host로는 전자사진 분야에서 잘 알려진 poly (N-vinylcarbazole) (PVK)와 poly (silane) 유도체를 이용하는 것이 보고 되었다.

(3) 단일 component 형 재료는 고분자 주쇄에 비선형 Coulomb pair 분자와 carrier 수송분자를 축쇄로 결합시킨 것에, 단일 component화를 실현한 것이다. 강점으로는 guest-host 형에서 문제가 된 상분리를 막아 재료의 안정성을 향상 시킬 수 있다는 것과 각 기능분자의 상대적인 농도를 제어

할 수 있는 것을 들 수 있고, 단점으로는 구조상 carrier의 전도 경로를 방해해 광 전도성을 저하시킬 가능성이 있는 것과 구조의 변경에 대해 flexibility가 없는 것이다. 관측된 광굴절 효과의 크기는 guest-host 형의 것에 비해 작다.

4. 광굴절 효과의 고밀도 정보 저장매체의 응용

정보저장 분야의 기술수준 척도로 이용되는 기록밀도 관점에서 광memory의 우위성이 입증되긴 했으나, 여기에는 광 디스크에서 광 spot이 빛의 파동성을 이용하기 때문에 그 한계가 있음을 깨달아야 한다. 따라서 빛의 파장 크기 정도의 spot을 이론한계로 볼 때, 기록밀도는 5 Gbit/cm² 정도가

Table 2. Various properties of host-guest type I photo-refractive polymers

Materials (year)	Wavelength (nm)	α (cm ⁻¹)	Ext. electric field (V/ μ m)	Film thickness (μ m)	Diffraction efficiency	Γ (cm ⁻¹)	Grating formation (sec.)
BisA-NPDA: DEH (30%) (1991)	647	2.8	12.5	350	5×10^{-5}	0.33	100
PMMA-PNA DEH (30%) (1991)	647	1.1	11.4	350	5×10^{-5}	0.11	7
PVK:	647	32	40	125	8.5×10^{-3}	11	0.1
FDEANST(30%):TNF(1.3%) (1993)	753	1.4	40	125	1.0×10^{-3}	3.6	4
PVK:TNF(0.8%) DMNPAA(40%) ECZ (20%) (1993)	647	24	40	105	5×10^{-2}	30	0.1
PVK:TNF(1%) DMNPAA(50%) ECZ (16%) (1994)	670	13	91	105	8.8×10^{-1}	220	0.1

BisA: Bisphenol A diglycidyl ether
 NPDA: 4-nitro-1, 2-phenylenediamine
 DEH: Diethylamino benzaldehyde diphenylhydrazone
 PNA: PMMA-P-nitroaniline

상한값으로 판단된다. 이것으로는 머지않아 자기 memory나 반도체 memory에 추월당할 가능성이 없지않다. 이는 자기 memory의 경우, 헤드gap이 기록밀도를 결정하고 거기에는 파장의 제한이 없기 때문이다. 따라서, 광 memory가 우위를 지키기 위해서는 파동성의 포기나 다중기록의 이용면에서 문제해결의 돌파구를 생각해 볼 수 있다. 그러나 파동성을 포기한다는 것은 빛을 정보의 기록과 재생에 이용하는데 있어 중요한 잇점인 비접촉의 장점을 포기하는 일이 되어 바람직하지 않다.

한편, evanescent 근접장을 이용한 photon-memory가 제안되었고, 그 기록 한계는 100~200 Gbits/cm²에 달한다. 이것은 전파하지 않는 빛을 이용하는 photon-STM과 같이, 광굴절 기록매질에 수10nm까지 접근시킬 필요가 있다. 또 다른 접근으로써, multilayer 기록이나 체적형 hologram 기록 등, 기록매체를 3차원으로 활용하는 방법이나, 파장 다중기록이 있다. 이 중에서 체적형 hologram 기록은 기록밀도가 1 tera-bits/cm³에 달하고, 또한 수Gbit/s 이상을 고속으로 읽어낼 수 있어, 고속 random access로 비접촉까지 만족시키는 일이 유일한 방법이다. 이와같이 hologram

memory가 이상적인 memory 임에도 불구하고 이에 대한 연구는 70년대 이후 활기를 띠지 못했으나, 근래에 디지털 기술, 공간 광변조 소자, 전자 촬상소자 등 주변기술의 진보에 힘입어 그 가능성이 다시 엿보이기 시작했다. 이는 일본에서의 연구가 주로 CD-ROM 이나 DVD등의 package media에 맞추어져 진행되는 반면, 미국에서는 멀티미디어 on-demand등 정보통신 분야를 겨냥한 연구방향의 위의 문제해결의 실마리로 생각하고 있음을 반영하는 것이라 생각해 볼 수 있다.

5. 고분자의 열광학 효과 및 그 응용

고분자의 또 다른 특성으로 광 신호처리용 소자에 활용할 수 있는 열광학 효과를 꼽을 수 있다. 열광학 효과는 고분자에 열을 가하면 물질의 굴절률이 바뀌는 성질로, 전기장 대신 열을 이용해 각종 신호처리 소자를 구현하는데 사용될 수 있다. 고분자의 열광학 효과는 다른 무기물에 비해, 100배 정도 크기 때문에 매우 작은 전력만으로도 변조나 스위칭이 가능하다는 강점을 가지고 있다. 미래의 정보산업에 필수적인 이러한 유기 비선형 광학소자는 아직 세계적으로 상품화가 이루어지지

않은 상황이어서 세계시장에서 선두위치를 차지하기 위한 선진국들 간의 개발 경쟁이 매우 치열한 분야이다.

표시소자로 사용되는 음극선관 (cathode ray tube, CRT)은 화면의 크기가 커질수록 CRT의 부피와 무게가 지수적으로 증가되어, 정보화시대에 걸맞는 새로운 표시소자의 개발이 요구된다. 이에 따라 저전력화, 평면 패널화, 고화질 등 고성능 디스플레이 구현을 위한 연구가 다각적으로 진행되고 있다. 물질에 전류를 주입했을 때, 빛이 나오는 전기발광 현상은 이제까지는 주로 무기재료에서 발견되어 레이저나 발광 다이오드 제작에 응용되었다. 반도체를 이용한 전기발광은 구동전압이 낮고 효율이 높은 장점이 있으나, 청색 대역의 빛을 얻기가 힘들며 대형화가 어려운 단점이 있다. 전기발광을 이용한 표시소자로는 ZnSe나 ZnS 등의 무기재료를 사용해 교류로 구동하는 박막형 전기발광 패널이 대표적이지만, 구동전압이 높음에다가 칼라화가 어렵고 효율도 높지않다. 이러한 문제를 해결하면서 청색대역의 발광까지 낮은 구동전압으로 실현가능한 유기 전기발광 소자의 개발이 한창 진행중이다.

유기물에서의 전기발광은 1987년 미국 Kodak사가 단분자 막에서, 그리고 1990년 영국 캠브리지 대학이 고분자에서 성공한 이래, 평판 디스플레이 화 시킬 수 있는 잠재력 때문에 현재 매우 활발히 연구되고 있는 분야이다. 유기물 및 고분자 발광소자의 경우, 빨강, 초록 및 파랑의 삼원색이 물질을 변화시킴에 따라 용이하게 얻어지고 소자의 제작 공정도 매우 간단하다. 또한 일반 소자와는 달리, 유기물 및 고분자의 경우 삼원색을 발하는 다양한 물질이 존재하고 합성할 수 있기 때문에 모든 색상을 손쉽게 만들 수 있다.

한편, 발광효율을 향상시키기 위해서는 전극으로부터 발광층으로의 전자와 정공의 주입 및 이동, 전자와 정공의 재결합에 대한 고려가 필요하다. 발광층 내부에서 재결합이 효율적으로 이루어지기 위해서는 전자와 정공의 주입이 서로 균형을 이루어야 하며, 양쪽 전극으로부터 전하의 주입에 대한 에너지 장벽이 서로 같고, 동시에 에너지 장벽도가 급적 낮추어야 한다. 두 전하를 균형있게 주입하기 위하여 음전극의 일함수(work function)와 비슷한 전도대 준위를 가지는 물질을 발광층과 음전극 사이에, 양전극의 일함수와 비슷한 충만대 준위를 가지는 물질을 발광층과 양전극 사이에, 집어넣은 이중 접합구조를 취한다. 발광효율의 향상은 전자와 정공이 재결합할 때 빛이 발생하는 발광 재결

합 확률을 높이고, 열이 발생하는 비발광 재결합 확률을 낮추어야 가능하다. 이를 위해서는 발광층 물질 내부에서의 물질구조와 전하의 거동 및 이들이 발광 재결합에 미치는 영향, 비발광 재결합을 유도하는 기구에 대한 규명이 선행되어야 한다. 이 분야에 대한 연구결과, 분자 사이의 상호작용과 분자간 거리가 매우 중요한 영향을 미친다는 점과 몇가지의 화학기가 발광 재결합 가능성을 줄인다는 것이 밝혀졌다. 유기물을 이용한 전기발광은 짧은 역사에도 불구하고 실용적인 소자에 거의 접근해 있다. 고휘도의 삼원색이 얻어졌으며 1% 이상의 발광효율과 10,000시간 정도 작동되는 것이 보고된 바 있다.

한편, 단거리에서 정보를 전달하는 분야, 즉 컴퓨터간의 정보교환, 근거리 통신망, 자동차 등의 응용 면에서 근래 큰 관심을 끌고 있는 것에는 플라스틱 광섬유가 있다. 특히, 플라스틱 광섬유는 실리카 광섬유와 동축선이 지닌 단점을 해결할 수 있는 가능성을 지니고 있다. 특히 수평각도의 core 반경이 크고 가시광을 사용하기 때문에 값싼 부품을 사용할 수 있으며 설치가 쉽다는 것이 장점이다. 최근에는 굴절률이 점진적으로 변하는 플라스틱 광섬유가 개발되어 전송대역 폭이 초당 기가비트(Gb/sec.) 정도까지 이미 달성됨으로써 이 분야에 큰 진전을 보이고 있다.

6. 맺 음 말

다양하고 방대한 양의 정보를 효과적으로 처리/분배하는 멀티미디어 정보통신 시스템이 광신호에 의한 처리를 통해 구현되어갈 전망이다. 이를 위해 빛을 발생시키는 발광소자, 빛을 검출하는 소광소자, 광신호를 처리하는 광신호 처리소자 그리고 광신호를 전달해주는 광섬유 및 화상정보의 표시를 위한 표시소자 등이 중요한 요소기술이다. 이같은 소자의 제작에 있어 기존 물질로는 요구에 대한 대응이 어려워 보다 우수한 성능의 소재개발이 요구된다. 이에 대한 대체물질로 최근 유기물 또는 고분자가 각광을 받고 있으며, 이를 사용한 소자개발이 활발히 진행되고 있다. 이제까지 무기물로 달성하기 힘들었던 많은 기술들이 유기물로 쉽게 구현이 가능하게 되면 고성능의 소재 및 소자기술은 다가오는 정보화 시대를 더욱 풍요롭게 하는데 크게 기여할 것으로 기대된다.