

Direct Printing법에 의해 제작된 OTFT용 source & drain 전극용 전도성 페이스트 제조

이미영, 남수용, 김성현*
부경대학교, *한국전자통신연구원

The Manufacture of Conductive paste for OTFT source & drain contacts Fabricated by Direct printing method

Mi-young Lee, Su-yong Nam, Seong-hyun Kim*
Pukyong National Univ. *ETRI

Abstract : We studied about conductive pastes of the source-drain contacts for OTFTs(organic thin-film transistors) fabricated by direct printing(screen printing) method. We used Ag and conductive carbon black powder as the conductive fillers of pastes. The conductive pastes were manufactured by various dispersing agents and dispersing conditions and source-drain contacts with 100 μ m of channel length were fabricated. We could obtain the OTFTs which exhibited different field-effect behaviors over a range of source-drain and gate voltages depending on a kind of conductive fillers used conductive pastes.

Key Words : OTFT, source & drain contacts, direct printing method, conductive paste

1. 서 론

OTFT(organic thin film transistor)는 유기물 박막을 게이트 절연층, 전극층, 반도체층으로 사용하는 전계 효과 트랜지스터로, 넓은 면적 위에 소자를 제작할 수 있고, 낮은 공정 온도, 구부림이 가능하다는 등 많은 이점을 가지고 있다.¹⁾ OTFT는 재료가 유기물이기 때문에, 용액 프로세스가 가능하며, 잉크젯 프린팅²⁾, 스크린 프린팅, dipping, spin coating 등의 저가공 프로세스를 이용하여 제작이 가능하다. 본 연구에서는 스크린 마스크를 이용하여 원하는 부분에 패턴과 막을 동시에 형성할 수 있는 직접 인쇄법의 한 종류인 스크린 인쇄법을 이용하여 유기 트랜지스터의 source-drain 전극층을 형성하였다. 이를 위해, 스크린 인쇄적성 및 source-drain 전극특성을 갖춘 전도성 페이스트가 필요하고, 본 실험에서는 이러한 특성을 만족하는 전도성 페이스트의 제조에 대하여 연구하였다. 전도성 필러로서는 전기 저항치 및 hole mobility를 고려하여 Ag와 일함수가 높은 전도성 카본블랙을 사용하였고,³⁾ 바인더는 열건조 타입의 아크릴 수지를 사용하였다. 분산제 종류에 따른 전도성 카본블랙의 분산성 및 Ag powder 표면의 코팅 물질에 따른 Ag 페이스트의 분산성을 각각 검토하였다. 또, 제조된 전도성 페이스트를 이용하여 SiO₂ 기판 위에 전극층을 인쇄한 뒤, 유기 반도체인 pentacene을 진공 열증착하여 OTFT 디바이스를 제작하였고, 전도성 페이스트의 필러 종류 및 함량에 따른 OTFT 디바이스의 특성을 검토하였다.

2. 실험

본 실험에서 사용한 전도성 필러의 특성을 표 1에 나타내었다.

표 1. 전도성 필러의 특성.

Ag powder	Apparent density(g/cm ³)	Particle size(μ m)	Surface area(m ² /g)
Value	3.67	1.0	1.84

Carbon black powder	DBP Absorption (ml/100g)	pH value	Apparent density (kg/m ³)	Particle size (nm)	Surface area (m ² /g)
Value	150	8.0	280	23	120

Ag powder(KP-P3, (주)코나텍)는 금속 결합력 때문에 그 자체만으로는 바인더에 분산시키기 어렵고, 분산제를 사용할 경우, 그 함량에 대비하여 분산성이 좋지 않을 뿐만 아니라, 분산제가 이물 역할을 하여 전도성을 떨어뜨리게 된다. 따라서, 분산제 대신, Ag powder의 표면을 acid, amine, thiol 등으로 소량 코팅하여, 분산성 향상 및 전도성을 동시에 얻으려 하였다. 또, 전도성 카본 블랙(HIBLACK 40B2, KCB)의 경우, 전도성을 높이기 위해 일반 카본 블랙에 비해 입자경이 작고, 비표면적이 크며, structure가 발달되어 있어, 그 분산은 매우 어렵다.⁴⁾ 따라서 다양한 분산제(BYK Chemie)를 사용하여, 그 분산성 및 전기 저항성을 검토하였다. 페이스트 제조 조건을 표 2에, 제조 과정을 그림 1에 각각 나타내었다.

표 2. 전도성 페이스트 제조 조건.

Ag paste			
Ag powder coating - 80%		Binder resin - 20%	
	caprylic acid 0.1%	acryl resin	
	oleic acid 0.1%		
	octane thiol 400ppm		
	dodecane thiol 400ppm		
	triethanol amine 0.1%		
	caprylic acid + triethanol amine 0.1%		
Carbon black paste			
Carbon black powder	dispersing agent	solvent	Binder resin
25%	A - 20.8%	44.2%	10%
	B - 27.17%	37.83%	
	C - 24%	41%	
	D - 13%	52%	
	E - 12.62%	52.38%	

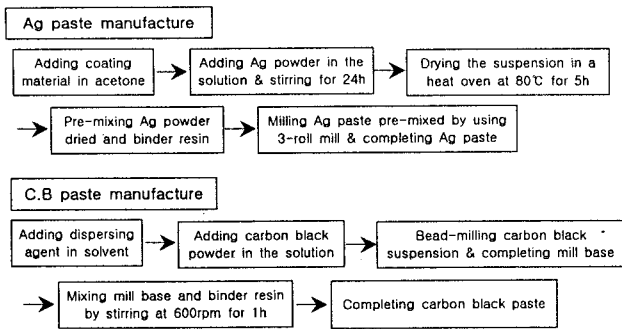


그림 1. 전도성 페이스트 제조 과정.

제조한 전도성 페이스트의 분산성에 대한 평가는 연화도 측정(grindometer) 및 PSA(ELS-Z, OTSUKA electronics)를 통해 측정하였다. 전도성 페이스트는 SiO₂ 기판 위에 500mesh SUS 망사로 된 스크린 마스크를 이용하여 반자동 스크린 인쇄기(BS-150ATC, 반도산업(주))로 인쇄되었으며, 열건조되었다. 인쇄된 패턴은 광학현미경(Olympus BX60, Japan)에 의해 50배율에서 관찰되었다. 인쇄된 source-drain 전극 위에 p-type 유기 반도체인 pentacene를 진공 열증착하여 OTFT 디바이스를 제작하였고, 그 특성을 4146B parameter analyzer(Agilent)에 의해 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 2에 전도성 Ag 페이스트의 연화도 측정 결과를, 도 3에 carbon black mill base의 PSA 결과를 나타내었다.

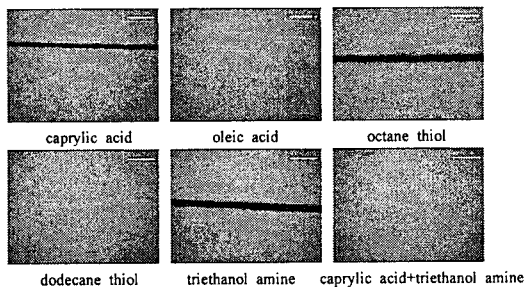


그림 2. Ag 페이스트 연화도 측정 결과 현미경 사진.

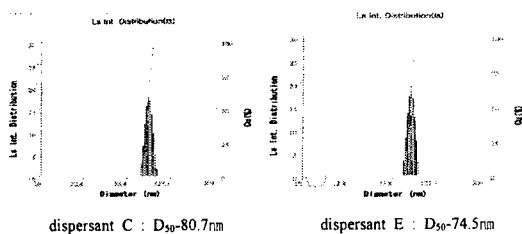


그림 3. Carbon black 페이스트 PSA 결과

Ag 페이스트의 경우, Ag 표면에 코팅한 재료에 따라 분산성에 차이가 있는데, oleic acid와 dodecane thiol 그리고 caprylic acid+triethanol amine으로 코팅한 파우더의 경우, 분산성이 우수함을 알 수 있었다. oleic acid의 경우, 건조 과정에서 acid 내의 이중결합이 산소와 반응하여 산화중합되면서 Ag 표면을 잘 피복하여 우수한 분산성을 보여주고

있고, dodecane thiol의 경우, Ag표면과 흡착하는 anchor부인 thiol의 우수한 흡착성과 바인더와 친화성이 있는 tail부가 Ag 파우더끼리의 응집을 방해할 만큼의 chain부를 가지고 있다는 점에서 우수한 분산성을 보이는 것으로 사료된다. carbon black의 경우도, 사용한 분산제가 모두 동일함량(SOP(solid on pigment) 50%)으로 첨가됐음에도, carbon black powder의 표면 특성에 맞는 분산제의 경우, 우수한 분산성을 나타내었다. 특히 안료 친화성 그룹을 가진 블록 코폴리머 용액인 분산제 C와 안료 친화성 그룹을 가지면서 고분자량의 코폴리머인 E의 경우 우수한 분산 특성을 나타내었다. 그림 4에는 스크린 인쇄에 의해 얻어진 source-drain 전극의 패턴을 나타내었다. 동일한 스크린 판과 인쇄 조건 하에서, 페이스트의 레올로지 특성에 따라서 다른 패턴이 얻어졌다.

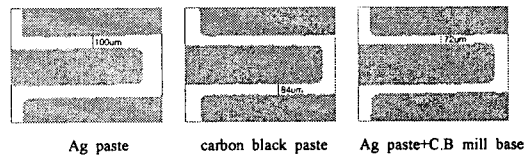


그림 4. 전도성 페이스트를 이용한 source-drain 전극 패턴.

그림 5는 제작된 OTFT 디바이스의 특성을 나타낸 것이다. hole mobility 0.02cm²/Vs의 값을 갖는 전극층을 형성하였다.

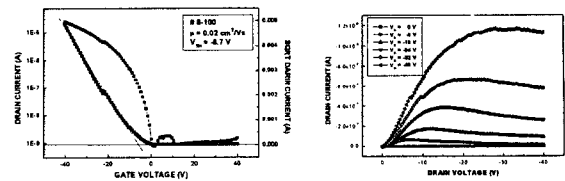


그림 5. 제작된 OTFT의 전기적 특성.

4. 결론

본 연구에서는 OTFT용 source-drain전극의 특성을 갖추면서, 스크린 인쇄에 의해 100μm의 패턴을 형성할 수 있는 전도성 페이스트를 제조하였다. 전도성 파우더로서 Ag와 carbon black을 사용하였고, 분산성이 나쁜 두 필러의 분산성 향상을 위해, 표면 코팅 및 적절한 분산제를 사용하여, 100μm의 패턴이 얻어질 수 있는 페이스트를 제조하였다. 그리고 hole mobility 0.02cm²/Vs의 값을 갖는 source-drain전극을 형성하였다.

참고 문헌

- [1] 김성현 외, 물리학과 첨단기술, June, 28(2002)
- [2] Takeo Kawase et al. Thin Solid Films, Vol 438-439, p. 279(2003)
- [3] Erik J. Brandon et al. Appl. Phys. Lett. Vol 83, P. 3945(2003)
- [4] Nicolaus Probst, Eusebiu Grivei, Carbon, Vol 40, p. 201(2002)