

포토마스크가 필요 없는 스크린 제판 기술 개발(II)

박경진[†], 강효진, 김성빈*, 남수용*, 안병현**

[†]부경대학교 대학원 인쇄공학과, *부경대학교 공과대학 화상정보공학부, **신소재 공학부
(2008년 10월 6일 접수, 2008년 10월 31일 최종 수정본 접수)

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

Kyoung-Jin Park[†], Hyo-Jin Kang, 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 31 October 2008)

Abstract

We have manufactured a photoresist which has excellent dispersity and good applying property due to 330 cps of viscosity for environment-friendly and economical maskless screen plate making. And the photoresist applied on the screen stretched was exposed with mask by UV-LED light source so we could manufacture the photoresist which proper for the UV light source. And it was developed by air spray with 1.7 kgf/cm² of injection pressure. Because of the excellence of power and resolution of the UV-LED light source, the pencil hardness and solvent resistance of curing photoresist film were excellent as those of conventional photoresist film. Moreover the 100 μ m-width stripe image which has sharp edges was formed. So we confirmed a possibility of dry development process by air spray method.

Keyword : maskless, screen printing, plate making

1. 서 론

현재 LCD, PDP, 유기 EL 등 display 관련 전기, 전자 부품 제조의 모든 분야에 활발히 적용되고 있는 스크린 인쇄법은 다른 공법에 비해 제작 공정이 간단하고 생산 비용이 저렴하며, 재료 이용 효율이 높은 등의 장점이 있다. 종래 스크린 인쇄판의 제조 기술은 포토마스크를 이용하여 UV 노광 후, 비노광부를 알칼리 수용액 또는 물로 현상하는 방식이며, 이러한 습식 제판 공정 및 포토마스크 제작 공정에서 다량의 폐액, 폐수 등이 발생하게 된다.

이러한 문제점은 maskless 노광 및 건식 현상을 적용함으로써 해결 할 수 있다. Mask를 사용하지 않고 노광함으로써 제판 공정을 줄임과 동시에 mask 제작으로 인한 폐액 처리 문제를 발생시키지 않는다. 또한 건식 제판 공정을 선택함으로써 현상 공정에서의 현상 얼룩, 현상액의 배수 처리 문제 등을 방지할 수 있다.

본 실험에서는 선행 연구의 문제점으로 제기 되었던 파장 이용 효율이 낮은 가시광 영역의 beam projector에 의한 노광 방식 대신 UV-LED(super cool light) 노광 시스템으로 photoresist 제조 및 그 특성을 검토 하였다. 선행 연구에 사용되었던 beam projector의 노광은 주로 가시광을 방출하는 CRT 방식으로서 파장 에너지가 낮고 이용 효율이 떨어질 수밖에 없었다. 그에 비해 LED(super cool light) 노광 시스템은 고휘도의 특정 파장에 효율이 높기 때문에 maskless 제판에 보다 유리하다고 판단된다.

본 실험에서는 maskless 공정에 의한 제판이 아닌 Mask 제판 공정에 의해 제판을 하였으며, 주된 목적은 super cool light에 의한 photoresist의 물성 확보와 노광 여부를 확인하고자 하였다.

2. 실 험

2-1. Maskless용 photoresist 제조

본 실험에서는 photoresist용 바인더 수지로써 UV 경화형 수지를 사용하였고, 높은 해상력과 경도, 그리고 우수한 접착력을 갖춘 에폭시계 아크릴레이트 수지와 접착력 및 내약품성이 우수한 우레탄계 아크릴레이트 수지를 혼합하여 바인더 수지로 사용하였으며 각 수지의 물성은 Table 1과 같다. 또한 바인더 수지와 상용성 및 광경화성이 우수한 6관능 모노머 DPHA와 3관능 모노머 TMP3EOTA가 각각 사용되었다. 본 실험에서 제작된 maskless용 photoresist의 formulation은 Table 2와 같다.

본 실험의 maskless용 super cool light 노광 시스템은 파장의 변화가 적고 광량의 변화가 적으며, 광원의 발광 파장 영역이 365nm이므로 photoresist에 사용되는 광중합 개

시제는 365nm 근처에서 흡수 능력이 우수한 Irgacure 369와 ITX를 사용하였고, 광개시제가 분말 상태이므로 용해력이 우수한 용제(NMP)에 녹여 사용하였다. 그리고 photoresist의 도포적성을 위해 바인더 수지 및 모노머와 상용성이 좋은 PGMEA를 용제로 사용하였고, 소포성, 분산성을 위해 BYK사의 소포제 및 분산제를 각각 사용하였다.

본 실험에서 제작된 maskless용 photoresist의 제조 공정을 Fig. 1에 나타내었다. Mill base와 clear resist를 각각 2000rpm-90min, 500rpm-30min mixing하여 제조한 후, 이들을 500rpm, 30min mixing하는 것으로 maskless용 photoresist를 제조하였다.

2-2. Maskless 용 노광 및 건식 현상 시스템

본 실험에서 사용된 super cool light 노광 장치는 365nm의 UV 광을 방출하는 LED 방식의 직진성 및 분광 특성이 매우 우수한 광원을 사용하였으며, 그 특성은 Table 3에 일반 램프 방식과 비교하여 나타내었고 장치의 외관을 Fig. 4에 나타내었다.

본 실험에서 사용된 UV-LED 방식의 super cool light 노광 장치는 일반 램프 방식과 달리 파장 및 광량의 변화가 거의 없고 조사 방식 또한 필요한 부분에 조사할 때만 점등되며 소비 전력 또한 일반 램프 방식의 약 1/80조차 되지 않으므로 매우 경제적이랄 수 있다. 본 실험의 UV-LED 램프 광원의 발광 스펙트럼을 Fig. 2에 나타내었다.

실험에서 제조된 photoresist를 버킷을 이용하여 스크린 망사 위에 도포하였고, 별도의 건조 공정 없이 바로 Fig. 3과 같은 패턴의 mask를 사용하여 노광을 하였다. 이 실험의 궁극적인 목적은 포토마스크를 사용하지 않은 친환경적 제판 기술을 확립하는 것이지만 본 실험의 목표는 UV-LED 광원에 적합한 photoresist를 제조하는 것이므로 본 실험에서는 포토마스크를 사용하여 제판하였다. Fig. 3에 본 실험에서 사용한 포토마스크의 형태를 나타내었다. 그리고 노광 후 빛을 받지 않은 비노광부의 photoresist를 제거하기 위해 air spray를 통한 건식 현상을 하였으며, 이 때 air spray의 노즐 직경은 3mm이고, 분사시 압력은 1.7kgf/cm², spray와 스크린 판과의 거리는 3cm, 분사 시간은 50~60sec로 하였다.

Table 1. The Properties of Binder Resins for Photoresist

Items	UV Curing Resin	
	EB 9695	Urethane Acrylate
Composition	Epoxy Acrylate	Urethane Acrylate
Molecular Weight(Mw)	25,000 -30,000	35,000 -50,000
Tg Temperature	55.2	32.6
Viscosity	32,000	80,000
Base Solvent	PGMEA	BA
Solid(N.V, %)	65	60

Table 2. The Formulation of Photoresist

Mill Base						
Material	Solvent	Monomer		Pigment	Dispersant	
	PGMEA	DPHA	TMP3EOTA	2Y301	BYK-163	
Wt(%)	10%	7.5%	7.5%	2%	0.5%	
Clear Resist						
Material	Oligomer		Photoinitiator		Solvent	Defoamer
	EB-9695	APU-1000	I-369	ITX	NMP	BYK-A535
Wt(%)	40%	30%	2Phr	0.5Phr	1.2%	0.5%

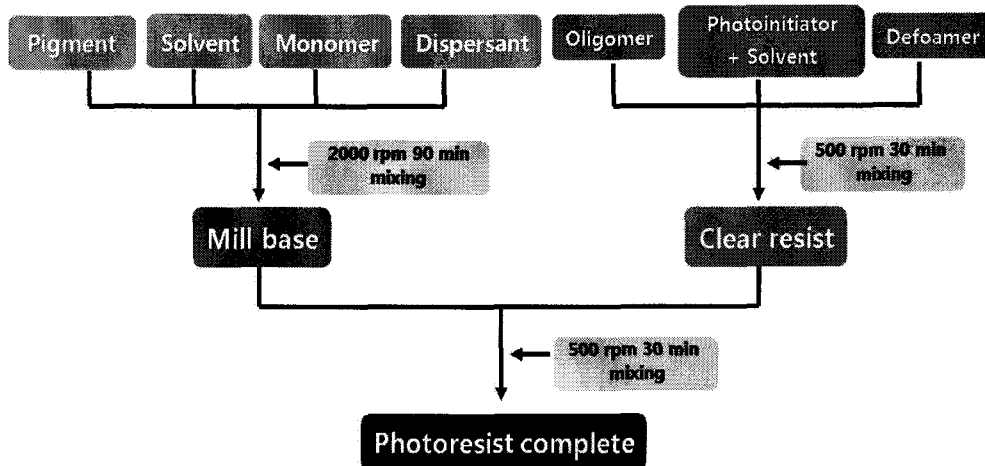


Fig. 1. Manufacture process of photoresist.

Table 3. The Character of Super Cool Light Compared with Conventional System

Items	Super Cool Light	Common Lamp Type
Wavelength Of Light Source	주파장 365nm	365nm이외의 파장이 혼재
Variation Of Wavelength	거의 없음	있음
Variation The Intensity Of Radiation	거의 없음	있음(감쇠됨)
Life Of Light Source	보증 시간=1년간 (20,000시간의 실적이 있음)	약 2,000시간 (Lamp의 파손 위험이 있음)
Power Consumption	3W	250W
Lighting Type	조사할 때만 점등	연속 점등이 필요
A Cable	Fiber Type	Fiber Type
Capacity·Weight	1/3 ~ 1/4	1

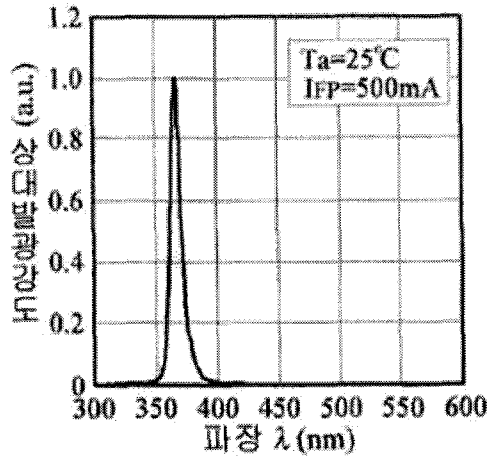


Fig. 2. The exposure spectrum of super cool light.

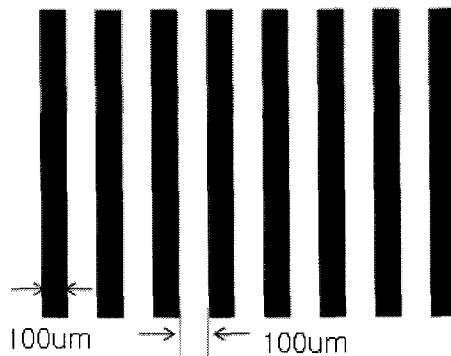


Fig. 3. The pattern image of copy for maskless screen plate making.

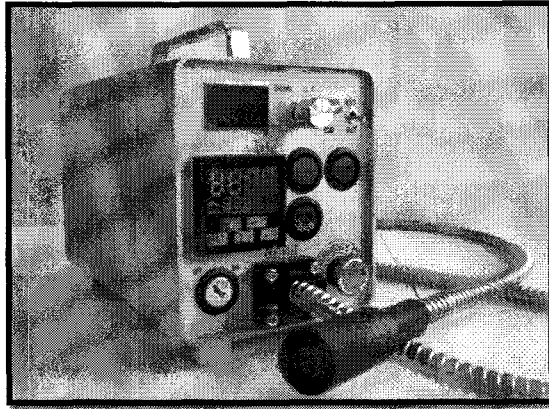


Fig. 4. The exposure system of maskless screen plate making.

3. 결과 및 고찰

3-1. Maskless용 photoresist의 점도 거동

Fig. 5에 photoresist의 전단 속도 변화에 따른 점도 거동을 나타내었다. Photoresist의 점도 거동은 버킷을 이용하여 망사 위에 레지스트를 도포할 때, 그 도포 적성에 큰 영향을 미치게 된다. 본 실험에서 제조한 photoresist는 그래프에서도 알 수 있듯이 전단 속도의 변화에 따라 점도가 거의 일정하여 newtonian flow에 가까운 거동을 보이고 있으며, 낮은 점도와 newtonian flow에 의해 도포 도막의 두께가 얇아 후막 제판에는 한계가 있을 것으로 생각된다.

3-2. Maskless용 photoresist의 분산성

본 실험에서 제조한 maskless용 photoresist는 화선부와 비화선부의 구별을 위해 소량의 녹색 안료를 첨가하였는데, 이 안료가 바인더 속에 잘 분산되지 않으면 photoresist의 도포적성, 경화성, 내구성 등의 특성을 저해할 수 있다.

따라서 본 실험에서 제조한 photoresist의 분산특성을 측정하였고, 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다. Grindo gauge를 이용하여 분산 특성을 검토한 결과, Fig. 6에서 나타난 것처럼 $3\mu\text{m}$ 의 지점뿐만 아니라 그 이하의 위치에서도 굵힘이 나타나지 않는 우수한 분산 특성을 보이고 있다. 본 실험의 photoresist 제조 공정에서 beads-mill 분산 공정에 의해 레지스트속의 안료 입자가 바인더 속에 잘 분산되어 있음을 알 수 있었고, 이로 인해 형성될 감광막의 특성도 균일할 것으로 사료된다.

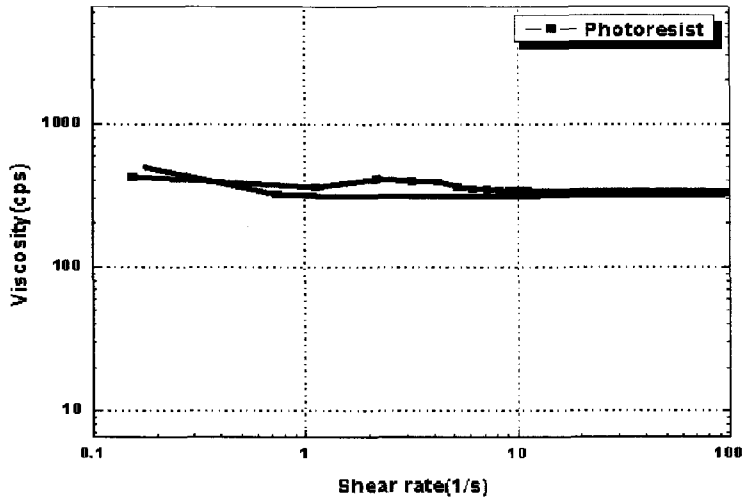


Fig. 5. The shear rate dependence of viscosity for photoresist

3-3. Photoresist 경화막의 경도

본 실험의 maskless용 노광 시스템에 의해 경화된 photoresist 도막의 경도는 연필 경도 측정을 통해 판단하였고, 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 그리고 현재 시판중인 디아조 수지-PVA계 감광유제(Dirasol 22, Fuji film) 경화막의 경도와 비교하여 검토하였다. 그 결과, 본 실험의 maskless용 photoresist 도막의 경도가 현재 시판중인 디아조수지-PVA와 같이 4H까지 견디는 우수한 특성을 나타내는 것을 볼 수 있었다.

3-4. Photoresist 경화막의 내용제성

Table 5에는 본 실험의 photoresist 경화막의 내용제 특성을 현재 시판 중인 감광유제 경화막과 비교하여 나타내었다. 내용제성 테스트에 사용된 5종류의 용제는 현재 스크린 잉크용 세정 용제로 사용되거나 용해력이 강한 용제들로 이뤄져있다. 결과에서도 알 수 있듯이, 경화막의 내용제성은 선행 연구에서 CRT 광원을 사용했을 때와는 달리 테스트한 모든 용제에서 시판중인 photoresist만큼 우수한 특성을 나타내었다.

3-5. Maskless 스크린 제판의 패턴 형상 및 인쇄 결과

본 실험의 super cool light 노광 시스템 및 air spray를 이용한 건식 현상에 의해 제

판된 스크린 인쇄판의 패턴 형상 및 패턴부와 망사와의 접착력을 OPP tape와의 접착력으로 판단하였으며, 그 결과를 Table 6에 나타내었다. Super cool light 노광 시스템의 노광 최적화가 되지 않아 광확산 현상 발생과 air spray에 의한 건식 현상 공정에서의 over-blowing에 의해 재판된 패턴의 치수 오차가 발생하였지만, 가장자리가 샤프한 화선부를 얻을 수 있었고, 이 결과를 통해 super cool light 노광 시스템과 air spray에 의한 건식 현상의 가능성을 확인할 수 있었다. 또한 노광후 photoresist의 패턴부와 망사와의 접착력 테스트 결과 photoresist의 충분한 광경화가 일어났으며, 망사와의 접착력이 우수함을 확인할 수 있었다.

Table 5. Images of Curing Photoresist Films after Dipping in Solvents for 1 hour













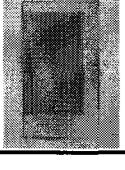
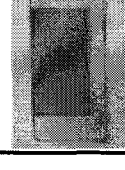

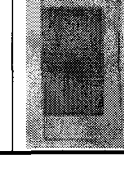

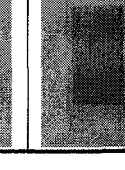
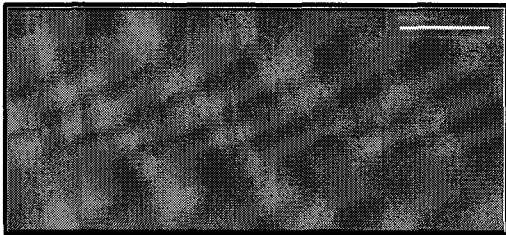
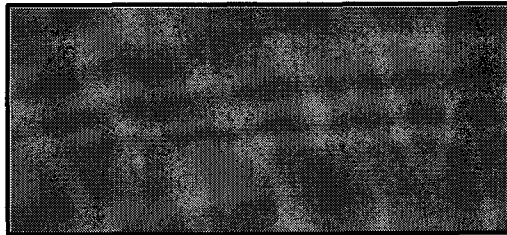
	Test Before	IPA	Acetone	Xylene	EA	NMP
Photoresist On The Market						
Priority Study (CRT Exposure)						
Made Photoresist						

Table 4. The Hardness of Maskless Photoresist

Made Photoresist In The Experiment	Current Photoresist On The Market
	
4H Clear	4H Clear

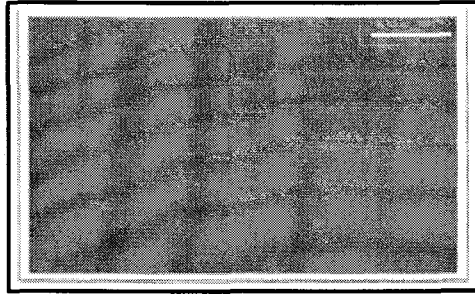
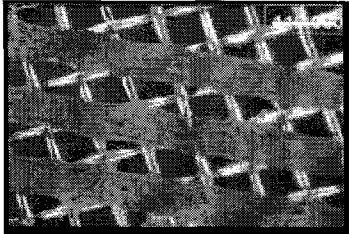
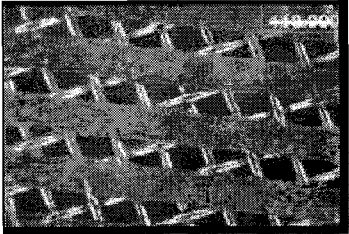
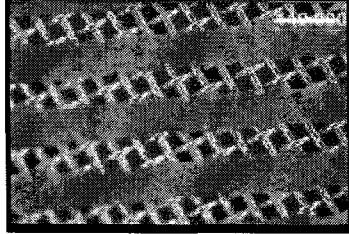
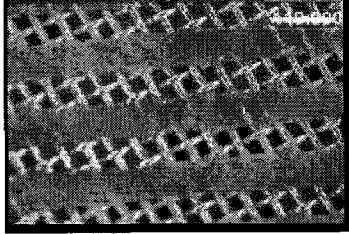
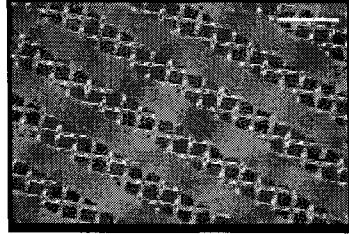
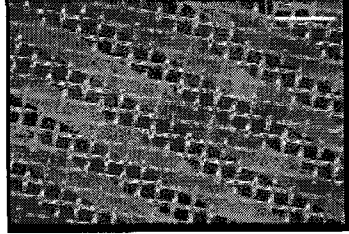


Fig. 6. The dispersity result of photoresist - 3um.

Table 6. The Pattern Image of Maskless Screen Plate

	
SUS #200Mesh Adhesive Strength Test Before	SUS #200Mesh Adhesive Strength Test After
	
SUS #325Mesh Adhesive Strength Test Before	SUS #325Mesh Adhesive Strength Test After
	
SUS #400Mesh Adhesive Strength Test Before	SUS #400Mesh Adhesive Strength Test After

4. 결 론

본 실험에서는 maskless용 스크린 제판 기술에 관해 연구하기 위해 도포적성이 우수한 maskless용 photoresist를 제조하였고, LED 광원을 가진 super cool light 노광시스템을 이용하여 노광 시스템을 구현하였으며 air spray를 이용한 건식 현상을 행하였다. 이러한 maskless용 스크린 제판 기술에 의해 폐액, 폐수 그리고 필름 폐기물이 발생하지 않고 제판 공정이 단축되며 In-Line system이 가능한 경제적이고 친환경적인 스크린 인쇄 제판 기술의 가능성을 확인할 수 있었다. 제판된 화선부의 가장자리가 샤프한 결과를 통해 super cool light 노광 시스템과 air spray 방식에 의한 건식 현상 공정의 가능성을 확인할 수 있었다.

앞으로 이러한 UV-LED 광원의 시스템을 구축하여 maskless 스크린 제판의 In Line system에 다가설 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, 日本印刷學會誌, **40**, pp. 10 (2003).
- (8) 日口洋一, 日本印刷學會誌, **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).