

화학마스크 템플릿을 이용한 잉크의 화학적 자기정렬화에 대한 연구 Preliminary Study on the Fine Metal Electrode Formation Using Chemical Mask Template

*#신동윤¹

*#Dong-Youn Shin¹(dongyoun.shin@gmail.com)

¹ 한국기계연구원 나노융합기계본부

Key words : chemical mask template, chemical self-alignment, printing, printed electronics

1. 서론

전자 및 디스플레이 분야에서 공정 및 소재비용을 절감하기 위해 프린팅 공정을 통해 소자를 제작하기 위한 노력이 지속되고 있다. 예를 들어, 저온 동시소성 세라믹(Low Temperature Co-fired Ceramic) 기술을 이용한 RF 필터 [1], 습도센서 [2], 유기 박막트랜지스터(Organic Thin Film Transistor) [3-5]와 같은 전자소자를 몰이나 잉크젯 프린팅을 이용하여 제작하기 위한 연구가 활발히 전개되어 왔다.

그러나, 기존의 포토리소그래피와 달리 액상의 잉크를 이용한 프린팅 공정으로는 미세한 패턴을 제작하기가 용이하지 않으며, 특히 패턴간의 정밀한 중첩이 필요한 박막트랜지스터의 경우 중첩 오차에 의해서 소자가 동작하지 못하는 문제가 발생할 수도 있다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 소수성 및 친수성 영역으로 표면처리된 기판에서 액상잉크의 자기정렬을 통해 패턴이 수행되는 방법에 대한 기초 연구[6]와 소자제작이 활발히 전개되어 왔다 [7,8]. 그러나, 이와 같은 표면에너지 패턴법은 포토리소그래피와 같은 기존 공정을 이용하여 친수성과 소수성을 가지는 영역들을 형성하여주는 전처리를 수반할 뿐만 아니라, Fig. 1 에 보인 바와 같이 열처리 시에 소수성 특성을 나타내는 첨가제들이 기판의 표면으로 확산되어 잉크를 패턴 가장자리로부터 이격(dewetting)시키는 현상을 유발하는 문제점이 있었다. 이와 같은 잉크 이격 현상을 이용하여 유기 박막트랜지스터의 채널길이를 줄이려는 연구도 있으나 [9], 잉크 이격 현상은 의도된 조절이 쉽지 않으므로 상업적으로 이용되기 힘들 수 있다는 문제점이 있다.

본 연구에서는 잉크의 이격문제를 발생시킬 수 있는 표면 에너지 패턴법을 대체하기 위해 화학마스크 템플릿을 이용하여 실버잉크를 미세패턴하는 것에 대한 선행실험결과를 소개하도록 한다.

2. 실험

슬라이드 글라스(Ref. 10 004 12, Paul Marienfeld GmbH & Co. KG, Germany)에 화학마스크 템플릿을 형성하기 위해 스피ن코터 (Spin 3000A, Midas System Co., Ltd., South Korea)를 500 rpm 으로 셋팅하여 20 초 동안 화학마스크를 도포한다. 이후 170 °C 에서 5 분간 가열하여 도포된 화학마스크에 잔존하는 유기용매를 제거함과 동시에 화학마스크의 유기용매에 대한 내성을 증가시키도록 한다.

도포된 화학마스크는 Fig. 2a 에 보인 바와 같이, 532 nm 의 파장대를 가지는 레이저(U-5G, RMI Korea Co., Seoul, South Korea)를 이용하여 유기 박막트랜지스터의 소스와 드레인 전극을 패터닝하여 템플릿을 제작하였다.

유기 실버잉크(C2080402D5, Gwent Electronic Materials Ltd., UK)를 Fig. 2b 에 보인 바와 같이, 화학마스크 템플릿 상에 500 rpm 으로 20 초 동안 전면 도포한 후, 제작된 샘플들을 170 °C 에서 5 분간 건조한 후에 최종적으로 170 °C 에서 210 °C 까지 소성온도를 바꾸어가며 10 분간 열처리를 하였다. 제작된 샘플들은 4 포인트 프로브(Universal Probe, Jandel Engineering, Ltd., UK)와 소스미터(Model 2400, Keithley Instruments Inc., USA)를 이용하여 표면저항을 측정하였다.

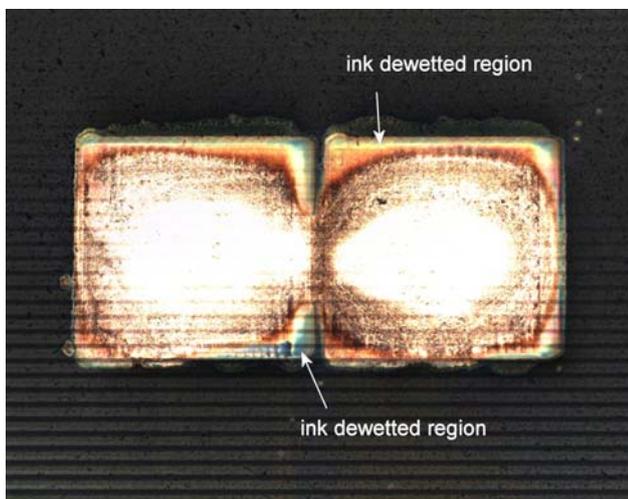


Fig. 1 Silver ink dewetting while cured at 210 °C for 10 min due to the surface diffusion of fluorinated additive, SR-220.

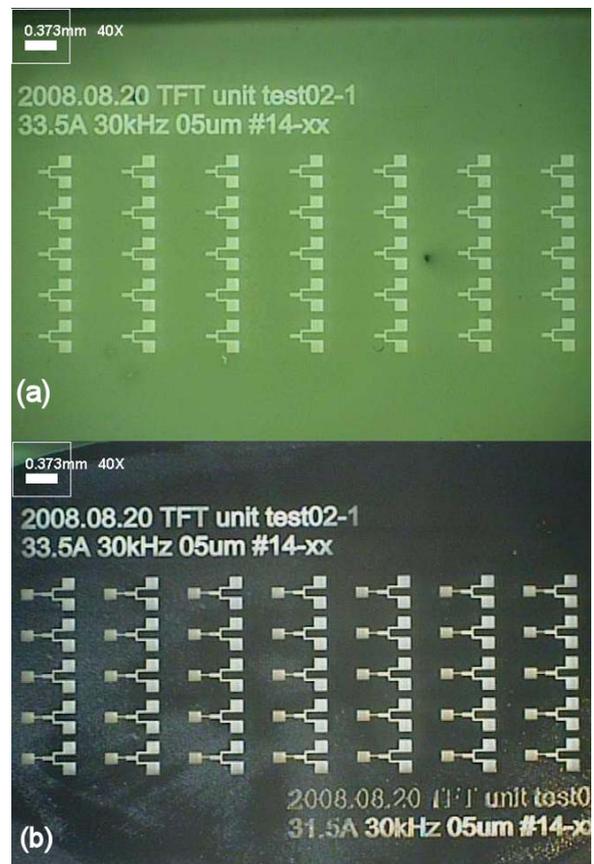


Fig. 2 Chemical mask template in (a) and organic silver compound coated on the chemical mask template in (b).

참고문헌

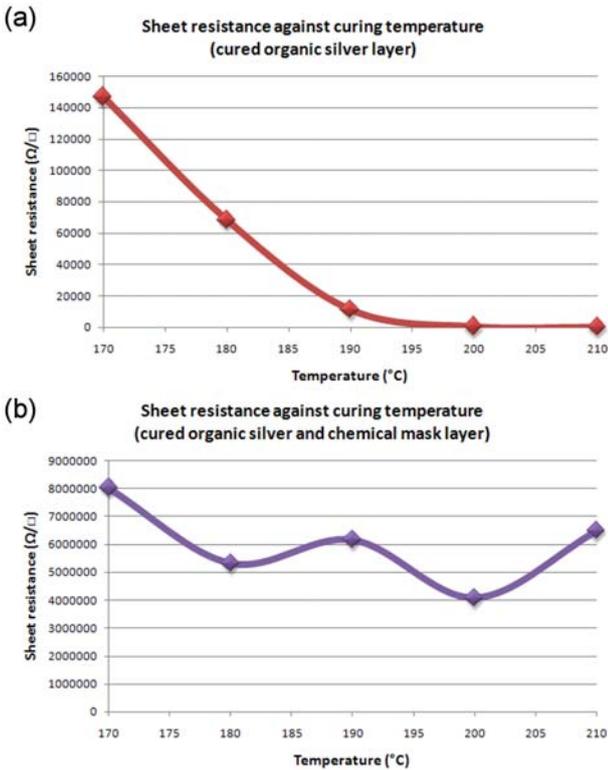


Fig. 3 Sheet resistance data of organic silver compound final cured at 210 °C for 10 min in (a) and the conjunction of the organic silver and chemical mask in (b).

3. 결과 및 토의

유기 실버잉크는 열처리를 가할 경우 실버를 제외한 다른 성분들이 열분해되어 제거됨으로써 전도체로 변하는 특성을 가진다 [10]. Fig. 3a 에 보인 바와 같이 최종소성온도가 210 °C 일 때, $2.57 \pm 0.06 \Omega/\square$ 의 표면 저항값을 보였다. 반면, 화학마스크 상에 형성된 실버층의 표면 저항값은 Fig. 3b 에 보인 바와 같이 $6.01 \pm 1.46 M\Omega/\square$ 에 이르렀다. 이는 화학마스크 상에 형성된 실버들이 전도성 네트워크를 형성하지 못하고 고립되어 있음을 의미한다. 따라서, Fig. 2 에 도시된 미세패턴들 중에서 화학마스크가 제거된 곳에 적층된 유기 실버잉크만 열처리 후에 전도성을 나타내며, 화학마스크 상에 적층된 유기 실버잉크층은 열처리 후에 비전도성을 나타내므로 표면에너지 패터닝을 이용하지 않고도 미세패턴을 수행할 수 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 스핀코팅을 이용하여 화학마스크를 전면 도포하고, 레이저로 미세전극 패터닝을 수행한 후, 유기 실버잉크를 스핀코팅을 이용하여 전면 도포하였다. 210 °C 에서 10 분간 열처리를 하였을 때, 화학마스크와 유기 실버잉크가 접촉한 곳은 $6.01 \pm 1.46 M\Omega/\square$ 의 표면저항이 측정되었으며, 레이저에 의해 화학마스크가 제거된 곳에 도포된 유기 실버잉크는 $2.57 \pm 0.06 \Omega/\square$ 의 표면저항이 측정되었다. 이와 같이, 표면에너지 패터닝을 이용하지 않고 화학마스크 템플릿을 이용하여 미세전극패터닝을 수행할 수 있음을 보였으며, 이를 통해 소수성/친수성 표면에너지 패터닝에서의 잉크 이격문제를 해결할 수 있음을 보였다.

후기

본 연구는 지식경제부의 지원(10032144)으로 수행되었으며, 화학마스크를 샘플로 제공해 준 Panipol Ltd.와, 샘플의 특성 측정에 도움을 준 ABC Nanotech Co. Ltd.에 감사 드립니다.

1. Lahti, M., and Lantto, V., "Passive RF band-pass filters in an LTCC module made by fine-line thick-film pastes," *Journal of the European Ceramic Society*, **21**, 1997-2000, 2001.
2. Harrery, P.M., Ramsey, B.J., Evans, P.S.A., and Harrison, D.J., "Capacitive-type humidity sensors fabricated using the offset lithographic printing process," *Sensors and Actuators B*, **87**, 226-232, 2002.
3. Bartzsch, M., Kempa, H., Otto, M., Hübler, A., and Zielke, D., "Device and circuit simulation of printed polymer electronics," *Organic Electronics*, **8**, 431-438, 2007.
4. Fisher, T., Hahn, U., Bartzsch, M., Schmidt, G., Kempa, and H., Huebler, A.C., "Novel in-line method for patterned deposition of conductive structures," *Organic Electronics*, **10**, 547-550, 2009.
5. Siringhaus, H., Kawase, T., Friend, R.H., Shimoda, T., Inbasekaran, M., Wu, W., and Woo, E.P., "High-Resolution Inkjet Printing of All-Polymer Transistor Circuits," *Science*, **290**, 2123-2126, 2000.
6. Darhuber, A.A., Troian, S.M., Davis, J.M., and Miller, S.M., "Selective dip-coating of chemically micropatterned surfaces," *Journal of Applied Physics*, **88**, 5119-5126, 2000.
7. Fischer, T., Hahn, U., Dinter, M., Bartzsch, M., Schmidt, G., Kempa, H., and Huebler, A.C., "Novel in-line method for patterned deposition of conductive structures," *Organic Electronics*, **10**, 547-550, 2009.
8. Sele, C.W., Werne, T., Friend, R.H., and Siringhaus, H., "Lithography-Free, Self-Aligned Inkjet Printing with Sub-Hundred-Nanometer Resolution," *Advanced Materials*, **17**, 997-1001, 2005.
9. Zhao, N., Chiesa, M., and Siringhaus, H., "Self-aligned inkjet printing of highly conducting gold electrodes with submicron resolution," *Journal of Applied Physics*, **101**, 064513.1-064513.6, 2007.
10. Dearden, A.L., Smith, P.J., Shin, D.Y., Reis, N., Derby, B., and O'Brien, P., "A Low Curing Temperature Silver Ink for Use in Ink-Jet Printing and Subsequent Production of Conductive Tracks," *Macromolecular Rapid Communications*, **26**, 315-318, 2005.