

포토마스크가 필요 없는 스크린 제판 기술 개발(III)

강효진[†], 박경진, 김성빈*, 남수용*, 안병현**

[†]부경대학교 대학원 인쇄공학과, *부경대학교 공과대학 화상정보공학부, **신소재 공학부
(2008년 10월 6일 접수, 2008년 11월 7일 최종 수정본 접수)

A Development on the Non-Photomask Plate Making Technology for Screen Printing(III)

Hyo-Jin Kang[†], Kyoung-Jin Park, Sung-Bin Kim,
Su-Yong Nam*, Byung-Hyun Ahn***

[†]Department of Graphic Arts Engineering, Graduate School, Pukyong National University,

*Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University,

**Department of Metallurgical Engineering, Pukyong National University

(Received 6 October 2008, in final from 7 November 2008)

Abstract

We designed a UV-LED exposure system which has 365nm dominant wavelength due to the environment-friendly and economical maskless screen plate making. And the photoresist applied on the screen stretched was exposed without mask by beam projector with UV-LED light source. Then it was developed by air spray with 1.7 kgf/cm² of injection pressure. The pencil hardness and solvent resistance of curing photoresist film were excellent as those of conventional photoresist film and the maximum resolution of line image formed by maskless screen plate making. was 100 μ m, so we could establish the possibility of environment-friendly maskless screen plate making technology. But the sharpness of the patterns were $\pm 40\mu$ m since the exposure system for maskless plate making has weak light intensity and the diffusion of light.

Keyword : maskless, screen printing, plate making

1. 서 론

스크린 인쇄는 현재 PCB뿐만 아니라, LCD, PDP, 유기 EL 등 display 관련 전기, 전자 부품 제조의 모든 분야에 활발히 적용되고 있으며, 전기, 전자 산업의 핵심 기술로 자리 잡고 있다.¹⁾⁻¹¹⁾ 현재 전자 산업 분야에서의 인쇄 기술은 cost down면에서나 공정의 단순화 또는 환경적인 면에서 기존의 에칭 기술을 점점 밀어낼 만큼 이미 획기적이고 절대적인 위치를 차지하고 있으며, 그 중에서 스크린 인쇄는 타 인쇄 기술에 비해 인쇄 메커니즘이 간단하고 제판에의 비용 등이 적게 드는 등 여러 가지 장점을 가지고 있기 때문이다.

이러한 스크린 인쇄의 공정은 크게 원고 준비, 제판, 인쇄로 이뤄지는데, 이 중 제판은 다시 PC 원고 입력 → 마스크 제작 → 망사 견장 → photoresist 도포 → 마스크 노광 → 습식 현상의 공정을 거쳐 완료하게 된다. 제판 공정에서 maskless 노광 시스템과 건식 현상 공정을 개발한다면, 기존 공정에서 발생하는 다량의 폐액 및 폐수, 필름 폐기물들이 발생하지 않으므로 보다 친환경적일 뿐만 아니라 마스크 필름의 위치 맞춤과 밀착에서의 불량을 없앨 수 있고, 제판기의 controller에 입력된 원고를 마스크 제작 공정 없이 바로 패턴 노광에 이용함으로써 In-Line system에 의한 제판 공정 시간의 단축 및 생산성 향상이 가능할 것으로 기대된다.

그리하여 선행 연구(I)에서 CRT 광원의 beam projector를 이용하여 포토마스크 없는 스크린 인쇄용 제판 기술을 개발하였으나 광원의 세기 및 직진성이 부족하여 샤프니스가 나빠 최대 800 μ m까지만 재현이 가능했다. 이로 인해 CRT 광원의 beam projector가 아닌 직진성 및 콘트라스트 등 고정세 제판에 적합한 새로운 광원 및 그에 적합한 photoresist의 재설계가 필요하게 되었다.

본 실험에서는 선행 연구(II)에서의 LED 광원인 super cool light 노광 시스템을 Maskless 노광 시스템에 적합한 장비로 재설계하여 선행 연구에서 UV-LED 광원에 최적화시킨 photoresist를 접목시켜 photoresist의 물성 및 특성을 검토하였으며 포토마스크 없는 제판 기술로서의 가능성을 알아보았다.

2. 실 험

2-1. Maskless용 스크린 제판 공정

Table 1에 현재 일반적으로 사용되고 있는 스크린 인쇄의 제판 공정과 본 실험에서 실행한 제판 공정을 비교 설명하였다. 현재 상용화된 공정에서는 필름 또는 유리를 지지체로 하는 마스크(mask)가 제작되고 이를 이용한 패턴 노광 및 현상액(주로 물)을 이용

한 습식 현상을 통해 스크린 제판이 완료된다.

본 실험에서는 마스크 제작 공정 없이 controller에 직접 패턴 정보를 입력하고, 입력된 정보를 통해 UV-LED 노광 시스템으로 경화부에만 선택적으로 직접 패턴 노광을 함으로써 maskless 노광이 가능하게 되었으며, 또한 현상액을 사용하지 않고 air spray를 이용하여 건식 현상을 함으로서 제판을 완료하였다.

2-2. Maskless용 노광 및 건식 현상 시스템

본 실험에서의 노광 현상 시스템의 기본 concept은 Fig. 1에서와 같이 controller에 직접 입력된 패턴 정보를 통해 조사 헤드가 움직이고 점등되어 레지스트가 도포된 판에 UV-LED 광원을 노광하게 된다. 광원의 주 파장은 365nm로서 직진성이 매우 우수하다. 광원이 실제 조사되는 조사 헤드부의 구조는 Fig. 2와 같으며 광원의 위치 정밀도는 $\pm 1\mu\text{m}$ 이고 이는 로봇에 의해 컨트롤 된다. 조사 면적의 직경은 슬릿을 이용하여 $5\mu\text{m}$ 단위로 조절 가능하며 이러한 슬릿에 의해 광원의 직경 조절뿐만 아니라 광확산 현상을 최소화 한다. 조사 헤드와 제판될 판과의 거리는 $20\sim 200\mu\text{m}$ 로 조절 가능하며, 실제 열이 발생하는 광원과 분리된 구조로 노광시에 열에 의한 영향을 근본적으로 없애 따로 냉각 장치가 필요하지 않게 설계하였다.

Table 1. Comparative Conventional and Novel Plate Making Processes of Screen Printing

Conventional Process	Novel Process
Inputting A Copy Into PC ↓ Manufacturing A Mask ↓ Stretching Screen And Attaching It To Frame ↓ Applying Photoresist & Drying ↓ Exposing With Mask ↓ Wet-Developing & Drying ↓ Completing Plate Making	Inputting A Copy Into Controller ↓ Stretching Screen And Attaching It To Frame ↓ Applying Photoresist ↓ Exposing Without Mask ↓ Dry-Developing ↓ Completing Plate Making

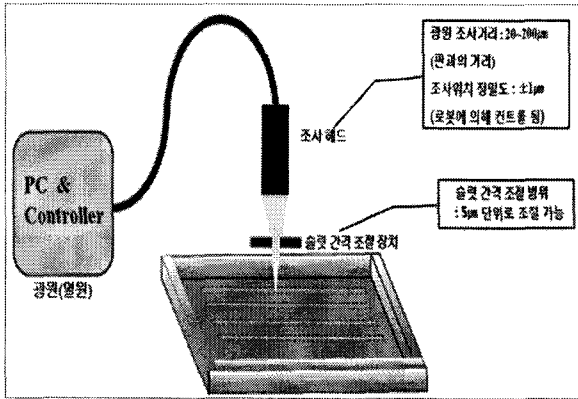


Fig. 1. The concept of UV-LED exposure system.

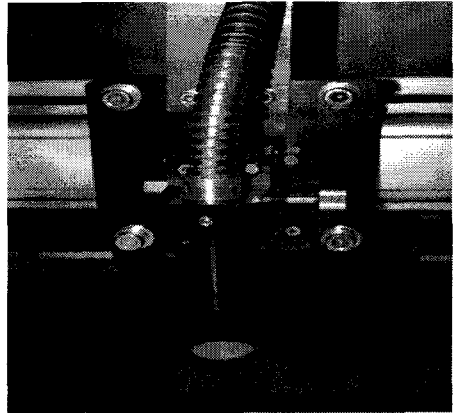


Fig. 2. The exposing head of the exposure system.

본 실험에서 제조된 photoresist를 버킷을 이용하여 스크린 망사 위에 도포하였고, 별도의 건조 공정 없이 바로 maskless 노광을 하였다. 먼저 maskless 제판기의 controller에 Fig. 3과 같이 100 μm /100 μm 의 stripe형 패턴을 입력한 후 노광을 실시하였다. 제판 면적은 320 \times 320mm, 노광 거리와 광량은 패턴의 샤프니스 및 현상성을 고려하여 노광 거리 100 μm , 광량 1000mJ/cm²로 설정하였다.

노광 시스템의 기본적인 동작 원리는 기본적으로 Fig. 4의 시스템 구동부의 구조 도면에 나타낸 바와 같이 입력된 X, Y축 정보에 의해 움직이게 된다. 즉 입력된 거리만큼 X축을 따라 조사헤드가 움직이고, Y축으로는 판을 고정시킨 테이블이 이동하여 전체적인 움직임이 결정되는 것이다. 설정 가능한 패턴은 stripe형 및 dot형으로 기본적으로 설정 가능한 패턴 형태에서 광량 조정 및 노광 속도 및 거리, 시간은 자유자재로 설정할 수 있으나 곡선패턴 입력은 아직 무리가 있다.

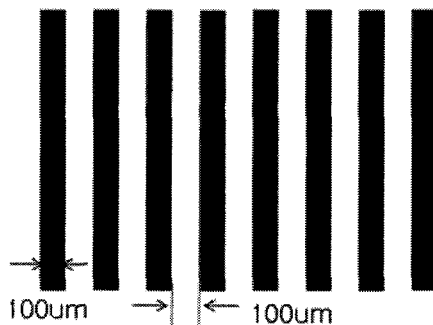


Fig. 3. The pattern image of copy for maskless screen plate making.

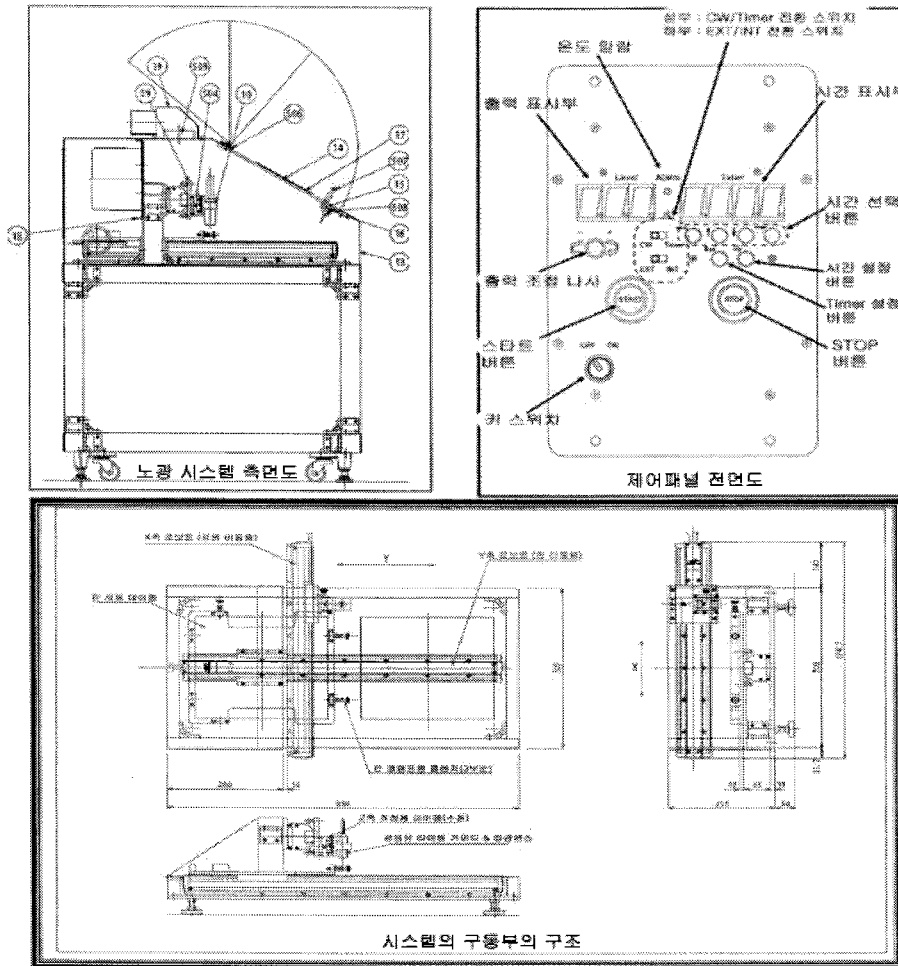


Fig. 4. General drawings of the UV-LED exposure system.

이동 거리와 시간은 제어패널을 통해 입력하며 이에 의해 조사헤드의 이동 속도가 결정된다. 노광 광량은 시스템의 최대 광량 $1500\text{mW}/\text{cm}^2$ 에 대해 몇 %를 조사할 것인가를 설정하게 된다.

노광을 실시한 후에는 빛을 받지 않은 즉, 경화되지 않은 비노광부의 photoresist를 제거하는 현상 공정을 행하였는데, 본 실험에서는 air spray를 통한 건식 현상을 행하였으며, 이 때 air spray의 노즐 직경은 3mm이고, 분사 시 압력은 $1.7\text{kgf}/\text{cm}^2$, 분사와 스크린 판과의 거리는 3cm, 분사 시간은 50~60sec로 하였다. 노광 조건의 양호 여부를 건식현상을 통해 판단하게 되며 광량이 과다할 경우 비노광부까지 경화되어 패턴의 치수 정밀도가 떨어지고, 반대로 광량이 부족할 경우 노광부의 레지스트가 벗겨지는 등의 현상을 보였다.

건식 현상 공정 이후에는 post baking을 하여 도막내의 잔류 용제를 완전히 제거하여 maskless 제판법에 의한 스크린 판을 완성시킨다.

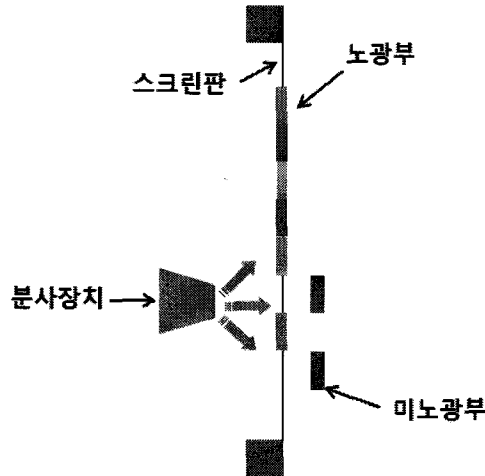


Fig. 5. The dry development system of maskless plate making.

3. 결과 및 고찰

3-1. Photoresist 도막의 물성 측정 결과

망사 위에 photoresist를 도포한 후, 노광 및 현상 공정을 통해 경화되어 남겨진 감광막은 스크린 판의 비화선부 역할을 하게 된다. 이 비화선부는 스크린 판의 우수한 내쇄력을 위해 스크린 인쇄시 스쿠지의 마찰에 견디는 정도와 잉크 속에 들어 있는 용제 및 세정 용제에 견디는 내용제성을 갖춰야 한다.

본 실험에서는 선행 연구(Ⅱ)에서 최적화 되었던 maskless용 photoresist가 과연 본 실험의 UV-LED system상에서도 적합한지 알아보기 위해, 먼저 photoresist를 슬라이드 글라스에 도포한 후, 본 시스템의 노광 조건으로 노광한 후, 본 실험에서 사용된 photoresist의 도막 물성을 검토하였다.

3-1-1. 도막의 경도

도막의 경도의 평가는 KS M ISO15184에 의한 연필 경도계 측정법으로 측정하였으며, 현재 시판 중인 디아조 수지-PVA계 감광유제(Dirasol 22, Fuji film) 경화막의 경도와 비교하여 검토하였다. 본 실험에서 제작된 maskless 스크린 제판용 photoresist의 경

도는 Fig. 6 에서와 같이 현재 시판중인 photoresist처럼 4H에서도 긁히지 않는 우수한 경도를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

즉, 본 실험에서의 UV-LED 노광 시스템이 maskless 스크린 제판용 photoresist에 대해 충분한 경화 조건을 갖추었음이 확인되었다.

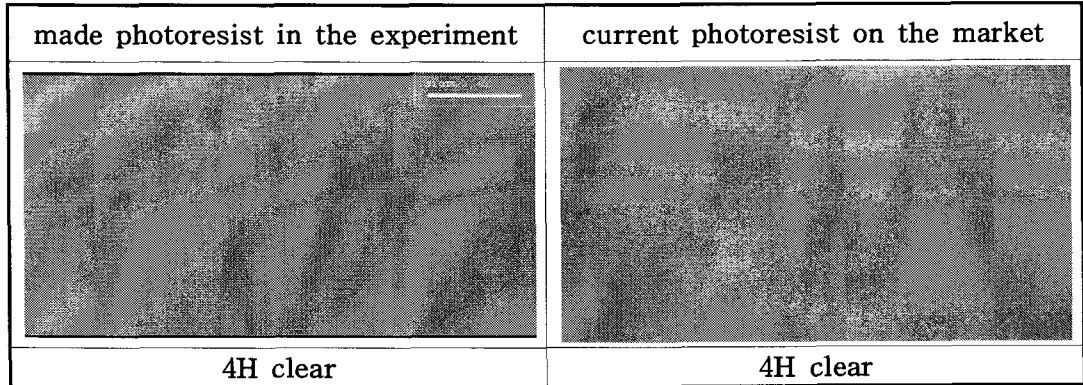


Fig. 6. The hardness of maskless photoresist.

3-1-2. 도막의 내용제성

도막의 내용제성 평가는 본 실험의 maskless 스크린 제판용 photoresist를 경화한 후 IPA(isopropylalcohol), EA(ethylacetate), xylene, acetone, NMP(N-methylpyrrolidone) 각각의 용제에 1시간동안 dipping한 후 표면의 상태를 관찰함으로써 내용제성을 평가하였다.

Photoresist 도막의 내용제성은 판의 내쇄력과도 밀접한 관련이 있으며, 본 실험에서 사용된 용제의 선정 기준은 인쇄 잉크 및 paste에 많이 사용되는 용제나 세정용으로 주로 사용되는 용제들로 하였다.

본 실험에서 개발된 maskless 스크린 제판용 photoresist의 내용제성은 Fig. 7과 같이 현재 시판중인 photoresist의 내용제성 만큼 우수한 특성을 보임을 알 수 있다. 이 결과는 선행 실험에서 최적화된 maskless용 photoresist가 본 실험에서 고안된 UV-LED 노광 시스템에의 적용이 충분히 가능성 있음을 보여주었다.

3-2. Maskless 스크린 제판의 패턴 형상 및 접착력

스크린용 판의 내쇄력을 결정짓는 요소중 중요한 요인중 하나가 용제에의 내성과 함께 photoresist의 판과의 접착력을 들 수 있다.

접착력 테스트 방식은 OPP tape 박리 시험을 통해 테스트 전, 후의 표면 상태를 관찰하여 경화된 photoresist가 얼마나 떨어져 나갔는냐를 기준으로 접착력을 판단하였다.

본 실험의 maskless용 노광 시스템 및 air spray를 이용한 건식 현상에 의해 제판된 스크린 인쇄판을 접착력 테스트 하였으며, 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다. OPP tape 박리 테스트 이후에도 표면의 뜯김이나 변화가 일어나지 않은 것으로 보아 photoresist의 충분한 광경화가 일어났으며 망사와의 접착력이 우수함을 확인할 수 있었다.


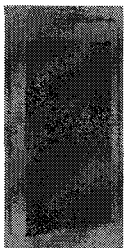



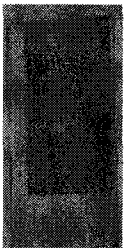






	test before	IPA	EA	xylene	acetone	NMP
made photoresist in the experiment						
current photoresist on the market						

Fig. 7. The resistability of maskless photoresist to solvent.

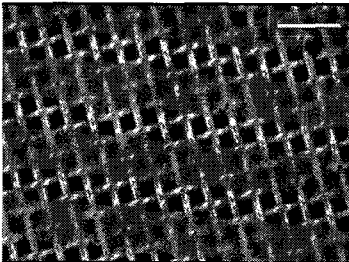
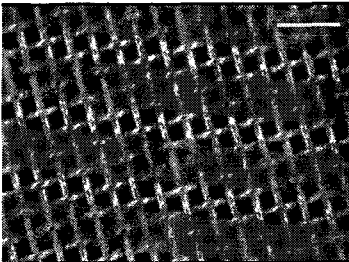
	
SUS #325mesh adhesive strength test before	SUS #325mesh adhesive strength test after

Fig. 8. The adhesive strength of maskless screen plate.

그러나 형성된 패턴의 가장자리가 샤프하지 않음을 확인할 수 있었는데, 이는 직진성이 우수한 UV-LED 광원을 사용한다 할지라도 mask없이 노광하기에는 광의 확산을 충분히 조정할 수 없었다고 판단된다. 그러므로 슬릿 조정만으로는 광의 확산을 제거하기 힘들기 때문에 광을 효과적으로 제어하기 위한 장치가 필요함을 알 수 있었다.

3-3. Maskless 방법으로 제판된 판을 이용한 인쇄물의 패턴 형상 결과

본 실험에서 maskless 스크린 제판방법으로 제작한 판으로 인쇄한 인쇄물의 패턴 형상을 Fig. 9에 나타내었다. Stripe의 두께는 $\pm 40\mu\text{m}$ 의 치수오차가 발생하였으며 전체적으로 샤프니스는 좋지 못한 특성을 보였다. 이는 판에 형성된 패턴 자체의 샤프니스가 나쁜 특성과 함께 스크린 자체의 기자재의 영향도 고려된다.

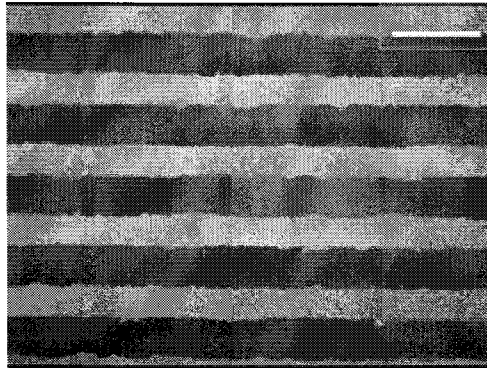


Fig. 9. The screen-printed Ag pattern image using maskless screen plate.

4. 결 론

본 실험에서는 UV-LED 광원을 가진 maskless 스크린 제판용 노광 시스템을 구현하였으며 maskless용 photoresist와의 최적화 및 air spray를 이용한 건식 현상을 하였다. 실험 결과 최대 $100\mu\text{m}$ 패턴 형성이 가능하고 내용제성 및 접착성이 우수한 특성을 보여 maskless 노광 시스템 및 건식 현상에 의한 제판의 가능성이 확인되었다. 이러한 maskless용 스크린 제판 기술에 의해 폐액, 폐수 그리고 필름 폐기물이 발생하지 않고 제판 공정이 단축되며 In-Line system이 가능한 경제적이고 친환경적인 스크린 인쇄 제판을 완성할 수 있었다. 그러나 비록 광원 자체는 직진광이라 할지라도 제판된 화선부의 가장자리가 샤프하지 않은 것으로 보아 광확산 현상이 발생하는 것을 알 수 있었으며,

고정세 인쇄용 스크린 제판 기술로는 미흡한 결과를 보였다. 그러나 이러한 문제점은 광원을 집광시킨다면 충분히 해결할 수 있을 것이라 판단된다. 차후에는 이러한 광 산 문제를 최소화시키기 위해 집광렌즈의 사용에 따른 광 확산 현상과 슬릿의 두께에 따른 광확산 현상에 대한 연구를 실시할 것이다. 또한 건식 현상 시스템을 도입하여 In-Line system에 의한 maskless 스크린 인쇄 제판 공정 시스템을 확립할 계획이다.

참 고 문 헌

- (1) 남수용, 알기 쉬운 스크린 인쇄 공학, pp. 1~4 (2005).
- (2) F. C. Krebs, H. Spanggard, T. Kjaer, M. Biancardo, and J. Alstrup, *Mater. Sci. Eng. B*, **138**, pp. 106 (2007).
- (3) F. G. Zeng, C. C. Zhu, W. Liu, and X. Liu, *J. Microelectronics*, **37**, pp. 495 (2006).
- (4) D. A. Pardo, G. E. Jabbour, and N. Peyghambarian, *Adv. Mater*, **12**, pp. 1249 (2000).
- (5) S. E. Shaheen, R. Radspinner, N. Peyghambarian, and G. E. Jabbour, *App. Phys. Lett.*, **79**, pp. 2996 (2001).
- (6) 在野 康, 月刊 ディスプレ, 2月号, pp. 29 (2000).
- (7) 二村 浩, 日本印刷学会誌, **40**, pp. 10 (2003).
- (8) 日口洋一, 日本印刷学会誌, **40**, pp. 33 (2003).
- (9) Z. Bao, Y. Feng, A. Dodabalapur, V. R. Raju, and A. Lovinger, *Chem. Mater.*, **9**, pp. 1299 (1997).
- (10) Y. Wu, Y. Li, B. S. Ong, P. Liu, S. Gardner, and B. Chiang, *Adv. Mater.*, **17**, pp. 184 (2005).
- (11) E. J. Brandon, W. West, and E. Wesseling, *App. Phys. Lett.*, **83**, pp. 3945 (2003).