

레이저를 이용한 폴리머상의 전극패터닝 기술 Electrode Patterning Technology on Polymer using Laser

*백병만¹, #이제훈¹, 신동식¹, 이건상²

*B. M. Paik¹, #J. H. Lee(jaholee@kimm.re.kr)¹, D. S. Shin¹, K. S. Lee²

¹ 한국기계연구원 지능형생산시스템연구본부, ² 국민대학교 기계자동차공학부

Key words : Electrode patterning, Molded Interconnected Devices(MIDs), Laser Direct Structuring(LDS), Electroless plating

1. 서론

일반적으로 전자제품을 소형화 시키는 방법으로 회로기판의 부품과 그 외 부품(배터리, 카메라 모듈 등)들의 배치를 최적화 시켜 부품을 소형화 시키고 있다. 하지만 이러한 부품 배치 최적화 방법도 한계에 이르러 최근에는 부품을 제품의 케이스에 직접 회로기판을 생성하여 사용하고 있는 추세이다. MIDs(Molded Interconnected Devices)는 이러한 방법의 대표적인 공정으로 부각되고 있으며 현재는 전기, 전자, 기계, 자동차 산업분야 등 여러 분야에서 이용되고 있다.

MIDs란 전도성 전기회로 및 기계적, 전기적 기능이 한 곳에 있는 사출 성형된 플라스틱 제품을 의미하며, MIDs는 기존의 전통적인 방식의 회로에 3차원 형상이 가능하며, 제품의 품질을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 부품 수를 감소시켜 제품의 단가를 낮출 수 있는 장점을 가지고 있다. Fig. 1은 TRW사에서 steering wheel에 MIDs를 적용한 예로, 기존의 복잡한 harness을 없애고 사출 성형된 플라스틱 제품에 직접 회로기판을 형성한 것으로 독일 Volkswagen사에서 사용하고 있다.

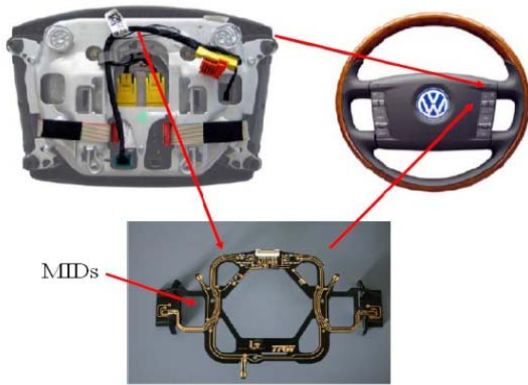


Fig. 1 Application of MIDs for automotive industry

MIDs 중 레이저를 이용하는 방법에는 LDS(Laser Direct Structuring), MIPTEC(Microscopic Integrated Processing Technology)등이 있다. LDS는 사출성형된 제품에 레이저로 회로기판을 조사한 후 무전해도금(electroless plating)을 이용하여 전극을 형성하는 방법이며, MIPTEC은 사출성형된 제품에 플라즈마(plasma) 처리 후 무전해도금을 전면에서 실시한 후 레이저로 회로에 필요 없는 부분을 단선시킨 후 전기 도금하여 필요부분만 회로를 형성하는 공법이다. MIPTEC은 제조 시 생산비가 높은 단점이 있으나 이에 비해 LDS는 제품 개발 및 생산 단가가 낮고, 미세회로 구현이 가능하며 회로 변경이 용이하여 각광을 받고 있다.

독일 LDKF사에서 개발한 LSD는 크게 다음과 같은 단계로 진행된다. 먼저 도금활성화 물질이 첨가된 열가소성 수지를 이용하여 사출성형 제품을 만든다. 완성된 사출성형 제품 표면에 원하는 회로기판을 레이저로 조사하여 활성화시킨 후 무전해도금을 이용하여 회로기판을 생성한다. Fig. 2는 LDS 공법을 간략하게 표현한 것이다.¹⁻³

국외에서는 MIDs를 전 산업분야에 적용하기 위하여 레이저와 폴리머간의 메커니즘 규명과 다양한 소재 개발 등에서 연구를 진행하고 있으나 국내에서는 이에 대한 연구가 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 레이저를 이용하여 폴리머에 전극 패터닝을 형성하여 레이저 공정변수에 따른 전극 패터닝의 변화를 관찰하고 연구 방향을 제시하고자 한다.

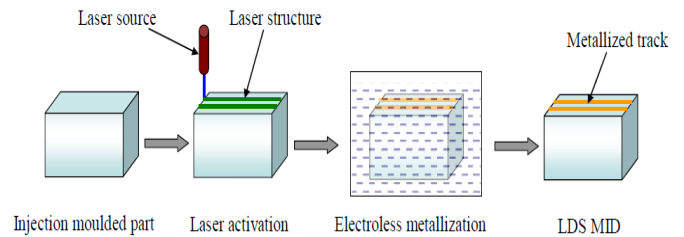


Fig. 2 Schematic illustration of the process chain for LDS

2. 실험 재료 및 방법

본 연구에 사용된 폴리머는 LANXESS사에서 MIDs용으로 개발한 Pocan[®] DP T 7140 LDS를 사용하였다. 이 재료는 PET/PBT 기반의 사출성형 재료이며, glass fiber와 filler가 40% 첨가된 제품으로 무전해도금이 용이하도록 도금활성화 물질이 첨가된 재료이다. 제품성형은 핫프레스(Hot press)를 이용하여, 40분간 고온에서 가압하고 60분간 자연 냉각을 통하여 제품을 성형하였다.

Fig. 3은 실험장치를 나타낸 것으로 패터닝에 사용된 레이저는 파장 1060nm, 펄스폭 30ns, 평균최대 출력 12W, pulse energy 0.62mJ을 가지는 IPG사의 fiber laser를 사용하였으며, 고속 패터닝을 위해 scanner를 사용하였다.

무전해도금도금을 이용하여 전극을 형성하였으며 도금액의 조성으로는 동화합물 CuSO₄(15g/L), 착화제 EDTA(35g/L), 환원제 HCHO(10g/L)를 사용하였으며 pH조정제는 NaOH, 안정제는 2,2dipyridyl(10mg/l)을 사용하였다. pH는 12.6, 도금욕의 온도는 75℃로 유지하였다.



Fig. 3 Experimental set-ups

실험방법은 레이저 공정변수 변화에 따른 무전해동도급의 패턴 선폭(line width) 및 패턴 균일도(uniformity)를 알아 보기 평균출력(average power), 주사속도(scanning speed), 펄스 반복율(pulse repetition rate)을 변화하며 실험 하였다. 여기서 패턴 선폭 및 균일도는 각각 50um, 15%이내를 목표로 하였다.

3. 실험결과

평균출력이 5W 에서 1W 로 감소하고 주사속도가 빨라짐으로써 전극패턴 선폭이 감소하였다. 1W 의 경우 주사속도 300mm/s 를 제외한 조건에서 50um 이하의 선폭을 형성이 형성되었다. Fig. 4 는 각각의 동일한 주사속도에서 레이저 출력과 펄스 반복률 변화에 따른 선 폭 변화를 보여주고 있다. Fig. 4 에서 알 수 있는 바와 같이 평균출력이 낮을수록, 펄스 반복율이 높을수록 그리고 조사속도가 빠를수록 선폭은 전체적으로 줄어 든다. 그러나 펄스당 에너지 주입이 적을 경우에는 선명한 선 폭 형성에 어려움이 발생하였다. 또한 주사속도 변화에 따른 선 폭 변화에서는 각 출력 별 300mm/s 의 경우는 높은 중첩률에 의해 과도한 debris 가 생성되어 균일한 선 폭 형성이 어려웠으며, 1500mm/s 에서는 중첩률이 낮아 패턴형성 시 레이저 펄스 형상이 나타나는 문제점이 발생 하였다. Fig. 5 는 각각의 조건에 따른 도금패턴 형상을 보여주고 있다.

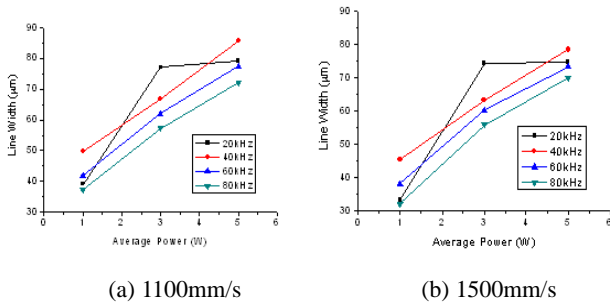


Fig. 4 The line width and repetition rate VS. average power

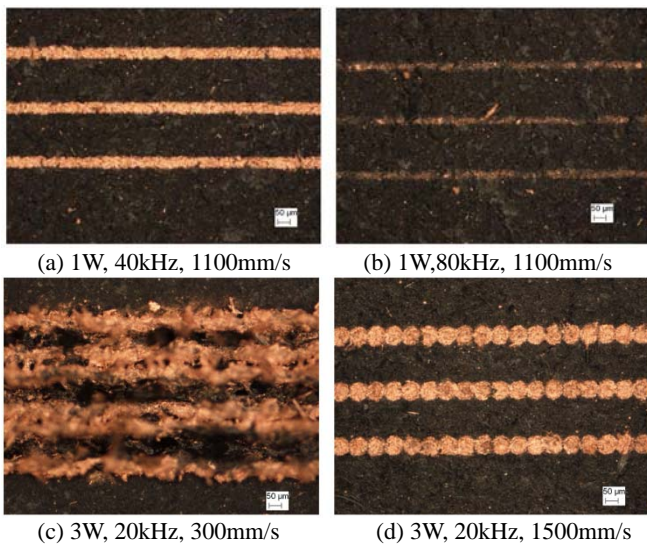


Fig. 5 Line shape photographs of electroless Cu plating

선폭 균일도는 각 조건별 평균 선폭에서 각 line 의 측정값의 차에서 최대값과 최소값을 구하여 이중 가장 변화폭이 큰 최대값을 나타낸 값이다. 주사속도 300mm/s 를 제외한 모든 조건에서 15% 이내의 선폭 균일도를 보였다. 평균 출력 3W, 5W 의 경우 주사속도가 증가함으로써 선 폭 균일도가 감소하는 경우를 보였다. Fig. 6 은 각 평균출력에

서 최대 선폭 균일도를 나타낸 것이다.

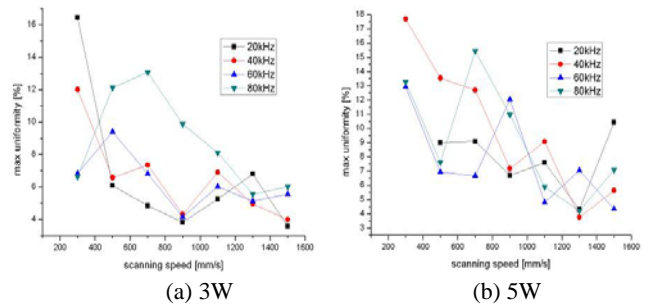
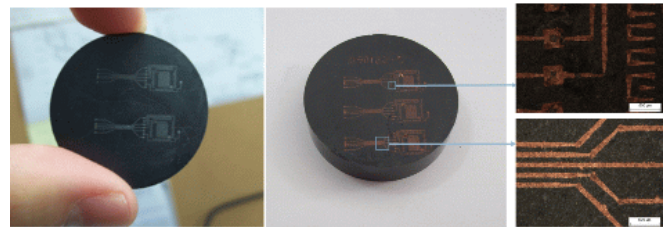


Fig. 6 Max uniformity and repetition rate VS. scanning speed

Fig. 7 은 본 연구 조건을 바탕으로 임의의 전극패턴을 생성한 것으로 회로패턴 양산에 적용 가능성을 보여 주고 있다.



(a) Before electroless Cu plating (b) After electroless Cu plating

Fig. 7 The result of Electrode Patterning Technology on Polymer using Laser

4. 결론

본 연구를 통하여 레이저 공정변수 변화에 따른 패턴 선폭과 균일도 변화에 대하여 알 수 있었다. 평균출력이 낮고, 펄스 반복율이 높으며, 조사속도가 빠를수록 미세한 전극 패턴을 형성할 수 있었다.

전극 패턴 생성시 레이저와 폴리머간의 메커니즘 규명과 미세 패턴 생성을 위해서는 좀더 다양한 폴리머를 이용한 연구가 이루어져야 할 것이다.

후기

본 연구는 지식경제부의 산업핵심기술 개발 사업인 “레이저를 이용한 고정밀 전극형성 패턴링 장비개발” 과제의 지원으로 작성되었음.

참고문헌

1. Aminul Islam, “Two Component Micro Injection Moulding for Moulded Interconnect Devices,” Ph.D. Thesis, 2008.
2. Huske, M., Kickelhain, J., Muller, J., and Eber, G., "Laser Supported Activation and Additive Metallization of Thermoplastic for 3D-MIDS," Proceeding of the 3rd LANE 2001, 2001.
3. 최익성, 정현중, “LSD를 이용한 전자 기기의 제조방법 및 그에 의해 제조된 전자 기기,” 공개특허 10-2009-0024946. .