

스크린 인쇄법에 의해 제작된 유기 박막 트랜지스터용 전극에 관한 연구

이미영 (부경대 화상정보공학부), 남수용\* (부경대 화상정보공학부)

A Study on Contacts for Organic thin-film transistors fabricated by Screen Printing Method

Mi-Young Lee(Image & Information Eng. Dept., PKNU), Su-Yong Nam(Image & Information Eng. Dept., PKNU)

ABSTRACT

We studied about the manufacture of the drain-source contacts for OTFTs(organic thin-film transistors) by using screen printing method. The conductive fillers used Ag and carbon black. The conductive contacts with 100 μm of channel length were screen printed on a silicon dioxide gate dielectric layer and, the pentacene semiconductor was deposited via vacuum deposition. As a result of studying various conductive pastes, we could obtain the OTFTs which exhibited field-effect behavior over arrange of drain-source and gate voltages, similar to devices employing deposited Au contacts. By using screen-printing with conductive paste, the contacts are processed at low temperature, thereby facilitating their integration with heat sensitive substrates.

**Key Words** : Screen printing method(스크린 인쇄법), OTFT(유기박막트랜지스터), Drain-source contacts(드레인-소스 전극), Conductive paste(전도성 페이스트)

1. 서론

최근 유기/고분자 전자 재료 및 디바이스는 상당한 발전을 이루어 왔다. 이 중, 유기 박막 트랜지스터에 관한 연구는 1980 년 이후부터 시작되었으며 근래에 들어 전 세계적으로 본격적인 연구가 진행되고 있다. 제작 공정이 간단하고, 비용이 저렴하며 충격에 의해 깨지지 않고, 구부러지거나 접을 수 있는 전자회로 기판이 미래 산업에 필수적인 요소가 될 것으로 예상되고 있으며, 이러한 요구를 충족시킬 수 있는 유기 트랜지스터의 개발은 아주 중요한 연구분야로 대두되고 있다.<sup>1)</sup> 유기 트랜지스터를 제작하는 방법에는 재료가 유기물이기 때문에, 용액 프로세스가 가능하며, 잉크젯 프린팅,<sup>2)-4)</sup> 스크린 프린팅,<sup>5)</sup> dipping, spin coating, casting 등의 저가격 프로세스가 이용되고 있다. 본 연구에서는 이러한 제조 방법 중에서 스크린 마스크를 이용하여 필요한 부분에만 패턴을 형성함과 동시에 성막이 가능한 스크린 인쇄법을 이용하여, 유기 트랜지스터의 source-drain contacts 를 형성하였다. 이를 위해 전도성 필러로 Ag 및 carbon black 을 사용하여 전도성 페이스트를 제조하였고, 스크린 인쇄법을 이용하여 형성된 전극들의 특성을

검토하였다.

2. 실험

전도성 Ag 페이스트를 제조하기 위해서 먼저 바인더 수지로 UV 경화성 올리고머 및 모노머를 경화성, 경도 및 체적 수축 등을 검토하여 선택한 뒤,<sup>6)</sup> Ag(KP-P3, ㈜코나켄) 분말의 비율을 달리하여 3 종류의 Ag 페이스트를 제조하였다. 그 조합비를 Table 1 에 나타내었다. 또한, 전도성 carbon black 페이스트는 현재 스크린 인쇄용으로 시판되고 있는 열건조 타입의 전도성 페이스트(Metech)를 사용하여 그 특성을 검토하였다.

Table 1. Blend system of UV curing resin/conductive filler/solvent

Paste NO. (wt%)	Ag	EB9646	DPHA	TMPTA	HPA	P.I
P(1)	90	8	0.4	1.2	0.4	4 phr
P(2)	80	16	0.8	2.4	0.8	2 phr
P(3)	70	24	1.2	3.6	1.2	2 phr

본 실험에서 스크린 인쇄를 하기 위해 제작된 스크린 제판의 사양을 Table 2 에 나타내었다. 제판에 사용된 감광 유제는 해상력과 내용제성이 우수한 dual curing type 으로 인쇄에 있어서 페이스트

의 번짐을 방지할 목적으로 불소계 수지를 첨가한 감광유제를 사용하였다.<sup>7)</sup>

Table 2. The specification of screen printing plate.

Frame (mm)	Mesh Count	Mesh angle (°)	Tension (mm/kg)		Mesh Thickness (#)	Emulsion Thickness (#)	Total Thickness (#)
			X	Y			
320×320	500	22.5	1.02	1.00	28	5	33

상기의 스크린 판을 이용하여 전도성 페이스트를 반자동 스크린 인쇄기(BS-150ATC, 반도체산업(주))에 의해 SiO<sub>2</sub> 기판 위에 스크린 인쇄하였다. 인쇄 조건은 스퀴지 각도를 80 도로 고정시키고, 이격거리(1.2mm-2.5mm), 스퀴지 밀어 넣는 양(degree of squeegee pushing in, 0.05-0.5mm), 인쇄 속도(100-180mm/sec)는 전도성 페이스트의 레올로지 특성에 따라 조절하였다.

스크린 인쇄된 전극층은 Ag 페이스트의 경우, UV 노광을 통해, carbon black 페이스트의 경우엔, 100℃에서 30 분간 열건조함으로써 전극 피막을 얻었다. 인쇄된 전극 패턴은 광학 현미경인 Olympus BX60(Japan)을 이용하여, 50 배율에서 관찰하였고, 그 전도성은 4-point probe 를 사용하여 측정하였다. 그리고 인쇄된 전극층 위에 유기 반도체인 p-type 의 pentacene 을 진공 열증착하여 OTFT 디바이스를 제작한 뒤, 그 특성을 4146B parameter analyser(Agilent)를 통해 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1. 스크린 인쇄에 의해 형성된 패턴

본 연구에서 스크린 인쇄에 의해 얻어진 source-drain contacts 의 패턴 사진을 Fig. 1 에 나타내었다. 페이스트의 레올로지 특성에 따라 패턴의 크기 및 샤프니스에 차이가 있음을 알 수 있었고, 인쇄 조건을 달리하여도, 페이스트 레올로지 특성이 최적 이 되지 않으면 좋은 패턴을 얻을 수 없음을 알 수 있었다.

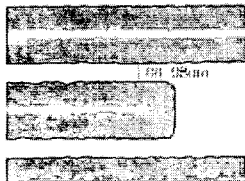


Fig. 1. The micrographs of patterns of screen printed source & drain contact using conductive Ag paste(2).

3-2. OTFT 디바이스의 이동도 및 전류, 전압 특성  
본 실험에서 제조한 전도성 페이스트를 스크린 인쇄하여 전도성 필러의 종류 및 함량에 따른 전극 피막의 전기 저항치 및 OTFT 소자 제작시의 hole 이동도를 Table 3 에 나타내었다. 그리고 OTFT 의 output curve 결과를 Fig. 2 에 나타내었다. 전기 저항 측정 결과, 전도성 carbon black 페이스트보다 Ag 페

이스트의 전도성이 대체로 우수하였지만, Ag 가 70%이고, UV 바인더 수지가 30%인 경우, 피막의 표면에 UV 수지에 의한 절연층이 형성되어 표면 저항값이 측정되지 않았다. Hole 이동도에 대한 결과를 보면, carbon black 페이스트의 경우 Ag 보다 더 높은 값을 나타내었다. 이것은 유기 반도체에 대한 ohmic contact 를 이루기 위해서는 전극의 일함수(work function)가 반도체의 그것과 잘 매치가 되어야 하므로 일함수가 높은 carbon black 의 경우에 더욱 높은 이동도를 보이는 것으로 사료된다.<sup>8)</sup>

Table 3. The comparative mobilities & sheet resistance of OTFT manufactured by screen printing

(cm <sup>2</sup> /Vs)	0.012	0.0013	0.0003E	0.018
이동도 (hole)	0.012	0.0013	0.0003E	0.018
시트 저항치	1.2E11	1.3E11	1.3E11	1.8E11
비고	Ag paste(1)	Ag paste(2)	Ag paste(3)	Carbon black

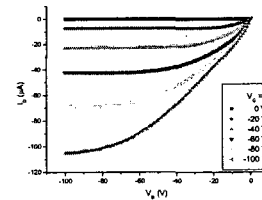


Fig. 2. The output curves of a printed OTFT using conductive Ag paste (2).

### 4. 결론

전도성 페이스트를 이용하여 스크린 인쇄법에 의해 OTFT 용 source & drain contacts 를 제작한 결과, 전도성 필러의 종류 및 함량에 따라 OTFT 소자의 전도성 및 hole mobility, 그리고 output curve 의 특성이 달라짐을 알 수 있었다. Ag 의 함량이 높을수록 전도성은 높아졌지만, hole mobility 는 Ag 보다 높은 일함수를 가진 carbon black 피막에서 더 높은 값을 나타내었다.

### 참고문헌

1. 김성현 외, 물리학과 첨단기술, June, 28(2002)
2. Matthias Plotner, etc., Wolf-Joachim Fischer, Synthetic Metals, 147, 299(2004)
3. Takeo Kawase, etc., Thin Solid Films, 438-439, 279-287(2003).
4. Takeo Kawase, 機能材料, 24, 3, 33(2004)
5. Zhenan Bao, etc., Chem. Mater, 9, 1299 (1997).
6. 이미영, etc., 화상학회 24<sup>th</sup> 학술대회(2005)
7. 伊東洋一, 日本印刷學會誌, 40, 2 (2003)
8. Erik J. Brandon, etc., Appl. Phys. Lett. 83, 3945 (2003)