

미소 직경 골드 와이어와 니켈 박막의 레이저 마이크로 접합에 관한 연구

박 관 우* · 나 석 주
한국과학기술원 기계공학과

A Study on Laser Micro Joining of Small Diameter Gold Wires to Nickel Thin Films

K. W. Park* and S. J. Na
Department of mechanical engineering, KAIST

Abstract

Rapidity and flexibility are very important in the electronic components industry. The laser process provides the industry with more rapidity and flexibility. For this reason, the laser process is considered as an acceptable method in terms of rapidity and flexibility. In this study, a wide range of experiments have been carried out on the gold wire-to-nickel thin film joining using the continuous wave fiber laser. In particular, changes in the shape of joint depending on the changes of a target point have been observed.

Key words : Laser micro joining, Gold wire-to-nickel thin film joining

1. 서 론

전자부품산업은 전형적인 주문적응형 산업으로 고객의 요구에 신속, 유연하게 대처해야 경쟁력을 가질 수 있는 산업이다¹. 전자부품은 튜너(tuner) 및 광픽업(optical pick-up) 등의 일부 노동집약적 성격의 제품을

제외하고 대부분 장치집약적 성격의 제품으로 구성되어있다. 이는 전자부품산업에서 장치의 신속성 및 유연성이 가지는 중요도를 잘 나타내고 있다. 다시 말해, 보다 빠르고 유연한 장치를 생산라인에 적용함으로써 보다 손쉽게 시장의 요구에 대처해 나갈 수 있다는 것이다. 레이저가공은 미세구조물의 쾌속 가공에 유용하고 자유도가 높은 가공

법이다^{2,3)}. 그러므로 전자부품생산라인에 레이저를 배치한다면, 효과적으로 시장의 요구에 반응할 수 있을 것으로 기대 된다.

이에 따라, 많은 연구자들이 레이저를 이용한 전자부품에서의 천공, 접합, 트리밍, 마킹 등의 연구를 수행하고 있다^{4~7)}. 이중, 전자부품에서의 레이저접합에 대한 연구 특히, 미세와이어와 미세구조물간의 접합에 대한 연구는 아직 시작단계에 머물고 있다. 미세와이어는 전자부품을 구성하는 중요한 요소로써 전기신호를 전달하거나 전력을 공급하는 등의 중요역할을 담당하고 있다. 한편 직접적인 연결이 가능하여 부가공정이 없이 간단히 전기적 연결을 할 수 있어 활용도가 높은 부품이다. 현재, 다양한 방법으로 미세와이어의 접합이 구현되고 있고 대표적으로 와이어본딩(wire bonding)이 있다.

본 연구에서는 미세와이어와 미세구조물간의 레이저접합에 대한 기초연구를 수행하였다. 특히, 빔(beam) 조사 위치에 따른 접합특성에 대한 연구를 수행하였다.

2. 레이저 및 시편

본 실험에 사용된 레이저는 1081 nm의 파장을 가지는 100 W 급 연속파 이테르븀 광섬유 레이저(ytterbium fiber laser)였고 최소 빔 직경은 39 μm 이었으며 가우시안 에너지 분포를 보였다. 본 실험에 사용된 시편은 크게 마이크로 와이어와 박막으로 나눌 수 있다. 마이크로 와이어는 99.99%의 순도를 지니는 직경 15 μm 의 골드 와이어를 준비하였고, 박막은 스퍼터(sputter)를 이용하여 니켈 300 nm를 증착하였다. 니켈 박막과 기판인 실리콘웨이퍼 사이에 부착층(adhesion layer)인 티타늄을 50 nm적용하였다.

3. 실험장비 및 방법

Fig. 1은 실험장비를 보여주고 있다. 실험장비는 레이저소스, 마이크로3축스테이지, 광학부품, 모니터링시스템, 컴퓨터를 이용하여 구성하였다. 레이저 빔은 파이버(fiber)를 통해 시준기에서 발진하여 45° 반사경을 지나 20배율 대물렌즈에 도달하게 된다. 대물렌즈에서 집속된 빔은 보호유리를 통과한 후 최종적으로 모니터링시스템과 마이크로스테이지를 이용하여 결정된 조사위치(irradiation position)에 최소직경을 지니며 도달하게 된다. 그 후 일정시간동안 발진된 레이저로 인해 접합이 이루어지게 된다. 이 모든 과정은 컴퓨터를 이용하여 제어하였다.

실험방법은 먼저, 조사시간(irradiation time)의 최소화로 인해 얻어지는 다양한 이득(열영향부의 최소화, 공정시간의 단축, 접합부의 최소화)을 고려하여 가장 짧은 시간동안 접합이 이루어지는 조건을 선정하였다. 이렇게 얻어진 조건에서 조사 위치의 변화를 주어 각기 다른 접합부를 형성하였으며, 이를 시각적으로 서열화한 후, 각각을 비교 분석하였다.

4. 결과 및 고찰

Fig. 2는 레이저파워와 조사시간에 따른

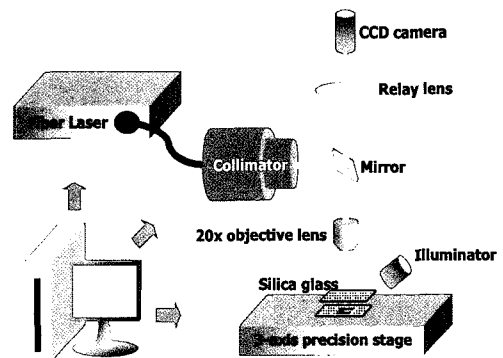


Fig. 1 Experimental set-up

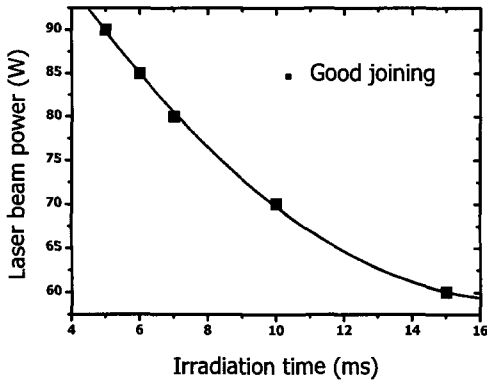


Fig. 2 Influence of the power and irradiation time

접합부형성구간을 보여주고 있다. 본 실험에서는 최소시간 접합조건인 레이저파워 90 Watts, 조사시간 5 ms의 조건을 고정시킨 후, 수직 및 수평방향으로 각각 10 μm씩 조사위치를 변화시켜가며 실험을 수행하였다. 실험에서 고려된 공정변수를 Table 1에 정리하였다. 실험데이터를 기반으로 한 시각적 서열화방법을 이용하여 시편을 총 6가지 형태로 분류할 수 있었고, 이를 Fig. 3에 도시하였다. 서열 1부터 2까지에서는 접합이 발생하지 않았다. 서열 1에서는 와이어의 용융이 전혀 발생하지 않았고 서열2에서는 와이어가 구의 형상을 이루며 박막과 이격되는 현상을 보였다. 서열 3부터 5까지에서 접합이 발생하였다. 서열 3과 4에서는 부분적인 접합이 이루어진 물방울모양의 형상이 관찰되었으며 서열 5에서는 젖음(wetting) 현상이 발생하였다. 서열 6에서는 와이어와

Table 1 Process parameters

Parameter	value
Wavelength	1080 nm
Power	90 Watts
Irradiation time	5 ms
Spatial profile	Gaussian
Hold down force	Weight of wire
Environment	Atmosphere
Focal length	Various
Beam axis positioning	Various

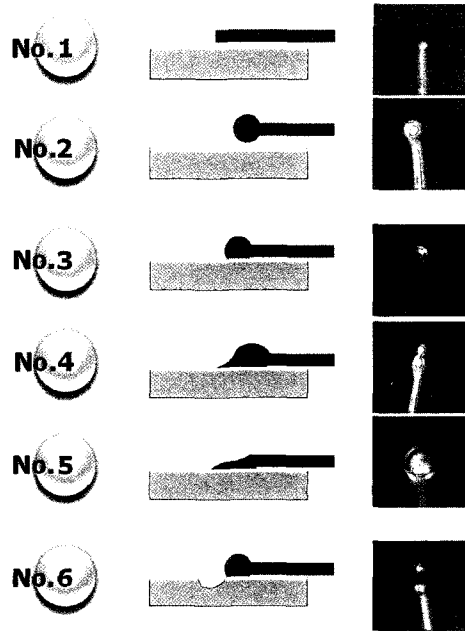


Fig. 3 Joint detail in the visual ranking system

박막사이의 들뜸으로 인한 간격과 와이어 직경방향으로 레이저조사위치의 불일치(misalignment)로 인해 홀(hole) 형성 및 부분접합이 발생되었다. 특히, 서열 6은 서열 5의 조건에서 실험을 수행하였을 때 발생하였다.

접합이 발생한 서열 3부터 5구간은 크게 부분접합과 젖음으로 나눌 수 있다. 부분접합인 경우는 박막에 손상이 없었고 젖음 조건에서는 박막의 손상이 발생하였다. 한편 와이어 필 테스트(wire peel test)를 수행한 결과, 부분접합의 경우는 접합강도가 젖음의 경우에 비해 약한 것을 알 수 있었고, 젖음 조건에서는 상대적으로 접합강도가 높게 나타남을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 파이버레이저를 이용하여 빔 조사 위치에 따른 접합특성에 대하여 시각적 서열화 방법을 이용하여 분석하였고,

이를 통하여 다음과 같은 결론을 내렸다.

레이저빔의 조사 위치에 따라 다양한 형상의 접합부가 형성됨을 알 수 있었다. 특히, 유용한 접합부는 크게 부분접합과 젖음의 2가지 형태로 분류할 수 있었고 부분접합의 경우 젖음보다 상대적으로 약한 접합부를 형성하였다. 하지만 부분접합의 경우 박막의 손상이 없었고 젖음의 경우 박막의 손상이 있었다. 그러므로 열에 민감한 전자 부품의 경우에는 부분접합의 조건을 적용하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

6. 후 기

본 연구는 산업자원부 지원 핵심기술개발사업인 “첨단레이저 응용 미세가공기술 개발” 과제의 지원으로 수행된 것입니다.

7. 참고문헌

1. B. K. Choi, B. H. Kim, “A Human-Centered VMS Architecture for Next Generation Manufacturing”, Proceeding of 2000 International CIRP Design Seminar, Haifa, Israel, May 16-18, pp 169-274, 2000.
2. Metev, S.M., Veiko, V.P., “Laser-Assisted Microtechnology”, Springer Inc., pp.132, 1998.
3. W.-S.Chang, and S.-J.Na, “A Study on the Prediction of Laser Weld Shape with Varying Heat Source Equations and Thermal Distortion of Small Structure in Micro-joining”, Journal of Material Processing Technology, Vol. 120, No.1-3, pp.208-214, 2002.
4. Matthias Meier, Dietmar Bertsch, Nico Onda, Marco Etter, Martin Gutsche, Alex Dommann, Valerio Romano and Marc-A. Nicolet, “Laser Trimming of Amorphous Ta₄₂Si₁₃N₄₅ Thin Films with Ultrashort Pulses”, Microelectronic Engineering, Vol. 83, Issues 11-12, pp 2234-2237, 2006.
5. Winco K.C. Yung, Jun Wu, T.M. Yue, B.L. Zhu and C.P. Lee, “Nd:YAG Laser Drilling in Epoxy Resin/AlN Composites Material”, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, In Press, Corrected Proof, Available online 10 May 2007.
6. V V Semak, G A Knorovsky and D O MacCallum, “On the Possibility of Microwelding with Laser Beams”, J. Phys. D: Appl. Phys. 36, 2170 - 2174, 2003.
7. Y. W. Park and S. H. Rhee, “Study of a Line Width Estimation Model for Laser Micro Material Processing Using a Photodiode”, Optics & Laser Technology, Vol. 39, Issue 7, pp 1461-1471, 2007.