



발광 다이오드(LED, Light Emitting Diode) 기술동향

디지털표준과장 김재우
02)509-7266 jwkim@ats.go.kr

1. 개요

21세기에 반도체 기술의 획기적인 발달로 고휘도 LED를 이용하여 빛의 삼원색인 적색, 녹색, 청색뿐만 아니라, 가시광선, 적외선, 자외선 영역의 빛, 이를 이용한 백색의 빛을 마음대로 만들 수 있는 시대가 도래했다.

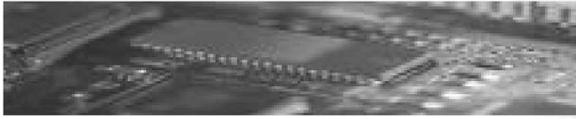
태양에서의 나오는 빛의 파장을 조사해 보면 파장이 짧은 자외선부터, 사람의 시각을 자극시킬 수 있는 파장의 가시광선, 그리고 파장이 긴 적외선에 이르는 넓은 파장 범위를 모두 포함하고 있다. 이러한 빛들 중에 조명을 위해 인공적으로 만들 수는 없을까하는 꿈, 즉 가시광선을 만드는 일은 사실상 인류의 시각과 함께 도전이 시작되었다. 선사시대의 모닥불에서부터 등관불, 가스등 등을 거쳐 현대의 백열 전구, 형광등에 이르기까지 끊임없는 시도가 이루어왔다. 그러나 사실상 조명을 위한 인공 광원의 효시는 1879년 에디슨이 발명한 탄소 필라멘트 백열전구로부터 시작되었다고 할 수가 있다. 1940년대 초반 방전에 의해서 생기는 자외선이 칼슘 할로인산 형광체를 여기시켜 가시광선으로 변환시키는 형광등의 출현은 가정용, 산업용

조명으로서 아주 중요한 광원으로 주류를 이루게 되었다.

이러한 인공광원의 출현과 종래의 단순표시용, 문자판 등에 주로 사용되었던 가시광선 지휘도 LED가 최근 화합물 반도체 기술의 발달로 고휘도 적색, 주황, 녹색, 청색 및 백색 LED가 출현됨에 따라 송천연색, 고신뢰성, 저전력, 소형화 요구의 다양한 분야에서 응용이 가능하게 되었다. 특히 백색 LED의 출현은 LED의 조명효율이 백열전구를 능가하게 됨에 따라 조명광원으로서의 사용 가능성을 보여 주고 있다. 발광효율이 높고, 장수명의 반도체 LED가 조명에 사용된다면 전력 소비도 줄이고, 에너지 소비도 감소하여, 이에 따른 환경 보존 정책에도 부합될 것이다.

2. LED 동작원리

발광 다이오드, 즉 LED는 기본적으로 반도체 PN 접합 다이오드이다. 실리콘 PN 접합이 전자정보 혁명의 주역이었다면, III-V족 화합물 반도체 PN 접합은 빛 혁명의 주역이다. III-V족 화합물 반도체는 원소의 주기율표 상에서 III족과 V족의 원소가 화합하여 반



들어진 것으로, 발광 효율이 거의 100%에 가까워 (실리콘보다 약 10,000배 정도 높음) 물질 개발 초기부터 LED나 다이오드 레이저 등 발광소자에 널리 응용되어 광통신 혁명의 주역이 되었다.

또 전자의 이동속도가 높고 고온 동작이 가능하여 고속, 고전력 전자소자에도 널리 사용되고 있다.

반도체를 포함한 모든 물질은 + 전하의 핵과 - 전하의 전자로 구성되어 있다. P형 반도체는 전자가 채워져 있지 않은 빈자리가 있는 반도체로 이해할 수 있다. 이 빈자리는 물방울과 같아서 위로 떠오르려고 하며, 원래 전자가 있어야 할 자리에 전자가 없는 것이므로 + 전하를 갖고 있다고 볼 수 있으므로, 이를 정공이라고 한다. 이와는 달리 N형 반도체는 전자가 채워져 있는 반도체라고 할 수 있다. 전자는 물과 같아서 낮은 곳으로 가려고 한다.

이 P, N 반도체를 붙여 놓고 전압을 가해 주면, P형 반도체의 정공은 N형 반도체 쪽으로 가서 가운데층으로 보인다. 이와는 반대로 N형 반도체의 전자는 P형 반도체 쪽으로 가서 전도대(conduction band)의 가장 낮은 곳인 가운데층으로 보인다. 이 전자들은 가전대(valence band)의 빈자리(정공)로 자연스럽게 떨어지며, 이 때 전도대와 가전대의 높이 차이 즉 에너지 갭(energy gap)에 해당한다. 만큼의 에너지를 발산하게 된다. 이 에너지는 주로 열이나 빛의 형태로 방출되는데 빛의 형태로 방출되면 LED가 되는 것이다. 이 때에는 전자, 정공, 빛을 모두 입자로 보아야 하며, 전자와 정공 한 쌍이 없어질 때마다 빛 입자가 하나씩 나온다. 이 다이오드에 흐르는 전류는 건전지에서 1초 동안 넣어주는 정공, 전자쌍의 수에 비례하므로, 나오는 빛 입자의 수, 또는 광출력은 전류에 비례하게 된

다. 이렇게 나오는 빛은 백열 전구의 팔라듐치립 뜨거운 물체에서 나오는 백열(incandescence)과는 달리, 전자가 가지고 있던 에너지가 빛으로 변환되는 것뿐이므로, 뜨거워지지 않고도 나오는 냉광(cold light)이다.

또 백열은 아주 넓은 파장 대역의 빛이 동시에 나오는데 비하여, LED 빛은 전도대와 가전대 사이의 에너지 차이에 해당한다: 좁은 파장 영역의 빛만 나온다. 발광 다이오드(LED)의 가장 기본적인 특성으로 가시광선 영역의 발광 다이오드(LED)에서는 광도[단위: 칸델라(Candela, cd)]가 사용되며, 비가시광선 영역에서는 방사속[단위: 와트(Watt)]도 표시된다.

광도는 단위 입체각당의 광속으로 표시되며, 휘도는 단위 면적당의 광도로서 표시되는데, 광도를 측정하기 위해서는 광도계가 사용된다.

가시광선 LED 성능을 판별하는 주된 평가요소는 발광 효율(Luminous Efficiency)로서, Watt 당 Lumens (lm/W)로 표시된다. 이는 사람 눈의 시감도를 고려한 Wall-Plug 효율(광출력/입력 전기 파워)에 해당한다.

한편, 가시광 영역의 발광 다이오드와 같은 가시광원은 인간의 눈에 대한 감응도가 매우 중요하다. 555nm의 녹색 파장에서 최고치를 갖는 반면, 적색이나 보라색으로 가면서 급격하게 떨어지게 되어 390nm 보다 단파장이나 750nm 보다 장파장으로 가게 되면 거의 감지하지 못하게 된다. 따라서 이 녹색 파장 부근에서 작동하는 광원의 경우에 가장 높은 발광 성능을 보이게 되는 것이다.

이에 따라 고휘도 LED를 구현하기 위해서는 내부양자 효율 및 외부양자효율을 증가시킬 수 있는 구조 및 반도체 재료의 선택이 중요하게 된다.



3. LED 반도체 재료

적색 LED의 경우에는 GaAs와 AlAs의 혼합 결정인 GaAlAs, GaAs와 GaP의 혼합결정인 GaAsP가 주로 사용되어 왔다. GaAsP는 미국의 본산토사를 중심으로 연구 및 실용화가 이루어졌다. 한편, GaAlAs는 GaAs 기판위에 GaAlAs를 성장한 이중접합 적색 LED가 일본에서 발표된 이래, 주로 일본을 중심으로 연구가 이루어졌고, 고휘도 LED의 실현도 GaAlAs 재료에서 먼저 이루어졌다. 최근에는 InGaAlP와 같은 4원계 조성의 화합물 반도체 막막성장 기술 발달에 따라 백열 전구보다 높은 조명효율을 갖게 되었다.

녹색 LED의 경우에는 AlP와 GaP가 가장 좋지만 AlP는 가장 산화하기 쉬운 원소로서 AlP는 공기 중에 존재하기가 어렵다. 따라서 이 반광영역에서는 처음부터 GaP 중심으로 구현되어왔다. 그러나 어느 쪽의 물질이던지 간접 천이형 반도체이기 때문에 반광 효율을 비약적으로 향상시키기에는 어려웠다. 또한 순 녹색의 반광도 얻어지지 않았으나, 추후 InGaP의 막막성장이 성공하게 됨에 따라 고휘도 녹색 LED의 구현이 가능하게 되었다.

청색 LED의 경우에는 가장 실현하기 어려웠던 색으로서 처음에는 SiC, ZnSe, GaN등의 세가지 물질이 개발대상 이었으나, 이중GaN이 In의 조성에 따라 적색에서 near UV까지 반광할 수 있는 InGaN 막막성장이 가능함에 따라 고휘도 청색 및 녹색 LED의 출현이 가능하게 되었다.

이밖에 실제의 LED 사용에 있어서 위에 기술된 삼원 색 이외에 황색, 등색 등이 중간색이 필요하게 되는데, 이들 색에 관하여 사용되고 있는 결정으로서도, 처음

에는 GaP에 다량의 N을 첨가하는 것과 X가 큰 결정을 사용할 수 있는 두 가지 방법이 있었다. 그러나 두 가지 물질 다 간접천이형 반도체로서 고휘도 LED 실용화에는 문제점이 있는 것으로 알려져 있다.

반도체 결정 성장 기술은 반도체 발광 소자를 제조하는 핵심기술로서 액상 성장법(LPE, Liquid Phase Epitaxy), 기상 성장법(VPE, Vapor Phase Epitaxy), 유기금속화학 기상증착법(MOCVD, Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 및 분자빔 성장법(MBE, Molecular Beam Epitaxy) 등이 LED 및 LD 양산에 사용되고 있다.

<LED 및 LD의 대표적인 재료, 파장 및 성장방법>

색	기존의 발광 소자			새로운 발광 소자		
	재료	파장[nm]	제조기술	재료	파장[nm]	제조기술
적색	AlGaAs	660	LPE	InGaAlP	644	MOCVD
주황색	GaAsP	610	VPE	InGaAlP	612	
황색	GaAsP	585	VPE	InGaAlP	590	
녹색	GaP	570	LPE	InGaAlP	562, 574	
	GaP	555	LPE	InGaN	525	
청색				InGaN	450	
자외선				InGaAlN	< 350	

4. 고휘도 LED 기술동향

가. LED 발전 개요

LED는 기본적으로 p형과 n형이 접합된 반도체 양쪽에 전극 단자를 만들고 단자간에 전압을 가하면 전류가 흘러 p-n접합 부근에서 빛을 방출하는 소자를 말한다. 이러한 LED의 시조는 1923년에 발화규소



(SiC)재료에서 직류전류를 흘렸을 때 발광했던 최초의 물질로 보고되고 있다. 이후 1952년에는 Si와 Ge의 반도체 p-n 접합에서 발광이 처음 보고가 되었고, 또한 GaP 와 같은 III-V의 화합물 반도체가 LED재료로서 처음으로 제안되기도 하였다. 1955년에는 GaP 단결정을 성장시켜서 집적층의 전극에 의해 오렌지 발광을 관측하게 되었다. 실제적인 연구는 1960년대에 많이 이루어졌는데, 1962년에는 GE에서 현재와 같은 반도체 LED를 개발하였고, 1968년에는 GaAsP의 3원계 화합물로 된 적색 LED가 양산되어 미국에서 사용화 되었다. LED가 처음으로 사용 된 곳은 우주선내의 표시램프가 최초라고 말해지고 있다.

사실상 1980년대 초까지만 하더라도 LED의 에너지 변환효율이 1% 수준에 머물러 있던 LED가 1980년대 후반에 접어들면서 에너지 변환효율이 색 필터를 붙인 백열전구보다 높은 수준을 이루게 되어 AlGaAs 기술을 이용한 고휘도 적색 LED의 출현이 이루어졌다. 이때부터 LED가 자동차의 브레이크 등이나 미등, 적색 신호등 등에 사용되게 되었다. 1992년에서부터는 AlGaAs 기술보다 훨씬 휘도를 높일 수 있고, 신뢰성을 확보할 수 있는 InGaAlP 기술이 개발됨으로써 초고휘도 적색 및 주황색 LED가 상용화되기 시작하였다.

사실상 이때부터 LED 교통 신호등의 보급의 혁명이 시작되었다고 볼 수가 있다. 1993년 말에는 일본의 니치아 화학에서 InGaN 고휘도 청색 LED가 개발되었고, 1995년에는 고휘도 녹색 LED가 개발 됨으로써 오랜 숙원이었던 빛의 삼원색인 적색, 청색, 녹색 LED가 등장하게 되었다. 1996년에는 청색 LED에 형광물질 첨가 시켜서 구현한 백색 LED가 개발되었고, 2000년에는 LED의 성능지수가 형광등보다도 훨씬

좋은 100 lm/W를 증가하는 고휘도 적색 LED가 개발 됨으로써 반도체 조명의 시대가 도래를 예고하게 되었다.

나. 고휘도 가시광선 LED 기술동향

LED의 성능 지수는 발광 효율로 나타내는데 LED에 공급한 1 Watt 전력당 사람 눈이 느끼는 밝기 (lumen :lm)값으로 나타내기도 하지만, 때로는 칸델라(cd)로 표시되는 광도로 나타내기도 한다. 여기서 1cd는 555nm의 단색광을 방출하는 광원의 복사도가 단위 입체각(steradian)당 1/683W 일 때 그 방향에 대한 광도를 나타낸다. 시감도, 즉 사람 눈이 느끼는 밝기는 파장에 따라 lumen 값이 결정되는데 555nm(1nm = 10⁻⁹m) 파장의 녹색 빛은 683 lumen을 1로 기준으로 한다. 이때 470nm의 청색은 62 lumen으로 시감도가 0.1, 625nm의 적색은 219nm로 0.3 밖에 안된다.

사실상 이러한 LED의 발광효율은 조명기구에 비교하면 조명효율이라고 할 수 있는데, 1980년대 초반까지만 하더라도 적색 LED의 조명효율은 1 lm/W에 머물러 형광등은 물론 백열 전구에도 크게 못 미치는 수준이었다.

그러나 1990년 중반에 들어서면서 AlGaAs 적색 LED의 조명 효율이 백열전구 수준을 넘어서 마침내 2000년도에는 미국의 에진리트사에서 개발한 절두형 역피라미드 구조의 AlGaInP LED가 형광등 수준을 훨씬 추월하게 되었다. 적색 LED의 조명효율이 적색 필터를 쓴 백열전구에 비하여 20배 이상 높음을 알 수 있는데, 이는 교통신호등에 위와 같은 AlGaInP 적색 LED를 사용하면 전력소모를 20분의 1 정도로 줄일 수 있는 가능성을 보여준다.



한편 녹색 및 청색 InGaN LED도 조명효율이 백열 전구 수준을 능가하게 이르렀고, 빛의 삼원색을 구현할 수 있는 고휘도 LED가 모두 개발됨에 따라 총천연색 실외 전광판을 비롯한 대형 디스플레이의 제작이 가능하게 되었다. 그러나 위와 같은 적색, 녹색 및 청색 LED의 3개 칩을 사용하여 백색 비롯하여 모든 색을 만들 수는 있는 방법은 주로 디스플레이용으로만 국한되어 있고, 실제로는 일반 조명에 사용될 수 있는 백색 광원은 청색 LED에 노란색 형광물질을 도포하여 구현된 백색 LED가 등장함에 따라 LED의 응용 범위가 크게 넓어지게 되었고, 마침내 LED를 사용하는 반도체 조명의 길로 성큼 다가가게 되었다. 따라서 현재 LED의 휘도와 신뢰성이 어느 정도 확보됨에 따라 종래의 백열전구를 광원으로 이용하고 있던 분야에서 서서히 대체 사용을 시작하게 되었다. 백열전구를 대체하여 광원으로 사용하기 시작한 분야는 자동차용 조명 기기와 교통 신호기이다. 1986년 미국의 운수성 국가 고속도로 교통안전국으로부터 LED 광원이 자동차 등의 광원으로 인정을 받게 되었다. 탑재가 의무화된 하이마운트 스톱램프를 비롯하여 최근에는 자동차 실내등, 브레이크등, 방향 지시등, 나아가 시는 조 내부등을 요하는 트럭내에서의 LED 광원의 사용은 LED 조명 광원의 신뢰성 및 성능의 우수성을 실증한 입증한 셈이다. 교통신호등에 응용 분야에서는 적색 신호등이 가장 먼저 실용화되었다. 소비 전력이 80%이상 절감되 되고, 수명이 50배 이상이 되며, 역광에 대해 시인성이 좋으며, LED가 일부가 고장나도 신호등 자체가 소등되는 상태로 되지 않기 때문에 주행 안정성의 향상에 크게 기여를 하게 되었다. 이러한 장점으로 인하여 초기 투자의 부담에도 불구하고

하고 최근에는 미국, 유럽을 중심으로 교통 신호등 전체가 LED 신호등으로 급속히 바뀌고 있다. 우리나라에서도 올해부터 각 지자체를 중심으로 시범 설치 운영되는 곳이 늘어나고 있는 실정이다.

이 자체가 매우 작은 발광원이기 때문에 소형화, 박막화, 화를 하기가 좋고, 반광 스펙트럼이 좁기 때문에 단색성의 광원 확보 및 시각 인식성이 좋은 장점을 가지고 있다. 실제로 위와 같은 장점을 가지고 LED 광원의 기술 발달의 최종 목표는 일반 조명에의 구현이다. 그러나 현재의 백색 GaN LED의 조명효율이 약 20~30lm/W에 일반 조명으로 사용하기에 역부족이지만, 반도체 기술의 개발 노력과 시장에서의 요구 여하에 따라 이 일정은 크게 앞당겨 질 전망이다.

5. LED 응용기술 및 활용분야

현재 저휘도 LED는 우리들이 생활을 영위하기 위하여 사용하고 있는 가전제품, 음향제품, 카메라 등의 광학제품에 폭넓게 사용되고 있다. 최근에는 LED의 고휘도화, 다색화, 저가격화, 고기능화 등에 대한 노력으로 실외 및 새로운 분야에 응용되고 있다.

가. IrDA 적외선 무선통신

0. IrDA 통신기술

현재 무선호출 및 이동통신 등에 의한 무선통신의 발전이 급속하게 이루어져 현대인의 이동성을 많이 지원하고 있는 실정이다. 더 나아가 최근 노트북 (notebook) 컴퓨터와 전자수첩, 개인휴대단말기(PDA



: Personal Digital Assistant), 무선 LAN 등의 개발이 활발히 진행되어 모바일오피스(Mobile Office)의 실현을 눈앞에 두고 있다. 하지만 무선통신의 발전이 진행될 수록 전화의 주파수 문제는 피할 수 없게 되어 이를 대체하기 위한 기술의 하나로 외국에서는 적외선(Infrared)을 이용한 광부선 통신의 보급에 박차를 가하고 있다. 이미 유선통신의 분야에서는 광파이버를 이용한 통신시스템이 널리 실용화되어 있지만 무선분야에서는 전화에 비해 기상조건이나 대기상태에 따른 영향을 쉽게 받는 면이 있어 사용화 될 수 있는 범위가 매우 한정되어 있다. 이와는 다르게 적외선통신의 이점은 무선화(cordless) 이외에도 장치의 소형화에 의한 발광다이오드(LED) 및 수신용 포토다이오드(PD)를 장착할 장소만 확보되면 통신이 가능하다. 또한 소비전력도 낮은 특징을 갖고 있어, 적외선을 이용한 광부선 통신은 이러한 장점들을 충분히 살리면서 외부의 대기상태와는 무관한 실내용 컴퓨터 네트워크, 더 나아가 무선 LAN 시스템구축에 적극적으로 활용되리라 예상되며, 실제로 국내외에서는 컴퓨터 주변기기에 IrDA(Infrared Data Association) 방식의 적외선 단자를 장착한 기기가 개발되고 있다.

우리나라도 이러한 IrDA 통신단말을 장착한 제품, 노트북 컴퓨터, 프린터 등이 최근에 출시되고 있으며 이와 관련된 응용제품이 속속 등장하리라 본다. 외국에서는 적외선을 이용한 통신기기 개발에 주력하고 있지만 국내의 개발수준은 주로 노트북이나 컴퓨터 본체에 IrDA 통신포트를 장착하는데 국한되고 있는 실정으로 다음과 같은 IrDA 응용제품 개발이 필요한 실정이다.

- 컴퓨터와 전화기 및 휴대폰간의 무선에 의한 데이터통신용
 - 이동성을 이용한 모바일오피스(mobile office)의 실현
 - IrDA를 이용한 무선공중전화기를 이용한 데이터통신
 - 컴퓨터간 또는 컴퓨터 주변기기간의 무선데이터통신용
 - 컴퓨터와 공중통신망과의 무선데이터통신용
 - 고속 무선통신 기기への 응용
 - 무선 LAN 또는 무선 ATM을 위한 송수신용 단말
- 적외선(Infrared Rays : IR) 통신은 가정의 TV, 스테레오, 에어컨 등의 리모콘에 폭넓게 사용되어 온 기술이다. 적외선이란 파장이 적색가시광선 보다도 길고, 0.4mm 정도보다는 짧은 전자파(장)로 육안으로는 포착할 수 없으며, 공기 중에서 투과성이 높다. 그 때문에 적외선을 이용한 기술은 리모콘 등의 데이터 통신 외에 우리들 주변에서 많이 사용되고 있다. 예를 들면 자동차의 개폐감지거나 카메라의 오토포커스(자동집적)등은 적외선의 반사광을 이용하여 기리를 측정한다는 원리를 이용하고 있다.

적외선 통신 기술의 특징은.

- ① 안전성이 높다.
적외선 그 자체는 인체에 영향을 주지 않는다고 할 수 있다. 가전제품의 리모콘이나 자동차 등에 폭넓게 이용되고 있는 것은 이 때문이다.
- ② 각국의 법규제가 적다.
IrDA 방식에서 규정하고 있는 850~900nm의 적외선은 각국에서 법의규제가 거의 없기 때문에 동일 제품을 세계에서 이용할 수 있다.
- ③ 기밀보호에 우수하다. (security)



무선통신에서는 도청등의 위험을 동반하므로 시큐리티의 보호면에서 문제가 있지만, 적외선통신에서는 보증되는 송신거리가 짧고(IrDA방식은 규격으로 1m 이내, 옵션으로 3m이내로 하고 있다.) 지향성이 높아 서비스범위가 제한되고 있다. 역으로 말하면 「송신 거리가 짧다」라는 약점은 시큐리티의 면에서는 유리하게 작용한다. 적외선통신은 광에 의한 「Point and Beam」의 통신수단에서 상호 볼 수 있는 범위밖에 사용할 수 없다.

투과율이 정도라면 적외선은 통과하지만, 백은 통과가 불가능하다. 적외선 통신이 가능한 것은 자신이 볼 수 있는 범위로 한정되므로 시큐리티 면에서 우수하다.

④ 비 접촉에 의한 높은 신뢰성

ISDN과 같은 접속형의 단차는 오접속이나 마모 등 손상의 가능성 높으나 적외선통신에서는 비접촉형의 수신부를 이용하므로 오접속이나 마모의 피해가능성은 낮게 된다.

⑤ 케이블이나 커넥터, 안테나가 불필요하여 저비용화, 소형화가 가능하고, 적외선통신은 접속케이블이 불필요한 무선통신 기술이므로 다음의 3가지 방법에 의해 실현될 수 있다.

- 가) 정보기기 본체에 적외선 통신장치를 내장한다.
- 나) PC카드 슬롯을 구비한 정보기기 본체에 적외선 통신 인터페이스 기능을 구비한 PC카드를 삽입한다.
- 다) 정보기기 본체에 적외선통신 어댑터를 접속한다. 위 어느 방식에서도 송수신을 위한 안테나나 증폭기, 혹은 케이블 접속용의 커넥터 등의 불필요하므로 소형화나 경량화가 꾀해진다. 또한, 케이블을 별도 휴대하는 등의 수고를 하지 않아도 된다.

⑥ 커넥터 형상이 다르다는 등의 문제가 없다.

LAN에서는 네트워크 형상이 달라지면, 커넥터의 종류를 통일시키지 않으면 안된다. 또한, 기존의 버스 규격이 달라도 대응하는 카드도 다르게 된다.

적외선통신에서는 물리층이 표준화되어 있어 이와 같은 문제는 발생되지 않는다.

⑦ 소전력을 제어할 수 있다.

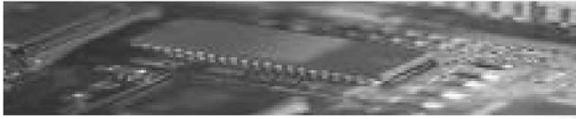
소전력 전파에서는 송신에 1W이상의 전력이 필요하다. 1W를 소전력의 한계로 보면 적외선통신의 PC카드 본체에서는 고속송신중의 경우에도 수백 mW, 대기시에는 수 mW로 충분하고, 모바일 컴퓨터용의 PC카드라면 최대 800mW로 충분하다.

⑧ 1~10Mbps 정도의 고속통신이 가능

IrDA-SIR Ver. 1.0에서는 전송속도가 115.2kbps (Bit Per Second : 비트/초)인데, IrDA-SIR Ver. 1.1에서는 소위 「고속모드」로서, 0.576Mbps와 1.152Mbps, 더 나아가 4Mbps가 채용되어 취급하는 데이터양도 명함 정도의 데이터 양에서부터, 함성규모의 텍스트 데이터나 정지화데이터로 변화하였다. 금후 전송속도의 향상에 의해 음성데이터나 동화상데이터 등의 멀티미디어도 취급하게 될 것이다.

나 LPH(LED Printer Heads) chip

LED는 복사기, 프린터, 스캐너, 팩스기 등의 OA 기기에서 정전기 잠상을 만들거나, 지우는데 쓰이거나 차세대 광계측기, 광응용 시스템에 사용되는 핵심 광원으로 그 응용 분야가 다양하게 사용되어 지고 있다. 복사기에 있어서는 감광드럼의 전하제거용 광원으로 사용되고 있으며, 이 광원은 복수의 LED를 직선으로 나열하여 선형태의 균일한 밝기를 얻을 수 있도록 제



작된 Array bar가 이용된다. 또한 워고 편동용 광원으로 사용되고 있는 관련 예는 백시밀리이다. 종전의 백시밀리에서는 워고 편동용으로 형광등과 같은 전열램프가 이용되었으나, LED는 긴 수명에 예열이 필요 없기 때문에 순간 점등이 가능하여 구동이 간단하고 소비전력이 적으며 소형화할 수 있는 장점이 가능하여 구동이 간단하고 소비전력이 적으며 소형화할 수 있는 장점이 있기 때문에 널리 사용되고 있다.

종래의 기술로는 개별 LED 램프를 기판위에 탑재하여 프린터용 광원을 제작하여 왔지만, 이러한 경우 광량의 편차가 크게 일어나서 세밀한 복사가 불가능하고, 소형으로 제작할 수 가 없었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 LED Array Bar의 기하광학적인 선계를 가미하여 광량의 편차를 줄이는 방향으로 개선하였으나 근본적인 해결책은 되지 못했다. 또한, 고속 대용량의 복사를 수행하기 위한 원만한 데이터를 처리하는데 난점을 가지고 있었다.

따라서 현재에는 반도체 집적기술을 이용하여, 발광 소자 구조를 갖는 에피택시 웨이퍼위에 선택적 발광 영역을 갖는 LED dot를 인치당 400~1200개 정도의 조밀한 집적도를 갖는 단일소자 발광칩을 개발하고 있다. 이러한 LTH(LED print heads) 칩은 프린터 영역의 세밀한 부분까지 정밀하게 제어가 가능하며, 개별적인 국소영역의 발광을 제어가 가능하기 때문에 고속, 고성능, Color LED 프린터를 만드는데 중요한 핵심부품으로 자리하고 있다.

다. Real color display 픽셀 및 모듈

Real color display 빛의 삼원색의 Red(적색), Green(녹색), Blue(청색)를 이용 하여 자연색과 동일

한 색을 구현한다는 것을 뜻한다. RGB색은 각 색깔에 따라 이웃하지만 조감씩의 파장 차이를 보이며 이로 인하여 정확한 색의 표현이 어려워진다. 또한 CIE(Commission on Illuminatin)에서 정한 chromaticity diagram(색상도)에서 보면 표현 가능한 색상 영역이 제한됨을 알 수 있다. 따라서 자연색에 근접한 발광원을 개발하고, 총천연색 디스플레이를 제작하기 위하여, 가시광 영역의 전파장 영역에서 발광하는 LED 소자들의 개발이 완료 되어, 빛의 삼원색인 적색, 녹색, 청색의 소자를 이용하여 총 천연색의 전광판을 제작하는 것이 가능하게 되었으며, 새로운 옥내, 옥외용의 대형 LED 전광판은 명도(휘도, 채도, 색상/색조)이 우수하며 우수한 영상을 재현하는 최고의 첨단 배체를 제공한다.

이러한 LED 전광판은 초고휘도 LED를 사용하여 태양 직사광선에서도 선명한 화면을 표시시키며, 적색은 물론 청색과 녹색을 본래의 색과장에 근접하는 파장을 선별하여 사용하여 White Balance를 맞춘 상태에서 자연색에 거의 근접한 선명한 full-color의 색재현광판 화면을 유지할수있다. 대형 전광판은 pixel이라는 RGB 소자로 구성된 chromaticity diagram상의 색상을 나타낼 수 있는 단위소자이며, module이란 여러개의 pixel로 구성되어 문자나 그림 등을 나타낼 수 있는 기본표시소자를 뜻하며 대개 문자를 표시하기 위한 16×6 Pixel을 module이라고 부른다.

전광판화면구성은 기본 LED matrix로 적당한 module을 구성하며 module이 조합되어 화면을 구성하며, 이때 matrix 형태를 이룬 LED dot 가 전광판의 품질을 좌우하는 제일 중요한 요소이다. 정밀한 그림의 화면 또는 color 화면을 원할 경우 작은 LED dot로



최대 resolution를 구사하여 정밀한 화면을 표출 할 수 있으나 경제적 면을 고려해야 한다.

대형전광판용의 고휘도 LED sign vision은 최대 10,000 cd/m² 이상의 휘도 출력이 가능하다. 현재의 기술 수준은 더욱 광범위한 빛을 확산하는 기술이 집약되어 있으며, 평균 휘도(White 표준시) 5,000 cd/m² 이상을 기본으로 하고 있기 때문에 태양광 아래에서도 선명한 디스플레이를 구현할 수 있다.

라. LCD용 광원

Back Light 광원은 LCD 화면에 LED 칩이나 LED SMD를 직렬하게 배열하고 LED부분의 hotspo를 확산필름으로 제거하여 균일한 휘도를 얻는 광원실장기술로서 직광식 또는 측광식으로 LCD Panel의 균일한 휘도를 보장한다.

저전력 소모, 균일한 밝기, 만 영구적 수명과 신뢰성, 다양한 색상 구현(Red, YG, Blue, Orange, White..)이 가능하기 때문에 핸드폰, 모바일 폰, Palm PC, IMT-2000, 디지털 카메라, 캠코더, 노트북, 계산기, 가전제품, 산업용 기기의 LCD display등의 back light 광원으로 널리 이용되고 있다.

정보통신기기의 소형, 슬림화 추세에 따라 기기의 각종 부품인 저항, 콘덴서, 노이즈 필터 등은 더욱 소형화, 마이크로화 되고 있으며 PCB기판에 직접 장착하기 위하여 SMD(surface Mount Device)형으로 만들어지고 있다.

이에 따라 표시소자로 사용되고 있는 LED램프도 SMD형으로 개발되고, LCD 등의 백라이트용으로 사용되어 소형기기 표시기의 광원으로 널리 이용되고

있으며 비직 요소를 가미하기 위한 다양한 색체를 사용하여 full color이면서 크기는 극히 작으며, 색상의 가시각도를 좋게 하기 위한 구조를 갖는 다양한 실장기술이 개발되고 있다.

마. ITS 응용기기-교통신호등

교통신호등은 가장 중요한 교통통제 수단으로서 매년 전국 교통신호등의 설치가 약 15%씩 증가하고 있다. 그러나, 기존 백열전구식 교통신호등은 차량등 100W, 보행등 60/100W 백열전구 사용하고, 발광효율이 낮아서 매우 큰 전력을 소모하고 있으며, 백열전구는 내구수명이 약 4000시간 정도로 짧은 교체주기를 갖고 있어 많은 보수유지비용을 부담하여야 한다. 또한 시간경과에 따른 급격한 밝기감소로 운전자의 시인성 및 관독성을 저해하여 교통체계의 위험요소를 제공하고 있다.

이에 비하여 LED 교통신호등은 첨단 반도체인 LED 소자를 기존 백열전구를 대체하여 교통신호등 광원으로 사용하는 것으로, LED 소자는 자체 선명한 색상과, 고휘도, 작은 전력소모, 강한 내구성 등 고유의 장점을 가지고 있어서 현재 옥외 광고물이나 가변 정보표지판 등에 활용하고 있으며, LED 단일 보행신호등의 주요 기증 및 특징은 LED 칩셀을 이용하여 한 개의 등으로 다색의 구현이 가능하고, 전자소자로서 잔여시간 표시를 위한 점멸표시, 분차나 기호등을 삽입하여 색약자를 위한 기능의 삽입이 가능하고 주변에 밝기에 따라 신호등의 밝기를 조절할 수 있는 장점이 있다. 따라서 시인성 향상, 에너지 절감, 유지 보수 인력 및 예산 절감 등의 목적으로 미국, 유럽, 동



남아시아 등의 여러 국가에 1990년대부터 교통신호등에 적용 중에 있다.

미국은 기존 ITE(Institute of Transportation Engineers)의 신호등규정에 근거하여 규정을 제정하고 있으며 빛빛 주에서는 개별적인 규정을 제정하고 있다. 광도는 적색(339cd), 황색(1571cd), 녹색(628cd)을 기준으로 하고, 국가산하 연구기관에서 계속적인 실험을 통해 가장 합리적인 규정을 제정하려고 하고 있으며(LRRP(Lighting Research Center Rensselaer Polytechnic Inst.)), 현재 적색신호등은 이미 설치되어 운영되고 있고, 녹색과 황색은 가격이 여전히 고가이지만 설치를 시작하고 있으며, 에너지 관리기구인 CEE 회원의 약 35%가 LED신호등의 교체를 희망하고 있다.

국내에서도 고휘도, 저에너지, 장수명의 교통신호등에 대한 세계적 추세에 따라, 국가 표준 충족, 신뢰성 및 내구성을 갖춘 첨단기술 제품, 에너지 및 유지관리비용 절감, 초기투자 자본회수기간 단축할 수 있는 규격정비 및 제품 개발을 위하여 2002년 4월에 기술표준원에 의해 LED교통신호등 KS규격이 제정되어 발표되었다.

바. 조명용 백색광원

백열전구나 형광램프의 경우 LED와 비교하면 수명과 전기적 효율성 및 전력 소비 측면에서 상당히 뒤떨어진다. 백열전구나 형광램프의 경우 수 천 시간대의 수명을 갖는데 반해서 LED의 경우 수 만 시간대의 수명을 갖는다.

또한 동일한 밝기의 빛을 얻기 위한 전력소모가

LED를 사용하면 백열전구에 비하여 85% 이상이 줄어들게 된다. 즉, 긴 수명과 전력소모가 적은 제품이라는 점에서 기존의 백열전구나 형광램프에 비하여 LED가 우수하다. 자동차 대쉬보드의 back light 같은 유지보수가 용이치 못한 곳에는 수명이 긴 조명 장치가 필요하다 또한 광산과 같은 작업환경이 열악한 경우에 있어서도 내구성이 뛰어난 조명기구가 필요하여 백색 LED의 실용화는 필수적이라 할 수 있다.

질화물 반도체를 기초로 한 백색 LED는 이것이 이용될 모든 분야에서의 여러 조건, 즉 낮은 전력 소비량, 높은 효율, 수명의 장기화 등을 만족시키고 있다. 예를 들어 기존의 백열전구보다 1/8, 형광등의 1/2의 소미전력, 고온에서의 사용가능, 기존의 형광등보다 50-100배의 수명연장 등 상당히 많은 우수한 성능을 지닌 것이다. 하지만 lamp 분야에서 확고한 입지를 확보하기 위해서는 기존 제품이 나타내는 빛의 자연성, 효율, 출력, 수명, 생산단가 등에 있어서 월등히 우수한 성질을 나타내어야 할 것이다. 이러한 우수한 성질을 나타내기 위해서는 고품위의 InGaN의 성장, 새로운 에칭방법 개발, contact 시 지지항형성, 새로운 CCS(Color Conversion Sheet)의 개발에 중점을 두어야 할 것이다.

국내에서는 질화물 반도체 관련기술을 꾸준히 개발하여 왔으며, 많은 기업과 연구소에서 백색광원소재 개발을 진행하고 있으나, 여전히 형광등에 견줄만한 고 휘도의 백색 LED 생산 기술은 아직 초보적 단계에 있다.

6. LED 시장 및 전망

고휘도 발광 다이오드 시장은 2000년에는 12억 달러



에 이르렀고 전체 발광 다이오드 시장의 42%를 차지했다. 시장 조사 전문회사인 Strategies Unlimited사가 최근에 발표한 보고서 'High Brightness LED Market Review and Forecast 2001'에 따르면 이러한 성장은 향후에도 계속되어 2005년에는 34억달러에 이를 전망이라고 한다.

고휘도 발광 다이오드는 빛 개 대기입과 다수의 신생 기업들에 의해 공급되고 있다. InGaN의 전화물 화합물 반도체에 기반한 청색, 녹색, 백색 발광 다이오드 시장은 Nichia Corporation, Toyoda Gosei, Cree, Osram Opto Semiconductors, Gelcore 등에 의해 주도되고 있으며, AlGaIn에 기반한 황색, 오렌지, 적색 발광 다이오드는 Agilent Technologies, Lumileds Lighting, Osram Opto Semiconductors, Toshiba, UEC 그리고 Epista에 의해 공급되고 있다. 이외에도 Stanley Electric, Matsushita Electric, Sharp, Citizen Electrics 등 대기업과 AXT, Uniroyal Optoelectronics 등 신생 기업들이 경쟁하고 있다.

고휘도 발광 다이오드가 모든 시장 영역을 파고 들고는 있지만 어떤 분야는 발광 다이오드의 기술 발전에 따라 시장이 개척되기도 했다. 예를 들어 대형 총천연색 옥외 전광판 시장은 1990년대 중반에 적색, 청

색, 녹색 고휘도 발광 다이오드가 개발되면서 확대됐다. 차량의 중앙 부분 위에 장착되는 장치 램프(Center High-mounted Stop Lamps)는 미국, 유럽, 일본에서 30%의 차에 장착되고 있다. 유럽에서는 1997년부터 차량의 기기 쉼널에 청색, 녹색, 백색, 오렌지색의 고휘도 발광 다이오드가 장착되기 시작해 오늘날 유럽산 차의 50% 이상이 이런 발광 다이오드를 장착하고 있다.

최근에 급격히 성장하고 있는 시장이 발광 다이오드를 이용한 교통 신호등 시장이다. 발광 다이오드의 가격이 비싼데도 불구하고 기존 교통 신호등을 대신하고 있는 이유는 발광 다이오드가 기존의 램프보다 안정적이며 기존 신호등의 20% 밖에 안 되는 전력을 사용하기 때문이다. 예를 들어 캘리포니아의 에너지 위기 사태로 교통부는 20만 개의 교통 신호등을 고휘도 발광 다이오드로 바꾸었다.

지난 몇년동안 소형LCD, 특히 이동 전화용 단말기의 LCD Backlight용 고휘도 발광 다이오드가 시장 성장에 기여했다. 단색 디스플레이용 Backlight와 컬러용 백색 Backlight 모두 아시아 시장에서 빠르게 성장했으며 유럽이나 북아메리카로 확산되고 있다. 32