

세계의 광원분야의 신기술 동향

박성목<금오전기 기술부장> · 장우진<서울산업대 교수>

1 개요

1879 최초의 백열전구가 개발된 이후로 광원은 오래 쓰며, 효율이 높고, 연색성이 좋은 광원을 목표로 계속 발전되어 왔다. 고도의 경제성장과 더불어 삶의 질이 향상되면서 에너지 효율이 좋으면서도 고기능, 양질의 빛을 내는 새로운 광원기술들이 계속해서 발전하고 있으며, 세계적으로 환경문제에 대한 관심이 부각되면서 친환경의 요구와 신뢰성을 갖춘 고효율 램프들이 선보이고 있다. 이 중에는 기존의 광원에 대한 개선이 있는가 하면, 새로운 광원의 개발도 함께 진행되고 있다.

기존 형광램프의 경우 백열전구 시장을 콤팩트형 형광램프가 빠르게 대체하고 있으며, 기존 T10 형광램프 시장 역시 T8로 교체되어 가고 있다. 광원에서의 효율향상은 기술적인 어려움과 많은 개발시간이 필요한 관계로 쉽지 않은 분야인데다가 최근 90년대 이후로는 기존의 형광램프와 고풍도 방전등의 기술이 거의 포화점에 달하고 있는 관계로 각 조명회사들은 기존의 광원에 대한 개선보다는 신규 광원에 대한 개발에 더욱 관심을 가지고 있는 추세이다.

기존 광원으로는 가장 널리 사용되어 지고 있는 형광램프의 경우 백열전구에 비해 상대적으로 수명 및 효율 등의 측면에서 월등하지만 아직 개선의 여지가 있으며, 순시점등, 조광, 그리고 내부 수은함유로 인한 환경 오염 등의 문제가 있다. 또한, 상업용 및 옥외

용으로 사용되고 있는 HID(high intensity discharge) 램프도 시동 및 재시동 등에 과제가 남아 있다. 따라서, 조명시장에서는 보다 효율적이고 안정적인 광원에 대한 여러 형태로 연구 개발이 진행되고 있고 점차 그 이용에 대한 검토 및 시도도 커지고 있다.

현재 대두되고 있는 신세대의 광원으로서 무전극 램프, UHP 램프, LED, EL 램프, CNT 램프 등이 대두되고 있으며, 형태적으로는 기존의 형광램프의 발광방식을 이용한 면광원이 주목을 받고 있다. 특히, 무전극 램프의 경우 수십(W)에서 수(kW)급에까지 넓은 범위로 개발이 가능할 뿐 아니라 장수명의 안정적인 발광이 가능하여 차후 고가격, EMI 등의 문제가 해결된다면 백열전구, 할로젠 전구는 물론이고 형광램프와 기존의 HID 램프의 영역도 상당부분 이들을 대체하며 광원에서 하나의 주류를 형성할 것으로 보인다. 또한, 현재는 저소비전력이 걸림돌로 되어있는 LED와 EL 램프는 그 발전속도로 보아 가까운 장래에 주류 광원으로 부상할 것으로 예상된다.

다음은 기존 광원과 신광원에 대한 국내외 기술 및 상품동향에 대하여 알아본다.

2. 기존 광원에서의 기술동향

2.1 백열전구

백열전구는 1879년 에디슨에 의해 탄화 면사 필라

멘트 백열전구가 발명된 이래, 다른 램프에 비하여 저 효율임에도 불구하고 저가, 고연색성, 배광제어의 용이성의 장점이 적용될 수 있는 경우, 꾸준히 사용되어 오고 있다. 일반 백열전구의 경우, 신제품은 발표되지 않고 있으며 가장 최근의 것이 크립톤 전구, 세로형 필라멘트 채용 백열전구 정도이다. 할로겐 전구에 대하여는 꾸준히 신제품이 발표되고 있으며, 백열전구가 꼭 사용되어야 하는 곳에는 일반 백열전구보다 고효율, 저소비 전력의 할로겐 전구를 채용하는 실정이다.

외국에서의 신제품으로는 다양한 빔 각도를 가지는 PAR 타입의 할로겐 전구, 젓빛 확산 커버를 채용한 MR16 규격의 할로겐 전구가 발표되었으며, 제조사의 발표규격에 따르면 이들 모두 수명 4,000 시간으로 기존 수명의 2배에 이르고 있다.

2.2 형광램프

형광램프는 1930년대 말에 발명이 되었으며 1970년대에 삼파장 형광램프의 출현으로 고효율, 고연색성을 함께 갖춘 램프가 개발되어 현재 여러 광원 중에서도 가장 널리 사용되어지고 있다. 최근에는 분광분포에서 청록색 및 짙은 적색에너지를 가한 오판장 형광램프도 선보이고 있다.

가장 널리 사용되고 있는 직관 형광램프는 T10(관경 32 [mm])에서 급속히 T8(관경 26 [mm])로 대체되고 있는 추세이다. 우리나라의 경우 26 [mm] 형광램프는 에너지 자원절약 차원에서 정부가 정책적으로 지원하고 있다. 최근에는 더욱 효율이 향상된 T5(관경 16 [mm]) 규격이 개발되어 유럽을 시작으로 빠르게 적용되고 있고 전구식 형광램프도 많이 이용되고 있다. 우리나라의 경우에도 몇 년 전 KS 규격이 이미 확정되었고 수입제품 뿐만 아니라 몇몇 국내 조명회사에서 자체 개발을 완료하여 시장 판매가 이루어지고 있다. T5 규격의 경우는 이전의 램프와는 길이, 핀 규격 등이 다르기 때문에 전용의 전자식안정

기와 전용의 등기구를 사용하여야 하는 대체용이 아닌 신규용으로 고려된다. T5 램프의 경우 그 효율이 좋고 콤팩트하여 기존의 조명외에 장식용의 목적으로 여러 응용분야로 확대될 것으로 전망되고 있다.

에너지 소비량이 큰 백열전구를 대체하기 위해 개발된 콤팩트(compact fluorescent lamp; CFL) 형광램프는 새로운 램프의 모양, 다양한 크기 및 성능의 향상 등으로 그 시장성이 지속적으로 상승하고 있다. 그러나 이를 대체 가능한 무전극 램프나 LED 램프 등 신기술이 지속적으로 개발되고 있어 효율이나 가격에서 경쟁하게 될 것이다.

형광램프의 가장 선진화된 기술이라고 할 수 있는 CCFL(cold cathode fluorescent lamp)은 현재 일반조명용 광원보다는 주로 LCD용 Backlight로 사용되고 있으며 일본 등에서 독점기술을 지니고 있던 것을 얼마 전 국산화에 성공한 제품이다. 낮은 소비전력, 장수명, 우수한 진동 및 충격저항, 작은 크기와 경량을 특징으로 한다. 이는 기존 일반 형광램프에 비해 부가가치가 매우 높을 뿐만 아니라 향후 LCD-TV에 적용이 될 경우 기하급수적으로 수요가 증가하게 될 것으로 예상된다. 하지만, 현재 여러 가지 방법을 통하여 개발이 시도되고 있는 면광원이 상용화될 경우 가격이나 효율, 광균일도, 설치의 용이성 등에서 이와 경쟁해야하는 어려움을 겪게 될 수 있다. 현재 CCFL은 LCD용 Backlight 이외에도 낮은 소비전력, 장수명 및 고휘도를 장점으로 유도등(Exit Sign) 및 광고 패널의 광원으로 사용되고 있고 점차 그 활용범위를 일반 조명으로까지 넓혀가고 있다.

외국의 경우, 절전형 T8 28 [W] 직관 형광램프와 안정기, 수명 30,000 시간 이상의 장수명 직관 형광램프, TCLP 대응 T5, T5HO 직관 형광램프, 특수 효과 연출에 사용하기 위한 T5 28 [W]의 3중(적색, 녹색, 청색)의 직관 형광램프, 고출력(소비전력 60, 85, 120 [W])의 콤팩트 형광램프, 기존 백열전구 등기구에 그대로 사용할 수 있는 각종의 소형 안정기

내장형 형광램프가 발표되었다.

2.3 HID 램프

HID 램프는 소형화, 콤팩트화 되어가고 있는 것이 현재의 연구 개발 추세이다. HID 램프의 주요 광원인 메탈헬라이드 램프나 고압나트륨 램프와 같은 경우 기존의 고압수은등용 등기구를 사용하기 위해 램프 체적이 크게 설계되었다. 이는 열방출을 쉽게 하는데 도움이 되긴 하였지만 조광제어에 있어서는 결림돌이 되었다. 조광제어를 원활히 하기 위해서는 형광체에 의한 특성 개선을 필요로 하지 않는 메탈헬라이드 램프나 고압나트륨 램프를 사용하여 발광관을 광원의 크기로 한 기구 설계를 필요로 한다. 즉, 광원의 크기는 외구의 크기에서 발광관의 크기로 바뀌게 된다. 램프의 크기가 작아지면 기구의 설계에는 여유가 생기는데 램프측에서 보면 열적인 부하가 증가하는 것이 되며, 그만큼 외형이나 발광관에 사용되는 재료나 설계의 재검토가 이루어지고 예컨대 용적비가 1:10정도이하로 되어 있는 램프의 경우, 외구에 통상 사용되고 있는 경질 유리 대신 내열성이 좋은 석영 유리가 사용되고 있다.

또, 점포조명 등의 경우에는 기구가 너무 눈에 띄이지 않게 하는 것이 요망되는 경우가 있으며 효율이 높고 연색성이 좋은 소형 HID 램프가 사용되게 되었다. 이 용도에서는 특히 램프 자체가 작을 필요가 있으며 저전력화(150W 이하)와 함께 소형화가 진행되고 있다.

현재, 실외조명과 상업용 조명으로 널리 사용되고 있는 HID램프나 할로겐 램프를 대체하고 시장을 점점 넓혀가고 있는 램프가 UHP(ultra high pressure) 램프이다. UHP 램프는 필립스사에서 최근에 개발한 램프로써 일종의 초고압 램프이다. UHP 램프는 장수명, 점등 중의 광속의 높은 안정성을 특징으로 기존에 할로겐 램프가 점유하고 있던 광학기용 조명시장을 빠르게 대체하고 있다. 특히, 빔

프로젝터나 프로젝션 TV의 수요의 증가에 따라 UHP의 수요도 계속해서 증가할 것으로 보인다.

외국의 경우 기존의 원통형에서 구형으로 발광관의 모습을 개조한 메탈헬라이드 램프, 35~100 % 까지 조광이 가능한 메탈헬라이드 램프와 전자식 안정기, 기존 1 [kW] 램프 대체용 875 [W] 메탈헬라이드 램프와 전용 안정기, 의료, 연구, 특수 효과 등에 사용될 수 있는 200, 270, 350 [W]의 소형 직류방전 램프, TCLP 대응 메탈헬라이드 램프, PAR64 세라믹 메탈헬라이드 램프, 다양한 규격의 세라믹 메탈헬라이드 램프, T4 규격의 세라믹 메탈헬라이드 램프, 등기구 디자인을 용이하게 해주는 100 [W] 콤팩트 고압나트륨 램프 등이 발표되었다.

3. 신광원에서의 기술동향

3.1 무전극 램프

무전극 램프의 기본 동작원리인 고주파 무전극 방전은 100여년 전에 발견한 현상이지만 조명용 광원으로 본격적으로 연구된 것은 1970년 중반부터였다. 하지만 상품화에는 실패하였고 1990년대에 들어와서 미국, 네덜란드 및 일본 등에서 개발 및 상품화가 급속도로 진행되어 현재, GE, Osram, Philips, National 등 세계적인 조명회사들이 다양한 규격의 제품들을 세계시장에 판매하고 있다.

국내의 경우 무전극 방전램프가 연구, 개발과제로서 부각된 것은 수년 전이었으나, 아직 상용화에 성공한 업체는 없으며 현재, 대책과제로 2005년 개발완료를 목표로 금호전기를 비롯한 몇몇 업체들이 100[W]급 및 200[W]급을 개발 중에 있다.

방전램프의 전극은 상당한 에너지 손실원이며 제조하기가 까다롭고 점등 실패의 결정적 원인이 되는 등 전극으로 인해 여러 가지 문제가 발생한다. 그러나, 무전극 방전을 이용할 경우에는 이러한 점이 해소되므로, 수명의 측면에서 보면 이것만큼 확실한 해결책

은 없다. 일반적인 형광램프의 수명이 8,000시간인 반면에 무전극 형광램프의 가장 큰 장점인 장수명 특성은 초기 광속 대비 55%까지 수명이 약 10만 시간 정도로 몇 배 이상이 된다. 이 사실은 1일 10시간 씩 사용 시에 27년 이상 사용이 가능한 수치이다. 결국, 장수명, 고효율 조명으로서 대폭적인 에너지 절감을 할 수 있고, 적절한 곳에 사용할 경우 유지 및 보수비를 획기적으로 절감할 수 있다. 또한 봉입되는 수은의 양을 최소화 하여 환경 유해 물질을 최소화 할 수 있는 매력적인 장점을 가지고 있다.

그러나, 이러한 많은 장점을 가졌음에도 불구하고 제품을 사용화하기에는 몇가지 어려움이 있다. 첫째가 경제적인 측면이고, 둘째는 제한된 동작주파수이며, 셋째가 전자파 간섭의 문제이다. 일반적으로 RF 방전을 발생시키고 유지하기에는 높은 주파수가 유리하지만 동작주파수 선택의 폭이 한정되어 있고, RF 전원장치의 복잡한 스위칭 회로의 제작은 비싸질 수밖에 없다. 또한, 각종 의료장비 및 통신기기, 계측기와 인체에 유해성 유무에 논란의 여지를 가지고 있는 EMI(electro-magnetic interference)억제에 대한 관심은 점점 증대하고 있으며, 이러한 점들의 개선은 꾸준한 연구를 통해 모색되어야 할 것이다. 또한 무전극 형광램프의 전력 효율은 램프 내의 가스 종류, 가스 압력, 램프 형상 자성체 재료 및 형상 그리고 동작 주파수 등에 큰 의존성을 가진다. 특히 제한된 주파수에서의 효율 향상을 위해서는 램프의 구조설계 분야도 큰 비중을 차지한다. 특히, 고주파 에너지를 공급하는 장치는 중앙부에 발생하는 공진 주파수를 전자기장을 이용하여 에너지를 공급하는데, 이때의 전기적인 변환 결합은 대단히 중요하며, 지금까지 이를 위한 많은 특허와 기술보고가 있으나 실용적으로는 많은 해결해야 하는 문제점들이 많다.

외국에서는 Philips의 QL 램프, Osram의 Endura, GE의 Genura가 발표되어 이미 상용화 되고 있으며, 최근 국내에서도 그 사용이 급격히 늘어가고 있다.

3.2 LED

반도체 기술의 발전으로 기존에는 전자회로 부품으로 사용되던 LED(light emitting diode)가 또 다른 조명용 광원으로 대두되고 있다.

1960년대 말부터 LED 광원이 실용화되기 시작하였으며, 현재는 미래의 첨단 조명으로 많은 연구가 이루어지고 있다. LED는 전류를 인가하면 빛을 내는 화합물 반도체로 순수한 파장의 빛을 가진 단색광원체이다. 원색의 경우 단파장발광으로 고순도 칼라를 재현할 수 있으며, 단파장색의 혼합에 의해 중간색의 표현도 가능하다. LED의 특성상 기존전구의 1/20~1/50 정도의 저전력 소비로 에너지 절감 및 환경친화적 제품의 대표주자라 할 수 있다.

또한, 기존 전구 램프처럼 눈이 부시거나 Element(소자)가 단락되는 경우가 없어 소형으로 제작되어 각종 표시소자로 폭넓게 사용되고 있으며, 반영구적인 수명(약 1백만시간)으로 그 활용도가 높다. 특히 청색 LED의 상용화로 LED Full-Color 구현이 가능해지고 가격도 크게 낮출 수 있게 되면서 제품의 활용도는 급속히 높아질 전망이다.

현재, 전구형, 막대형 등의 제품이 시중에 판매되고 있으며 정부에서는 기존의 백열전구 신호등을 LED 신호등으로 대체하는 사업을 추진중에 있다. 특히, 신호등 분야의 경우 150 [W] 백열전구가 18 [W] LED로 대체되므로 에너지 절감량이 매우 크다.

가까운 장래에 LED는 MR 램프(할로겐 전구)나 소형 조명시장의 일정부분을 차지하게 될 것으로 예상되며, 자동차용 악세사리등 및 방향지시등, 항공장애등 등에도 사용이 추진되고 있다. 또한 LED Red, Green, Blue, White 4편을 이용하여 길게 전선으로 LED를 병렬로 연결하여 점등시키는 LED Bar의 경우 기존의 네온광고판 시장에 진출이 가능할 것이다. 먼 장래에는 고효율화(10년 후 목표효율 약 200 [lm/W])에 의하여 일반용 광원의 주류로 될 것이라는 예측도 있다. LED의 조명의 응용에 대한 자세

한 사항은 다른 보고에서 다루고 있으므로 이를 참조하기 바란다.

3.3 평면형 광원

최근 무수은 고효율 박막 발광에 대한 관심이 높아지면서 EL 램프, CNT(carbon nano tube) 등의 신소재를 사용한 램프에 대한 관심이 높아지고 있다. EL 램프는 다른 보고에서 다루기로 하고 여기서는 CNT를 사용한 평면형 광원에 대하여 간략히 소개한다.

CNT 램프는 CNT라는 탄소 동위원소를 전자방출 소자로 이용한 전극과 형광체를 도포한 전극사이에 고압의 전계를 가하면 전자가 방출되어 전면의 형광체를 여기시키는 방법으로 기존의 FED와 같은 발광 원리를 지니고 있다. CNT광원은 고휘도 구현이 가능하여 최고 30,000 [cd/m²]의 휘도가 가능하며, 램프의 두께가 약 2~3 [mm]로 초박형이다. CNT의 가장 큰 장점은 수은이 전혀 필요없다는 것이다. 현재, 정부에서 추진하고 있는 형광램프의 수은규제와 맞물려 무수은 램프라는 장점은 매우 부각되어지고 있다. CNT를 이용한 램프는 기존의 면광원과 같이 LCD 용 Backlight에 사용되어 질 수 있으며 가격과 효율 면에서 어느 정도 경쟁력이 확보된다면 추후 광고용이나 일반조명용으로도 쓰임새가 넓어질 수 있다. 현재, 외국의 몇몇 연구소에서 연구·개발 차원으로 신희동, 20[W] 직관형 형광램프에 적용하여 점등 실험을 하였다는 보고가 있으며, 국내에서는 정부 국책과제로 연구개발이 진행되고 있다. CNT Powder는 국내 제조사에서 개발이 완료된 상태이다.

다음은 CNT Powder 홍보용으로 제작한 램프의 실제 발광 모습이다.

4. 결 언

현재 국내외의 조명업계는 에너지 절감과 환경오염

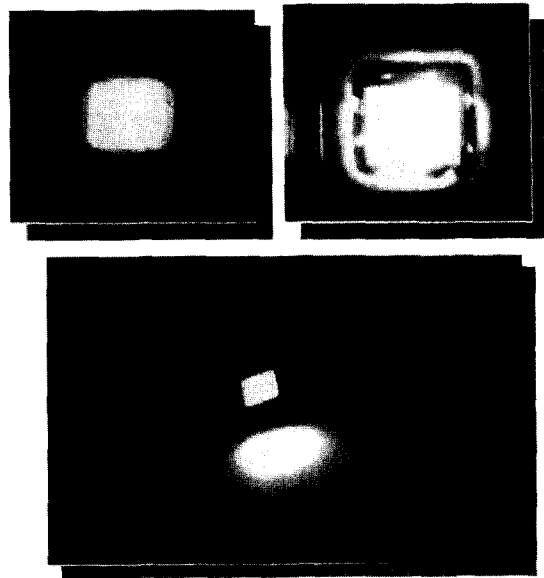


그림 CNT램프 발광 모습(일진나노텍 제공)

절감이라는 국제적 요구에 따라 이에 맞는 새로운 기술들이 요구되고 있다. 에너지를 적게 쓰고 환경오염 물질을 상대적으로 적게 함유한 새로운 형식의 광원이 속속 개발되고 있으며, 이러한 제품들을 쓰지 않으면 안되도록 법적으로 규제하는 경우도 많다. 예를 들어 EU에서는 WEEE, EEE, RoHS, ELV와 같은 환경규제법령을 공포하였으며 이 중에서 RoHS는 유해물질에 관한 제한으로서 수은을 포함한 6개 물질의 사용금지를 예고하고 있다. 미국에서는 아직 유해물질 사용금지와 같은 강력한 법안은 아니지만, TCLP와 같은 독극물 처리법이 발표되었고, CO₂ 저감을 위하여 저효율 백열전구와 저효율 콤팩트 형광램프의 생산을 금지하였다. 일본에서는 그간의 추세를 볼 때, 구미 각국의 이와 같은 행동에 따르는 유사 법안이 조만간 제정될 것으로 전망된다. 이러한 추세에 따라 국내에서도 2004년부터 형광램프의 효율에 대한 기준을 강화하여 일정 수준 이상의 효율을 달성하지 못할 경우 제품 생산 및 판매를 금지하고 있는 상황이다. 이러한 환경 속에서 환경 친화적인 고효율 제품에 대

한 필요는 더욱 절실해 지고 있으며 이에 따른 신규 개발도 더욱 가속화되리라 보여진다.

◇ 저 자 소 개 ◇



박성목(朴性穆)

1955년 12월 5일생. 1982년 중앙대학교 전기공학과 졸업. 1998년 조명사(일본조명학회). 현재 금호전기(주) 기술연구소 근무(신광원 개발 업무)



장우진(張禹鎭)

1956년 5월 13일생. 1979년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 졸업(석사). 1989년 동 대학원 졸업(박사). 현재 서울산업대학교 전기공학과 교수. 본 학회 부회장.