

# 인쇄전자를 위한 그라비아 오프셋 인쇄

김충환<sup>#</sup>, 최병오<sup>\*</sup>, 류병순<sup>\*</sup>, 김동수<sup>\*</sup>

## Gravure Offset Printing for Printed Electronics

Chung Hwan Kim<sup>#</sup>, Byung-Oh Choi<sup>\*</sup>, Byung Soon Ryu<sup>\*</sup> and Dong Soo Kim<sup>\*</sup>

### ABSTRACT

Manufacturing of printed electronics using printing technology has begun to get into the hot issue in many ways due to the low cost effectiveness to existing semi-conductor process. This technology, with low cost and high productivity, can make it possible to produce printed electronics such as TFT, solar cell, RFID Tag, printed battery, and so on. In this study, apparatus of gravure-offset printing are developed for fine line-width/gap printing and the results obtained from the apparatus shows that it is possible to make around 20 micro-meter line-width/gap printing patterns. The roll-to-roll printing system for fine line-width printing based on primary experiment is presented. The printing results obtained from the system shows around 30 micro-meter line-width/gap printing patterns.

**Key Words** : Printed Electronics (인쇄전자), Gravure offset (그라비아 오프셋), Printing (인쇄), Ink transfer (잉크 전이)

### 1. 서론

최근 선진 각국은 폴리머 칩에 의한 저가의 RFID 태그, 스마트 센서, 플라스틱 태양전자, 전자 종이 등의 유비쿼터스 환경 구축에 충당될 새로운 제품의 생산 프로세스를 개발하는 기술에 많은 연구와 투자를 진행하고 있다.<sup>1-3</sup> 이러한 제품들은 유연한 소재 위에 형성되어야 하고 대량 생산이 가능해야 하며, 비교적 대면적의 전자소자로 수십 마이크로 수준의 정밀도를 필요로 하는 공통적인 특징을 갖는다. 이러한 제품을 대량으로 생산할 수 있는 방법으로 주목되고 있는 것이 롤투롤 인쇄 기술로 반도체성, 절연성, 전도성 재료의 중첩 인

쇄를 위한 생산 시스템이며 이 기술은 기존 인쇄의 도트 패턴 인쇄가 아닌 미세 선폭 패턴, 정밀 속도/장력/사행 제어의 구현을 필요로 한다.

이렇게 인쇄 방식으로 생산되는 전자제품을 인쇄전자(Printed Electronics)라 하며 장치 이와 같은 인쇄전자소자가 유비쿼터스 기반을 형성하는데 막대하게 소요될 RFID 태그와 무선센서 등에 응용되고 롤투롤 인쇄방식이 이들을 생산하는 기술로 사용될 전망에 따라 선진국에서는 연구개발에 이미 상당한 투자를 하고 있다. 롤투롤 인쇄 방식에 의한 전자소자 생산은 전통적으로 사용되던 인쇄 기법에 최근의 정밀 제어 기술과 가공 기술이 적용되어 매우 경제적으로 미세 선폭 프린팅을 구

접수일: 2007년 6월 7일, 게재승인일: 2007년 11월 30일

# 교신저자: 한국기계연구원 나노기계연구본부

E-mail: chkim@kimm.re.kr Tel. (042) 868-7948

\* 한국기계연구원 나노기계연구본부

현할 수 있는 장비로 평가되고 있다. 그러나 부품의 정밀도 및 제어 기술, 환경 변수 등에 매우 민감하게 반응하기 때문에 설계 변수들에 대한 최적값 선정 및 외란 대처 방안 등이 기본적으로 연구되어야 한다.

특히, 전자소자로서 기능을 하기 위해서는 기존 도트 인쇄가 아닌 수십 마이크로 수준의 미세 선 인쇄가 요구되며, 선의 단절이 전혀 없어야 되므로 이에 맞게 요구되는 사양에 따른 잉크 전이 조건이 정립되어야 한다. 이 논문에서는 이러한 전자소자 인쇄에 사용될 미세 선폭 롤 프린팅 공정 기술과 이를 생산 시스템으로 구현한 롤투롤 장비 연구에 대해 기술하고자 한다.

## 2. 롤 프린팅 공정 실험

미세 선폭 패터닝을 위한 기초 실험으로 Fig. 1과 같이 간이 실험 장치를 구현하여 오프셋 인쇄와 그라비아 방식의 두 가지 인쇄 방식에 대해 선행 실험을 수행하였다. 오프셋 또는 그라비아 오프셋 인쇄는 제판에서 피 인쇄체로 직접 잉크를 전이하지 않고 중간 전이체인 고무 블랑케트를 사용하여 간접 인쇄를 한다. 이러한 방식은 직접 전이 방식에 비해 작은 인쇄압을 필요로 하며, 고무의 중간 전이체를 사용하므로 기 인쇄된 인쇄 패턴의 손상을 적게 줄 수 있어 전자소자 인쇄에 적합한 인쇄 방식이다.<sup>1,2</sup> Fig. 2 (a), (b)는 각각 오프셋 제판과 그라비아 제판에 일반 인쇄용 검정잉크를 롤러를 이용하여 전이한 형상이다. 각 인쇄 패턴은 20  $\mu\text{m}$ 의 선폭과 선간을 갖는다.

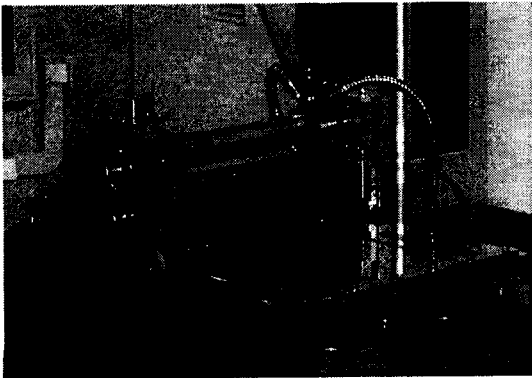


Fig. 1 Test apparatus for offset/gravure-offset printing

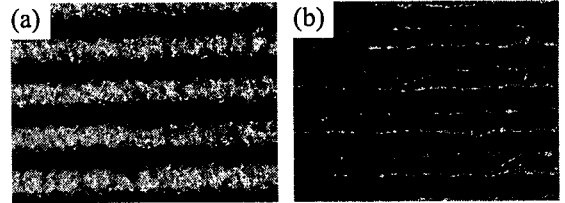


Fig. 2 Ink pattern transferred to (a) offset plate and (b) gravure plate

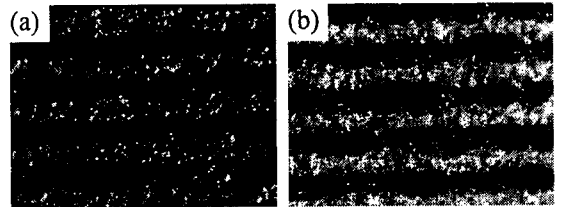


Fig. 3 Ink pattern transferred to (a) blanket and (b) aluminum surface

기존의 인쇄에서는 인간의 시각의 해상도의 한계가 50  $\mu\text{m}$  정도이기 때문에 50  $\mu\text{m}$  수준의 정밀도가 요구되었으나 인쇄 전자에서는 최소 20  $\mu\text{m}$  수준이 요구된다.<sup>6,8</sup> 따라서 본 연구에서는 20  $\mu\text{m}$  수준의 미세 선폭 인쇄를 선행 연구의 목표로 삼았다. Fig. 2에서 보듯이, 평판 오프셋 인쇄의 제판이 그라비아 제판에 비해 선폭의 균일성 면에서는 우수하다. 일반적으로 그라비아 방식보다 평판 오프셋 방식이 정밀 인쇄에 보다 적합한 것으로 알려져 있으나<sup>3,5,6</sup> 전자 인쇄에서 목표로 삼는 기능성 미세 선 패턴 인쇄는 선폭의 정밀도 뿐만 아니라 균일하고 비교적 두꺼운 두께도 요구된다. 그러나 평판 오프셋 인쇄방식의 경우 두꺼운 패턴의 인쇄에는 적합하지 않다.

Fig. 3(a)는 그라비아 제판에 롤러를 사용하여 20  $\mu\text{m}$  선폭과 선간의 제판으로부터 잉크를 전이한 후 인쇄압을 가해 블랑케트로 전이시킨 결과의 사진이며 Fig. 3(b)는 블랑케트에 전이된 잉크를 알루미늄 실린더 표면에 전이시킨 결과의 사진이다. 제판에서 블랑케트, 블랑케트에서 피 인쇄체로 잉크가 전이되어 가면서 전이되는 잉크의 양은 줄고 선폭은 증가함을 확인할 수 있다. 이러한 이유로 보다 많은 잉크전이와 정밀한 선폭 구현을 위해서는 전이 시 계인을 고려한 정밀 제판과 충분한 깊이 제판이 필요함을 알 수 있다. 오프셋 방식의 제판으로부터 그라비아 오프셋 방식으로 인쇄된 두께 수준

의 결과를 얻기 위해서는 7 회 이상의 중첩 인쇄가 필요하다.' 미세 선폭 간이 실험으로부터 그라비아 옴셋 방식을 이용할 경우 1 회의 인쇄로 단절이 없는 20 $\mu$ m 수준의 선폭 패턴이 가능함을 알 수 있다.

### 3. 그라비아 옴셋 롤 프린팅 장비의 개발

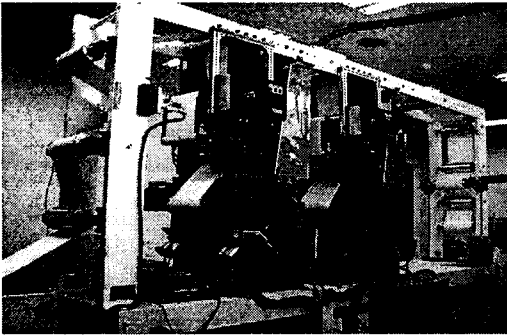


Fig. 4 Picture of the roll-to-roll printing system

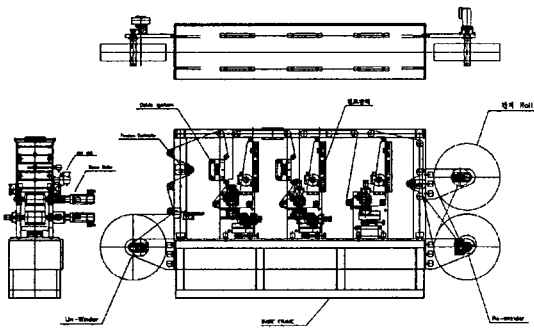


Fig. 5 Drawing of the system

#### 3.1 시스템 설계 개요

Fig. 4 는 설계된 시스템의 사진을 보여주며 Fig. 5 는 개략적인 도면을 보여준다. 시스템은 두 개의 인쇄 유닛과 한개의 코팅 유닛으로 구성되며 웹 이송을 위한 다양한 부가 장치가 구성된다. 먼저 피 인쇄체인 인쇄용지나 플라스틱 필름의 두루마리를 일정한 장력의 제어 하에 인쇄부로 공급할 수 있는 언와인더가 필요하다. 이들 피 인쇄체는 인쇄속도가 변화하더라도 신축에 영향을 주지 않는 범위 내의 장력으로 공급되도록 장력 제어장치와 연계하여 조정되는 파우더 브레이크의 언와인더를 설치하고 두루마리 피인쇄체 필름을 이탈 없이 이송시키기 위한 예지 위치 감지로 조정되는

롤 가이드를 제 1 인쇄 유닛 진입 전에 설치하였다.

인쇄 유닛은 그라비아 옴셋 방식으로 설계 되었고 판통 실린더, 블라켓 실린더, 가압 실린더의 3 개의 인쇄 롤러로 구성된다. 기존 인쇄 시스템에서는 1 개의 모터와 기어에 의해 3 개의 실린더가 구동되나, 기어에 의한 백래쉬 등에 의해 발생하는 정밀도 저해 요소를 없애기 위해 3 개의 실린더는 각각의 서보 모터로 구동된다. 이러한 독립 구동으로, 제어의 자유도를 높임으로써 보다 정밀한 제어가 가능하다. 2 개의 인쇄 유닛은 동일한 구조와 방식에 의하여 제 1, 제 2 인쇄가 이루어지는 인라인 구조로 되어 있다. 제 1, 제 2 로 이루어진 각각의 정렬 마크를 정확하게 측정 평가하고 조정하는 장치로서 고해상도의 CCD 카메라, 화상처리장치 및 제어 시스템이 구성되었다.

인쇄가 이루어진 인쇄물에 대한 건조는 열풍 방식으로 건조하는 공정으로 설계하였다. 기능성 잉크의 건조 또는 경화 속도에 의하여 전체 인라인 구조의 생산성이 지배를 받으며 잉크의 특성에 따라 자외선 경화, 적외선 경화 등의 선택적 경화 방식을 적용해야 한다. 피인쇄체에 인쇄된 회로선을 보호하기 위한 도포나 박막유전체 도포를 위하여 코팅하는 방식은 그라비아 코팅 방식으로 설계하였다.

인쇄가 이루어진 후 마지막으로 리와인딩하는 장치는 일정한 장력 또는 점차 약화되는 장력으로 조정하여 감길 수 있게 장력 제어에 의하여 조정되는 서보모터로 구성되었다.

#### 3.2 장치의 세부 설계

먼저 피인쇄체의 공급방식을 결정하고 이에 따라 언와인더 장치의 구조를 설계하였다. 언와인더는 프레임, 급지 축 롤러, 파우더 브레이크 및 동력전달 기어 등으로 구성된다.

언와인더로부터 원활한 웹의 공급을 위해서는 일정한 장력이 요구되며, 이를 위해서 제 1 인쇄 유닛과 언와인더 사이에 설치된 인피더를 설치하여 정밀 장력 제어를 수행한다. 종이와 플라스틱 필름과 같은 재질은 일정한 안정권의 장력범위 이상으로 장력이 발생하면 변형이 발생하고 급격한 감속 시에는 구김 문제가 생기므로 적절한 인쇄 속도와 장력조절이 필요하다. 장력의 검출은 로드 셀 방식으로 채택하여 정확한 장력 값을 검출하도록

록 하였다. 언와인더에서 풀려 나온 웹은 인쇄 유닛에 일정한 위치로 정확하게 진입되어야 한다. 이를 위해서는 필름의 이송 방향이 인쇄 실린더 축 방향 정위치에 수직으로 고정되도록 EPC (Edge Position controller)를 설치하였다. EPC는 웹의 에지 또는 인쇄된 일정 라인을 기준으로 이 부분을 일정하게 위치하도록 맞추는 장치이며, 광학적인 검출센서가 비접촉식으로 에지의 위치를 검출한다. 에지의 흐름이 위치를 벗어나 축 방향으로 이동하면 센서에 검지되어 가이드 롤의 구동부를 이동시켜 정위치로 이송을 조정하도록 한다.

### 3.3 프린팅 유닛의 설계

인쇄 IC 칩 등 인쇄전자소자들을 경제적으로 생산 하기 위해서는 다음과 같은 주요 기술이 필요하다. 우선, 원통형의 롤러에 미세 선폭의 인쇄 패턴을 제작하는 미세 선 제판 기술과 이러한 인쇄판 실린더로부터 원하는 미세 회로 패턴이 단절 없이 균일한 폭과 두께로 피인쇄체에 안전하게 전이하는 전이 기술이 필수적이다. 또한 인쇄 트랜지스터의 제작을 위한 중첩 인쇄 시에 요구되는 인쇄잉크를 정확한 위치에 맞추어 인쇄하는 정렬 제어 기술이 필요하다. 인쇄 유닛의 설계는 이 중에서 잉크층을 제판의 모양대로 패턴 형상을 안전하게 전이하는 방법을 구현하는 것이라고 볼 수 있다.

먼저 그라비아 선 제판방식으로 제판된 미세 회로 패턴의 인쇄 판통 실린더를 잉크 통에 잠기도록 하여 잉크를 묻힌다. 이때 잉크통 속에서 ㅼ부에 잉크를 밀어 넣는 보조 롤러를 밀착시켜 미세 ㅼ부에 충분한 잉크 채움이 이루어지게 할 수 있다. 닥터 블레이드를 이용하여 이렇게 채워진 ㅼ부의 잉크만 남기고 실린더 표면의 비화선부에 묻은 잉크를 제거하고 다음 단계로 인쇄판 실린더 상에서 순간적인 건조 열풍으로 패턴 ㅼ부의 잉크표면을 어느 정도 굳게 건조시킨다. 다음에 밀착되는 고무층의 브랑켓 실린더에 인쇄잉크가 전이되도록 적절한 전이압력을 조정한다. 브랑켓 표면에 전이된 잉크는 다시 한번 더 순간 열풍건조로 용제를 증발시켜 마지막으로 피인쇄체에 압통에 의하여 잉크층이 안전하게 전이되도록 한다.

### 3.4 미세 선폭 인쇄 실험 결과

제작된 롤투롤 그라비아 프린팅 시스템의 인쇄

성능 평가를 위해 일반 인쇄용 유성 잉크를 이용하여 인쇄 실험을 수행하였다.

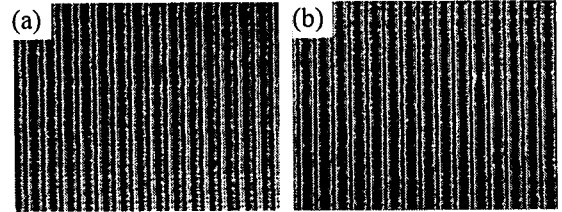


Fig. 6 Plate with fine pattern (a) line-width 60µm, gap 20µm, depth 10µm, (b) line-width 60µm, gap 20µm, depth 20µm

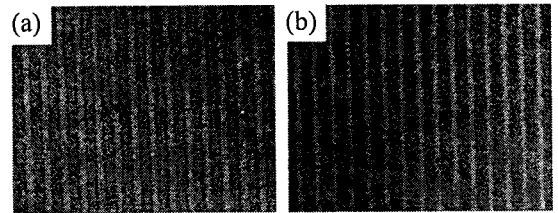


Fig. 7 Fine pattern printing results from plates of Fig. 6 (a) and (b) (a) line-width 59~61µm, gap 19~22µm (b) line-width 60~62µm, gap 18~20µm

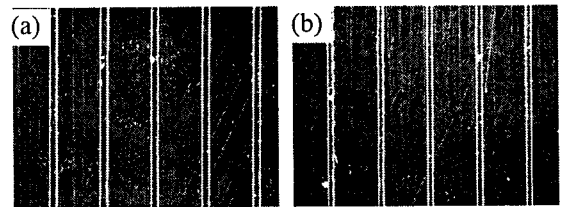


Fig. 8 Plate with fine pattern (a) line-width 30µm, (b) line-width 20µm

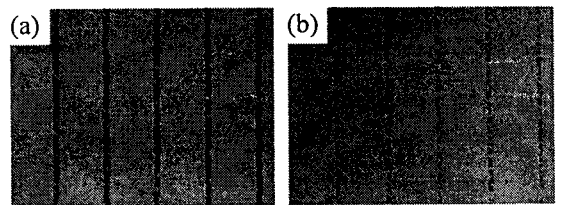


Fig. 9 Fine pattern printing results from plates of Fig. 8 (a) and (b) (a) line-width 30~35µm (b) line-width 20~22µm

피 인쇄체로는 일반 백상지와 PET 필름을 사용하였고 인쇄 속도는 30m/min 에서 실험을 수행

하였다. Fig. 6(a), (b)는 선폭 60  $\mu\text{m}$ , 선간 20  $\mu\text{m}$ , (a)는 선 깊이 10  $\mu\text{m}$ , (b)는 선 깊이 20  $\mu\text{m}$ 의 제판을 확대한 그림이며, Fig. 7(a), (b)는 Fig. 6(a), (b)의 제판으로부터 인쇄된 결과이다. 측정 결과 (a)는 선폭 59~61  $\mu\text{m}$ , 선간 19~22  $\mu\text{m}$ , (b)는 선폭 60~62  $\mu\text{m}$ , 선간 18~20  $\mu\text{m}$ 로 나타났다. 이는 선 깊이가 클수록 잉크의 양이 많아 전이 시 선폭이 증가하는 개인(Gain) 증가 현상이 있음을 알 수 있다. 따라서 향후 생산 제품에 따른 잉크의 두께에 따라 개인을 고려하여 제판의 크기를 고려해야 할 필요가 있음을 알 수 있다.

Fig. 8(a), (b)는 각각 선폭 30  $\mu\text{m}$ , 20  $\mu\text{m}$ 의 제판을 보여주며 Fig. 9(a), (b)는 이 제판으로 인쇄한 결과를 보여준다. 인쇄 후 선폭은 각각 30~35  $\mu\text{m}$ , 20~22  $\mu\text{m}$ 로 나타났다. 선폭이 얇아수록 개인의 증가 현상이 더 커지는데 이것은 30  $\mu\text{m}$  이하의 제판의 경우 제판 정밀도가 크게 떨어져 제판 자체의 정밀도가 30  $\mu\text{m}$  이하의 구현이 어렵기 때문이다. 또한 60  $\mu\text{m}$  선폭의 경우 선의 끊김이 거의 없이 인쇄 품질이 우수하게 나타났으나 30  $\mu\text{m}$  이하의 경우 선의 끊김 현상과 인쇄 불량 현상이 나타났다. 이것은 제판의 선폭이 얇아질수록 선의 깊이를 깊게 하는데 한계가 있어 최대 10  $\mu\text{m}$  정도의 깊이로만 가공이 가능하고 또한 제판의 선 깊이도 일정하게 가공하는데 어려움이 있어 제판 자체에 잉크가 충분히 묻지 못해 일어난 현상이다. 따라서 향후 제판의 가공 기술에 대한 연구가 이루어져 가공 정밀도를 높이고 선의 깊이를 깊게 해서 잉크가 충분히 묻도록 제판 성능을 개선할 필요가 있음을 알 수 있다.

Fig. 11(a), (b)는 모두 60  $\mu\text{m}$  선폭의 제판인 Fig. 10(a), (b)로부터 인쇄된 결과로 제판의 깊이는 같으나 잉크의 점도를 다르게 한 결과이다. 즉, (a)의 경우가 (b)의 경우에 비해 점도가 더 높은 경우로, 인쇄 결과 (a)는 58~60  $\mu\text{m}$ , b는 60~65  $\mu\text{m}$  수준으로 점도가 낮을수록 개인 증가 현상이 작지만 패턴의 중간이 끊기는 현상이 많이 발생함을 알 수 있다. 따라서 잉크의 점도 또한 미세 패턴의 인쇄 크기와 성능을 결정하는 중요한 요소임을 알 수 있다. Fig. 12(a), (b)는 선폭 30  $\mu\text{m}$ , 선간 30  $\mu\text{m}$ 와 선 깊이가 각각 10  $\mu\text{m}$ , 20  $\mu\text{m}$ 인 곡면 형상을 가지는 제판이며, 인쇄 결과를 Fig. 13(a), (b)에 나타내었다. Fig. 11(a), (b)의 결과와 마찬가지로 잉크의 두께가 두껍고 잉크의 점도가 낮을수록 개인의 증가

현상이 더 커짐을 알 수 있다.

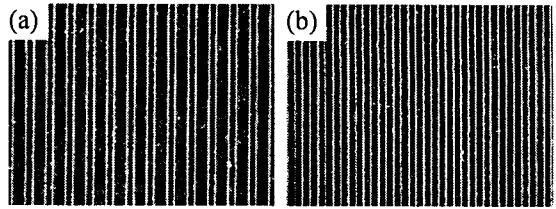


Fig. 10 Plate with fine pattern of 60  $\mu\text{m}$ -line-width (a) 100  $\mu\text{m}$  m-line-gap (b) 60  $\mu\text{m}$  m-line-gap

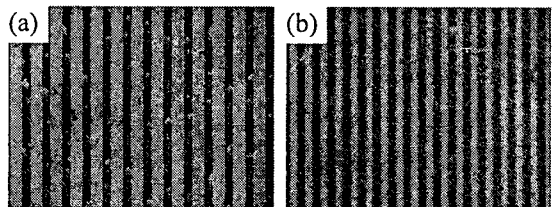


Fig. 11 Fine pattern printing result from plates of Fig. 10 (a) and (b) (a) high viscosity ink, result: line-width 58~60  $\mu\text{m}$  (b) low viscosity ink, result: line-width 60~65  $\mu\text{m}$

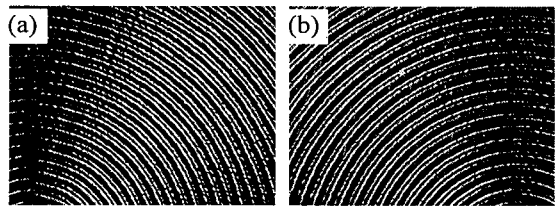


Fig. 12 Plate with fine pattern of 30  $\mu\text{m}$ -line-width/gap (a) line-depth 10  $\mu\text{m}$ , (b) line-depth 20  $\mu\text{m}$

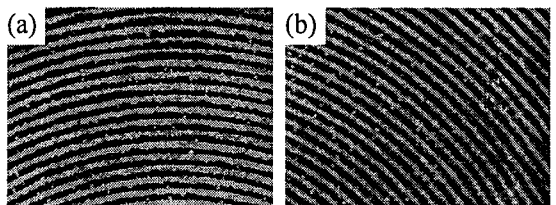


Fig. 13 Fine pattern printing results from plates of Fig. 12 (a) and (b) (a) high viscosity ink (b) low viscosity ink

일련의 단층 인쇄 실험으로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- (1) 잉크 두께 및 점도에 따라 인쇄된 패턴 폭

의 정밀도가 달라지므로 생산 제품 별 사용 재료, 적용 공정에 따라 패턴 폭을 예측하여 제판 가공이 필요하다.

(2) 20  $\mu\text{m}$  수준의 정밀 패턴링의 가능성을 확인하였으나 30  $\mu\text{m}$  이하의 패턴링의 경우 제판 품질, 즉 제판 정밀도와 제판 깊이 향상으로 고른 품질의 인쇄가 구현 가능하다.

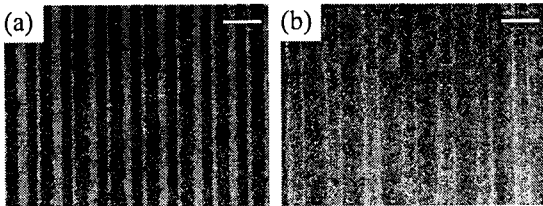


Fig. 14 Multi-color pattern printing result (a) 1<sup>st</sup> color: 80  $\mu\text{m}$  line-width; 2<sup>nd</sup> color: 100  $\mu\text{m}$  line-width (b) 1<sup>st</sup> color: 100  $\mu\text{m}$  line-width, 200  $\mu\text{m}$  line-gap; 2<sup>nd</sup> color: 200  $\mu\text{m}$  line-width, 200  $\mu\text{m}$  line-gap

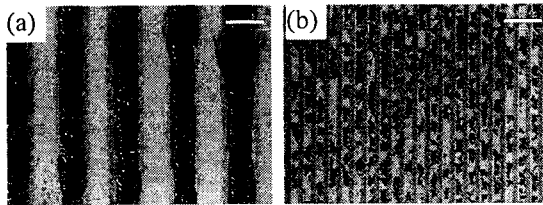


Fig. 15 Multi-color pattern printing result (a) overlapped printing (1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> colors: 150  $\mu\text{m}$  line-width, 300  $\mu\text{m}$  line-gap) (b) non-overlapped printing (1<sup>st</sup> color: 30  $\mu\text{m}$  line-width, 60  $\mu\text{m}$  line-gap; 2<sup>nd</sup> color: 60  $\mu\text{m}$  line-width, 30  $\mu\text{m}$  line-gap)

Fig. 14 (a)는 2 도 중첩 인쇄 결과로 80  $\mu\text{m}$ 의 선폭을 가지는 패턴과 100  $\mu\text{m}$  선폭을 가지는 패턴을 중첩 인쇄한 결과이며 Fig.14 (b)는 100  $\mu\text{m}$ 의 선폭과 200  $\mu\text{m}$ 의 선간을 갖는 패턴에 200  $\mu\text{m}$ 의 선폭과 100  $\mu\text{m}$ 의 선간을 갖는 선 패턴을 서로 겹치지 않게 중첩 인쇄를 시도한 것이다. 여기에서 보듯이 서로 겹치지 않는 100  $\mu\text{m}$  수준의 선폭 중첩 인쇄는 잉크의 전이가 잘 이루어짐을 알 수 있다.

Fig. 15 (a)는 두 선 모두 150  $\mu\text{m}$ 의 동일한 선폭을 갖고 300  $\mu\text{m}$ 의 동일한 선간을 갖는 패턴의 중첩 인쇄 결과로 두 선을 겹쳐 찍은 것이다. 그럼에

서 보듯 중첩 인쇄가 이루어진 2 도 인쇄 선이 번지는 현상이 나타났다. 이것은 기 인쇄된 선 패턴의 두께로 인해 이 위에 중첩된 잉크가 쌓이지 못하고 퍼져 나가기 때문이다. Fig. 15 (b)는 30  $\mu\text{m}$  선폭과 60  $\mu\text{m}$ 의 선간을 갖는 패턴 사이에 60  $\mu\text{m}$  선폭과 30  $\mu\text{m}$  선간을 갖는 선을 인쇄한 것으로 2 도 인쇄 잉크의 전이 불량으로 패턴이 고르지 않음을 알 수 있다. 이것은 미세 선폭과 선간을 갖는 패턴 위에 미세 선폭을 패턴할 경우 기 인쇄된 잉크의 두께에 의해 잉크의 전이가 영향을 받아 충분한 전이가 이루어지지 않기 때문이다.

따라서 일련의 중첩 인쇄 실험으로부터 30  $\mu\text{m}$  수준의 미세 선폭 및 선간을 갖는 패턴의 중첩 인쇄의 경우 2 도 인쇄색이 기 인쇄된 패턴의 영향을 받아 패턴링 품질이 크게 떨어진다. 특히 패턴을 겹쳐 찍는 경우 기 인쇄 패턴의 영향으로 잉크가 퍼지는 현상이 커진다.

#### 4. 결론

이 논문에서는 일반 옵셋 방식과 그라비아 옵셋 프린팅을 이용하여 20  $\mu\text{m}$  수준의 미세 선 패턴 인쇄를 수행하였고 그라비아 옵셋 인쇄가 잉크의 충분한 전이를 위해 효과적임을 알아내었다. 이를 바탕으로 그라비아 옵셋 인쇄기를 설계, 제작하였고 미세 패턴에 대한 인쇄 실험을 수행하여 약 20  $\mu\text{m}$  수준의 미세 선폭 인쇄가 가능함을 보였다. 특히, 중첩 인쇄 실험을 통하여 30  $\mu\text{m}$  수준의 선 패턴의 중첩 인쇄에서는 기 인쇄된 패턴에 의해 중첩 인쇄 성능이 크게 영향을 받음을 알아내었다. 향후 이러한 전자소자 인쇄용 인쇄기에서는 선폭의 늘어남과 중첩 인쇄에서 발생하는 잉크의 퍼짐 등을 고려하여 제판의 정밀 가공이 동반되어야 한다.

#### 참고문헌

1. Choi, B. O., Kim, D. S., Lee, T. M., Kim, C. H., Lee, M. H., Jo, J. D. and Lim, K. J., "Study on the Roll Printing Process for Fine Line-width Printing," KSME Fall Annual Meeting, pp. 926-930, 2005.
2. Kim, C. H., Ryu, B. S., Lee, T. M., Yun, S. N., Choi, B. O., Lim, K. J. and Lee, M. H., "Development of Roll-to-Roll Printing System for Fine Line-width

- Printing,” KSPE Spring Annual Meeting, pp. 569-570, 2006.
3. Pudas, M., Hagberg, J. and Leppavuori, S., “Gravure offset printing of polymer inks for conductors,” *Progress in Organic Coatings*, Vol. 49, No. 4, pp. 324-335, 2004.
  4. Makela, T., Jussila, S., Vilkmán, M., Kosonen, H. and Korhonen, R., “Roll-to-roll method for producing polyaniline pattern on paper,” *Synthetic Metals*, Vol. 135, pp. 41-42, 2003.
  5. Ramsey, B. J., Evans, P. S. A. and Harrison, D., “A novel circuit fabrication technique using offset lithography,” *J. Electronic Manufacturing*, Vol. 7, No. 1, pp. 63-68, 1997.
  6. Harrey, P. M., Evans, P. S. A., Ramsey, B. J. and Harrison, D. J., “Intedigitated capacitors by offset lithography,” *J. Electronic Manufacturing*, Vol. 10, No. 1, pp. 69-77, 2000.
  7. Becker, E., Johannes, H. H., Benstem, T., Dobbertin, T., Heithecker, D., Metzendorf, D., Neuner, H. and Kowalsky, W., “A New Structuring Technique for Polymer Integrated Circuits,” *1st International IEEE Conference on Polymers and Adhesives in Microelectronics and Photonics*, pp. 95-97, 2001.
  8. Kim, C. H., Lee, T. M., Kim, D. S. and Choi, B. O., “Distortion of Printed Patterns in Printed Electronics,” *Journal of KSPE*, Vol. 24, No. 8. pp. 74-80, 2007.