

잉크젯 프린팅 방식을 이용한 전자소자 생산기술

1. 서론

잉크젯은 가정용 프린터용으로 개발되어 널리 보급된 기술이다. 그림 1에 나타낸 잉크젯의 작동원리를 보면 우선 원하는 위치에 잉크젯 헤드를 이동한 후, 제어신호에 따라서 압전(piezo) 또는 열팽창을 통하여 헤드 속의 액체에 압력을 가한다. 이 경우에 그림에 나타낸 바와 같이 시간에 따라서 압력을 받은 잉크는 노즐을 통하여 액체 기둥(column)을 형성했다가 끊어지면서 액체 방울로 배출한다. 배출된 방울은 종이, 필름, 플라스틱, 유리 등의 기판 표면 위에 충돌하여 퍼지면서 원하는 인쇄 형상을 만들게 된다.

이러한 잉크젯 프린팅 방식으로 전자소자를 인쇄 제작하는 경우, 기존의 미세 패턴 제작 방법인 감광/식각 기술에 비하여 그림 2에 나타낸 바와 같이 중금속 폐수가 발생하는 공정 등 다수의 공정이 생략되는 효과가 있다.

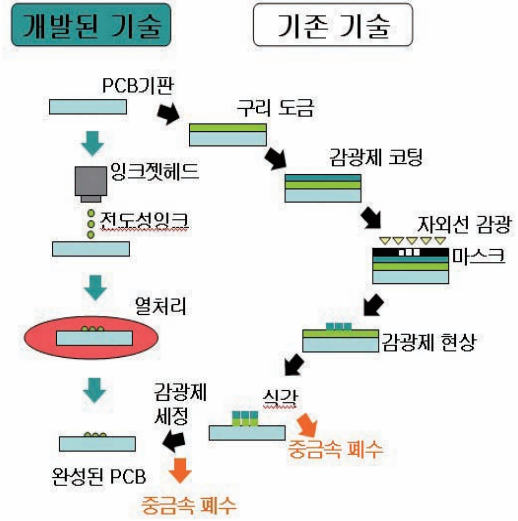


그림 2. 기존 전자소자 제작기술과 잉크젯 적용기술의 비교 [1]

특집 ■ 리소그래피

잉크젯 프린팅 방식을 이용한 전자소자 생산기술

강경태*

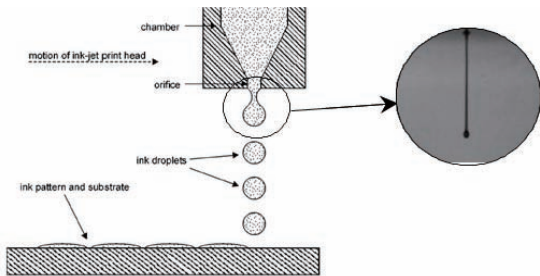
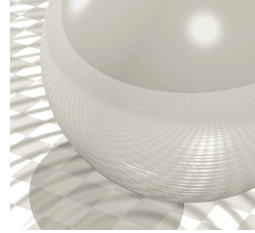


그림 1. 잉크젯 기술의 원리 [1]

고가의 공정으로 알려져 있는 자외선 감광 공정의 필요성이 없어서 경제성이 높아질 것으로 판단된다. 또한 잉크젯은 필요한 재료를 원하는 위치에 도포하는 디지털 제조 기술로써 재료의 소비를 최소화하며, 식각 공정 단계 수를 줄이고 기존의 식각 공정을 통해 배출되는 폐수의 양을 획기적으로 줄일 수 있으리라 기대된다. 따라서 이러한 물질 배출을 원천적으로 제거 할 수 있는 잉크젯 응용 기술이 환경 개선에 미치는 효과는 예상하기 힘들 정도로 크다.

* 한국생산기술연구원 인쇄전자연구센터(CAPE)



본 원고에서는 잉크젯 프린팅 방식을 이용한 전자소자 제작기술의 핵심 요소기술을 개관하고, 미세 패턴을 인쇄하기 위한 잉크젯 공정 기술을 설명하고자 한다.

2. 잉크젯 프린팅의 핵심 요소기술

3차원의 형상을 가지는 잉크 방울이 평면에 퍼지는 경우, 인쇄 형상은 직경의 최소 1.3 배 이상의 크기를 가지게 된다. 따라서 잉크젯으로 인쇄한 최소해상도는 대체로 노즐 직경에 비례하며 또한 기판 표면에너지의 영향을 받게 된다. 이러한 잉크젯 기술을 응용하여 전자소자를 제작하기 위해서는 그림 3과 같이 잉크젯 헤드의 구동기술, 적절한 전기적 특성이 있는 잉크 소재 기술, 인쇄에 의해 형성된 잉크 패턴/필름의 선폭 제어기술과 인쇄 기판(substrate) 표면에너지 제어기술의 개발이 필요하다.

게 된다. 헤드 외부로 방출된 잉크가 방울을 이루기 위해서는 헤드 내부의 압력파와 관련한 복잡한 현상이 관련하게 된다. 따라서 그림 5에 나타난 바와 같이 잉크 방울을 안정되게 젯팅하기 위해서는 헤드 구동용 제어 신호의 전압 펄스 크기 [V] 이외에도 펄스 폭 [us]의 제어도 필요하다. 그림 5에서 Case A는 안정된 젯팅을 보여주며, Case B는 잉크 방울 크기의 변화가 심한 불안정 젯팅의 경우이다. Case C는 젯팅이 되지 않는 경우를 보여준다.

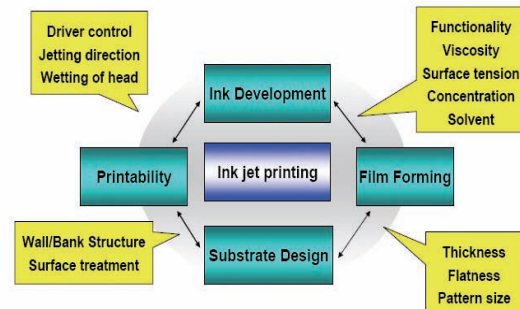


그림 3. 잉크젯 기술의 구성 요소 [1]

3. 압전식 잉크젯 헤드의 구동 기술

산업용으로 널리 사용 중인 압전식 잉크젯 헤드는 1970년대 Epson사에 의해서 최초로 개발되어, 현재는 Fuji film - Dimatix 사, Xaar사, Konica Minolta 사, Micro Fab 사 등에 의하여 생산되고 있다. 그림 4에 Micro Fab사의 단일 노즐 방식의 잉크젯 헤드를 구동하는 제어 신호의 예와 제어 신호 변화에 따른 잉크젯 헤드의 변화를 나타내었다.

그림 4의 잉크젯 헤드 구동용 제어 신호 그래프의 (a) - (d) 사이는 헤드 내부 부피가 팽창되어서 잉크가 주입되는 상태이고, (e) - (f)에 헤드 내부 부피가 축소되면서 잉크가 헤드 바깥으로 배출하

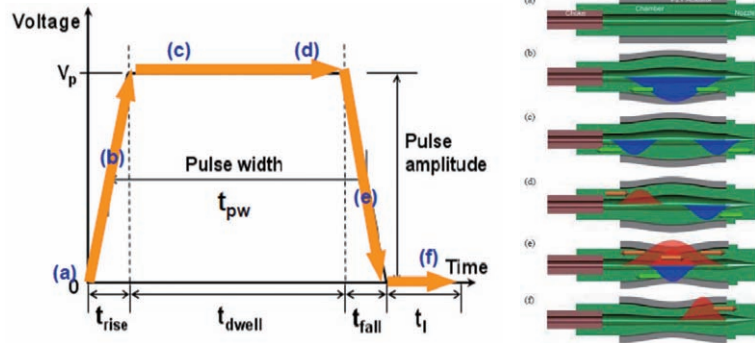


그림 4. Micro Fab사의 잉크젯 헤드 구동용 제어신호와 이에 따른 헤드 변화 [2]

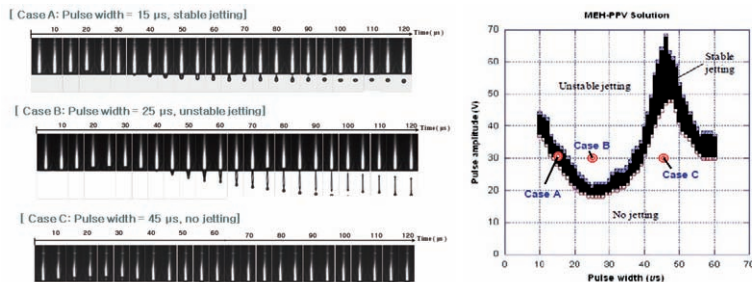


그림 5. 잉크젯 헤드 구동용 제어신호의 전압 펄스 크기와 펄스 폭에 따른 젯팅 특성 변화 [2]

잉크젯 프린팅 방식을 이용한 전자소자 생산기술

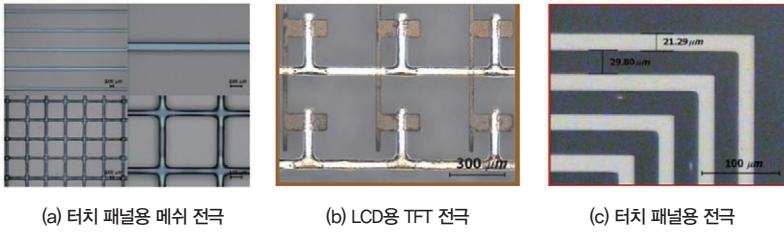


그림 6. 한국생산기술연구원에서 제작한 잉크젯 적용 실버 전극 예 [3]

4. 잉크젯 프린팅에 의해 형성된 잉크 패턴/필름의 선폰 제어기술

잉크젯을 이용하여 미세한 선폰을 가진 잉크 패턴을 인쇄하는 것은 상당한 산업적 수요가 있다. 그림 6을 보면 한국생산기술연구원 인쇄전자연구센터에서 시연한 (a) 대형 터치 패널로 유망한 실버 메쉬 전극, (b) LCD디스플레이용 반도체(TFT) 실버 전극, (c) 터치 패널의 주변에 설치되는 전극인 베젤 전극으로 선폰이 20 - 50 μm 수준을 보여준다.

잉크젯을 이용하여 전극 또는 배선을 미세하게 인쇄하기 위해서는 여러 개의 잉크 방울을 적절하게 겹치게 인쇄하는 기술이 필요하다. 물론 기판 표면에너지를 제어하여서 잉크 방울이 기판에서 많이 퍼지지 않게 제어하는 것이 가장 중요하겠지만, 잉크 방울을 겹치는 비율도 미세 선폰 인쇄에서 중요하다. 또한 나중에 인쇄된 잉크 방울에 의해서 먼저 인쇄된 잉크 패턴의 위치가 이동되어서 잉크 패턴의 선폰이 균일하게 되지 않는 등의 Bulging현상을 억제하는 연구도 실제적인 응용에서는 매우 필요하다.

5. 결론

본 고에서는 잉크젯 프린팅 방식을 이용한 전자소자 생산기술의 기초적인 연구를 개괄하였다. 잉크젯 기술은 전자소자 제조기술에 적용하면 공정축소에 따라서 생산원가를 절감할 수 있으며 동시에 폐수 발생을 최소화할 수 있는 친환경 생산 공정으로, 일본, 영국 등에서 유수의 기업이 각 정부의 연구비 지원 하에서 연구 개발 중인 혁신기술이다. 또한 적용되는 잉크의 종류를 단순하게 전기 전도성 잉크, 절연성 잉크, 반도체 잉크로 교체함으로써 동일한 장비로 전자소자 전체를 제작할 수 있는 가능성을 가지

고 있다.

현재의 기술 발전 속도를 염두에 두면 잉크젯을 이용한 전자소자 생산기술은 빠른 미래에 상용화가 가능할 것으로 보이나, 신기술이 가지는 내구성과 신뢰성의 부족이 상용화에 걸림돌이 될 가능성이 크다.

국내에서도 잉크젯기술에 대하여 전자산업계를 중심으로 다양한 개발 연구가 진행 중이나, 상용화를 앞당기기 위해서는 연구소, 대학을 중심으로 한 잉크젯 기술에 대한 신뢰성 평가 및 신뢰성 향상에 대한 연구기반시설 구축이 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] 강경태, "잉크젯 프린팅 방식을 이용한 PCB 생산기술," KPCA 저널 (2008).
- [2] J. Y. Hwang, M. K. Kim, K. T. Kang and H. S. Kang, "Phase Matching of Pressure Wave in a Drop-On-Demand Inkjet Print Head," SPIE International Symposium on Optomechatronic Technologies, Lausanne, Switzerland (2007).
- [3] Y. J. Moon, H. Kang, S. H. Lee, K. Kang, J. Y. Hwang, and S. J. Moon, "Anti-Bulging Stability of Narrow Line Printing with a Practical Inkjet System," KSME Micro/Nano Mechanics Division Spring Conference (2008).

약 력



강경태

- 2014년 1월 - 현재 : 한국생산기술연구원 인쇄전자연구센터(CAPE) 센터장
- 1997년 3월 - 현재 : 한국생산기술연구원 수석연구원
- 2014년 1월 - 현재 : International Electrotechnical Commission (IEC) Technical Committee 119: Printed Electronics Secretary
- 2012년 1월 ~ 현재 : 충청남도 지방과학진흥협의회 위원
- 2012년 1월 ~ 2012년 12월 : 국가과학기술위원회 지방과학진흥협의회 위원
- 1995년 6월 - 1996년 8월 : 미국 United Technologies Research Center 객원연구원
- 1990년 3월 - 1994년 8월 : 서울대학교 기계공학과 공학박사
- 1988년 3월 - 1990년 2월 : 서울대학교 기계공학과 공학석사
- 1984년 3월 - 1988년 2월 : 서울대학교 기계공학과 학사