

이종 금속이 코팅된 금속소재를 이용한 인쇄전자소자용 선폭 10 μm 급 패턴 가공

손현기[✉], 카오, 후안 빈, 조용권, 신동식, 최지연

한국기계연구원 광응용기계연구실

10 μm -wide Pattern Engraving using Metal Specimens coated with a heterogeneous metal for Printed Electronics

Hyonkee Sohn[✉], Binh Xuan Cao, Yong-Kwon Cho, Dong-Sig Shin, Jiyeon Choi

Department of Laser & Electron-beam Application, KIMM

Abstract

In printed electronics, printing rolls are used to transfer electronic ink onto a flexible substrate. Generally printing rolls are patterned in microscale by the indirect laser method. Since based on the wet etch process, the indirect method is neither environment-friendly nor suitable for making a printing roll with patterns narrower than 20 μm . In this paper, we have directly engraved micro-patterns into a Zn-coated metal specimens using a picosecond laser in order both to engrave 10 μm -wide patterns and to improve the pattern profile. Experiments showed that it is possible to engrave 10 μm -wide patterns with an a rectangular-shaped profile which is necessary for the dimensionally accurate printing.

Keywords: Printed electronics(인쇄전자), heterogenous metal coating(이종 소재 코팅), laser engraving(레이저 각인), picosecond laser(피코초 레이저)

1. 서론

인쇄전자소자를 저가에 대량생산하기 위해서 R2R (roll-to-roll) 프린팅 공정 개발에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며,¹⁻⁴ R2R 프린팅 공정에서

소자의 회로 패턴을 전사(transfer)하는 롤 금형 가공기술은 핵심요소기술 중 하나이다.

현재 인쇄전자소자용 롤 금형은 대부분 간접식(indirect) 레이저 각인(engraving) 공정으로 제작되고 있으며,⁵⁻⁸ 습식 에칭공정을 기반으로 하고 있어서 롤 금형의 최소 패턴 선폭(width)은 20 μm 로 알려져 있다.

본 논문에서는 선폭 10 μm 급 패턴을 가공하기 위해 롤 금형 소재에 이종 금속을 코팅하고 이를 레이저로 직접 패턴닝하여 가공된 패턴의 단면 형상(profile)을 관찰한다.

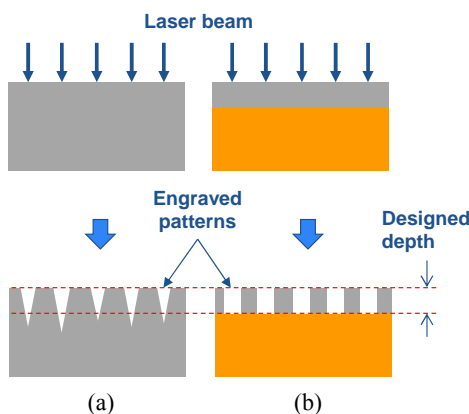


Fig. 1 Schematic of the direct laser engraving of (a) pure metal and (b) metal coated with a heterogeneous metal.

2. 실험 방법

Zn(zinc)이 코팅된 롤 금형 소재에 갈바노(galvano) 스캐너를 이용하여 피코초 레이저(TrueMicro, Trumpf 사) 빔을 반복 조사하여 패턴닝 실험을 수행하였다. Table 1에서 피코초 레이저의 사양을 요약하였다.

실험 시편은 롤 금형 소재 위에 Zn을 코팅하여 제작하였으며, 이때 코팅된 Zn의 두께는 약 10 μm 이다. 패턴닝 실험에서 레이저 빔 조사속도(scanning speed)와 조사회수(number of scanning)를 변수로

투고일 : 2014년 12월 24일 심사완료일 : 2014년 12월 29일
 게재승인일 : 2014년 12월 29일
 교신저자 : 손현기 ✉ hsohn@kimm.re.kr

Table 1 Specifications of the picosecond laser used in experiments

Parameters	Values
Wavelength (nm)	345
Max. ave. power (W)	15
Max. pulse energy (μ J)	37.5
Max. rep rate (kHz)	400
Pulse duration (ps)	< 10
M ²	< 1.3

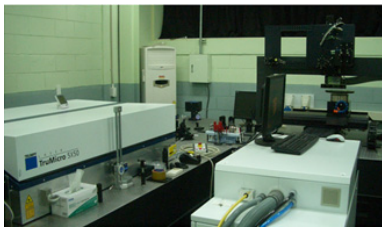


Fig. 2 The experimental setup.

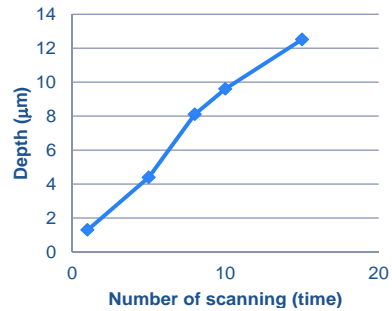
Table 2 Experimental conditions

Parameters	Values
Average power (W)	0.4
Repetition rate (kHz)	400
Scan speed (m/sec)	0.8, 1.0
Number of scanning (time)	1 - 30

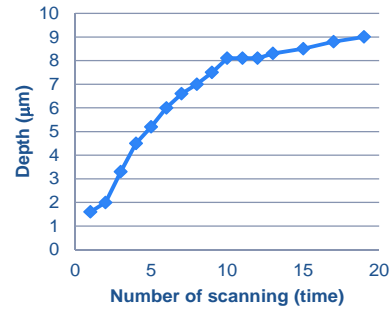
설정하였다. Table 2에서 실험 조건을 요약하였다. 실제 인쇄공정에 적용하기 위해서는 Zn층을 패턴닝한 후 Cr을 최종 도금하게 된다. 피코초 레이저의 비열가공 특성을 이용하기 위해 레이저 빔을 고속으로 반복 조사하였으며, f- θ 렌즈로부터 시편에 조사되는 레이저 빔의 직경은 약 10 μ m이다.

3. 결과 및 토론

Fig. 3,4에서 Zn 시편과 Zn가 코팅된 시편에 대한 레이저 빔 조사회수에 따른 패턴 깊이 변화를 나타내었다. Zn 시편의 경우 조사회수가 증가함에 따라 비례적으로 패턴 깊이가 증가하는 것을 볼 수 있다. 반면 Zn가 코팅된 시편의 경우 두께가 약 10 μ m인 Zn층의 가공이 끝난 이후에는 조사회수가 증가하여도 패턴 깊이가 포화되는 것을 볼 수 있다. 이것은 레이저 가공변수 조건 (ablation threshold 차이)이 Zn층 만이 가공될 수 있도록 설정되었기 때문이다.

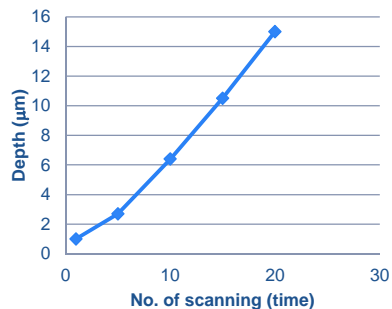


(a)

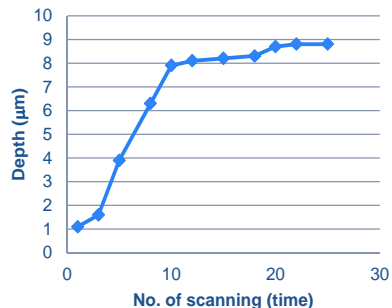


(b)

Fig. 3 Relationship between the number of scanning and the pattern depth (scan speed 0.8m/sec).



(a)



(b)

Fig. 4 Relationship between the number of scanning and the pattern depth (scan speed 1m/sec).

Fig 5-7에서 가공된 시편의 단면 형상을 보면 Zn 시편의 경우 일반적인 레이저 가공에서 볼 수 있는 삼각형 형태의 단면 형상을 가지고 있으나, Zn 코팅된 시편의 경우에는 직사각형 형태의 단면 형상을 가지고

있다. 실제 인쇄 시 롤 금형의 단면 형상이 인쇄 품질에 직접적인 영향을 미치게 된다. 삼각형 단면 형상을 갖는 경우 인쇄 시 패턴 내에 충전(fill)되어 있는 전자 잉크에 부가되는 인쇄압력 분포가 균일하지 않아 전사되는 전자 잉크량이 불안정하게 된다. Zn 코팅된 시편의 직사각형 단면 형상은 인쇄압력 분포가 균일하여 안정적으로 전자 잉크가 기판(substrate)에 전사될 수 있다.

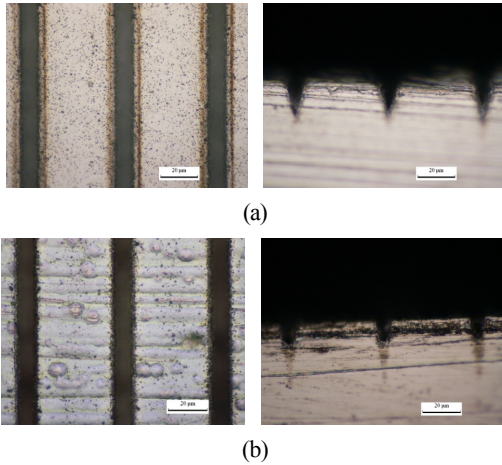


Fig. 5 Optical images of the specimens patterned at 0.8m/sec: (a) pure Zn and (b) Zn-coated.

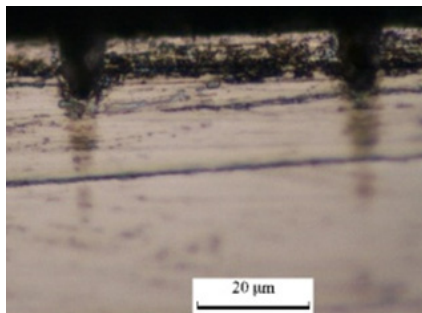


Fig. 6 Optical image of cross section of the patterns in Zn-coated specimen.

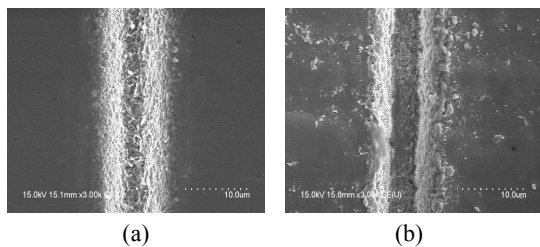


Fig. 7 SEM images of the specimens patterned at 0.8m/sec: (a) pure Zn and (b) Zn-coated.

Fig. 3,4에서 Zn 시편에 비해 Zn 코팅된 시편의 가공률(ablation rate)이 높은 것을 볼 수 있는데 이것

은 코팅된 Zn 층의 밀도가 상대적으로 낮은 데서 비롯된 것으로 판단된다. Fig. 7(b)에서 가공된 Zn 코팅된 시편의 패턴 주변에 용융물과 부스러기(debris)가 있는 것을 볼 수 있는데 이것은 공정변수를 최적화하여 제거할 수 있다.

Fig. 8에서 가공된 Zn 코팅된 시편을 EDS 분석한 결과를 나타내었다. 코팅된 Zn 층이 레이저 가공으로 제거되어 거의 나타나지 않는 것을 볼 수 있다. 이것은 코팅된 Zn층이 모재(matrix)보다 임계 플루언스(critical fluence)가 낮아서 Zn층에 조사되는 레이저 에너지가 모재를 가공할 수 없기 때문이다. 즉 이중 소재를 코팅하는 경우는 이 소재의 두께를 조절함으로써 패턴의 깊이를 제어할 수 있다.

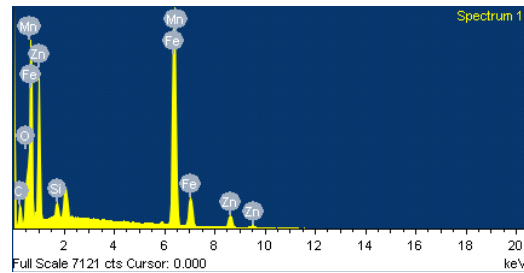
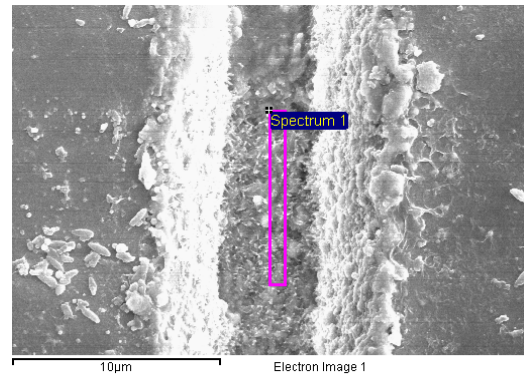


Fig. 8 EDS analysis result of the patterned Zn-coated specimen.

4. 결론

Zn이 코팅된 롤 금형 소재에 피코초 레이저를 고속·반복 조사하여 직사각형 단면 형상을 갖는 선폭 10µm급의 패턴을 가공하였다. 패턴의 직사각형 단면 형상은 인쇄 시 패턴 내에 충전되어 있는 전자 잉크에 부가되는 인쇄 압력을 균일하게 할 수 있어, 인쇄 정밀도를 높이는데 기여할 수 있다. 시편에 조사되는 레이저 에너지는 코팅 층만을 가공할 수 있도록 설정되므로

코팅 층의 두께를 조절함으로써 패턴 깊이를 제어할 수 있었다. 향후 가공조건을 최적화하여 Zn 코팅된 시편의 표면에 발생한 부스러기를 제거한 후 인쇄성 테스트를 진행할 계획이다.

후 기

본 연구는 산업핵심기술개발사업인 “펄스 가변형 극초단 펄스 레이저 기반 선폭 10 μ m급 롤 금형 가공 공정 및 장비 기술 개발 ” 과제(과제번호 : 10048726)의 지원으로 수행되었습니다.

References

- 1) 진병두, “인쇄형 유기태양전지 기술,” 기계저널, Vol. 49, No. 8, pp. 51-55, 2009.
- 2) O. Satoshi, “Printable Electronics Used for Products,” Nikkei Electronics Asia, March 2007.
- 3) 글로벌동향브리핑(GTB), KISTI, 2007-12-20
- 4) 윤성철, 임종선, 이창진, “인쇄전자소자 : 고해상도 인쇄공정기술의 현황 및 전망,” 고분자 과학과 기술, Vol. 18. No. 3, pp. 238-245, 2007.
- 5) H.H. Xiao, Proc. SPIE Vol. 2118, pp. 209-212, 1994.
- 6) P. Ayraas, G.E. Jabbour, S. Honkanen and N. Peyghambarian, Optical Engineering, Vol. 39, No. 2, pp. 575-576, 2000.
- 7) G. Witzgal, R. Vrijen and E. Yablonovitch, Optics Letters, Vol. 23, No. 22, pp.1745-1747, 1998.
- 8) E. Saint Christophe, H. Fremont, G. N’kaoua and Y. Danto, Electronics Letters, Vol. 33, No. 12, pp. 1049-1051, 1997.