

잉크젯을 이용한 전도성 잉크 패턴프린팅 Pattern Printing of Conductive Ink Using Inkjet Technology

*#이창우¹, 송준엽¹ 하태호¹, 송은지¹, 박상순¹, 김도하²

*#C. W. Lee¹(lcwlej@kimm.re.kr), J. Y. Song¹, T. H. Ha¹, E. J. Song¹, S. S. Park¹, D. H. Kim²

¹한국기계연구원 지능기계연구센터, ²(주)에스티

Key words : Inkjet Printing, Conductive Silver Ink, Pattern Printing, Fine Pitch, PCB

1. 서론

잉크젯은 버블젯 방식과 압전 구동기 방식으로 나눌 수 있다. 버블젯 방식은 잉크를 순간적으로 가열하여 핵비등(Nuclear Boiling) 현상에 의해서 잉크가 액상에서 기상으로 상변화하면서 부피변화로 토출시키는 방법으로 수용성 잉크에만 사용이 가능하다. 압전 구동기 방식은 PZT로 챔버를 만들어 PZT의 빠른 응답특성을 이용한 충격력과 바이메탈과 같은 운동에 의한 챔버 부피변화를 이용한 방법으로 다양한 잉크 사용이 가능하다. 잉크젯이 다양한 잉크의 사용과 일정하게 수십 pico liter의 잉크방물을 원하는 위치에 분사가 가능해지면서 산업적으로 이용이 증대되고 있다. LCD, OLED, PDP 등과 같은 평면 디스플레이 생산에 응용하거나 본 연구의 연구대상인 전도성 잉크를 이용한 PCB나 RF 안테나 제작 등에 적용하려는 움직임이 있다. 잉크젯은 종래의 공정을 획기적으로 단축함과 동시에 기존 생산방법에서 발생하는 원자재 낭비나 화학적인 오염을 방지할 수 있고, 폴리이미드, 종이, 유리 등 다양한 매체에 프린팅이 가능하고 대면적 대응도 용이하다.

2. 잉크 drop 속도측정

Fig. 1은 본 연구에 사용된 실험장치의 개략도를 나타낸다. 잉크젯을 이용하여 잉크를 토출시키기 위해서는 전기적 Power를 제공하는 HDEM(Head Drive Electric Module), 프린팅 Data를 만들고 전송하는 Pattern Generator, 잉크젯 헤드와 인터페이스를 하는 IHIB(Isolated Head Interface Board), 잉크의 적정 Meniscus를 유지하는 HPM(Head Pneumatic Module)로 구성된다. HDEM은 사다리꼴의 전압파형을 만드는데 RS232 통신을 이용하여 파형의 형태와 진폭을 조절할 수 있다. 진폭은 최대 160 Volt까지 사용이 가능하다. 잉크젯 Head에 인가되는 전압파형에 따라서 잉크 drop의 속도와 크기에 영향을 주게 된다. 사용된 Head의 특성은 one drop의 잉크양이 30 pico liter이며, 128개의 노즐을 가지고, 노즐 간격은 508 μm로 50 dpi(dot per inch)이다.

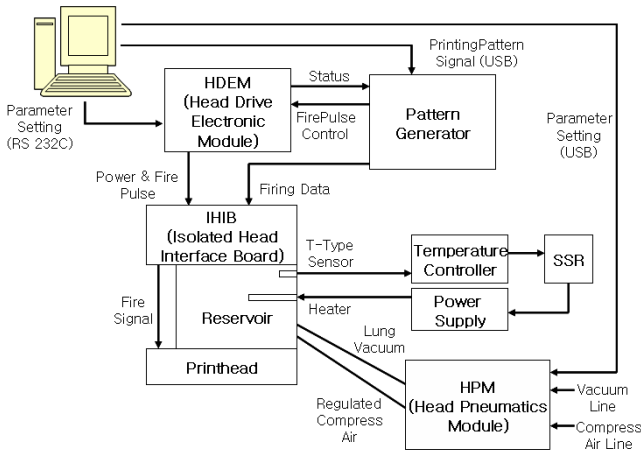


Fig. 1 Schematic diagram of inkjet printing system

잉크젯의 성능을 평가하는 중요한 항목 중에 하나가 잉크 drop의 속도와 균일성이다. 잉크의 속도와 균일성을 측정하기 위해서는 특별한 광학계가 필요로 하다. 잉크 속도가 5 - 10 m/s로 비교적 빠른 속도를 가지고 있어서 고속카메라와 플래시나

고 휘도의 조명을 사용해야 영상을 얻을 수 있다. 그러나 잉크 one drop의 양이 수십 pico liter로 플래시나 고 휘도의 조명을 사용하게 되면 열에 의해서 순간적으로 증발할 가능성을 가지고 있어서 측정이 곤란하다. 때문에 잉크젯 drop의 속도를 측정하기 위해서는 스트로보스코프를 이용하여 광학계를 구성한다. 스트로보스코프는 일정 주파수로 플래시 하는 장비로 잉크의 firing 주파수와 동기 시켜 작동시키면 중첩된 이미지를 얻을 수 있다. 사용된 스트로보스코프는 최대 100 Hz까지 구동이 가능한 장비를 사용하였다. 속도를 측정하기 위해서는 스트로보스코프의 구동 주파수 위상을 변화시켜야 하는데 이를 위해서 임의 파형발생기를 사용하여 잉크 firing 주파수 신호를 받아 원하는 위상을 변화시켜 스트로보스코프를 구동시킨다. Fig. 2는 잉크 drop의 속도를 측정하기 위한 스트로보스코프 광학계의 개략도를 나타낸다.

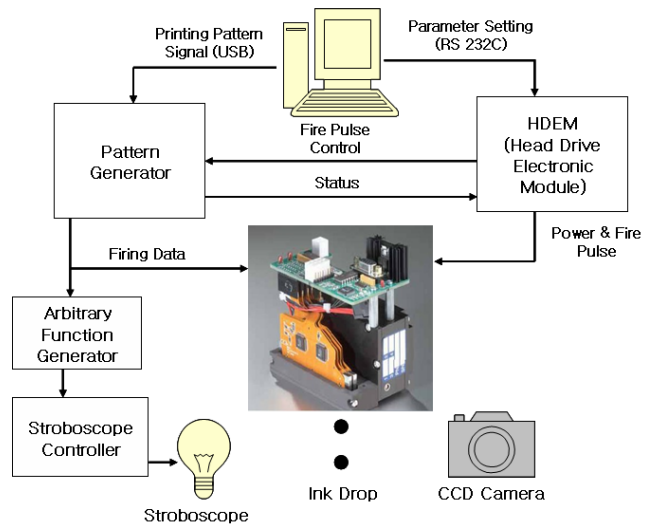


Fig. 2 Schematic diagram of measuring ink drop speed and shape

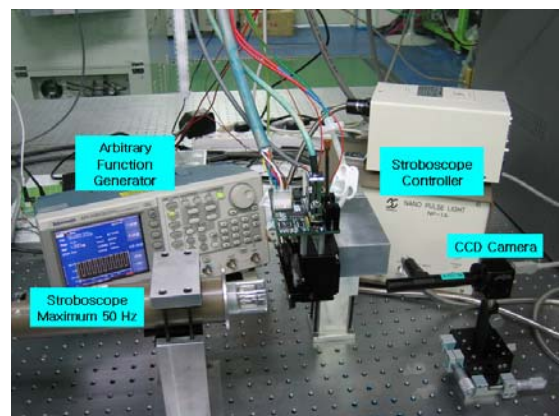


Fig. 3 Experiment equipment for measuring ink drop speed

Fig. 3은 스트로보스코프를 사용한 잉크 drop 속도측정 장치를 나타낸다. Pattern Generator에서 발생된 동기신호를 임의 파형발생기에서 위상을 변화시켜 스트로보스코프를 구동시킨다. Fig. 4는 스트로보스코프 광학계를 이용하여 6개의 노즐에서 분사되

는 잉크 drop의 영상으로 우수한 균일성을 가짐을 보여준다. Fig. 5는 잉크 속도를 측정하기 위해서 1개의 잉크 drop을 임의 파형발생기에서 위상을 변화시키며 획득한 영상이다. 최적의 구동조건을 찾기 위해서 HDEM(Head Driver Electric Module)의 출력파형을 조정하면서 drop의 속도를 측정하였다.

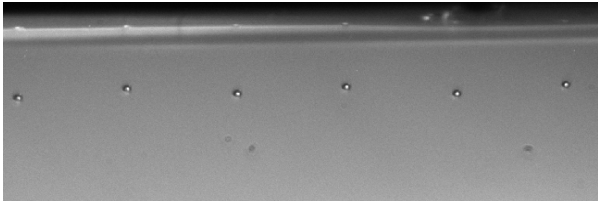


Fig. 4 Stroboscopic image of ejected ink drop

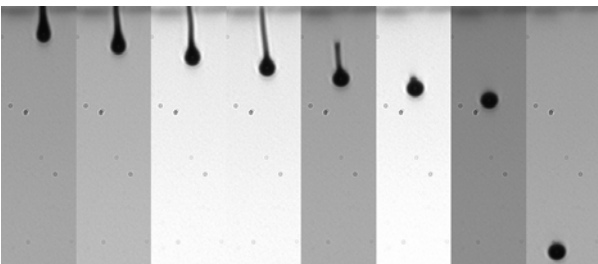


Fig. 5 Stroboscopic image of ejected ink one drop

3. 미세 Pattern Printing

본 연구에서는 미세 Pattern Printing을 위해서 위치 분해능이 0.25 μm 인 정밀 X-Y 테이블을 제작 하였다. Fig. 6은 제작된 Pattern Printing용 실험 장치를 나타낸다. 사용된 잉크는 잉크테크의 전도성 Silver 잉크로 물성은 Solvent-Base로 상온에서 8-15 cPs, 표면장력은 30-32 dynes/cm 이다. 전도성 잉크는 Baking을 해야 원하는 저항성능을 가진다. 본 연구에서 사용된 잉크는 약 150 $^{\circ}\text{C}$ 에서 약 20분 이상 Baking이 요구된다.

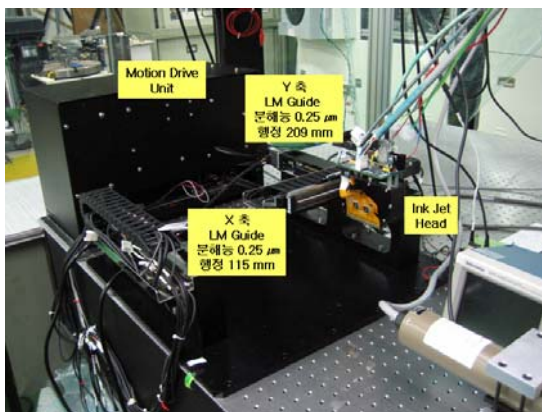


Fig. 6 Pattern printing system

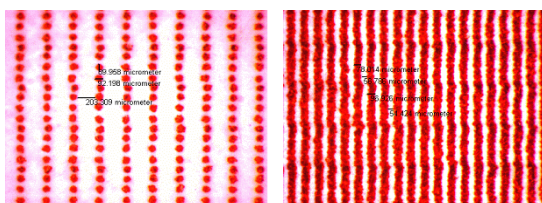


Fig. 7 200 and 400 dpi silver ink printing on paper

Fig. 7은 전도성 Silver 잉크를 사용하여 200 dpi와 400 dpi로 Printing한 결과를 나타낸다. 잉크젯 헤드의 특성이 한 개의 drop이 약 30 pico liter로 탄착이 되면 dot의 직경이 약 75 μm 정도가

되고 line을 형성하기 위해서는 400 dpi 이상으로 Printing 해야 한다. 400 dpi로 Printing 하기 위해서는 사용된 잉크젯 헤드 노즐 간격이 50 dpi로 제작되어 있어서 노즐과 노즐 사이에 8번 반복해서 Printing 해야 한다. Fig. 7에서 400 dpi로 Printing한 결과를 보면 일정 주기성이 보이는데 이것은 노즐과 테이블의 Y축과 정렬이 맞지 않아서 발생한 현상이다.

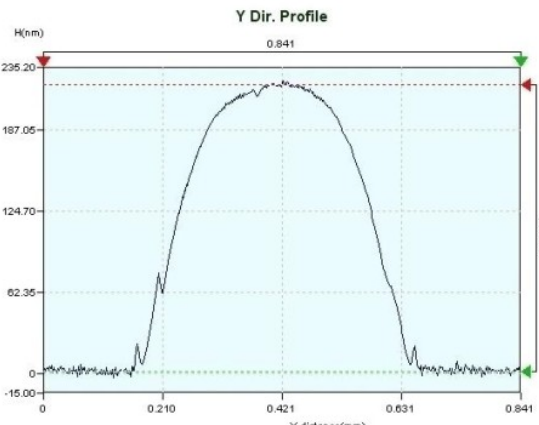
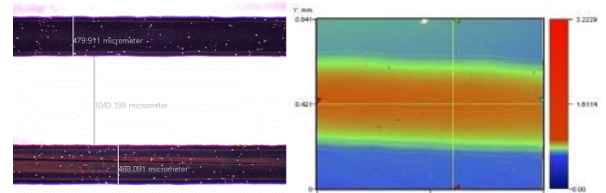


Fig. 8 Three dimensional surface profiles of printed on glass

Fig. 8은 유리 위에 패턴을 인쇄하고 간섭계를 이용하여 측정된 결과로 비교적 깨끗한 단면형상을 얻었다. 한번의 Printing으로 높이 220 nm의 높이를 얻었고 40 mm 길이에서 Baking 후 1 Ω 이하의 저항값을 얻었다.

4. 결론

본 연구를 통하여 압전 구동방식의 잉크젯 헤드와 전도성 Silver 잉크를 사용하여 75 μm 의 미세 Pattern을 형성하여 PCB, Solder Bump, RF 안테나 제작에 사용 가능성을 확인 하였다. 잉크젯의 성능평가를 위해서 속도 측정을 위한 스트로보스코프 광학계를 구성하고 속도 측정용 S/W를 개발하였다. 본 연구를 통하여 잉크젯 적용 장비개발을 위한 핵심기술을 확보하였다.

후기

본 연구는 부품소재 종합기술지원사업으로 진행되었고 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Shimoda, T., Morii, K., Seki, S. and Kiguchi, H., "Inkjet printing of Light-Emitting Polymer Displays," MRS Bulletin, Vol. 28, No. 11, pp. 821-827, 2003
2. Lee, S. W., Kim, H. C., Kuk, K. and Oh, Y. S., "A Monolithic Inkjet Print Head: Domjet," Sensor and Actuators, Vol. 95, Issues 2-3, pp. 114-119, 2002.
3. 강경태, 김명기, 김혜진, 황준영, 김희석, 박문수, "유기 EL 잉크 점사에 따른 잉크젯 분사 특성," 반도체 및 디스플레이 장비학회지 제4권 제2호, pp. 21-24, 2005
4. 변중훈, 서동수, 최영민, 장현주, 공기정, 이정오, 류병환, "잉크젯 기법을 이용한 미세라인 형성," Journal of the Korean Ceramic Society, Vol. 41, No. 10, pp. 788-791, 2004