

## 전자 소재 및 부품

朴太錫, 張潤基, 宋孝一, 朴源澤, 高龍泰  
三星綜合技術院 素材部品研究所

### I. 서 언

신소재 및 그 관련부품은 전자 정보산업 분야에 가장 기초가 되는 핵으로 '90년대에는 기술보호와 고부가가치 품목들로서 새로운 제품이나 상품을 개발 개선할 때의 돌파구가 될 것으로 전망되고 있다. 신제품 신상품의 창출이 소재와 부품으로부터 출발되고 있다는 점을 감안할 때 누가 먼저 이러한 핵심소재나 부품기술을 확보하느냐가 관건이 될 것이다.

현재 세계 각국에서 혈안이 되어 연구개발에 박차를 가하고 있는 전자산업용 신소재와 부품들은 수없이 많겠으나 본 기술해설에서는 모두를 언급하는 것이 어려우므로 현재 기술선진국에서도 개발에 역점을 두고있는 초전도체, quantum molecular device, 평판 표시소자(flat panel display device) 및 기록, 소거가 가능한 erasable optical recording media 등에 대한 기술의 원리와 현재까지의 기술수준, 실용화를 위해 해결 되어야 할 문제점들 및 향후전망을 중심으로 기술한다.

### II. 초전도체

#### 1. 개요

“초전도체란 무엇인가?”라는 질문에 매우 낮은 온도에서 전기적 저항이 급격히 감소되어 영이 되는 물질이라고 할 수 있다. 현재의 측정기술로써 직접 측정할 수 있는 저항값은  $10^{-11}$  ohm-meter 정도인데 어떻게 저항이 영이라고 말할 수 있을까? Gallop은 금속 초전도체 wire로 폐쇄회로를 만들어 자기장의 변화를 측정된 결과 전기 저항이  $10^{-26}$  ohm-meter인 것을 알아냈다. 따라서 우리는 감히 초전도 상태에서는 전기적 저항이 영이라고 말할 수 있는 것이다.

이러한 사실만을 고려한다면 완전 전도체라는 표현이 더 정확할 것이다. 그러나 왜 초전도체란 표현을 쓰는 것일까? 그것은 초전도체가 완전 전도체인 동시에 다음의 몇가지 다른 특징을 갖고 있기 때문이다. 우선, 초전도체는 완전 반자성체로서 자기장이 인가되면 자기장이 초전도체 내부로 침투되지 못하고 배척당하는 현상이 있으며 이를 Meissner 효과라 한다. 또한 일반 도체와는 다른 열기전력, specific heat, heat capacity 등을 가지며, 주파수가 100GHz 이상의 교류가 흐르면 저항이 다시 생기게 된다.

전기적 저항은 영이지만 무한대의 전류가 흐를 수 있는 것은 아니다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 임계온도 이상에서 초전도현상이 없어지는 것과 같이 전류가 일정값 이상이 되면 초전도 상태가 없어지는 임계전류밀도와 자계에 대한 임계자장이 존재한다. 임계값들 즉 그림 1의 빗금친 면내에서만 초전도체로써 특성을 발휘한다.

#### 2. 초전도체의 응용

초전도재료의 응용에는 크게 두가지로 에너지 분야의 용도와 전자분야의 용도로 나눌 수 있다(표 1 참조). 에너지 분야의 용도로는 선재화가 필수적인 기술이며 초전도체의 기본 특성인 완전 도전성을 이용하여 소비전력이 매우 작고 고효율을 달성할 수 있다. 또한 발열이 되지 않기 때문에 많은 전류를 흘릴 수 있고, 기기의 compact화 혹은 고밀도화가 가능하다.

초전도체를 전력에너지 기기에 응용할 경우 3개의 분야로 나눌 수 있다. 하나는 종래의 기기로 발전기, 송전선, 각종의 magnet 등에 적용되는 경우에 효율의 향상, 에너지 절감, 소형화를 추구하는 것이고 둘째

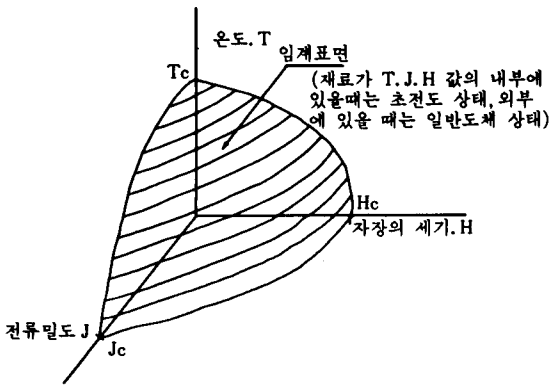


그림 1. 온도, 자계 및 전류밀도에 따른 초전도 상태

는 MHD 발전기, 핵융합, 전자추진선등은 초전도체가 필수적인 분야이며 셋째는 에너지 저장용 초전도체가 아니면 안되는 분야이다.

전자분야에서는 두개의 초전도체 사이에 얇은 절연층을 형성시켜 Josephson 접합을 만들고 이 접합의 전자쌍 tunneling을 이용하면, 기존의 반도체보다 월등히 빠른 속도와 적은 소비전력을 갖기 때문에 초고속 supercomputer 등에 적합한 switching 소자로서 활용할 수 있다. 또한 미세한 자계변화를 감지할 수 있는 SQUID(초전자 양자 간섭소자), 3 단자 초전도 transistor 등에 활용할 수 있다. 이러한 전자분야 응용을 위해서는 필수적으로 박막제조 및 patterning 기술이 필요하다.

표 1. 초전도 현상과 주요한 응용의 가능성

에너지 분야		전자 분야	
이용되는 현상, 효과	용도	이용되는 현상, 효과	용도
전기저항=0	적류송전	전기저항=0	IC용 배선
대전류	초전도자석	완전반자성	자기 shield
강자계	핵융합로	자속양자화	고감도 sensor
완전반자성	MHD 발전기	Josephson 효과	자기(SQUID)
영구전류	가속기	비선형저항	광
	발전기	준입자터널효과	전압표준
	자기공명		Switch 소자
	수송기관		Transistor
	자기부상열차		(초고속 computer)
	전자추진선		
	전력저장		

### 3. 문제점과 향후전망

실용화를 위해서 요구되는 제반의 조건을 만족하기 위해 지적되는 문제는 임계전류밀도, 가공성, 재료의 안정성등을 들 수 있다. 선재의 경우는 기 알려진 재료를 가지고 선재로 가공하면서 임계전류 밀도를 올리기 위한 연구가 집중적으로 진행되고 있다. 그 결과 일본의 몇몇 회사에서 doctor blade 방법을 통하여 반복적으로 압연하여 테이프상으로 가공함으로써 임계전류밀도가 10,000A/cm<sup>2</sup>까지 달성되어 실용화에 접근해 가고 있다.

임계전류 밀도를 증가시키기 위해서는 우선 CuO층을 갖는 초전도체에서 전류가 2 차원적으로 흐르므로 결정립의 결정배향을 한 방향으로 유도하면서 가공성을 부여하는 문제이다.

박막의 응용분야에서는 박막제조 기술의 발달을 바탕으로 연구결과 많은 진전이 이루어지고 있다. 미국의 코넬 대학에서는 In-situ growth를 위하여 HPRE (high pressure reactive evaporation)법과 HPRS (high pressure reactive sputtering)법을 이용하여 600~625℃에서 80K의 임계온도를 갖는 초전도박막을 제조하는데 성공하였다<sup>[1]</sup>.

결정결합이 거의 없는 단결정 보다도 훨씬 높은 임계전류 밀도를 갖는 초전도박막을 제조하는 문제이다. 지금까지의 연구결과는 flux pinning center의 존재에 좌우되는 것으로 알려지고 있어서 결국 무엇이 flux pinning center로 작용하는가를 밝혀서 인위적으로 도입함으로써 원하는 임계전류 밀도값을 달성할 수 있을 것이다.

세라믹 초전도체의 경우 coherence length가 짧아 Josephson 소자를 제작시 절연층을 10 Å 이하로 조절하여야 되는 것이 우리가 넘어야 되는 장벽이다. 현재 매우 발전되어 있는 반도체 제조기술을 초전도체에 도입하고, 이를 활용하는 것도 실용화를 위해서는 매우 중요한 문제이다. 또한 Bi계를 선재로 만들어 4.2K에서 임계전류밀도를 측정된 결과, 26teslar에서도 1.5×10<sup>4</sup>A/cm<sup>2</sup>의 값을 나타내고 있어 기존의 금속계 초전도체로는 도달할 수 없는 고자장을 형성할 수 있어 가장 상업화가 빨리 될 것으로 기대된다.

## III. Quantum Devices and Molecular Devices

### 1. 개요

전자산업에서의 기술혁신은 하루가 다르게 진행되어 가고 있으며 가장 큰 영향을 미치고 있는 것은 손

톱크기 만한 반도체 칩에서의 기술이라고 확신할 수 있을 것이다.

오늘날 반도체분야에서 가장 기술적으로 안정되어 있고 기술개발이 활발히 이루어지고 있는 것은 Si 단결정이다. 이러한 Si 단결정은 최근 직경 200mm 크기의 단결정 성장기술이 확보되어 있고 집적도에서도 2000년에는 256 메가급이 가능하리라 예상되고 있다.

그러나 인간이 개발하고자 하는 욕구는 끝이 없고 더욱이 반도체를 사용하는 제품들의 요구사항들이 더욱 고도화됨에 따라 최근에는 정보처리속도 및 소비 전력면에서 인위적인 물성조절이 가능한 초격자구조 소자 및 Si 시대를 집적도에 있어서 뒤이을 것으로 예상되는 molecular devices에 대한 연구가 집중적으로 수행되고 있다.

## 2. 초격자 구조 소자

초격자 구조는 1969년 Esaki와 Tsu<sup>[2]</sup>에 의해 이중과 다중 potential-barrier를 통한 resonant tunnelling을 관측하는 과정에서 이 개념이 처음으로 도입되었다.

이러한 초격자는 얇은 박막을 중첩시켜서 쌓는 구조로서 이러한 박막들이 수십 Å이하로 되면 각 막의 물성이 크게 변화되어 새로운 특성을 나타내게 된다. 우리는 이러한 초격자 구조를 제 3의 화합물이라 부르게 되었다.

간단한 초격자 구조를 그림 2에 나타내었다.

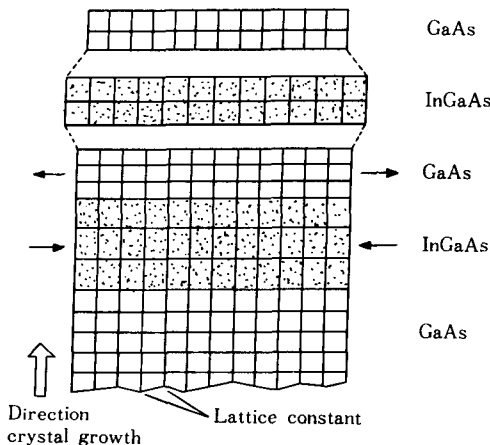
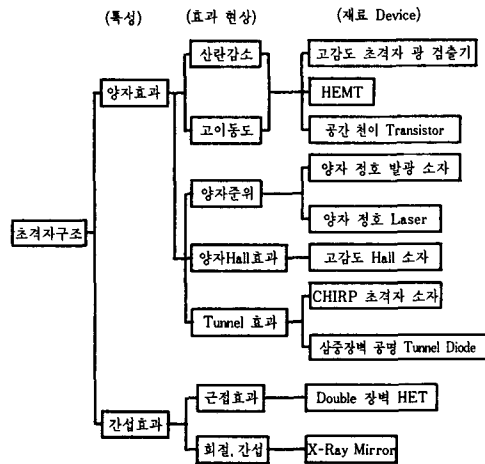


그림 2. GaAs-InGaAs 초격자 구조도

이 초격자 구조는 박막제조기술의 발달에 의해 1972년 Esaki<sup>[3]</sup>에 의해 MBE(molecular beam epitaxy)를 이용하여 제작한 GaAs-GaAlAs 소자의 부성저항 특성을 측정함으로써 처음으로 초격자 구조의 실용화에 문을 열게 되었다. 2년 뒤에는 Guntzmann과 Clauser<sup>[4]</sup> 등이 간접천이형 물질을 이용하여 직접천이형 초격자를 만들 수 있다는 가능성을 보였으며, 1977년에는 새로운 형태의 초격자 연구로서 InAs-GaSb 구조가 중점적으로 연구되었다. 이후 1980년에는 Mimura<sup>[5]</sup> 등이 처음으로 초격자 구조를 이용한 HEMT (high electron mobility transistor) 소자를 개발하였다.

현재 이러한 초격자 구조는 표 2와 같이 각 특성에 따라 응용이 기대되고 있으며 반도체 laser 분야에서는 실용화되고 있는 것도 있다.

표 2. 초격자 구조의 특성 및 그에 따른 응용 예



현재의 초격자 제조 기술수준은 단일층 구조를 갖는 초격자로서 양자정호(quantum well) laser가 실용화되고 있으며 미세선폭 가공에 있어서도 PMMA resist를 사용하여 최소선폭 8nm까지 얻고 있으나 향후 초격자 소자의 응용범위 확대를 위해서는 동작속도 증대 및 집적도를 향상시켜야 할 필요가 있다. 이러한 점에서 현재의 이차원적 구조에서 저차원 구조를 갖는 초격자구조 소자개발이 이루어져야 하며 gate의 선폭도 0.2 μm이하로 가공할 수 있어야 한다.

여기에는 1회 결정성장후 다시 재성장 시킬 때 계

면의 carrier가 크게 감소하는 현상을 제거하는 것과 TEM, PL 및 RHEED 등 원자구조 및 물성에 대한 분석기술 그리고 더욱 향상되고 상업적으로 이용이 가능한 박막형성 기술의 발달이 우선해야 할 것으로 인식되고 있다. 이러한 분야에서 많은 연구개발이 수행되는 가운데 최근 Mitsubishi에서는 양자 정호 사이의 tunnel effect에 기초한 양자준위의 반교차란 새로운 현상을 발견하여 광섬중 안전기능소자 및 초협대역의 광검지기능 소자로의 응용가능성을 보였으며 또한 TI(Texas Instrument. Co)<sup>[6]</sup>에서는 실온에서 emitter 접지의 전류이득이 20이상인 공명 tunneling transistor를 발표함으로써 초격자 구조를 이용한 소자의 실용화에 한걸음 더 진전을 가져오게 되었다.

이러한 초격자를 이용한 소자화 연구는 앞으로도 많은 분야에서 기술적인 성과를 창출할 수 있을 것으로 예상되고 있다.

3. Molecular Devices

일반적으로 유기물은 절연체로서 알려지고 있으나 반도체, 혹은 금속적인 특성을 보이는 유기물들이 다수 존재해오고 있었으며 최근에는 이러한 특성을 갖는 유기물들을 새로운 기능을 갖는 소자로서 활용하고자 하는 노력이 집중적으로 이루어지고 있다.

유기물을 이용한 소자화 연구에 있어서는 현재 실용화 되고있는 LCD, organic photoconductors(OPC's), 광디스크, bio-sensor 등도 있으나 최근 반도체분야와 관련되어 분자단위로 집적할 수 있는 능동소자로서의 molecular device에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이러한 개념의 molecular device는 1974년 Aviram과 Ranter<sup>[7]</sup>에 의해 제안되었다. 이 구조에서 분자는 전자를 제공하는(D)와 전자를 받는(A)로 구성되어 이들이  $\sigma$  bond chain으로 연결되어 있으며 이 고리를 통한 전자의 tunneling은  $D-\sigma-A \rightarrow D^+-\sigma-A$ 로는 가능하나  $D-\sigma-A \rightarrow D^--\sigma-A^+$ 로는 불가능하다는 정류기적인 특성을 이론적으로 제시하였다. 그림 3은 이렇게 제안된 분자정류기의 화학적 구조를 나타낸 것이다.

그러나 이 개념은 1980년대초 까지도 주목을 받지 못하였다. 1982년 Carter<sup>[8]</sup>는 tunneling effect에 근거를 두어 여러가지 logic circuit를 제시하였으며 molecular circuit에서 정보 carrier로써 soliton이 사용될 수 있다는 것도 같이 지적하였고 이 soliton은 입

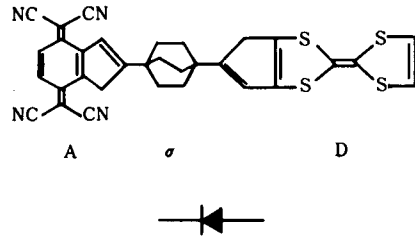


그림 3. Aviram과 Ranter에 의해 제안된 molecular ractifier의 화학구조도

자와 같이 일차원에서 움직이는 비선형성 구조 분포를 가지며 pseudo-particle로서 간주될 수 있다는 것을 암시하고 있었다. 이러한 발표가 있자 이 분야에 대하여 많은 관심이 집중되었으나 곧 많은 비판이 뒤따랐다. 그 이유는 과연 이러한 과학적인 이론이 기술적으로 접근이 가능한가 하는 점이다.

이러한 가운데 연구는 계속 진행되어 1986년 Ebi-sawa 등은 molecular memory device로서의 가능성을 실험적으로 관찰하여 molecular devices 동작의 실험적인 증명을 함으로써 이 분야에 또하나의 분수령을 갖게 되었다.

지금까지는 전체 분자에 대한 평균값을 알아내는 작업이었기에 다음 연구단계는 개개 분자의 거동에 대한 확신을 갖는 것이다. 이것은 1980년대 후반 STM(scanning tunneling microscope) 기술이 개발됨에 따라 개개 분자들의 영상을 관찰할 수 있게 됨으로써 molecular device 연구에 더욱 박차를 가하게 되었다. 지금까지의 연구결과 molecular devices의 효율은 실제동작을 나타내는 전자와 hole의 전송에 관계되므로 효율을 증대시키기 위해서는 분자간 거리 및 에너지 차이를 최적화 할 필요가 있게 된다. 또한 설계된 형태로 분자들을 구성하는 것이 대단히 중요하게 된다. 그러므로 제조기술에 있어서 얇은 판상의 유기체 위에 단일층을 형성하는 방법으로는 표면 흡착과 LB(Langmuir-Blodgett) 기술이 잘 알려져 있으며 최근에는 이러한 방법을 개선한 SCE(selective coordination epitaxy) 방법이 개발되어 STM기술과 더불어 개개분자들의 조절을 더욱 정밀하게 하려는 시도가 계속되어지고 있다.

이상과 같이 molecular device에서의 연구는 몇가지 점에서 두드러진 발전을 가져왔지만 아직도 이 분야는 초보적인 연구단계이며 실제 응용에 있어서 가능성을 예측하기란 대단히 어려운 일이라 여겨진다.

현재로서는 switching speed 혹은 집적도에 있어서 Si 소자와 경쟁하기 보다는 특수기능을 갖는 molecular devices를 응용화하는 연구가 바람직 할 것으로 인식되고 있다.

#### 4. 문제점 및 향후전망

현재의 반도체 소자에 있어서 기술개발의 목표가 되고있는 것은 집적도와 동작속도 개선문제와 관련되어 있다고 볼 수 있다. 이러한 점에서 재료의 물성을 인위적으로 조작할 수 있는 초격자 구조 및 분자 단위로 집적할 수 있는 molecular devices에 대한 연구는 필연적이라 할 수 있다.

이러한 분야의 연구에 있어서는 각종 분석기술과 박막 형성기술이 병행하여 개발되어야 할 것이다. 그러므로 RHEED 진동을 이용한 위상제어 epitaxial 기술, TEM, PL 및 Raman 등에 의한 구조평가기술, 단일분자층 구조분석을 위한 STM 기술등을 고려해야 하며 이러한 부문에 있어서 많은 기술적인 진보가 이루어져야 초격자 구조 소자 및 molecular devices 실용화 시대가 열릴 것으로 예측할 수 있다.

### IV. Flat Display Panel

#### 1. 개요

평판표시판(flat display panel)은 브라운관의 역할을 얇은 평판에서 실현하는 소자로서 각광을 받고 있다. 이러한 표시소자로는 여러가지가 있으나 LCD(liquid crystal display), ELD(electroluminescent display), PDP(plasma display panel)가 유력시되고 있다. CPT(color picture tube)의 고품질 화상과 저가격의 장점으로 인하여 21세기에도 계속 사용이 되리라 판단되지만 부피가 크고 무거운 단점으로 상당히 많은 부분이 LCD, ELD, PDP로 대체되리라 예상된다.

#### 2. 기본원리와 현재의 기술수준

##### 1) LCD

LCD(liquid crystal display)는 '70년대 중반부터 시계나 전탁의 숫자표시에 사용된 이래 가전품, 계측기, OA 기기 등에 채용이 확대되어 왔으며, '87년 이후에는 OA 및 영상기기용의 표시용 평판 디스플레이의 주역으로써 급성장을 하고 있다. 특징으로는 소형, 경량이외에 저전압구동 및 저전력구동과 용이한 칼라 화등이 있으나, 반면에 수광형소자이므로 contrast ratio의 저하와 시야각이 좁은 단점도 있다. 최근에

는 대형화와 칼라화의 활발한 기술개발로 데이터 단말용으로 10" 칼라 및 5"소형의 포켓용 칼라 TV가 상품화하는 단계에 이르렀다.

LCD는 액정의 전기적, 광학적 이방성을 이용한 소자로서 전기제어로 광학적 변조가 가능하다. 기본동작원리를 현재 많이 사용되고 있는 TN(twisted nematic) 액정의 경우로 나타내면 그림 4와 같다.

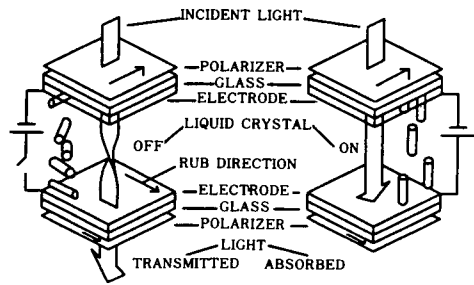


그림 4. LCD의 기본원리

이 구조는 투명전극이 도포된 2개의 유리기판에 도포된 배향막에 의해 액정의 배향이 90° 비틀어져 있으며, 기판 바깥면에 두개의 편광판이 배향의 방향과 평행한 상태로 결합되어 있다. 화소에 전압이 off 시에는 입사측의 편광판을 통과한 빛은 액정을 통과하면서 90°로 편광면이 회전하므로 편광판을 통과하지 않지만, on 시에는 전계의 영향으로 액정배향이 제거되어서 입사광의 회전이 없게 되고 화소는 불투명한 상태가 된다. 이와 같은 LCD의 동작원리로부터 화소의 명암을 표시할 수 있다. 이때 화질의 밝기, contrast ratio 등에 미치는 요소로는 액정의 종류, 화소 구동방식 등이 있다.

LCD의 최근 기술동향은 대화면화와 칼라화에 대한 기술개발이 활발하다. STN, LCD는 대표시용량(200×640-480×640 dot)의 대형액정판넬이 실용수준에 도달하여 PC, WP 등의 OA기기에의 응용을 본격적으로 할 수 있게 되었다. 그 종류로는 yellow mode, blue mode 등이 있다. 흑백 2층식 STN, LCD는 광학적 보상판을 겹쳐서 흑백 표시를 가능케한 것으로 대형 액정판넬의 주류가 되어 상품화가 진전되고 있다.

또한 증량이 배가되고 가격이 높아지기 때문에 glass cell 대신에 film 보상판의 개발도 진척되고 있지만, 아직 성능의 차이는 있다. 단순 matrix형 칼라 LCD는 STN형에 의한 contrast ratio 향상과 2층식에 의한 흑백화에 의해 종래 TNA형의 연장선상에서 고려되고 있던 color화는 2층식 STNN형에 의한 것이 주류로 되어 OA기기용 multi color를 목표로 실용화를 서두르고 있다. 이 구성은 2층식 STN형 흑백용 cell의 glass 기판과 투명전극 사이에 color filter 층(R, G, B)을 형성하는 것이다. 400×640 또는 480×640 tri-dot로 10-12인치 정도의 color LCD 패널이 laptop PC용으로 요구되고 있다. Active matrix 칼라 LCD는 TFT(thin film transistor)에 의해 5인치 정도의 포켓 TV, 비디오용으로 실용화 되었고 성능적으로도 CRT에 가깝게 선명한 특성을 갖는다. 이외에도 480×640 dot 정도의 TFT LCD 패널을 3장 이용하여 R, G, B 3색의 대형투사형 display가 100인치 까지도 발표되었다. 이것은 40인치 이상의 대형 CRT를 대체할 것으로 주목받고 있다.

2) ELD

ELD(electroluminescent display)는 투명유리 기판 상에 박막형태로 제작하는 자체명의 고체소자로서 얇고 가벼우며 고선명, 고품위의 품질을 실현할 수 있기 때문에 많은 주목을 받고 있다.

그림 5는 ELD의 단면을 나타낸 것이다. 전면 투명전극 및 배면 Al전극에 그림과 같이 구형과를 인가하면 발광막과 절연막의 계면에서 deep trap 되어 있던 전자가 tunneling 되어 발광막 속으로 주입되는데 이들 전자들은 바깥에서 인가해준 구형과로부터 발광막 내부에 형성된 electric field에 의해 가속되어 높은 에너지를 가지며 발광막의 모체에 소량 도핑되어 있는 발광중심을 여기시켜 빛을 내게 한다.

현재 18인치의 단색 graphic terminal이 실용화 되어 있으며 lap-top PC용으로 사용되는 9인치 640×400 화소의 경우 16계조 표시 상품이 생산되고 있다.

3) PDP

PDP(plasma display panel)는 기체방전을 하여 발생하는 빛을 이용한 화상표시소자이다. PDP의 구조는 그림 6과 같다.

Anode와 cathode 사이에 전압을 인가하면 전극 사이에 기체 방전이 생기어 전자가 여기되고, 여기된 전자는 기저상태로 떨어지면서 자외선을 발생시키며 이 자외선이 유리에 도포된 형광체를 여기시켜 적, 녹, 청

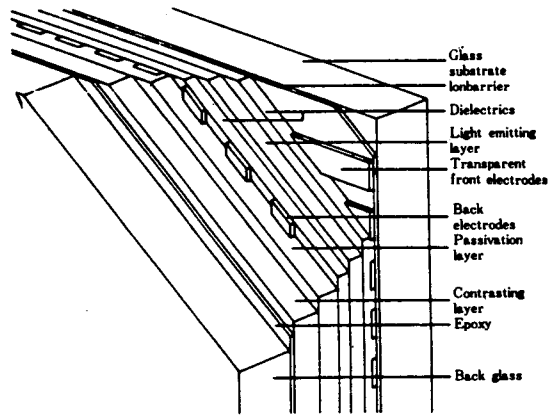


그림 5. ELD의 단면도

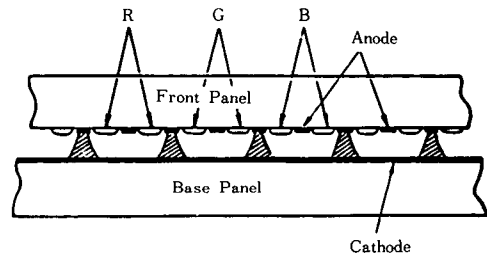


그림 6. PDP의 단면도

의 삼원색을 표시한다. 그러나 단색 PDP는 형광체를 사용하지 않고 기체 방전색을 그대로 이용하고 있다.

PDP의 용도는 여러가지가 있지만 현재 주용도는 computer monitor 용이다. 아직 orange색 이외의 표시색상은 실현화되어 있지 않다. PDP의 full color 화는 벽걸이 color TV를 목표로 하여 일본의 NHK, Fujitsu, Matsushita, Hitachi, 프랑스의 Thomson-CSF 미국의 Zenith, Magnavox 등에서 벽걸이 TV를 목표로 하여 개발해오고 있다. Full color PDP 개발의 선두 업체인 NHK가 최근 개발한 20인치의 사양은 다음과 같다.

- Screen Size ; 291mm×416mm
- Cell Pitch ; 0.65mm
- Contrast Ratio ; 90 : 1
- No. of Display Cell ; 448×640
- 휘도 ; 58Cd/m<sup>2</sup>
- 계조표시 ; 256

HD-TV로 開發하는데 contrast ratio, 제조표시의 수준은 충분하지만 cell pitch와 휘도는 앞으로 각각 1/2, 2배 水準으로 開發되어야만 HD-TV 開發이 可能하다. Screen size와 cell의 수는 PDP 특성상 HD-TV로의 확대가 쉽게 이루어지리라 판단된다.

### 3. 문제점과 향후전망

LCD 소형패널로 시계, 계산기의 분야에서는 더 이상 성장하지는 않더라도, OA용 및 영상용을 중심으로한 대화면 분야에서는 계속적으로 이용이 확대될 것으로 예상된다.

단순 matrix 방식은 대형 OA용 multi-color를 중심으로 실용화가 가속화하고 있으며 그 성능향상이 향후의 과제이다. Active matrix 방식은 TFT의 제조공정이 복잡하고 미세가공을 수반하므로 제조수율이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 제조수율을 높이면서 대형화, 고정세화 및 표시품위의 향상을 위하여 1화소에 복수의 TFT 형성, 제조마스크감소, 배선의 cross-over 제거, 배선저항의 감소등의 개발이 시도되고 있다.

또한 고효율의 EL 표시소자를 제작하기 위해서는 적절한 모재에 발광중심을 균일하게 도핑하고 전자들이 쉽게 가속될 수 있도록 모재의 결정성을 향상시키는 것이 중요하며 소자의 신뢰성을 좌우하는 유전율이 높고 고전장에서 안정한 절연막 제작 기술도 확보되어야 한다. 가장 집중적으로 연구가 되고 있는 칼라화는 현재 적, 녹, 청 삼색조합(multi-color)이 발표되었으나 녹색에 비해 적색과 청색의 휘도가 낮아 이 부분에 연구가 집중되고 있으며 기존의 ZnS계 모재보다 효율이 높은 CaS 및 SrS계 모재가 연구되고 있으나 제작상의 어려움으로 인해 가시적인 성과는 아직 나타나지 않고 있다.

발광막 제작방법에 있어서는 기존의 증착법 위주에서 점차 모재에 발광중심을 도핑하기가 용이한 CVD 방법이 도입되고 있으며 이로인해 구동전압이 낮아지고 휘도가 향상됨으로써 효율이 약 30% 향상되고 생산성도 상당히 제고되었다. 이상과 같은 대면적화 및 저전압화가 진행되면 90년대 중반이후 lap-top PC용 평판표시 소자중에서 가장 큰 시장을 확보할 것으로 예상된다.

Color PDP를 개발하는데 있어서 가장 어려운 난제는 저휘도, 저발광효율, 저해상도, 단수명이다. 현재 저휘도와 저효율을 극복하기 위해서 townsend discharge와 memory 기능을 이용하고 있다. 해상도에 있

어서는 최근에 Matsushita가 640×400 pixel, pixel pitch 0.4mm, 유효면적 160mm×256mm, 4096 color의 monitor를 개발하여 lap-top PC 장착이 가능할 정도가 되었다. 그러나 TV로 응용하기에는 Matsushita PDP의 수명은 최대 5,000시간이다. 단수명의 해결방안은 아직 뚜렷하게 제시되지 못하고 있다.

현재의 color PDP의 주요 개발방향은 surface discharge AC-PDP, planar pulse memory PDP, townsend memory PDP이다. Surface discharge PDP는 장수명, 고해상도에 planar pulse memory PDP는 대면적, 제조표시에, townsend memory PDP는 고휘도, 고발광효율에 장점을 가지고 있다.

PDP는 인쇄공정으로 제작가능 하기 때문에 대면적 제작에서 유리하고 panel이 memory 기능을 가지고 있기 때문에 panel에 부가적으로 TFT를 이용한 external memory를 이용할 필요가 없고 I-V 비선형 특성 때문에 intrinsic matrix 구동이 가능하여 HD-TV와 같은 대면적, 대정보량의 display 제작에 유리하기 때문에 21세기 display 주역이 될 것이다. 실용화는 1990년대 중반 이후 HD-TV의 형태로 시작될 것으로 예상된다.

## V. Erasable Optical Disk

### 1. 개요

Optical disk는 laser를 사용하여 정보를 재생시키거나 기록시키는데 사용하는 디스크를 말한다. 이 광디스크에는 그 기능에 따라 재생전용형(read only), 추가기록형(write once) 및 소거가능형(erasable)의 3가지 종류가 있다. 재생전용형 디스크는 원판에 요철형태(JUV)로 수록한 정보를 plastic 기판위에 복제하여(성형에 의한) 기록하고 이 위에 반사막을 입혀 제조한다. 따라서 같은 정보의 많은 복사본이 필요할 때 사용하며, 정보의 이권관리가 용이하다. 현재는 audio 부분의 CD(컴팩트 디스크)가 주류를 이루고 있으나 점차 video 부분의 laser disk나 computer 부분의 CD-ROM도 활성화될 전망이다. 추가기록형디스크는 disk drive에 의하여 정보를 기록하는 것이 가능하지만, 한번 기록하면 지우고 다시 쓸 수가 없다. 따라서 영구보존의 정보를 손쉽게 기록 보관하는 용도에 사용된다. 현재는 문서 filing system이 주류를 이루고 있다. Erasable optical disk는 disk drive에 의한 정보의 기록 소거가 반복적으로 가능하다. 따라서 현재 광범위하게 사용되고 있

는 magnetic recording 분야를 전면적으로 대체 시킬 수 있는 가장 확실한 광디스크라 할 수 있다.

Erasable optical disk는 광자기 디스크, 상변화형 디스크, 유기색소형 디스크의 세분야에서 연구 개발 되고 있다.

상변화형의 디스크는 laser power의 강약과 laser pulse duration의 장단을 조절하여 기록막에 2종류의 상을 형성시키므로 기록하는 방식이다. 재생시에는 이 2 상의 반사율차를 감지하여 0, 1을 구분한다. 유기색소형의 디스크는 laser 조사에 의하여 기록막의 strain 변화에 따른 반사광량의 차를 재생에 이용한다. 상변화형과 유기색소형은 현재 연구단계에 있으나, 아직 품질인정에 문제가 있다. 반면, 광자기 디스크는 이미 시제품이 출하되고 있으며 제 1 단계 erasable 광디스크로서 가장 크게 각광받고 있다.

광자기 디스크는 유리나 프라스틱과 같은 투명한 기판위에 스퍼터링 방식으로 기록막을 입힘으로써 만들어진다. 이 기록막은 자성체로서 film에 수직인 방향으로 자화되는 성질을 갖고 있다. 수직자화막이 형성되는 물질은 여러종류가 있으나, 「희토류금속-천이금속」의 합금이 광자기 디스크에서 사용되고 있다. 이 합금은 산화성이 매우 강하므로 통상 기록막의 양면에는 비금속의 보호막이 필요하다. 따라서 광자기 디스크의 가장 간단한 구조는 기판/보호막/기록막/보호막이 된다.

광자기 기록의 최대장점은 광기록이 자기기록에 비하여 기록밀도가 높다는데 있다. 기록밀도란 단위면적당의 기록 bit의 수, 즉 정보의 양을 말한다. 광기록에 있어서 기록밀도는 laser를 얼마나 작게 집중시키는가에 의하여 결정된다. 현재까지 개발된 반도체 laser에 의한 기록 bit의 크기는 약  $1\mu m^2$  정도로서 자기기록에 비하여 10배에서 100배 정도의 높은 기록 밀도를 갖는다.

광기록의 또 하나의 장점으로서 head와 media가 비접촉하여 기록 재생함으로써 자기기록과 달리 정보를 반영구적으로 보존할 수 있는 것이 된다.

광자기 기록방식을 이해하기 위하여는 자기광학현상의 이해가 필요하다. 자기광학현상(magneto-optic effect)은 그림 7과 같이, 자화된 기록막에 편광 laser를 조사하면, 반사 laser의 편광면은 media의 자화 방향(위쪽 또는 아래쪽)에 따라 서로 상이한 방향으로 회전하는 것을 말한다.

여기서 입사편광면과 반사편광면 사이의 각  $\theta_k$  를 Kerr 회전각이라고 부른다. 광자기 디스크에서 정보

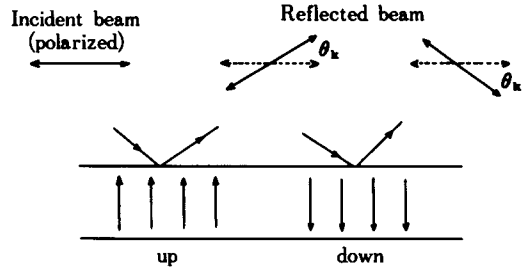


그림 7. 자기광학효과 (magneto-optical effect)

의 read-out은 반사광의 회전방향의 차를 photo detector에서 감지하므로써 달성된다. 기록 media의 재생품질은 SNR(signal to noise ratio)라고 불리는 신호대 잡음비로 표시된다. 광자기 디스크의 SNR은 Kerr 회전각이 클수록 크다.

한편, 기록은 laser의 열작용에 의하여 달성되는데, laser가 조사됨에 따라 기록막은 승온하여 Curie 온도 또는 compensation 온도이상에서 자화방향이 바뀐다.

## 2. 광자기 디스크의 전망

소거가능한 광자기 기록장치의 구성에 있어서 제 1 차적 기술적 어려움은 지금이나 역사적으로 볼 때 적당한 media의 개발에 있다. 광자기 디스크는 앞에서 말한 바와 같이 기판위에 thin film 형태의 기록층과 보호막으로 구성되어 있으므로, 기판과 기록층, 보호막 기술이 주기술이 된다.

기판은 빛의 통로 역할을 담당하고 있으므로 빛이 왜곡되지 않고 통과하여야 한다. 품질측면에서 보면 glass가 기판재료로써 훌륭한 것이 되지만, 가격이 비싸므로 민생용 PC나 workstation 용으로는 적절하지 않다. 따라서 값이 싼 플라스틱 재료가 연구 대상이 되고 있다. 현재 쉽게 구할 수 있는 기판재료로서는 CD에서 상품화되어 있는 polycarbonate 이지만, 아직 광자기 디스크에 사용하기에는 품질에 문제가 있다. 따라서 화학회사나 대학에서는 좀 더 우수한 품질의 기판재료 개발을 추진하고 있다.

기판의 기본기술은 재료개발과 injection molding 기술이 되는데, 재료개발 측면에서는 birefringence, transmittance, moisture absorption, glass transition 온도의 개선이 기술개발의 방향이 된다.

보호층은 기록층의 산화방지를 주된 목표로 하고



있어 외부의 산소침입을 막아 줄 수 있는 치밀한 film의 제조가 기본기술이 되며 통상 산화물 혹은 질화물을 사용하고 있다. 보호층재료 개발에서 유의해야 할 사항은 보호층과 기판의 열팽창차, transmittance, 열전달등이 있다. 또한 sputtering 기술에 있어서도 산화물이나 질화물은 금속에 비하여 sputtering 시간이 길기 때문에 기판의 온도상승 방지도 매우 중요한 기술이 된다.

보호층중에서도 기판 바로 윗 층은 기록층의 산화방지 역할외에도 간섭효과에 의한 Kerr 회전각 향상 역할을 하고 있다. 따라서 이 보호층은 간섭 층으로 불리며 적절한 광학 parameter의 선정과 두께 균질도는 재생품질에 큰 영향을 미친다.

Kerr 회전각을 향상시키기 위하여는 또한 기록층 위에 제막되는 보호층도 이용된다. 이 경우 기록층을 얇게 설계하여 laser가 금속기록층을 통과하도록 하면, 보호층에서 간섭효과를 이용한 뒤 최상층에 있는 금속반사층에서 반사하는 layer design이 된다.

이와같이 보호층은 기록층의 산화방지 역할, 간섭 효과 이용 및 Faraday 효과 이용 등의 광자기디스크 품질에 매우 큰 영향을 미치고 있으므로 thin film process, 재료선정 및 layer design 등의 관점에서 매우 활발히 연구되고 있다.

다음은 기록층의 기본기술에 대하여 간단히 언급한다. 기록층이 가져야 할 기본 조건의 하나는 수직 자기이방성이다. 자기이방성은 재료의 자기적 특성이 재료의 방향에 따라 변하는 것을 말하며, 자화가 쉽게 포화되는 방향을 자화용이축이라고 한다. 자기이방성의 원인은 재료 고유특성과 재료모양 또는 제조과정에 영향을 받으므로 이의 연구가 행해져야 한다. 「회토류-천이금속」의 수직자기이방성은 pair ordering, columnar structure, stress, single ion anisotropy 등의 이론이 있으나 아직 확실히 밝혀져 있지 않고 때로는 혼합되어 나타난다.

재료의 자기적 특성과 자기특성의 온도의존성에 대한 연구도 기록층의 기본기술이 된다. 즉, laser power와 관련하여 적절한 sensitivity를 갖는 재료에 대한 연구, Kerr 회전각을 향상시키기 위한 자화량이 큰 자성체를 설계하는 연구, 보자력이 큰 재료에 대한 연구등이 있다.

또 하나의 중요한 기본기술은 내산화성이 좋은 재료연구가 있다. 내산화성을 개선시키기 위하여는 자기특성을 희생하여야 하므로 적절한 compromise가 요구된다.

기록 bit의 안정성을 보장하기 위해 domain 형성 Kinetics에 대한 연구도 기본기술이 되며, 이는 기록막의 온도분포와 자기특성의 온도의존성에 대한 결합을 통하여 달성하고 있다.

끝으로, 기록방식에 관하여 언급한다. 광자기 디스크는 기록방식에 따라 제 1세대와 제 2세대로 구분한다. 제 1세대는 이미 규격화되어 상품이 출하되고 있으며 제 2세대는 아직 연구단계에 있는 방식이다. 제 1세대 광자기 디스크는 기록하기 전에 기록막을 한 쪽으로 자화시키기 위해 disk를 1회전시키는 소거단계가 있다. 이 소거단계에서 disk는 전면이 한 방향(윗쪽 혹은 아랫쪽)으로 자화된다. 반면에 제 2세대 광자기 디스크는 소거 및 기록을 동시에 완료한다(이것을 overwrite라 부른다). 따라서 제 2세대 디스크의 경우 기록시간은 반으로 단축된다.

Overwrite가 가능한 광자기 디스크는 현재 각국에서 연구중에 있으며, 크게 자계변조방식과 광변조방식의 2가지 방법이 제안되고 있다. 자계변조방식은 원리적으로 자기기록과 같은 방식으로써, laser를 연속적으로 조사시켜 기록막을 탈자시키고 바로 뒤따라 오는 자기 head로 자계를 변조시켜 기록하는 방식이다. 즉, 고보자력 media의 탈자를 용이하게 하도록 laser 열을 보조한다. 광변조방식은 여러방식이 제안되고 있으나, 통상 기록층을 2층으로 하여 2기록층간의 상호작용과 laser power를 변조시켜 기록층의 자화방향을 결정한다.

결론적으로 광자기 디스크는 기판, 기록막, 보호막, layer design 및 기록방식의 연구성과에 따라 향후 크게 발전할 것으로 전망된다.

## VI. 결 언


신소재 및 이의 관련부품 연구개발은 모든 산업의 연구개발에 그 핵을 이루고 있어 산업의 발전이나 응용에의 효과는 매우 크기 때문에 소재 및 부품의 연구개발 없이는 선진국들과 결코 어깨를 나란히 할 수가 없다.

따라서 우리는 새로운 재료 및 부품의 개발을 위해 전력투구해야 될 것이다. 대학이나 출연연구기관은 나름대로의 기초이론과 핵심기술의 연구개발, 산업체는 산업체 나름대로의 기술개발과 응용에 관한 개발이 상호협조적으로 진행되어야 한다. 산학연이 각기 자기의 역할에 최선을 다함으로써, 산학연의 틈나바귀가 잘 조화되어 맞물려 돌아갈 것이며 더욱 강

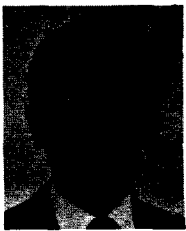
력한 힘으로 핵심소재나 부품기술을 확보할 수 있을 것이다. 이것이 우리나라가 국제적으로 경쟁력을 갖게되는 원동력이 될 것으로 본다.

參 考 文 獻

[1] D.K. Lathrop et al., J. Appl. Phys., vol. 66, p. 3148, 1989.  
 [2] L. Esaki & R. Tsu, IBM J. Res. Develop., vol. 14, p. 61, 1970.  
 [3] L. Esaki et al, Proc. 11th Int. Conf. Phys. Semicon., p. 431, 1972.

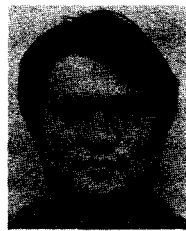
[4] U. Guntzmann & K. Clauseker, Appl. Phys., vol. 3, p. 9, 1974.  
 [5] T. Mimura et al, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 19, p. L225, 1980.  
 [6] Nikkei Microdevices, vol. 2, p. 74, 1989.  
 [7] A. Aviram & M.A. Ranter, Chem. Phys. Lett., vol. 29, p. 277, 1974.  
 [8] Ed. F.L. Carter, Molecular Electronic Device, 1982. 

筆 者 紹 介



朴 太 錫  
 1946年 12月 10日生  
 1982年 12月 Ruhr University  
 Bochum 전기공학과  
 (공학박사)

1983年 1月~1984年 2月 Ruhr University Bochum  
 전기공학과 연구원  
 1984年 4月~1987年 1月 삼성전자 종합연구소  
 연구 실장  
 1987年 2月~현재 삼성종합기술원 소재부품연구소  
 소장



張 潤 基  
 1950年 12月 11日生  
 1973年 2月 서울대학교  
 금속공학과 졸업  
 1985年 12月 Leoben University  
 재료공학과(공학박사)

1986年 9月~현재 삼성종합기술원 소재부품연구 1실  
 수석연구원



宋 孝 一

1954年 1月 14日生  
1973年 2月 연세대학교  
요업공학과 졸업  
1985年 8月 연세대학교  
요업공학과(공학박사)

1985年 9月~1986年 11月 삼성전자 종합연구소  
선임연구원  
1986年 11月~현재 삼성종합기술원 소재부품연구 2실  
선임연구원



朴 源 澤

1958年 6月 5日生  
1981年 2月 서울대학교  
항공공학과 졸업  
1987年 8月 한국과학기술원  
항공공학과(공학박사)

1986年 4月~현재 삼성종합기술원 소재부품연구3실  
선임연구원



高 龍 泰

1958年 6月 24日生  
1984年 8月 인하대학교  
응용물리학과(공학석사)

1984年 8月~1986年 11月 삼성전기 종합연구소  
3연구팀 주임연구원  
1986年 12月~현재 삼성종합기술원 소재부품연구 2실  
선임연구원