

미세접촉프린팅공정을 이용한 플렉시블 디스플레이 유기박막구동소자 제작

김광영*, 조정대, 김동수, 이제훈, 이응숙(한국기계연구원지능형정밀기계연구본부)

Fabrication of Organic Thin Film Transistor(OTFT) for Flexible Display by using Microcontact Printing Process

K. Y. Kim, Jeongdai Jo, D. S. Kim, J. H. Lee, and E. S. Lee (KIMM)

ABSTRACT

The flexible organic thin film transistor (OTFT) array to use as a switching device for an organic light emitting diode (OLED) was designed and fabricated in the microcontact printing and low-temperature processes. The gate, source, and drain electrode patterns of OTFT were fabricated by microcontact printing which is high-resolution lithography technology using polydimethylsiloxane(PDMS) stamp. The OTFT array with dielectric layer and organic active semiconductor layers formed at room temperature or at a temperature lower than 40°C. The microcontact printing process using SAM(self-assembled monolayer) and PDMS stamp made it possible to fabricate OTFT arrays with channel lengths down to even nano size, and reduced the procedure by 10 steps compared with photolithography. Since the process was done in low temperature, there was no pattern transformation and bending problem appeared. It was possible to increase close packing of molecules by SAM to improve electric field mobility, to decrease contact resistance, and to reduce threshold voltage by using a big dielectric.

Key Words: microcontact printing(uCP), PDMS stamp, SAM, organic thin film transistor(OTFT), OTFT array, flexible display, organic semiconductor

1. 서론

유연한 기층(flexible substrate) 상에 OTFT 를 제작할 경우, 기층의 휘어짐(warping), 표면의 거칠기(roughness) 그리고 적층구현(layer-to-layer registration) 방법이 고려되어야 사항이며, 최대공정 온도 초과에 따른 광학적 특성 저하, 수축 및 변형에 의한 패턴 정렬의 부정합, 유기물과 무기물간의 접착력이 떨어지는 현상은 성능 향상을 위해 개선되어야 할 중요한 요소이다[1]. OTFT 를 제작하는 방법에 있어서도 잉크젯 프린팅(inkjet printing)방법, 스크린 프린팅(screen printing)방법과 미세접촉 프린팅등 새로운 방법들이 활용되고 있다[2].

본 논문에서는 유기발광소자(organic light emitting diode, OLED)의 스위칭 및 구동소자로 사용하기 위한 유연성 OTFT 어레이(array)를 미세접촉프린팅(microcontact printing)공정과 저온공정(low temperature)으로 제작하였다. 미세접촉 프린팅 공정으로 OTFT 의 게이트(gate), 소스(source)와 드레인(drain) 전극 패턴을 제작하였다. 40°C이하의 저온공정에서 유기절연층과 유기반도체층을 형성하였다.

2. OTFT 설계 및 제작

식각(etching) 마스크(mask)로 사용되는 SAM 이 선택적 도포된 탄성중합체 스탬프(PDMS stamp)를

사용하는 고해상도 리소그래피 방법인 미세접촉프린팅으로 OTFT 의 게이트, 소스와 드레인 전극패턴(electrode pattern)을 제작하였다. 40°C이하의 저온공정에서 유기절연층(organic dielectric)과 유기반도체층(organic active semiconductor)을 형성하였다. 고해상도 및 대면적 OTFT 어레이 제작하기 위하여 Fig. 1 과 같이 5(L)x5(W)x0.9(H) 인치(inch) 크기의 퀴츠(quartz) 웨이퍼 위에 20mm×20mm 패턴영역을 16 개 부분(element)로 나누었으며, 패턴모양, 크기 및 선포(channel length)이 각각 다른 OTFT 소자가 위치하도록 마스크를 설계 및 제작하였다. OTFT 의 제작 방법은 PEN 플라스틱기판 위에 챔버 내부 온도가 40°C이하인 E-beam 증착기(deposition device)를 사용하여 접합층(adhesion layer)로 Cr 을 10nm 증착하였고, 에칭층(etching layer)으로 Au 박막 100nm 를 증착하였으며, PDMS 스탬프에 HDT(hexadecanethiols) SAM 용액을 잉킹하고 정합접촉프린팅하여 PEN 기판에 전이시켜 단층막을 형성하였다. TCP 용액을 사용하여 Au 를 선택적 식각하여 전도성 게이트전극을 제작하였다. 제작된 게이트전극 위에 페릴린-C 를 전용 증착장비를 사용하여 상온에서 증착하여 유기절연막을 형성하였고, 패턴된 유기절연막은 O₂ 플라즈마(plasma)로 선택적 식각하였다. 페릴린-C 유기절연막 위에 5μm 와

10 μ m 간격을 이격시켜 소오스 및 드레인 금속전극을 미세접촉 프린팅 공정으로 패터닝하고, PDMS 스탬프에 HDT SAM 용액을 잉킹하고 정합접촉을 이용하여 PEN 기판에 전이시켜 전극을 제작하였다. 소오스 및 드레인 금속전극은 접합층로 Cr을 10nm 증착하였고, 에칭층으로 Au 박막을 100nm 증착하였다. 접촉전극 위에 유기 활성 반도체층인 펜타센(Pentacene) 100nm를 증착하였다. 펜타센 유기반도체 위에 패릴린-N을 약 1 μ m 증착하여 보호막을 형성하였다. 저점도의 감광제를 두께 3 μ m 코팅하였고, 펜타센 마스크를 사용하여 리소그래피 공정으로 패터닝을 하였으며, O₂ 플라즈마를 사용하여 필요 없는 부분을 깎아내는 방법으로 유기반도체를 제작하였다. OTFT 제작 공정 동안 평탄도를 유지하기 위하여 접착층으로 DFR(dry film photoresist)과 고정층(rigid layer)으로 유리기판을 사용하여 PEN 기층과 접착하여 수행하였다. 미세접촉 프린팅을 이용한 OTFT 제작 공정을 Fig. 2에 나타내었다.

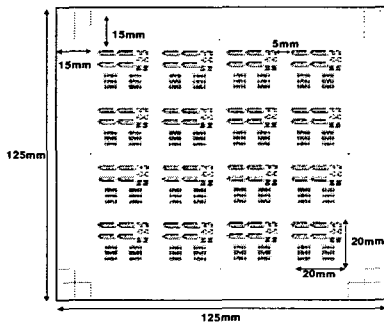


Fig. 1 Geometry of designed pattern form for 5" size mask for OTFT array

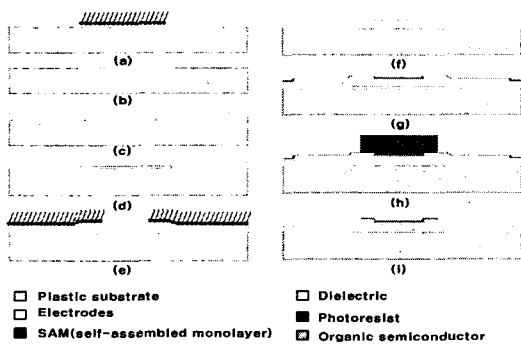


Fig. 2 Fabrication process of OTFT using uCP (a) Inked SAM solution on Au deposited plastic substrate, (b) fabricated gate electrode, (c) deposited and patterned dielectric, (d) Au deposition, (e) Inked SAM solution for contact electrodes, (f) fabricated source and drain electrode, (g) deposited organic semiconductor, (h) patterned organic semiconductor, and (i) fabricated organic semiconductor

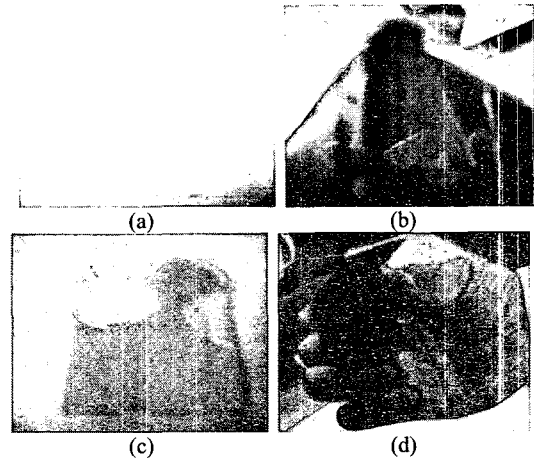


Fig. 3 Results of OTFT fabrication: (a) patterned dielectric and gate electrode on PEN substrate, (b) patterned source/drain electrode as the dielectric, (c) Au/Cr deposited on PEN substrate, and (d) deposited organic semiconductor.

4. 결론

본 연구에서는 OTFT 어레이를 PDMS 스탬프와 SAM을 이용한 미세접촉 프린팅 공정으로 제작함으로써 미세 선폭 패터닝 제작 가능하였다. 또한, 전극 패터닝에서 현상, 식각 및 PR 제거(strip) 공정이 필요하지 않으므로 포토리소그래피 공정보다 10 단계 이상의 공정을 줄일 수 있어 공정의 최적화가 가능하였다. 상온 공정이 가능한 전용 장비를 사용하여 OTFT 어레이의 절연체층과 유기반도체층을 제작하였으므로, 온도에 의한 수축(shrink)과 팽창(extend)에 의한 소자의 변형(deform)을 최소화할 수 있어서 광학적 특성(optical property) 저하를 방지할 수 있었으며, 패터닝 공정에 보다 좋은 정렬(alignment)이 가능하였다. Parylene-C를 게이트 절연체로 사용하여 문턱 전압(threshold voltage)을 감소시켰고, 유기반도체층을 보호막을 이용하여 패터닝 하였으므로 누설 전류를 최소화 할 수 있었으며, 열화에 의한 소자의 성능의 저하를 방지할 수 있었다.

후기

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 나노메카트로닉스기술개발사업단의 연구비 지원(M102KN01001)에 의해 수행되었다. 저자 중 한 명(조정대)은 논문박사지원사업을 해주신 KOSEF와 JSPS에 감사 드립니다.

참고문헌

1. H. Klauk et al. Molecular Nanoelectronics(2003) 291~309.
2. R. Ben Chaabane et al. Thin Solid Films 427(2003) 371-376.