

미세패턴 구현을 위한 잉크젯 응용 기술

신동윤*, 김동수, 함영복 (한국기계연구원, 정보장비연구센터)
최병오 (한국기계연구원, 지능형정밀기계연구본부)

Fine resolution patterning aided by inkjet printing

D. Y. Shin, D. S. Kim, Y. B. Ham, B. O. Choi (Korea Institute of Machinery and Materials)

ABSTRACT

Drop-on-Demand (DOD) inkjet printing technology, especially piezo-typed, has been paid attention by industries due to its inherent nature of unbeatable material usage and low cost manufacturing cost. Despite of these key advantages over any other competing manufacturing technologies, the primary disadvantage has been considered as its limited capability to produce fine resolution patterns with a commercially available DOD inkjet print head. Although the main effort has been focused on the production of a DOD inkjet print head with smaller nozzles to overcome this challenging issue, an alternative approach could be taken and it would enable to expand the employment of DOD inkjet printing technology to applications requiring fine patterns further more.

Key Words : Inkjet (잉크젯), Fine resolution pattern (고해상도 패턴)

1. 서론

20 세기를 반도체의 세기라고 표현한다면, 그 중심에는 포토 리소그래피를 필두로 한 반도체 프로세스가 놓여있다고 할 수 있다. 그러나, 반도체 프로세스는 자본집약적인 장치산업으로써, 다양한 주변장비와 극한 공정환경 등을 요구하며, 높은 생산비용으로 인해 대량생산이 아닌 다품종 소량생산에는 응용이 제한적이었다.

좀더 적은 공정수와 일반적인 공정환경하에서 소품종 대량생산으로부터 다품종 소량생산, 그리고 고객의 요구에 의한 주문형 제품생산 등의 영역을 포괄할 수 있는 생산방법에의 요구가 20 세기 후반부터 제기되어 왔다.

스크린 프린팅, 오프셋 프린팅과 같은 기존의 중대형 그래픽 아트 산업에 이용되어왔던 프린팅 기술들이 이러한 요구를 충족시키는 생산방법으로서 조명을 받기 시작하였으며, 특히 전자회로나 디스플레이 산업들에 가해져왔던 낮은 생산비용에 대한 압력을 해소하기 위한 방안으로써, 이러한 프린팅 기술들의 산업적 응용이 집중적으로 모색되고 있다.

예를 들어, PDP 의 전극배선[1], PLED 디스플레이[2] 등의 분야에는 이미 스크린 프린팅의 응용이 적용되었거나 응용이 모색되고 있으며, 20 μm 급의 고해상도 패턴에도 그라비아 오프셋 프린팅[3] 등의 응용이 모색되고 있다.

상기 예들에서 보인 바와 같이 저생산비용을 갖

점으로 하는 다양한 프린팅 기술들이 이미 디스플레이나 전자회로 패턴산업에 응용되고 있거나 혹은 응용이 모색되고 있으며, 잉크젯 프린팅의 산업적 응용에 대해서 국내외적으로 많은 주목을 받고 있다.

2. 잉크젯의 산업적 응용

잉크젯법은 기존의 포토 리소그래피에서 전통적으로 사용되어왔던 스핀 코팅법이나 슬릿코팅법과는 달리 원하는 패턴영역에만 직접적으로 기능성 재료에 대한 패턴을 수행하며, 현상이나 식각 등의 공정들을 통해 기능성 재료들을 제거(subtractive process)하지 않는 직접 패턴법(direct additive process)이다. 따라서, 고비용의 기능성 재료의 낭비를 최소화할 수 있으며, 사용자가 컴퓨터에서 설계한 디바이스 패턴을 프린터로 데이터화하여 전송하여 기판에 패턴을 행함(CAD-to-Drawing)으로써, 다른 프린팅 기술들과는 달리 이미 패턴이 구현되어있는 마스터 플레이트나 스크린 등을 요구하지 않는다.

이러한 장점들로 인해 잉크젯이 TFT-LCD 의 요소 부품인 컬러필터[4], PDP 의 전극배선, TFT 소자[5] 등에의 적용이 적극적으로 모색되고 있다.

3. 잉크젯의 한계점 극복

상기 열거한 장점들에도 불구하고 잉크젯의 특성상 액상의 저점도 잉크를 사용해야함으로써 발생하는 문제점들이 내재하고 있다. 대표적인 문제점

들로서는 막두께 불균일성과 낮은 해상도이다.

잉크가 건조하면서 발생하는 막두께 불균일성[6, 7]의 경우, 잉크조성과 건조공정을 통해 해소될 수 있음이 실증[8]되었으며, 잉크 재료분야에서 다방면의 연구가 이루어지고 있다.

잉크가 기판에 안착한 후, 계면과의 상호작용을 통해 퍼지는 현상에 의해 최종적으로 잉크 방울의 크기보다 더 낮은 해상도의 패턴이 얻어지는데, 이러한 퍼짐성 문제는 고해상도 패턴이 요구되는 산업에의 응용에 가장 큰 걸림돌이 되어 왔다. 그러나, 잉크젯 분야에서 가장 높은 기술력을 가진 것으로 평가되는 Seiko-Epson 사의 경우 30 μm 배선폭을 실현하였으며[9], 저자의 경우 Fig. 1에서 보여진 바와 같이, 잉크젯을 응용하여 최소선폭 5 μm 패턴을 실증한바 있다. 더 나아가 Murata 의 경우 최소선폭 3 μm 전극배선 패턴을 실증[10]하였다. 그러나, 고해상도화와 더불어 패턴 막두께 또한 줄어드는 단점, 즉 낮은 종횡비(두께/배선폭)이 잉크젯의 내재적인 문제점이다. 예를 들어, 낮은 저항값을 위해 높은 종횡비(두께/배선폭)가 요구되는 전극배선 패턴의 경우 이러한 낮은 종횡비가 문제점으로 지적된다.

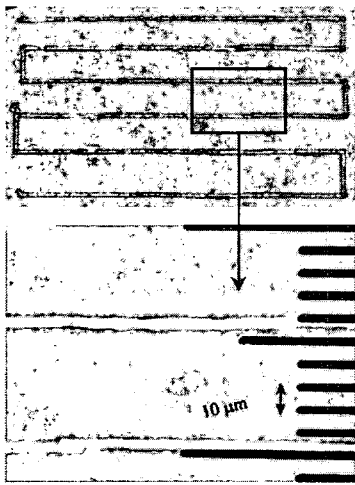


Fig. 1 Fine line patterns aided by piezo-typed DOD inkjet printing technology [by D. Y. Shin at UMIST, UK, 2004, unpublished]

이러한 종횡비 문제에 대한 돌파구로써, 영국 TTP 사의 경우 당사의 ToneJet 기술을 응용한 중첩 인쇄를 통해 두께 100 μm 에 선폭 22 μm , 즉 4.5:1 이라는 높은 종횡비를 얻은 것으로 보고하였으나 [11], ToneJet 의 원리상 서스펜션 타입의 잉크에만 제한적으로 적용이 가능하다.

4. 결론

잉크젯 프린팅을 이용한 고해상도, 고종횡비 패턴에의 실증작업은 이미 부분적으로 완료되었다. 그러나, 이러한 기술들이 양산성과 신뢰성을 가지는가에 대해서는 추가적인 검증작업이 요구된다. 특히, 고해상도를 유지하면서 패턴오차없이 대면적에의 패턴을 1 분 이내에 행할 수 있는 공정성이 요구되는데, 이를 위한 잉크젯 기반기술이 완료되었을때 산업에의 본격적인 응용이 시작될 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

1. 帶谷洋之, "PDP 용 포토레지스트", 월간 전자기술, 6 월호, pp. 103-106, 1999.
2. MacKenzie, J. D., "Realizing the Potential of Printed Electronics with a Low Cost, High Functionality Approach to Flexible Emissive Displays," IMI 4th Annual Printable Electronics & Displays Conference, 2005.
3. Pudas, M., Hagberg, J., and Leppävuori, S., "Printing parameters and ink components affecting ultra-fine-line gravure-offset printing for electronics applications," Journal of the European Ceramic Society, Vol. 24, pp. 2943-2950, 2004.
4. "LCD 공정 줄여라" ..삼성·LG 기술개발 '박차', 이데일리, 2005.11.06
5. Burns, S. E., Cain, P., Mills, J., Wang, J., and Sirringhaus, H., "Inkjet Printing of Polymer Thin-Film Transistor Circuits," MRS Bulletin, Nov, pp. 829-834, 2003.
6. Deegan, R. D., Bakajin, O., Dupont, T. F., Huber, G., Nagel, S. R., and Witten, T. A., "Capillary flow as the cause of ring stains from dried liquid drops," Nature, Vol, 389, pp. 827-829, 1997.
7. Shimoda, T., Morii, K., Seki, S., and Kiguchi, H., "Inkjet Printing of Light-Emitting Polymer Displays," MRS Bulletin, Nov, pp. 821-827, 2003.
8. Tekin, E., Gans, B. J., Schubert, U. S., "Ink-jet printing of polymers - from single dots to thin film libraries," J. Mater. Chem., Vol. 14, pp. 2627-2632, 2004.
9. <http://www.itmedia.co.jp/news/articles/0411/01/news030.html>
10. Murata, K., Matsumoto, J., Tezuka, A., Matsuba, Y., and Yokoyama, H., "Super-fine ink-jet printing: toward the minimal manufacturing system," Microsyst. Technol., 12, pp. 2-7, 2005.
11. "New digital printing technology & product development", TTP, UK