

## 기술 특 집

## SMOLED 신개념 증착 장비

최동권, 이주현, 김창우, 김동수, 배경빈 (에이엔에스 주식회사)

## Abstract

현대는 디스플레이 산업과 같은 표시 소자 산업이 관심의 대상이 되고 있는 시대이다. 이러한 디스플레이 산업의 분야에는 CRT, LCD, PDP가 현재의 산업을 주도해왔고, OLED가 차세대 디스플레이로 주목을 받고 있다. 그래서 에이엔에스는 새로운 SMOLED(Small Molecule Organic Light Emitting Diode)를 제작할 수 있는 장비 및 공정 기술을 개발하였다. 현재의 SMOLED 제작공정 및 장비와, 대면적 기판을 사용할 수 있고, 물질의 사용효율 및 공정시간을 단축시킬 수 있는 새로운 에이엔에스 증착장비의 장비 및 공정에서의 장단점을 비교하고 디바이스에서의 기본적인 특성을 비교하여 보겠다.

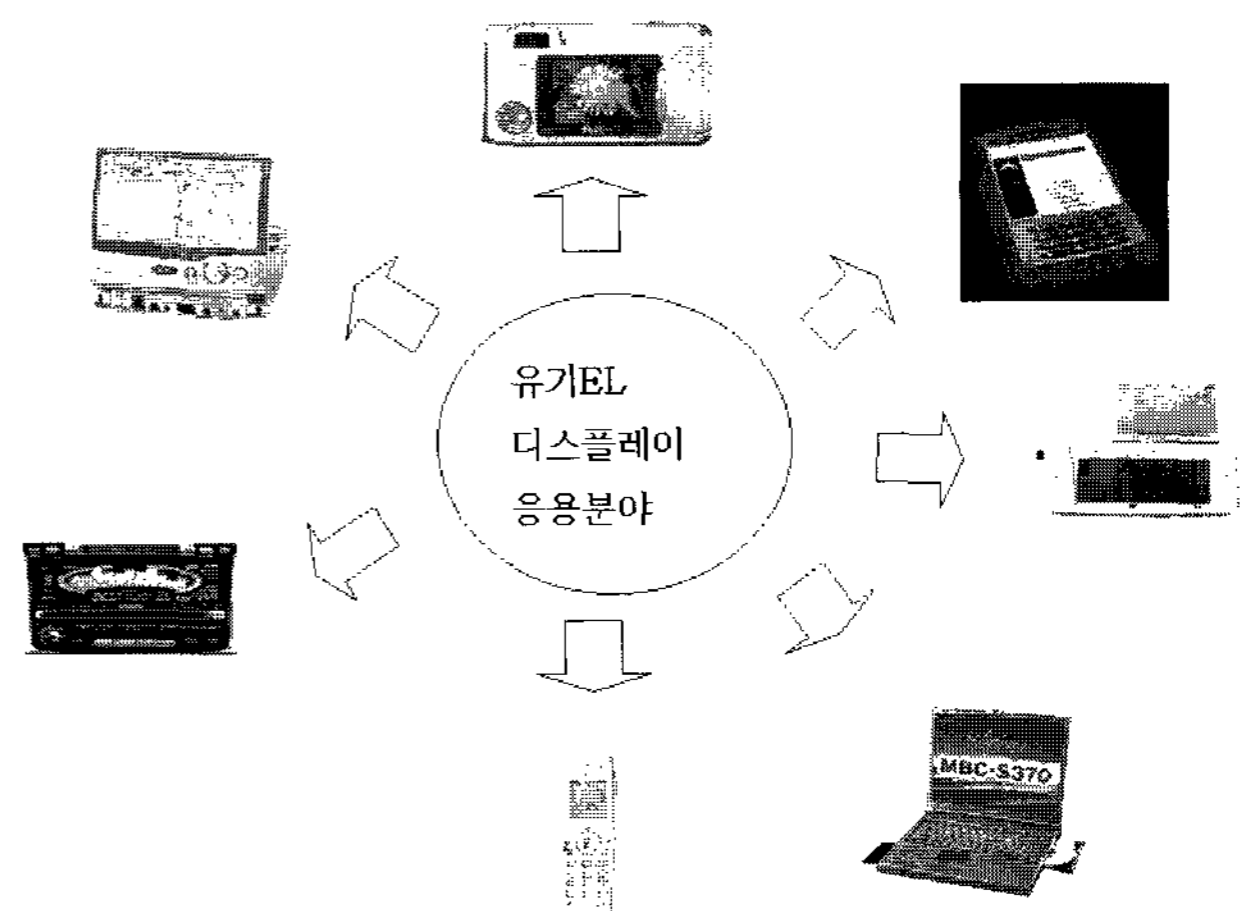
## I. 서 론

LCD를 대체할 차세대 표시소자로서 주목받고 있는 유기 EL 디스플레이는 유기물(단분자 또는 고분자) 박막에 주입된 전자-정공에 의한 발광현상으로 1963년에 Pope 등에 의해 anthracene의 단결정으로부터 처음 발견되었으며, 그 후 1987년에 Kodak사의 Tang 등이 발광층과 전하수송층으로 각각 Alq<sub>3</sub>와 TPD라는 이중층 유기물 박막을 형성하여 효율과 안정성이 개선된 녹색의 발광현상을 확인한 이후로 단분자를 이용한 유기EL 디스플레이를 개발하려는 노력이 본격적으로 시작되었다. 또한 1990년에 영국 Cambridge 대학에서 PPV라는  $\pi$ -공액성(conjugated) 고분자 박막으로부터 EL 특성을 관찰하여 고분자를 이용한 유기EL 디스플레이를 개발하려는 연구가 동시에 진행되고 있다.

새로운 평판 디스플레이중의 하나가 유기EL로서 이는 자체 발광형이기 때문에 LCD에 비하여 시야각, contrast가 우수하며 Back-light가 불필요하여 경량 박형이 가능하고 소비전력 측면에서도 유리하다. 또한, 응답속도가 빨라 동영상 구현에 적합하며 전부 고체이기 때문에 외부충격에 강하

고 제조 cost 측면에서도 저렴하다. 향후, 잠재 수요면에서도 초고속 정보화 사회 및 멀티미디어 시대로 접어든 최근의 시대 상황에 발맞추어 2003년 이후 매년 성장률이 30% 이상의 급속한 신장세를 나타낼 것으로 예상된다. 시장 성장성뿐만 아니라 유기EL 제품의 활용영역도 [그림 1]과 같이 매우 넓어 IMT-2000 휴대폰과 개인 이동정보기기(PDA)를 축으로 전자수첩, 노트북 및 데스크톱의 모니터, 자동차, 항공기 등에 이르기까지 다양한 제품군에 적용 가능하다.

이러한 특성 때문에 최근 일본과 구미유럽, 한국, 그리고 대만 등에서 유기EL의 실용화에 박차를 가하고 있으며 개발 경쟁 또한 치열하다. 그러나, 아직까지 기술개발의 초기 단계에 있기 때문에 해결되어야 할 문제점들이 있는 것도 사실이다. 특히 한국은 이제 기존의 기술도입과 모방을 통한 따라잡기(Catch-up) 방식의 기술전략으로는 더 이상 경쟁력 확보가 불가능한 시점에 왔으나, 다행히 유기EL의 경우 그 성장의 초기단계에 있기 때문에 디스플레이 소자와 영상 표시 시스템 생산을 위한 핵심부품과 장비 산업 및 관련 신소재 산업의 원천기술획득 및 자체 개발 등이 가능하여 2005년 이후 유기EL 시장이 급성장하는 시점에서 기존제품과 비교하여 차별화된 경쟁력 확보가 가능할 것으로 기대된다.



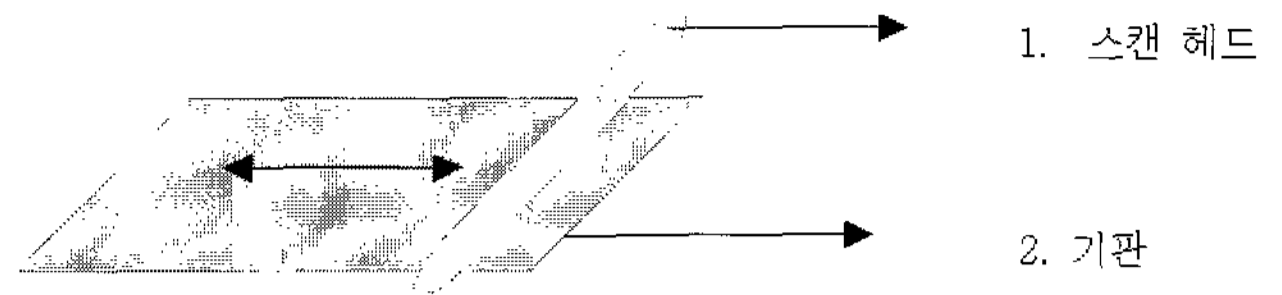
[그림 1] 유기EL 디스플레이 기술의 활용 분야

그래서 현재 ANS(주)에서 개발한 신개념 유기EL 박막 증착 장비의 개념적 소개와 기존의 장비방식으로 제작되어진 유기EL 소자와의 유기 박막을 AFM(Atomic Force Microscope) data 비교를 하며, 소자의 전기적 특성을 비교를 하도록 하겠다.

## II. 신개념 SMOLED 증착 장비의 개념

기존의 유기 반도체 제작 방법에는 단위 증착원을 사용하는 방법과 최근의 Princeton대학에서 제안한 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 방법이 있다. 이 두 가지의 방법과 ANS(주)의 신개념 증착 방법 DSP(Digital Scan Process)를 비교하여 보면, 먼저 단위 증착원을 사용하는 유기반도체 제작 방법은 유기 반도체에서 사용되어지는 각 층을 증착하는 시간이 오래 걸리며, 각 층의 증착시 사용되는 물질의 사용량이 많으며, 증착되어진 막의 밀도와 기판에 대한 접착력이 좋지않은 문제점이 있어 유기반도체 양산을 위한 양산 수율이 떨어진다. 그리고 양산을 위한 대면적 공정에 제한이 있어 현재는  $370 \times 470$ (mm) 크기의 기판을 사용하는 것이 한계이다. 그리고 Princeton 대학에서 제안한 OVPD(Organic Vapor Phase Deposition) 방식은 기상유기물을 운송 가스를 사용하여 유기반도체에 사용되어지는 각층을 제작하는 방식이다. 이 방법은 단위증착원을 사용하는 방식보다 물질의 사용효율을 높일 수 있다. 대면적의 유기반도체의 제작이 가능한 OVPD 방식을 사용하는 Axitron의 방법은 기존의 CVD(Chemical Vapor Deposition) 방식의 shower head를 사용하고 있으며, 이의 shower head에서 증착 기판으로 기상 유기물이 분사되어 증착이 진행되어 지는 시스템이다. 본 신개념 유기증착 방법은 OVPD와는 다르게 shower head 자체를 선형으로 제작하여 기판 위에서 축 방향으로 왕복운동을 하게하여 대면적 기판위에 증착하는 방법을 사용한다. 그러므로 유기 반도체 제작시 사용되어지는 물질의 사용효율을 높이고, 대면적 기판의 사용( $370 \times 470$  mm 이상), 유기박막의 기판에 대한 접착력 증가, 정밀하고 안정적인 두께의 제어, 다량의 물질 보관이 가능한 증착원 사용, 재현성 있는 shadow mask의 정렬 등의 부분을 해결 가능하여, 양산시 유기반도체의 양산 수율을 증가시키며, 안정적인 유기 반도체 제작 시스템 구성이 가능하다.

본 DSP 시스템에서의 기상 유기물 발생 방법에 대하여 설명하면, 유기 반도체에 사용되어지는 물질 들은 열전도도가 낮기 때문에 일반적인 K-cell 방식의 증착원을 사용하게 되면 유기물의 기상화가 어렵고 특정부위에 열이 집중되기 때문에 증착원 내의 유기물질의 변질이 발생하기 쉽다. 그래서 DSP 시스템에서의 기상 유기물 발생원은 dilution gas를 이용하여 고온의 가스를 증착원 내에 분사시켜 유기물 자체가 증착원 내부에서 가스와 유기물이 공존하여 존재하는 SGHP(Solid-Gas Heterogeneous Phase)를 이룬다.



[그림 2] DSP증착시 기판과 스캔 헤드 구조도

증착원 내부에서 희석 부분은 열전도가 대류 방식으로 이루어 지도록 하여 다량의 기상 유기물을 만들 수 있다. 그리고 기존의 방법에 비하여 낮은 열원 외부온도에서도 다량의 기상 유기물을 발생시킬 수 있다.

기상유기물의 운송 방법은 위에서와 같이 증착원 내부에서 다량의 기상 유기물을 발생시킬 수 있어 증착시스템 내부의 진공 압력과 증착원 내부의 진공압력의 차가 1000배 이상 차이가 나도록 구현할 수 있다. (예를 들면 시스템의 진공도가  $10^{-4}$  Torr이면 증착원의 압력은  $10^{-1}$  Torr가 된다.) 그러므로 이의 압력차를 이용하여 증착원 내부에서 증착시스템으로의 기상유기물을 유도할 수 있다. 그리고 연결관은 기상 유기물이 증착되지 않게 하기 위하여 고온으로 가열한다.

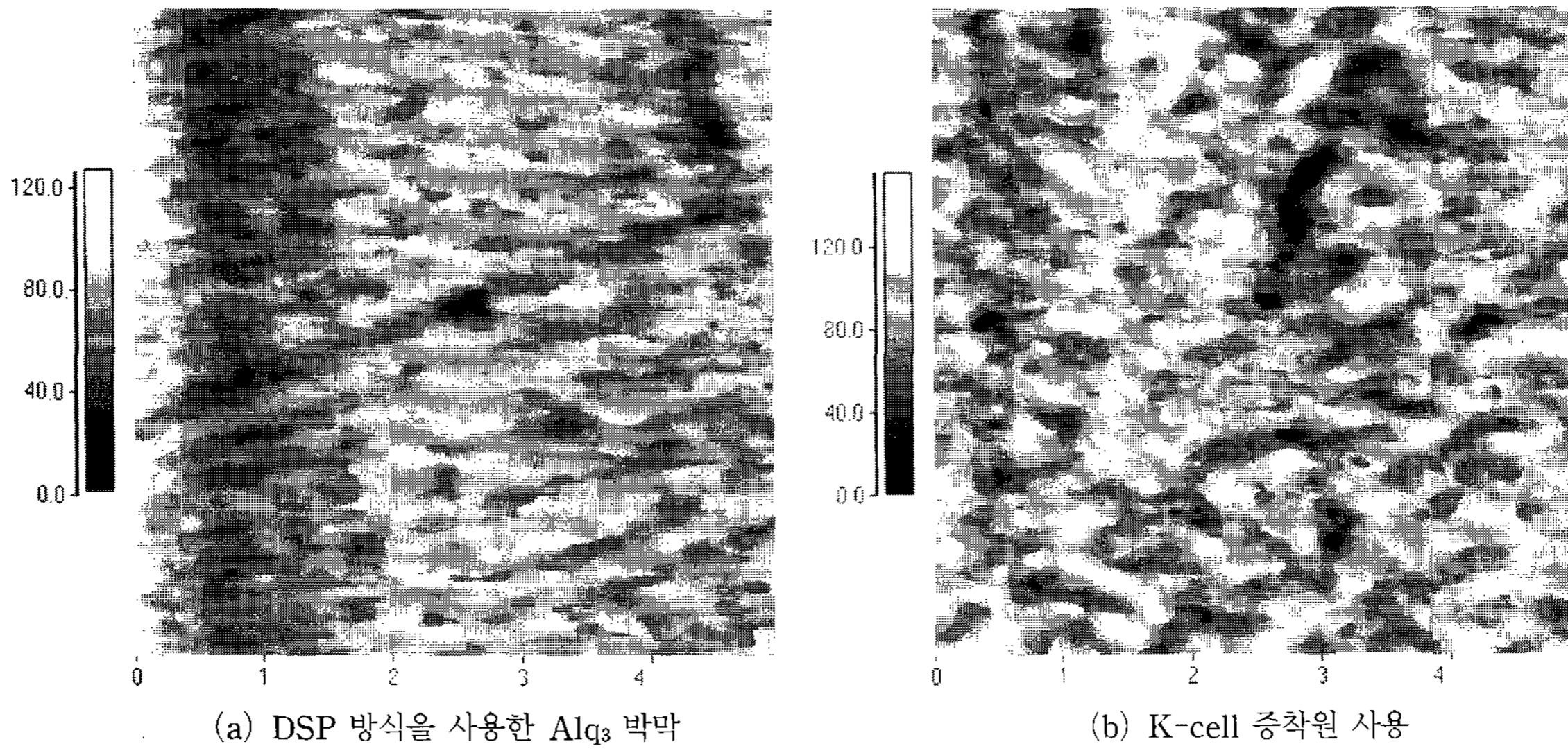
그리고 증착시스템 내부에서의 증착 방법은 위의 방법으로 유도되어지는 기상 유기물을 실제적으로 기판 위에 증착을 하여야 하는데 대면적 기판위에 한번에 기상유기물을 증착하지 않고 [그림 2]에서와 같이 스캔헤드를 통하여 기판 위의 일정 영역에 증착이 이루어지게 하고 이 스캔 헤드가 일정한 속도로 이동을 하면서 대면적의 기판위에서의 증착 공정을 진행한다. 기존의 OVPD방식을 사용하는 Axitron의 방법은 shower head의 고온 열원이 고정되어 있으나 본 시스템에서는 작은 크기의 열원이 계속적으로 이동을 하기 때문에 기판 위에서의 온도 상승을 상대적으로 막을 수 있다.

## III. DSP(Digital Scan Process)와 K-Cell 증착 박막의 특성 비교

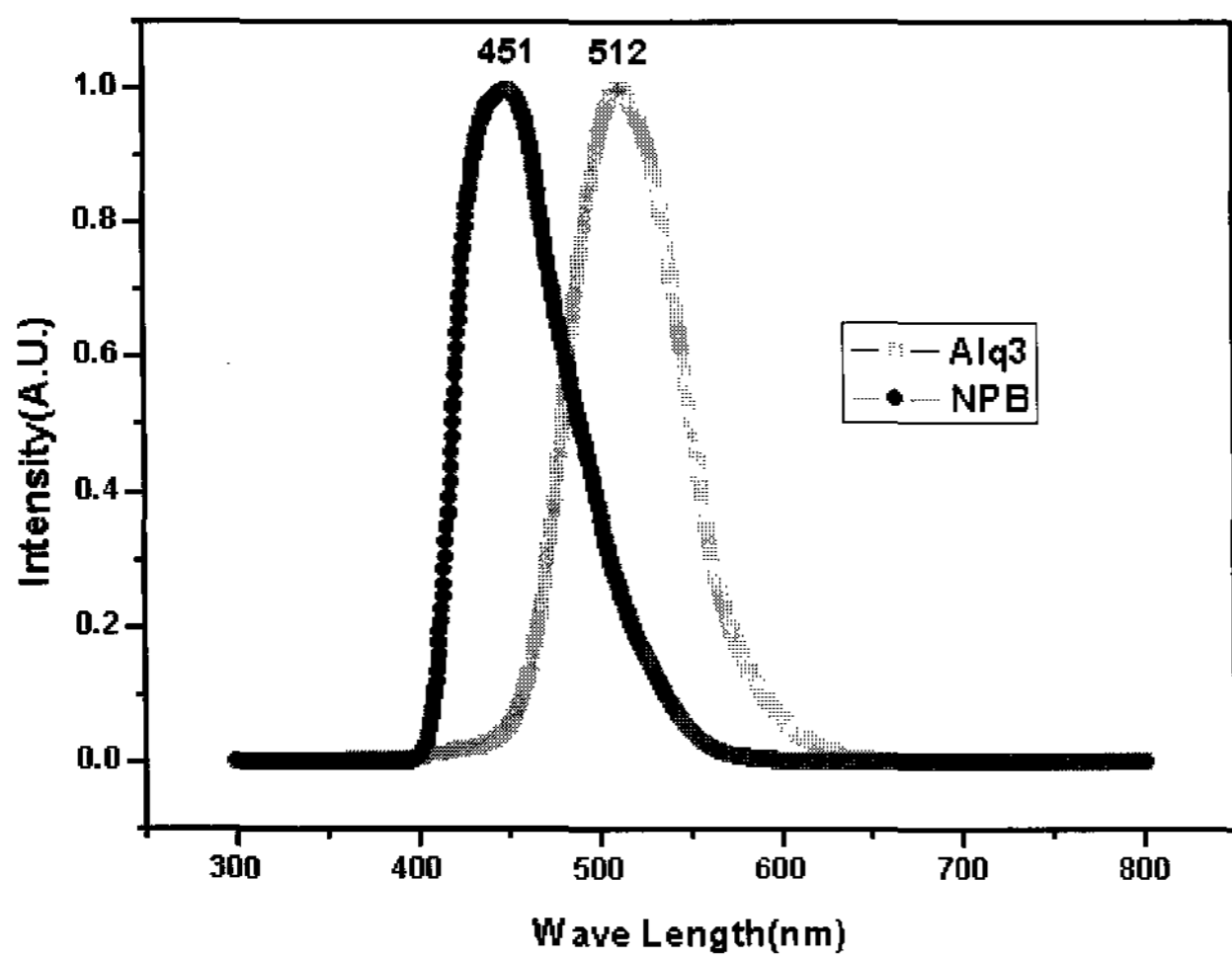
유기EL 소자는 다층 유기박막 구조로 구성되어지는데 이 박막중 금속 전극과 계면을 형성하는 HIL(Hole Injection Layer)층과 ETL(Electron Transfer Layer)층의 막형성이 중요한 변수가 된다. 아래의 [그림 3]에는 단위증착원을 사용하여 제작한 유기박막과 DSP를 사용하여 형성한  $Alq_3$  유기박막의 AFM data를 나타내고 있다.

다음 [그림 3]에 나타나 있는 AFM 분석 시료는 기판은 ITO 기판을 사용하였으며, (b)는 단위 증착원을 사용하여 증착 속도  $1 \text{ \AA}/\text{s}$ 로 제작한 유기박막의 결과이며, (a)는 DSP를 사용하여  $5 \text{ \AA}/\text{s}$ 로 제작한 유기박막의 분석 결과이다. RMS roughness는 각각  $21.5 \text{ \AA}$ 과  $13.2 \text{ \AA}$ 이다. DSP를 사용하여 증착한 유기박막이 상대적으로 낮은 roughness를 나타내며, 유기EL 소자의 제작으로 진행시 소자의 안정성을 보여줄 수 있다고 보여진다.

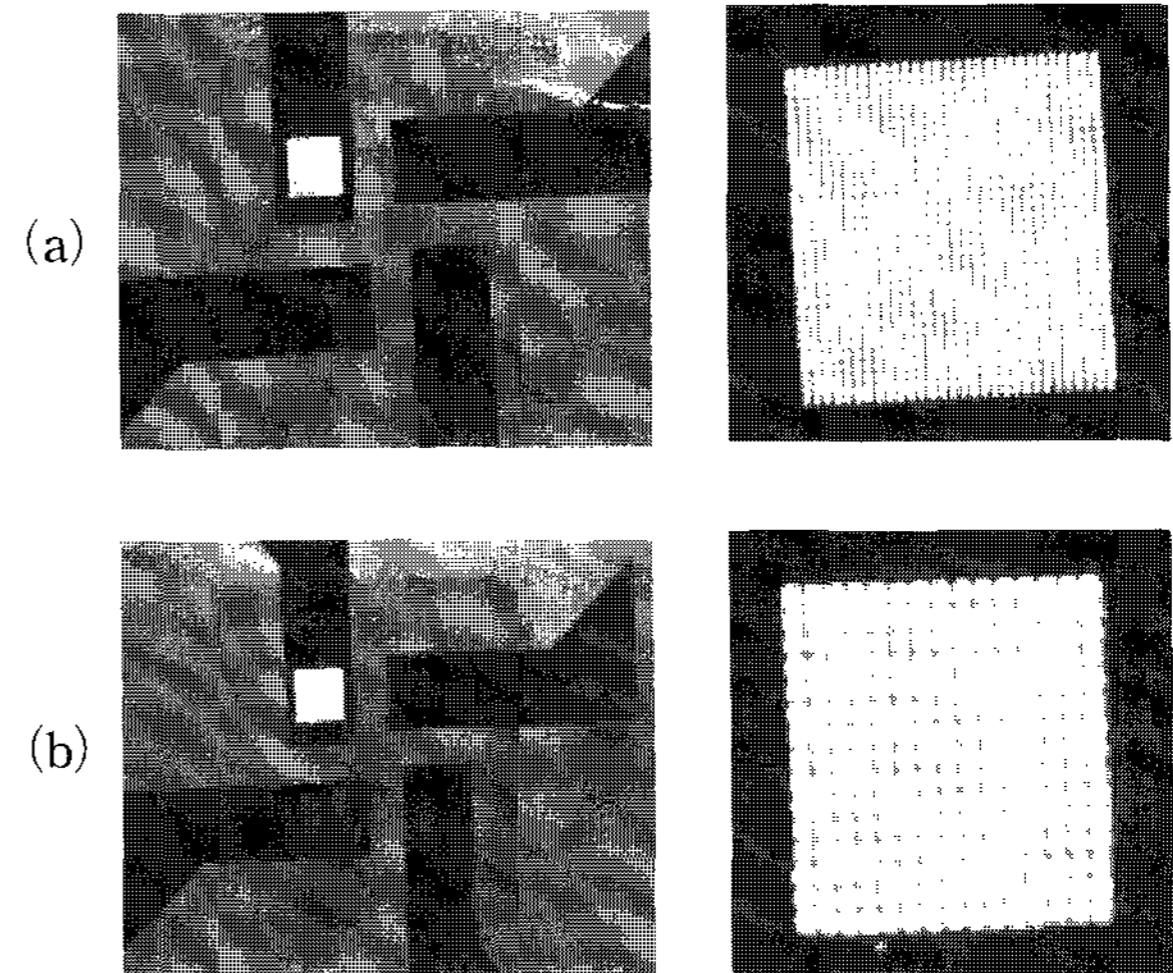
다음 [그림 4]의 결과는 DSP를 사용하여 증착한 유기박막의 PL 결과이다. MAX peak이  $Alq_3$  512 nm, NPB



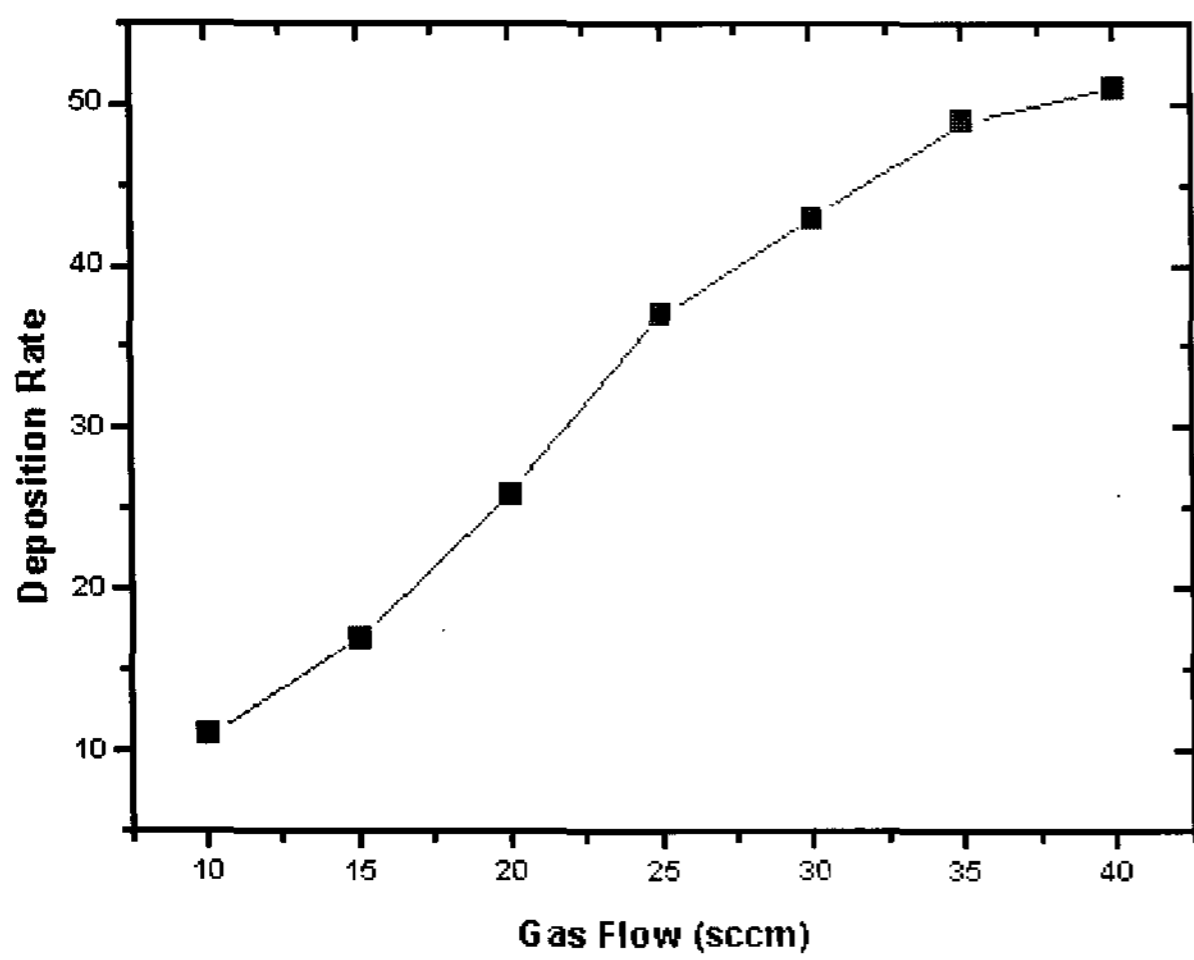
[그림 3] 단위증착원과 DSP를 이용하여 증착한 박막의 AFM 비교



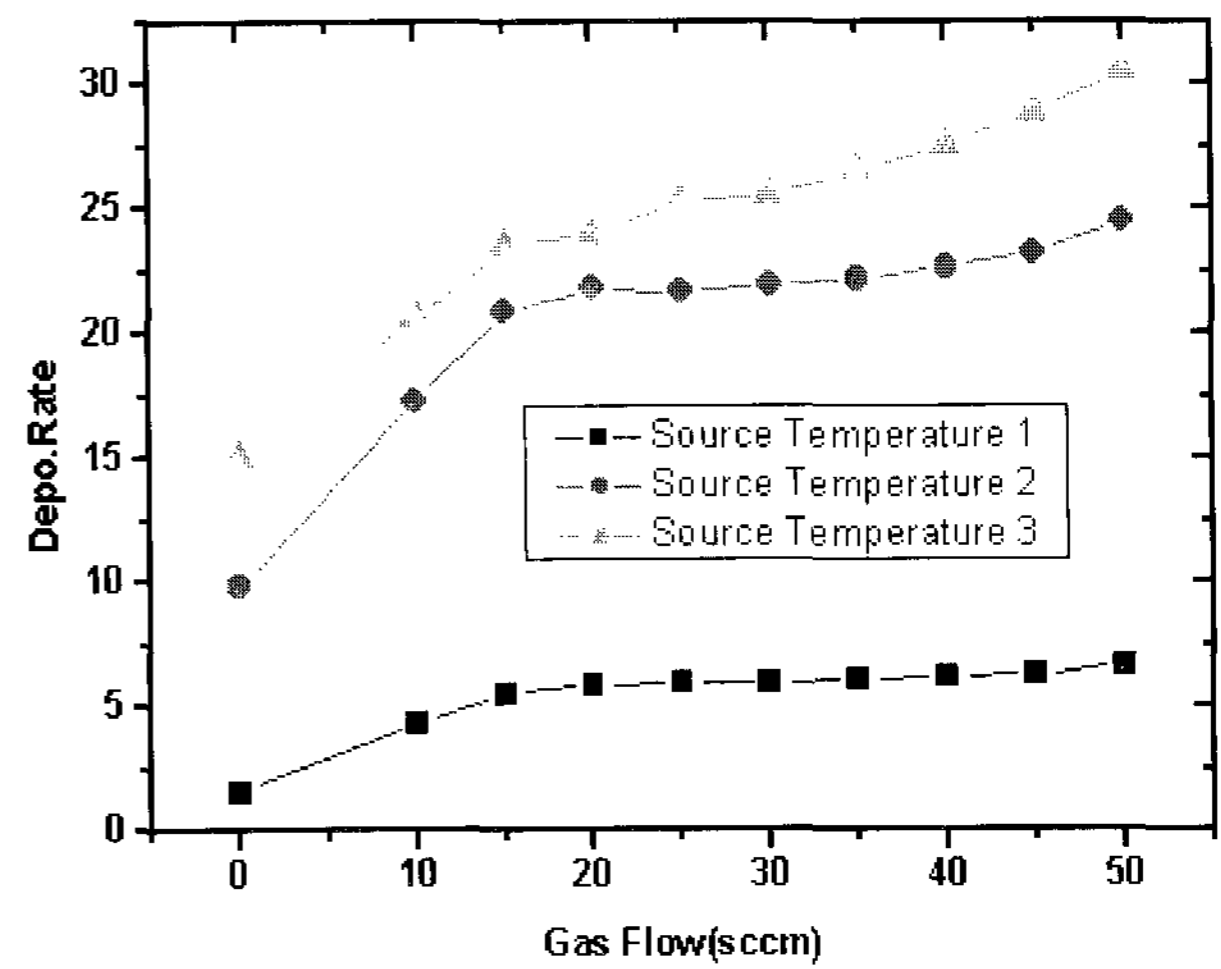
[그림 4] DSP를 이용하여 증착한 Alq<sub>3</sub>, NPB Thin Film PL특성



[그림 5]



(a) 150g용 대용량 증착원



(b) 50g 증착원

[그림 6] dilution gas의 주입에 따른 유기 vapor의 증착 속도



451 nm를 나타낸다. 일반적인 유기박막의 PL결과와 차이가 없으므로 DSP로 유기박막 증착시 유기물질의 변질이나 다른 조성의 유기물질로 변화하지 않고 고유의 PL 특성을 가지고 있음을 알 수 있다.

다음 [그림 5]는 실제로 디바이스로 제작시의 사진 결과이다. 디바이스의 구조는 ITO/NPB/Alq<sub>3</sub>/Al의 기본 구조이며, (a)는 30 × 30 pixel의 기판을 사용하여 제작한 디바이스의 발광 사진이며 발광 영역이 Alq<sub>3</sub>에서 있기 때문에 녹색을 나타내고, (b)는 70 × 70 pixel의 기판을 사용하여 제작한 디바이스의 발광 사진이며 발광 영역이 NPB 영역으로 가고 있다는 것을 볼 수 있다. 그리고 DSP를 이용하여 박막을 증착할 경우 세부 pixel까지 안정적으로 박막의 형성이 이루어진다는 것을 확인할 수 있다.

다음 [그림 6] 결과는 증착용 선형 head를 정지 상태에서 dilution gas를 주입하면서 나타나는 증착 속도를 monitoring하여 나타낸 것이다. 위에서 (a)는 150 g의 Alq<sub>3</sub>를 담을 수 있는 양산용 대용량 증착원의 test 결과이다. 대략적으로 60 Å/s에서 포화가 되며, (b)는 50 g의 Alq<sub>3</sub>를 담을 수 있는 소용량 증착원으로 test한 결과이다. 대략적으로 25 Å/s의 증착 속도에서 포화됨을 알 수 있다. 대용량 증

착원을 사용하여 실제 370 × 470 (mm) 기판 위에 선형 head를 scan하면서 증착을 진행하면 대략 5 Å/s의 증착 속도를 나타낼 수 있다.

#### IV. 결 론

현재 유기EL 산업은 많은 발전을 거듭하여 연구용 분야에서 산업화 분야가 되었다. 그리고 디스플레이 산업화 분야로 진행하면서 디스플레이 제작 장비의 발전을 요구하고 있다. 현재의 유기EL 장비 분야에서는 K-cell를 사용하여 유기 박막을 증착하는 장비가 주류를 이루고 있으며 현재 단분자 유기EL 제작장비로는 사용 가능한 최대기판의 크기가 370 × 400 (mm)이다. 그러한 면에서 DSP의 유기EL 장비로서의 개발 방향은 대면적 기판의 사용을 가능하게 하고, 다량의 유기물질을 공정 중 연속 사용 가능하게 하여 양산화 목적에 적합하게 개발되어 왔다. 따라서 현재 개발 진행 중인 DSP는 향후 유기반도체 산업화를 위하여 그 활용 범위가 넓으며, 기존의 유기 반도체 증착 장비를 대체할 수 있다고 판단된다.