

나노 전자방출원을 이용한 신광원 개발 동향

김광복(금호전기(주) 기술연구소)

1 서 론

나노기술은 21세기 국가 과학기술경쟁력의 확보는 물론 기술 개발의 중추 핵심분야로 등장하여 국내외 연구자들로부터 많은 주목을 받고 있으며, 전통 제조 산업과 접목되어 기술혁신을 유도할 뿐만 아니라, IT, BT, CT 등 첨단기술과 융합하여 국가 미래 핵심 전략산업을 한층 고도화시킬 수 있는 기반기술로서 차세대 성장 동력으로 인식되고 있다.

2000년 미국이 국가나노기술개발전략(National Nanotechnology Initiative, NNI)를 공포하며 나노기술 개발을 본격 추진한 이래 우리나라를 포함한 세계 30여개 국가들이 나노기술을 국가적인 차원에서 경쟁적으로 개발하고 있다.

미국의 경우 나노기술개발의 범 정부적 지원과 체계적 지원을 위해 2003년 나노기술연구개발법을 제정하였으며, 나노기술센터 설립지원과 대형 연구시설 및 장비 확충으로 나노기술 인프라 구축을 지속적으로 추진하고 있다.

일본의 경우는 정부부처간 연계 강화, 소재부품 분야에서 세계 최고의 기술경쟁력을 확보하고 있다. 구체적으로는 과학기술연계시책군을 통해 정부부처간 연계를 강화하고 IT 등 다른 분야와 융합한 연구프로젝트의 지원을 본격화하고 있다. 일본 역시 나노기술 연구투자비는 매년 증가 추세이며, 나노기술연구시설

및 장치 구축의 지속적인 지원과 나노기술정보교류 네트워크 활성화를 주요 목표로 하고 있다.

한국의 경우도 국가차원의 나노기술정책을 지속적이고 체계적으로 추진 중이다. 꾸준한 나노기술 R&D 투자와 향후 산업체에서 필요한 전문인력의 지속적인 배출 계획을 갖고 있으며, 연구개발투자비는 매년 증가하고 있는 추세이다. 또한 효율적 연구개발 및 산업화 지원을 위해 핵심인프라 구축에 주력하고 있으며, 민간부분에서 나노기술 제품의 경우 시장 진입이 진행되고 있는 상황이다.

이러한 나노기술 분야 중 정보디스플레이 분야가 많은 관심을 끌고 있으며, 정보디스플레이 시장의 양적, 질적 성장은 저비용, 고품위에 대한 요구를 더욱 가속화 시키고 있다. 또한 RoHS(Restriction on Hazard Substances)와 같은 환경 규제에 대해 능동적으로 대처하면서 고부가가치의 산업 성을 확보하기 위한 노력도 병행되고 있는 상황이다.

디스플레이의 측면에서 가장 주목 받고 있는 액정 표시장치(LCD)의 경우, 중소형에서부터 대형에 이르기까지 전 영역에 걸쳐 시장을 지배하기 시작했으며, 2010년경에는 약 1,000억 달러 이상의 시장을 형성할 것으로 예상되고 있다.

그러나 비 발광소자인 LCD의 핵심적인 요소로서 가장 큰 역할을 담당하는 백라이트유닛(Back Light Unit: BLU)의 경우 대형 TV 크기로 진행됨에 따라

LCD의 가격에서 약 40(%) 이상을 차지할 정도로까지 경제적 비율이 상승되고 있는 실정이다. 이와 더불어 동영상을 주로 표현해야 하는 LCD TV 응용에서는 기술적으로 잔상(Motion Blur)이 여전히 가장 큰 문제점이며, 낮은 명암 비와 증대되는 소비전력 특성을 향상시켜야 할 필요성도 크게 대두되고 있다. 기존 냉음극형광램프(CCFL, EEFL)를 대체하여 개발이 활성화되고 있는 발광다이오드(LED) BLU는 우수한 발광효율과 수명 및 높은 동영상 특성을 보이고 있지만, 점 광원 형태로 제작하기 때문에 복잡한 광학 시스템이 필요하며, 다수의 LED 채용으로 발열문제, 발광효율 감소, 색순도 변이 및 고가격 등의 문제점을 가지고 있다.

이외에 평판형광램프(FFL) 등의 기술들이 개발되거나 진행 중에 있으나, CCFL과 마찬가지로 환경적인 문제(수은 Hg포함)와 더불어 가격 및 동영상 성능 면에서도 최근의 요구를 만족시켜 주지 못하는 실정이다. 이러한 상황은 단지 TV시장에서 뿐만 아니라, 일반 조명시장에서도 친환경, 고효율 조명에 대한 시장의 욕구도 날로 증대되고 있다.

나노 전자방출원을 이용한 전계 방출광원(Field Emission Lamp: FEL)은 상기에 언급된 제반 문제들을 극복할 수 있는 유력한 대안으로써 개발이 진행되고 있다. 전계방출 기술은 극미세 구조의 전계 에미터에 전기장을 인가하여 진공속으로 방출시킨 전자를 형광체에 충돌시켜 광원을 이루는 구조이므로, LED BLU 이상의 우수한 동영상 표시특성을 표현할 수 있을 뿐만 아니라 경량, 박형화가 가능한 장점이 있다. 특히, 여타 광원들에 비하여 광 효율이 높고 소비전력이 낮기 때문에 미래 초절전형 기술 요구에 가장 적합한 기술로 구현될 수 있다.

본고에서는 이와 관련하여 나노 전자방출원을 이용한 전계 방출 광원 기술의 기술동향과 해결해야 할 과제에 대하여 논하고자 한다.

2. 본 론

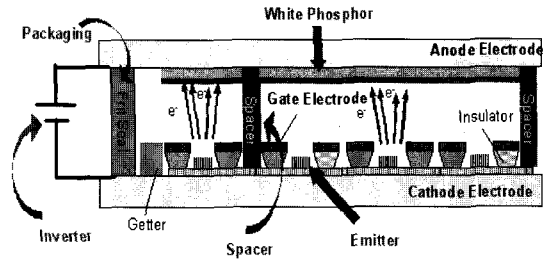
2.1 전계 방출 광원(Field Emission Lamp: FEL) 기술

전계 방출광원에서 가장 관심이 대두되고 있는 것이 전계 전자 방출원이다. 대표적인 나노 전자 방출원으로 탄소나노튜브를 들 수 있는데, 탄소나노튜브는 독특한 물리적, 화학적, 기계적 특성에 따라 전계방출 디스플레이(Field Emission Display) 등의 정보표시 소자와 나노 복합 재료 등의 산업적 응용성에 크게 각광을 받고 있다. 또한 나노 미터 크기의 반도체 device 및 probe 등의 응용 연구를 비롯한 에너지, 수소 저장 장치, 에너지 전환 장치, 센서와 같은 분야도 많은 연구가 진행되고 있으며, 이중 나노 전자방출원을 이용한 전계방출광원(Field Emission Lamp)의 개발 또한 매우 활발하게 이루어지고 있다.

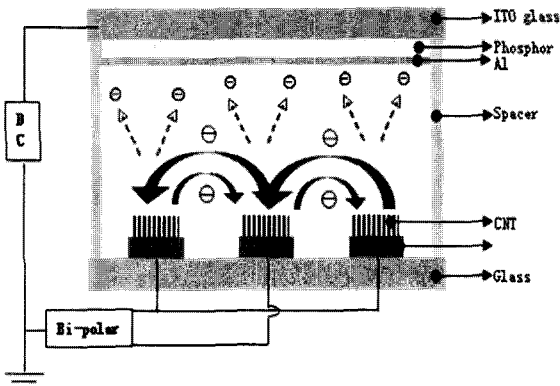
전계 방출형 램프(Field Emission Lamp)의 기본 구조는 그림 1에서 보는 바와 같이, 전계 에미터를 가진 캐소드 판(cathode panel)과 형광체(phosphor)를 가진 아노드 판(anode panel)이 스페이서(spacer)를 지지대로 하여 두 개의 유리판이 봉착되어 패키징(package)된 구조이다. 게이트 전극이 전계 에미터에 대하여 직상에 위치한 경우(그림 1 (a))와 나란히 위치한 경우(그림 1 (b))로 크게 나뉘지며 각 구조들의 장·단점들이 서로 존재하나 전자 방출의 매커니즘은 동일하다.

캐소드 판의 게이트 전극을 통하여 전계 에미터에 일정한 전기장을 인가하면 에미터 팁으로부터 표면의 자유 전자는 양자역학적 터널링되어 진공중으로 방출되며, 방출된 전자들은 더욱 큰 아노드 전압에 의해 형광체가 도포되어 있는 아노드 판으로 가속되며, 가속된 전자들이 형광체에 충돌하여 에너지를 형광체에 전달하면 형광체내의 특정 원소내에 있는 전자들이 여기되었다가 원래 상태로 떨어지면서 빛을 발생하는

음극선 발광(cathode-luminescence) 원리로 동작한다.



(a) Top gate 구조



(b) Lateral gate 구조

그림 1. 전계방출형 램프의 기본 구조(a, b)

FEL 핵심 요소 기술을 살펴보면, 크게 냉전자 방출원을 중심으로 하는 캐소드 기술, 형광체를 중심으로 하는 아노드 기술, 패키징 공정 및 진공 유지 기술, 그리고 구동 기술등으로 나뉘어지며, 현재 대부분의 FEL 기술 개발은 캐소드 분야와 더불어 고전압 가속, 전자빔 제어 기술, 장수명 아노드 구조에 집중되고 있다.

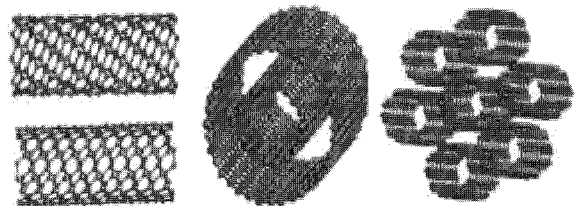
2.2 전계방출광원 요소기술

2.2.1 나노전자방출원 기술

전계방출 기술에 있어서 가장 핵심적인 요소는 전

계 전자 방출원이다. 초기에는 금속 팁(Spindt tip)에서부터 최근까지도 다양한 재료들이 전자방출원으로 개발되고 있으나, 가장 주목받고 있는 소재는 바로 카본나노튜브(Carbon nanotube: CNT)이다. CNT는 나노 크기의 길이와 직경이 100 : 1 이상의 높은 종횡비, 그리고 물리·화학적 안정성, 낮은 일함수 등으로 인해 이상적인 전계 방출원 재료로 여겨져 많은 연구기관들이 CNT-FEL을 비롯한 다양한 전계 방출소자 개발로 추진하고 있다.

CNT는 그림 2의 구조에서 알 수 있듯이 특별한 후가공없이 그 자체로 전계 방출이 쉽게 일어날 수 있으며, 주로 아크-방전(arc-discharge)과 화학적 증착법(CVD)으로 합성되고 있다. 단일벽(single wall), 2중(double) 또는 다중벽(multi wall) 구조로 합성된 CNT 분말을 유기 바인더, 필러, 용매 등을 섞어 페이스트(paste)로 만든 후 스크린 인쇄(screen printing) 공정으로 캐소드 기판을 만드는 방법과 CNT를 선택적으로 성장시켜 캐소드를 제작하는 방법으로 나눌 수 있는데, 유리 기판위에 직접 성장시키는 방법은 아직까지 성장 온도가 높아 직접적으로 성장시킬 수 있는 단계는 아니다.



1) Single wall 2) Multi wall 3) Nanotube Rope

그림 2. CNT 구조

그림 3은 CVD 방법으로 합성된 다중벽 CNT 소재의 전자현미경 사진으로, CNT가 한 방향으로 잘 정렬되어 있음을 보여준다.

페이스트 및 스크린프린팅 기법이 적용된 CNT를

이용하여 전계방출원(에미터)을 구현하는 경우 그림 4, 페이스트 조성 및 공정법과 후처리 방법등에 의하여 전계방출원의 특성이 크게 좌우하나 최근의 가장 앞선 연구결과들에 의하여 통상 1~1.2[V/ μ m]의 낮은 전계에서 원활한 전자 터널링이 시작되고 있다(그림 5).

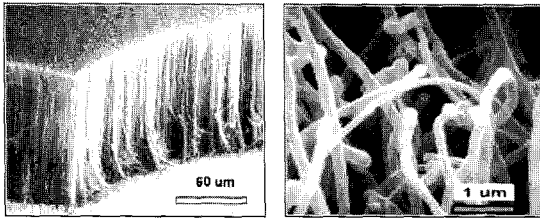


그림 3. Multi-walled CNT의 SEM 및 TEM 사진

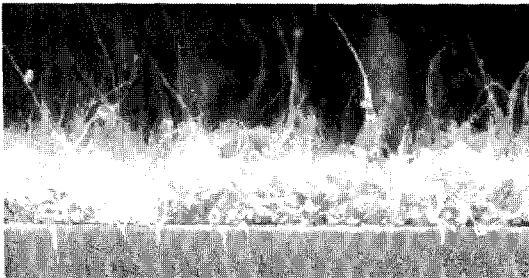


그림 4. 스크린프린팅에 의해 형성된 CNT 에미터의 SEM 사진

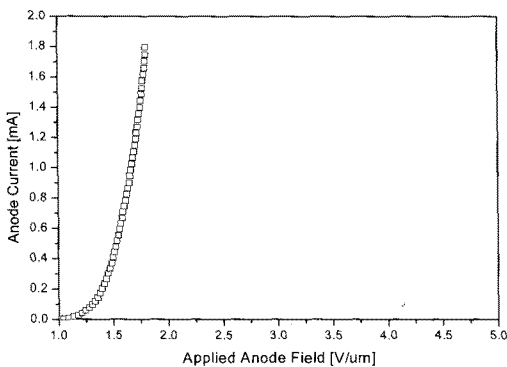


그림 5. CNT 에미터의 전계방출 특성

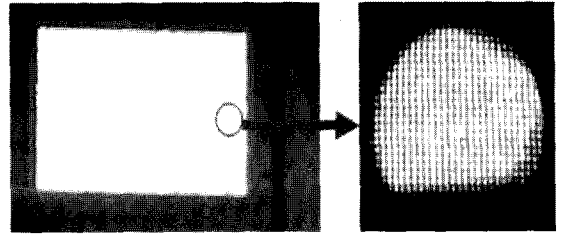


그림 6. CNT 에미터의 전계방출 이미지(금호전기(주))

CNT의 우수한 특성을 유지시킴과 동시에 전계방출에 직접적으로 기여할 수 있는 CNT량을 최적화한 경우 그림 6에서처럼 매우 균일한 전계방출이 가능함을 알 수 있다.

그러나 CNT를 이용한 전계방출원의 경우 아직 해결해야 할 기술적 과제들이 많이 남아 있다. 예를 들어 CNT 에미터의 신뢰성과 더불어 전계방출의 균일도 향상 등 전계방출원으로서의 성능뿐만 아니라 CNT 소재 자체의 국내 원천성 부족 등 상용화되었을 경우 지적재산권 문제등이 내포되어 있다. 그러나 이와 같은 문제들과 비교하여 CNT의 전계방출원으로서의 가능성은 더욱 큰 상황이며, 이에 따라 대부분의 연구그룹에서 CNT를 이용한 전계방출원 개발을 가속화하고 있다.

CNT 이외에도 다양한 소재들이 전자 방출원으로 이용되기도 하는데, 그 중에서 카본나노파이버(Carbon Nano Fiber: CNF)를 전자 방출원으로 적용하고자 하는 시도가 국내 및 일본 등지에서 시도되고 있는데, 그림 7에서처럼 CNT가 지나는 고전류 밀도에서 사용하는 단점을 극복하는데 CNF의 내부 치밀성을 토대로 전계방출원 신뢰성 향상을 유도하기 위해 연구되고 있다.

그러나 CNF의 경우 고분산성의 특성을 갖고 있지 못하고 전자방출에 기여하는 절대량의 전자원에도 CNT 대비 그 특성이 우수하지 못하다. 다만, 소재 자체의 구조적 특성은 분명 CNT보다 치밀하므로 CNF를 전계방출원으로 보다 적절히 구현할 수 있다

특집: 평판 디스플레이 및 신광원 최신 기술개발 현황

면 매우 경쟁력있는 소재도 판단된다.

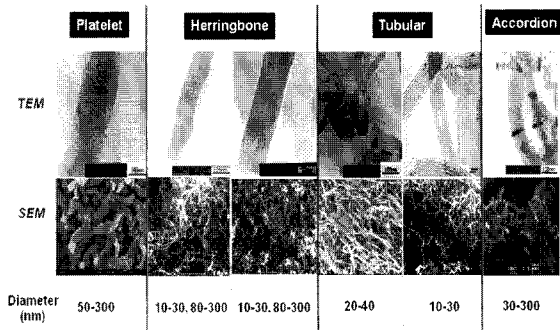


그림 7. CNT의 종류와 형상



그림 9. GNF

Dialight사(일)에서 개발중인 CNW(Carbon Nano Wall: 그림 8) 및 ULVAC(일)에서 개발중인 GNF(Graphite Nano Fiber: 그림 9)와 같은 카본계의 또 다른 소재를 전계방출원으로 구현하고자 하는 시도가 있다. 그림 8에서 보이는 CNW는 CNT 대비 우수한 항습특성과 이에 기반한 안정적 전계방출 특성을 보이나, 직접 성장방식의 한계와 더불어 CNW들 사이의 전계방출 특성이 균일하지 못한 점이 있다. 그림 9의 GNF의 경우 또한 CNT 대비 낮은 중형비의 한계 및 전계 방출 균일도, 대면적 제작이 어려운 점 등의 문제가 해결해야 할 숙제이다.

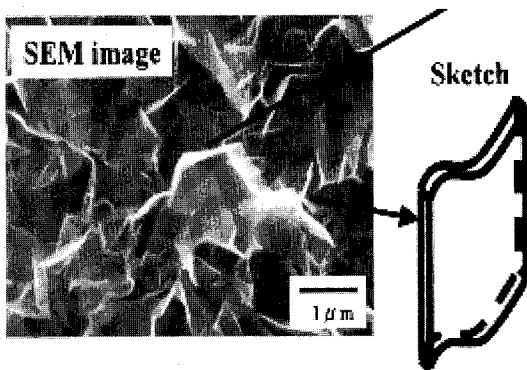


그림 8. CNW

이외에도 FED(Field Emission Display)의 응용에서는 소니의 Spindt tip 적용 및 캐논의 나노갭 SED(Surface Emission Display)등이 CNT 이외의 전계방출원으로서 적용되고 있다.

2.2.2 전계방출광원의 패키징(Package) 기술

전계방출광원(Field Emission Lamp: FEL)의 개발 초기에는 5[kV] 미만의 저전압형이 주된 관심 이어서 저전압 형광체의 개발이 중요한 과제였지만, 아노드 판(anode panel)과 캐소드 판(cathode panel)의 간격을 1[mm]이상 띄운 고전압형으로 최근 경향이 옮겨가면서 CRT 상용 형광체의 단순 적용이나 일부 개선한 형태의 적용이 가능함에 따라, 형광체 개발의 필요성은 상당히 줄어들었다. 반면에 높아진 상·하판 gap에 대응하기 위한 스페이서(spacer) 기술 같은 부수적인 요인이 오히려 크게 부각이 되었으며, 대면적으로 갈수록 스페이서(spacer) 기술의 난이도는 더욱 커질 것으로 예상된다. 또한, CNT-FEL의 가장 큰 neck point가 되고 있는 고진공 관련 기술은 나노전자방출원(에미터)의 수명향상과 양산성 확보를 위해 반드시 해결해야 할 과제이다.

스페이서(spacer)는 아노드 판(anode panel)과 캐소드 판(cathode panel)의 진공 gap을 유지하기 위하여 기계적 강도를 충분히 가져야 하고, 동시에 광학적으로 invisible하도록 재료적으로 적절히 설계되어야 한다. 또한 에미터로부터 방출된 전자 빔이 스페이서(spacer)에 충돌할 때 스페이서(spacer)로부터 방출되는 2차 전자가 최대한 억제되어야 하며, 스페이서(spacer) 주변부에 쌓인 electron charge를 전기적인 path를 통해 적절히 제거하여 전기적인 반응(electron cascade)에 의한 아킹(arcng)이나 정상적인 전자빔의 궤적에 방해가 되지 않도록 해야 한다.

그림 10에 매우 다양한 형태의 스페이서(spacer)들을 나타내었다. 이들 중에는 재료적, 기계적, 광학적 설계를 바탕으로 개발되어 이미 제품화되어 있는 것도 있고 기업체 자체적으로 연구되는 형태도 있다.

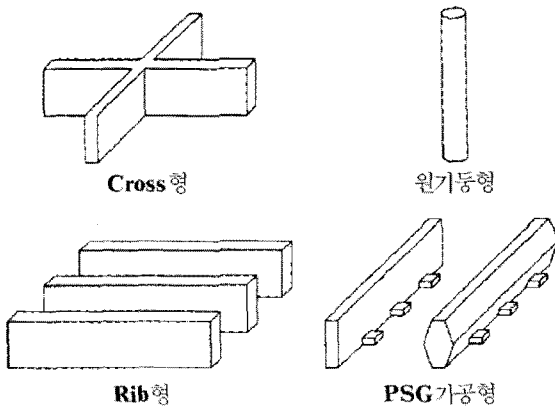


그림 10. 다양한 형태의 Spacer

각각의 형태는 진계방출광원(Field Emission Lamp: FEL)용 스페이서(spacer)로 장단점을 가지고 있는데, Rib형은 형태상으로는 아노드 판(anode panel)과 캐소드 판(cathode panel)의 간격을 가장 안정적으로 유지하나, 정확하게 수직으로 있지 않으면 아노드 판(anode panel)의 형광체 또는 캐소드 판(cathode panel)의 에미터를 침범할

수 있기 때문에 그림 11에서와 같이 보조 grib에 장입시켜 self-standing이 유지되게 하는 방법이 일반적으로 사용되고 있다.

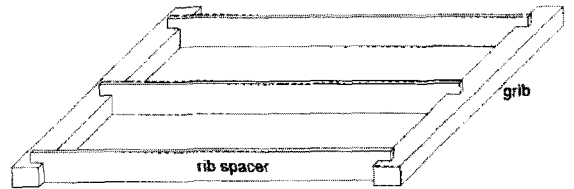


그림 11. Grib을 이용한 Rib형의 self-standing

그러나 Rib형은 self-standing이 되었다 하더라도 길이 방향으로 bending이 발생할 수 있기 때문에 한쪽 판에 홈을 내어 길이 방향의 스페이서(spacer) 전체가 홈에 끼워지는 방법이나, 아예 어느 한쪽에 접합하는 방법을 적용하여야 한다. Rib형의 bending을 막기 위한 홈 가공이나 접합 방법은 미세한 self-standing 오차를 막는 역할도 동시에 하므로 매우 유용하다. 그러나 Rib형의 경우 bending을 막기 위한 추가적인 복잡한 공정으로 인하여 대면적에 절대 불리한 구조적 문제에 대한 해답이 지적되고 있다.

대면적 적용에 유리한 형태로는 현재까지 Cross형과 원기둥형이 가장 근접해 있다. 이 두 가지 형태는 진공 응력을 지지해 줄 필요한 부분에만 위치시키므로, bending이나 진공배기에 불리하다는 등의 단점은 없다. 또한 Cross형은 자체적으로 self-standing이 되는 구조이기 때문에 형광체나 에미터 영역을 침범하는 우려도 훨씬 적다. 따라서 Cross형은 구조적으로 가장 안정한 스페이서(spacer) 형태로 가장 많이 적용되고 있다. 반면에 원기둥형은 고 aspect ratio로 갈수록 self-standing이 어려워지며 기계적 강도 등에서 불리하여 Cross형보다 훨씬 많은 수의 스페이서(spacer)가 같은 면적의 판(panel)에 필요하므로 진공배기나 수율에 좋지 않다. Cross형의 단

점으로는 고해상도 구현을 위한 매우 정밀한 스페이서(spacer) 가공기술이 개발되어야 한다.

그림 12에 적절히 처리되지 않은 스페이서(spacer)로 인하여 전계가 왜곡이 되어 전자빔이 스페이서(spacer) 쪽으로 휘고 있는 개략도를 나타내었다. 전계의 왜곡에 의해 전자 빔이 심하게 굽기도 하고, 스페이서(spacer)에 가까운 전자 빔은 스페이서(spacer)와 충돌하여 심하게 산란되기도 한다.

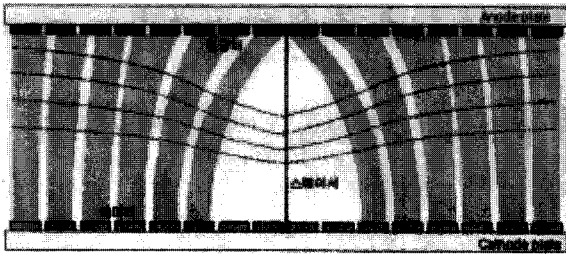


그림 12. Spacer 주변부의 전계와 전자빔의 왜곡

2.3 나노전자방출원을 이용한 전계방출 광원 기술 동향

최근의 FEL 개발은 앞서 언급한 2가지 구조(Top gate 및 Lateral gate)를 중심으로 BLU 뿐만 아니라 일반 조명에 이르기까지 광범위하게 연구되고 있다. 이에 본 절에서는 다양하게 연구, 개발되고 있는 FEL 들을 소개하고 기술적으로 해결해야 할 문제들과 더 불어 향후 전개방향에 대하여 논하고자 한다.

금호전기(주)에서는 일반 조명과 BLU의 응용에 대응되는 Lateral 방식의 CNT-FEL을 개발하고 있다. 그림 13은 14인치급의 Lateral 방식으로 제작된 FEL 시작품의 사진으로, 아노드 가속전압 약 13(kV) 정도에 약 50(lm/W) 이상의 효율을 보인다. 그림 13의 14인치급 FEL은 전계방출원으로 CNT를 사용하였으며, Lateral FEL의 경우 게이트 전극과 캐소드의 구조 상 방출된 전자의 궤적이 광범위하게 퍼지므로 Top gate FEL에 비하여 보다 높은

Fill factor를 구현, 면광원에 더욱 적합한 발광형태를 보이게 되는 장점이 있다.

그러나 고전압의 안정적 구동이 어렵고 절연층의 대전(charging) 문제, 완벽한 삼극구동이 어려워 효율증대가 쉽지 않다는 단점도 가지고 있다. 또한 전자 방출을 위해 약 300(V) 이상의 게이트 고전압으로 인버터 매칭 및 비용 증가도 해결해야 할 숙제이다. 하지만 FEL 패널을 구현하기가 Top gate FEL에 비하여 상대적으로 용이하며 저비용으로 고전압 안정성 및 구조, 구동 최적화를 이룰수 있다면 매우 효과적인 차세대 광원으로서 가능성이 크다고 할 수 있다.

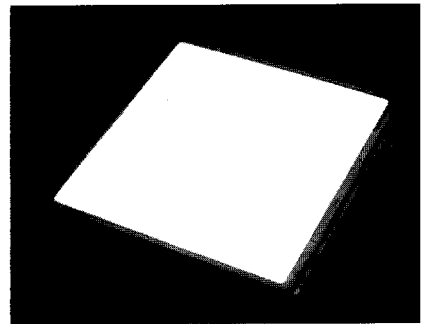
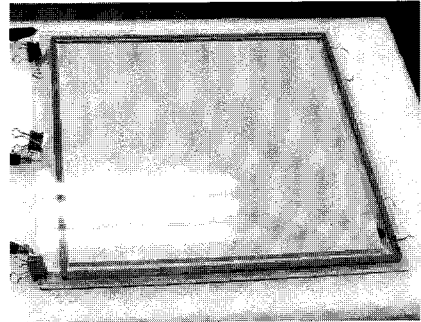


그림 13. 14인치급 Lateral FEL 및 발광사진 (금호전기(주))

그림 14는 나노퍼시픽(주)에서 개발한 60(lm/W)의 14인치급 Lateral FEL 면광원 사진이다. 이는 그림 13에서 구현된 광원의 구조와 구동방식은 아주 유사하지만 아노드에 인가되는 전압이 약 15(kV)까

지 구현할 수 있기 때문에 효율을 더욱 높일 수 있으나 전압의 상승으로 인한 전자원으로 발생하는 전류 밀도의 제어를 원활하게 하는 것이 Lateral 구조에서 꼭 해결해야 할 과제이다.

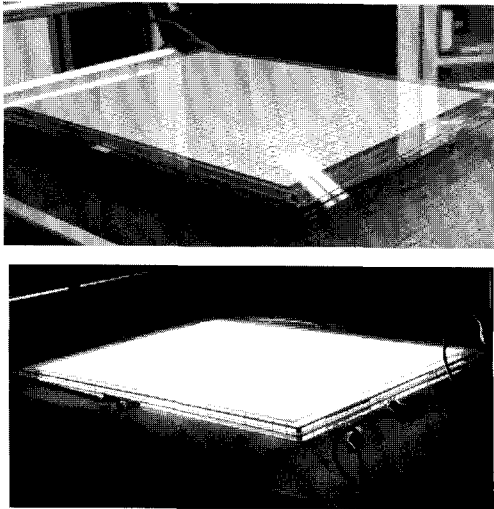


그림 14. 14인치급 Lateral FEL 및 발광사진
(나노퍼시픽(주))

한편, ETRI에서는 Top gate 방식을 이용하여 아노드 전계가 게이트에 의하여 완벽히 차단될 수 있는 Marco 구조인 특징과 더불어 캐소드의 전류 스위칭 구동에 의한 저비용 구동기술 구현이 가능한 3극형 구조로 개발되고 있다. 또한 Local Dimming이 기술적으로 가능하여 LCD-BLU용으로도 응용이 가능한 것으로 기대되고 있다.

그러나 Top gate FEL의 경우 방출된 전자의 직진성이 강하므로 Fill factor 측면에서 Lateral 방식에 비하여 상대적으로 취약한 점과 더불어 macro 구조를 구현하기 위한 게이트 구조 재현, 패키징의 저비용화 및 공정 단순화가 향후 해결해야 할 과제로 여겨지고 있다.

한편 Top gate FEL을 개발하고 있는 그룹은 삼성

SDI가 있으며, 삼성SDI 또한 다이내믹 BLU를 모토로 연구, 개발에 과감한 투자를 진행중에 있다. 이미 TFT-LCD 패널의 강력한 기술력을 확보한 기관에서 보다 효율적이고 고성능의 BLU를 개발하기 위해 FEL을 택했다는 것은 의미하는 바가 크다고 할 수 있다.



그림 15. 다이내믹 구동이 가능한 Top gate FEL
(ETRI)

그림 16에서 보는 바와 같이 32인치급 FEL이 적용된 CNT-BLU 시작품을 TFT-LCD와 매칭하여 기존의 CCFL 보다 우수한 동영상 성능(잔상제거 및 고 프레임화) 및 저 소비전력이 가능함을 보여주기도 하였다. 다만 삼성 SDI의 경우 ETRI와는 다른 macro 구조의 Top gate FEL을 채택함과 동시에 게이트 전극 이외의 포커싱 전극이 필요할 수 있다는 차이가 있다. 이에 따라 공정의 저비용화와 단순화가

특집 : 평판 디스플레이 및 신광원 최신 기술개발 현황

극명히 요구되며, 전계방출 특성에 있어서도 아노드의 고전압 전계를 에미터에 영향을 주지 않도록 하기 위한 구조적 향상이 요구되고 있다.

이외에도 대부분의 산학연에서 연구 개발 중인 FEL은 위와 같은 Top gate 방식의 FEL이며, Top gate 방식은 FEL 뿐만 아니라 FED, X선 발생장치 등 광범위하게 적용될 수 있는 전계방출 구조이므로 국내외에서 가장 활발히 연구되고 있는 구조라 할 수 있다.

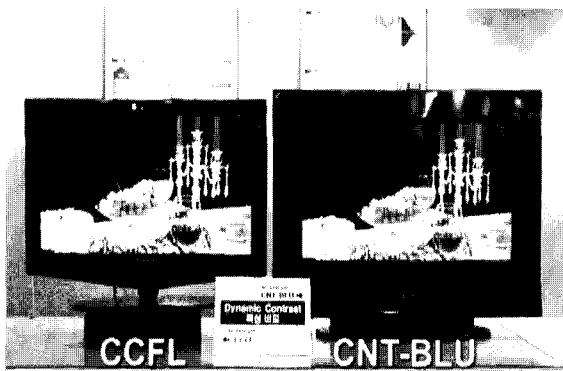


그림 16. 32인치급 LCD에 적용된 FEL 및 CCFL과의 비교(삼성SDI)

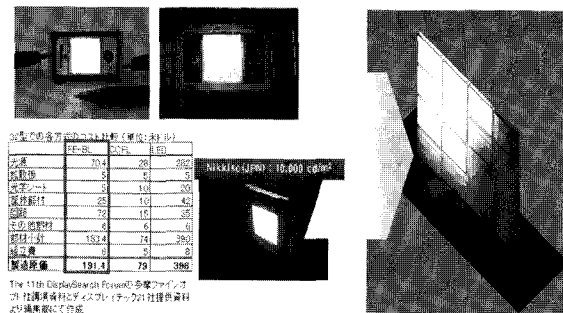


그림 17. 다이오드(2극형) 구조의 FEL 면광원 : 타일링 개념 도입

Display Tech21사(일)는 그림 17과 같이 다이오드 구조의 FEL 면광원을 개발 중에 있다. 소면적의

FEL 패널을 타일링하여 대면적까지 커버할 수 있는 특징이 있으며 다이오드 구조이므로 매우 단순한 구조에 기인한 장점을 가지고 있다. 다만 발광 효율적 측면에서 방출된 전자량의 게이트 조절이 안되므로 삼극형 구조에 비하여 취약할 뿐만 아니라 고전압 안정성에서도 불리하다는 문제를 반드시 해결해야 할 것으로 판단된다.

Futaba사(일)는 그림 18과 같이 차량용 대쉬보드와 오디오 시스템의 디스플레이 용도로 개발하고 있으며, 상용화 단계에 이르고 있다. Mo금속의 Spindt-tip을 활용하여 재현성이 우수하고 고전압 인가를 필요치 않아 수명을 확보한 것이 특징이다.

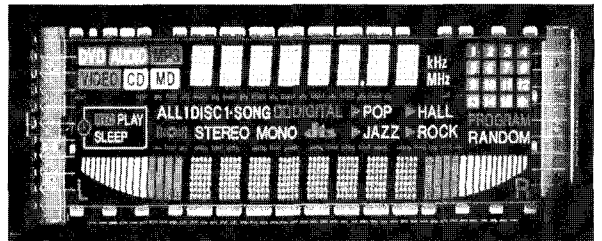
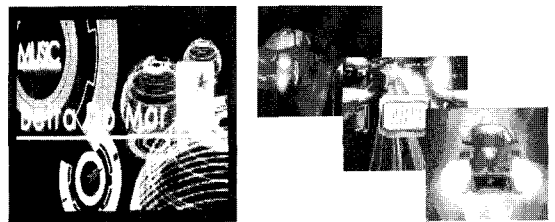


그림 18. Futaba 사의 차량용 디스플레이 시스템

Ise-Noritake사(일)는 그림 19와 같이 벌브형 FEL을 집중적으로 개발하고 있다. 이동성이 용이한 집적화된 구조와 더불어 50,000[cd/m²]의 고효율 광원을 이미 개발하였으나, 게이트로 누설되는 전류가 약50(%)에 이르는 등 효율의 증대와 더불어 발열에 대한 개선도 추가적으로 요구되는 문제라 할 수 있다. Ise-Noritake서는 FEL 외에도 FED 등에 있어서 매우 오랜기간 집중적으로 연구, 개발하

고 있는 기관이며 해마다 독창적인 아이টে을 선보이고 있으므로 전계방출관련 선도기업 중 하나라고 말할 수 있다.

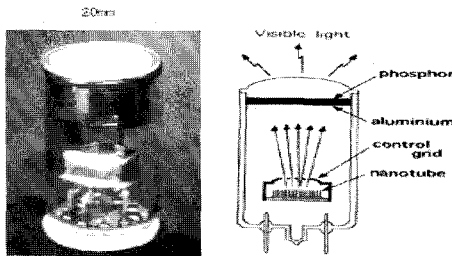
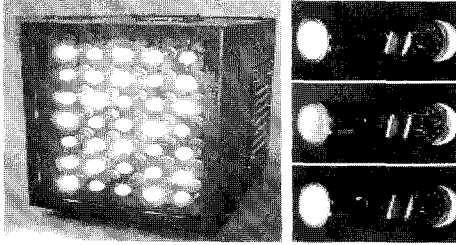


그림 19. 벌브형 FEL(Ise-Noritake)

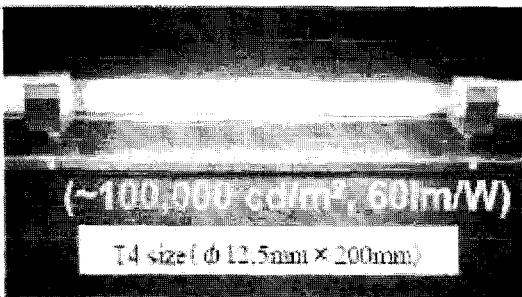


그림 20. Dia-Light(일본)의 2극형 튜브램프

그림 20과 그림 21에서는 통상의 형광등과 비슷한 형태의 2극형 FEL을 보여주고 있다. 그림 20에서 보여주는 Dialight사(일)의 FEL은 앞서 언급한 CNW를 이용한 특징이 있다. 그림 20과 그림 21과 같은 구조는 기존 형광등과 같은 형태를 취하고 있으므로 시장 접근성이 쉬울 수도 있으나 FEL 구조상

반드시 요구되는 고전압 대응 구동의 인버터등 해결해야 할 문제가 많이 있으므로 아직 기초단계의 결과만이 도출되고 있는 상황이다.

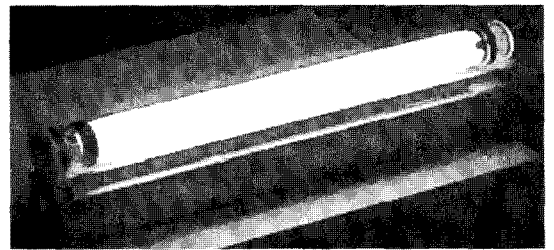
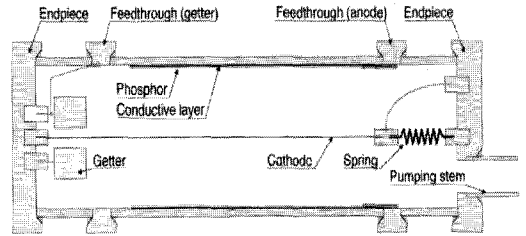


그림 21. EPFL(스위스)의 2극형 튜브램프

이상과 같이 현재 연구 및 개발되고 있는 FEL의 대표적인 사례 및 동향들을 소개하고 각 구조에서 나타나는 한계와 개선점들을 알아보았다. 아직 FEL의 기술 표준화가 정립되지 못한 상황임은 분명한 현실이고 각 기관들에서 기술적 원천성과 우위를 점하기 위해 부단히 노력하고 있는 것 또한 사실이다. 전계방출광원 기술의 기술적, 시장적 잠재력은 이미 분명한 시점에서 이를 조기 상용화시키기 위해서는 결국 공격적이고 지속적인 연구개발 투자가 반드시 필요할 것이다.

3. 결 론

본 고에서는 나노 카본계 전자원을 이용하여 전계방출 특성을 응용한 면광원의 기술적 동향과 해결 과제에 대하여 논하였다. FEL의 가장 큰 장점으로써

특집 : 평판 디스플레이 및 신광원 최신 기술개발 현황

냉음극의 특징인 저발열 및 광범위한 작동 온도범위를 기본으로 초박형의 두께와 용이한 대면적화, 수은이 불필요한 친환경성, 빠른 반응속도와 안정화 시간 및 로컬 디밍과 같은 고기능성들이 도출될 수 있음을 확인하였다. 이를 구현하기 위해 구조, 재료, 공정, 구동장치 등의 다양한 부품소재가 확보되어야 조속히 상용화할 수 있을 것으로 기대된다.



그림 22. FEL의 조기 상용화를 위한 기술적 이슈

참고문헌

- (1) 미국 NN 홈페이지, <http://www.nano.gov>.
- (2) NSTC, National Nanotechnology Initiative: The Initiative and It's implementation plan(2000.7).
- (3) 나노기술 연구개발 성과의 상업화 현황 분석, 한국과학기술정보연구원, 2005.
- (4) 탄소 나노 튜브 전자 방출원을 이용한 디스플레이 및 광원 기술, ICASE MAGAZINE, Vol. 10, No. 1(2004.1).
- (5) 전계 방출 면광원의 기술적 이슈와 동향, 한국정보디스플레이학회지, 제 9권, 제 3호.

◇ 저 자 소 개 ◇



김광복(金光福)

1968년 11월 3일생. 충남대 금속공학과 졸업. 충남대 금속공학과 졸업(석사). 울산대 재료공학과 졸업(박사). 고려아연(주) 기술연구소 대리. ETRI 플렉시블소자팀 연구원. 알티반도체(주) LED개발팀 팀장. 금호전기(주) 기술연구소 팀장.

관심사항 : 형광체, FED, LED조명, OLED 조명