

레이저를 이용한 열 저항체 트리밍에 대한 연구

A study on Laser Trimming of a micro IR-Heater

*이용현¹, #유승열²

*Y. -H. Lee¹, # S. Yoo(yoos@kut.ac.kr)²

¹강남대학교 전자공학과, ²한국기술교육대학교 기계정보공학부

Key words : Laser trimming, IR heater, Resistor, Laser ablation

1. 서론

레이저 트리밍은 전자회로 소자의 동작 매개 변수를 레이저를 이용하여 조절하는 제조공정을 말한다. 가장 일반적인 방법은 저항성분을 미세하게 조절하는 것으로, 기본적인 공정방법은 plunge-cut, edge-cut, L-cut 등이 있다. 저항은 대상의 길이, 폭 그리고 두께(높이)의 기하학적 특성과 대상물질의 고유저항에 의해 결정되며, 이들 공정방법은 대상의 기하학적 특징을 변경함으로써 대상이 가지는 저항값을 조절하는 수동적 트리밍(passive trimming)이다[1, 2, 3, 4].

본 논문에서 트리밍의 대상인 열저항체로 사용되는 UNICL(제품명)은 친환경 열원으로서 매우 깨끗하고 우수한 에너지효율의 열특성과 빠른 온도 상승에 따른 우수한 반응특성을 지니고 있어 열원을 필요로 하는 모든 산업용, 의료용, 가정용 기기 등 최첨단 산업분야 및 일반 가정용 등 다양하게 활용 가능하다.

UNICL 을 이용한 IR 히터는 마스크를 이용한 프린팅 공정에 의해 제조되며, 핵심 열원부품인 IR 히터는 스테인레스 스틸을 기판(substrate)으로 사용하여, 그 위에 금속, 무기물 등이 배합된 화학소재인 발열체(exothermic source), 절연층 및 전기 배선을 스크린 프린팅을 이용한 thick film 으로 형성하는 구조를 가진다. 그림 1 은 다양한 Heating plate 의 예이다.

본 연구에서는 laser 가공 방법을 IR 히터 온도특성을 교정하기 위한 저항특성 변경에 응용함으로써 제품의 수율 및 정밀도를 동시에 향상시킬 수 있는 레이저 트리밍 공정 개발에 대하여 설명을 하고자 한다.

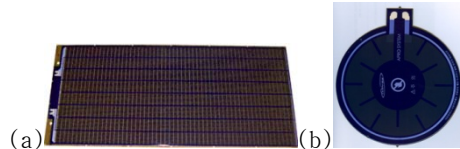


Fig. 1 Examples of Heating Plate: (a) large size and (b) DC heating plate

2. 레이저 파장에 따른 가공 특성 실험

레이저 미세가공 기술의 핵심은 대상 물질에 가장 적합한 레이저 소스 및 파장을 선정하는 것으로, 발열체로 사용되는 물질의 조성에 자료를 바탕으로, 적용 가능한 레이저에 대해 실험적 방법으로 가공 가능 여부를 판단하였다.

사용된 레이저는 Nd:YAG 이고, 파장은 IR, Green, UV 세 종류를 사용하여, 제작된 샘플이 절단되는 레이저 매개변수를 표 1 과 같이 찾았다.

Table 1 Parameters of each laser source

Parameters \ Sources	IR	Green	UV
Fluence(J/cm ²)	61.14	217.77	579
Ablation speed(mm/sec)	200.0	107.14	75.0
Beam speed(mm/sec)	600	750	300

3. 열 저항체의 레이저 트리밍 실험

IR 히터의 온도 특성은 발열체(exothermic source)의 저항특성이 매우 중요하다. 발열체의 저항특성(R)은 단면적(A), 길이(L) 그리고 고유저항(ρ)으로 구성되며, $R=(\rho \cdot L)/A$ 으로 표현된다. 여기서 단면적 A 는 발열체의 패턴의 폭과 형성된 막의 두께에 의해 결정된다. 여기서 두께는 squeezer 에 의한

프린팅 공정 매개변수에 의해 조절되는 것이므로, 이에 교정을 위해서는 많은 반복 실험을 통해 최적값을 도출해야 하는 번거로움을 가진다. 또한 레이저를 이용한 패턴 막의 두께를 조절하는 것은 레이저 공정상 비효율적인 공정이다. 따라서 보다 효율적인 레이저 트리밍 공정기술을 이용하여야 한다, 즉 시료 표면을 일정 패턴을 가공 (굽어냄: ablation)하여 원하는 저항치 변화를 주는 것이다. 예를 들어, 그림 2 에서와 같이, L_2 의 위치에 일정 길이(W_1-W_2)로 laser 등으로 ablation 해주는 것이다. 이때 주어진 교정 저항치 (원하는-저항치와 초기-저항치의 차이: $\Delta R = R_{target} - R_{init}$)에 따른 적절한 패턴과 패턴의 너비(c) 및 길이 (W_1-W_2)를 산출하는 알고리즘이 필요하다. 당 대상에 적절한 알고리즘을 위한 첫 번째 시도는 [4]에서 제시한 수식 모델 (Mueller model)로서, 그 결과는 그림 3 에 표시하였다. 그림 3 에서 알 수 있듯이 Mueller model 에 의한 가공결과 ($R_{muller}-R_{init}$)가 실험적 측정치 ($R_{exp}-R_{init}$)와 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 오차범위(3%)내의 trimming 을 위한 새로운 실험 모델에 의한 결과(error)는 그림 4 에 표시하였다.

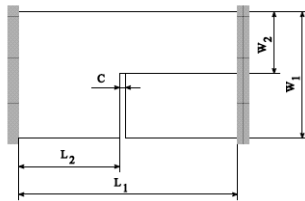


Fig. 2 Plunge-cut Model

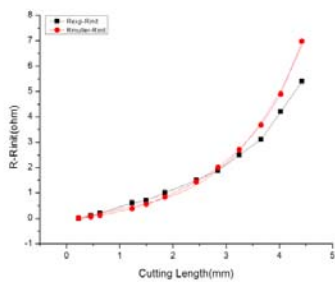


Fig. 3 Cutting lengths vs. $R_{exp}-R_{init}$ and $R_{muller}-R_{init}$

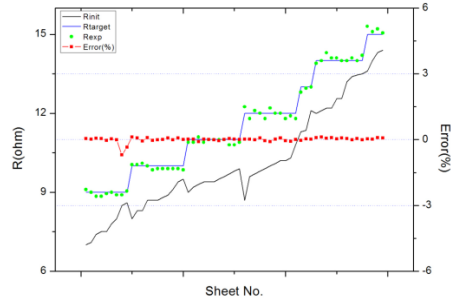


Fig. 4 새로운 모델에 의한 trimming 결과

4. 결론

정밀한 레이저 트리밍 공정을 위해 새로운 실험모델을 제시하고, 이를 이용하여 제작된 IR 히터의 온도 특성 교정을 위한 저항 특성 조절한 결과, 저항이 오차 범위 내에서 교정되는 결과를 얻었다. 히터로 사용되는 UNICL 의 가공의 최적 파장은 1064nm 임도 알 수 있다.

참고문헌

1. T. Badri Narayana, K. Ramkumar, and M Satyam, "Downward laser trimming of Thick Film Resistors," IEE Transactions on components, hybrids, and manufacturing technology, Vol. 14, No. 4, pp. 894-899, 1991
2. M. Meunier, Y.Gannon, Y. Savaria, A. Lacourse, and M. Cadotte, "A novel laser trimming technique for microelectronics," Applied Surface Science, Vol. 186 pp. 52-56, 2002.
3. D. Nowak, E. Mis, A. Dzieddzic, and J. Kita, "Fabrication and electrical properties of laser-shaped thick-film and LTCC microresistors", Microelectronics Reliability Vol. 49, pp. 6000-606, 2009.
4. Michael J. Mueller, "Functional laser trimming of thin film resistors on silicon ICs," SPIE, Vol. 611, Laser Processing of Semiconductors and Hybrids, pp. 70.70~84, 1986.