

초소형 전자부품의 상호접속을 위한 micro laser joining에 관한 연구

A study on the micro laser joining for interconnection of microelectronic components

박관우*, 나석주**

* KAIST 기계공학과 대학원

** KAIST 기계공학과

1. 서 론

최근, 부품실장밀도의 증대와 소자가 수반하는 단자의 개수 증가로 인하여 기존의 접합공정을 개선하거나 새로운 접합기술을 개발하려는 노력이 반도체, 디스플레이, 정보통신산업 등을 중심으로 이루어지고 있다⁵. 특히, 마이크로 레이저 접합(Micro laser joining), 전자 빔 접합(Electron beam joining), 마이크로 저항 접합(Micro resistance joining), 와이어 본딩(Wire bonding) 등이 주된 관심영역을 차지하며 활발히 연구 개발되고 있다.

마이크로 레이저 접합은 열영향부(Heat Affected Zone, HAZ)가 미소하고, 비접촉식 방법에 따라 공정의 자유도가 크고, 전자 빔 접합에서 필요로 하는 진공환경을 배제할 수 있고, 와이어 본딩 및 마이크로 저항 접합에서와 같이 접합부에 기계적 압력을 가할 필요가 없다. 마이크로 레이저 접합은 이러한 용이성 때문에 다른 초정밀 접합공정에 비해 효과적인 개발이 가능할 것으로 예측되고 있다^{1,2,4}.

본 연구에서는 단일모드 광섬유 레이저(Single mode fiber laser)를 열원(Heat source)으로 하여, 구리 와이어(Cu wire)와 구리 박막(Cu thin film)간의 미세접합에 대한 가능성을 확인하고자 하였다.

2. 시편 및 열원

2.1 마이크로 와이어

구리 와이어는 전기저항(Electric resistance)이 낮으며, 높은 열전도도(Thermal conductivity)를 지니고 있고, 가격이 저렴하여 차세대 와이어로 주목

받고 있다. 이에 따라 구리 와이어를 선정하여 실험을 수행하였다. 마이크로 구리 와이어의 사양을 Table 1에 정리하였다.

Table 1 Specification of Cu wire

Material	Copper (Cu)
Diameter	50 μm
Degree of purity	99.99 %

2.2 박막

구리 와이어를 접합하기 위한 패드(Pad)로써 구리 박막을 채택하였다. Adhesion layer는 크롬 박막을 사용하였으며, 실리콘웨이퍼(Silicon wafer) 위에 50 nm증착하였다. 구리 박막은 PVD(Physical Vapor Deposition, PVD)방법인 스퍼터(Sputter)를 이용하여 크롬 박막 위에 300 nm증착하였다. 자세한 증착조건은 Table 2에 정리하였다.

Table 2 Deposition conditions of Cu thin film

Material	Copper (Cu)
Deposition device	Multi sputter
Purity of target	99.999 %
Working pressure	5.3×10^{-3} Torr
Initial pressure	5.0×10^{-7} Torr
Thickness	300 nm
Substrate	Silicon wafer
Adhesion layer	Cr
Adhesion layer thickness	50 nm

2.3 광섬유 레이저

광섬유 레이저는 콤팩트(Compact)하고 안정적

(Stable)이며 유연한(Flexible) 특징을 지니고 있어 마이크로 접합에 적합한 레이저로 알려져 있다³. 실험에 사용된 광섬유 레이저에 대한 간략한 내용을 Table 3에 정리하였다.

Maximum output power	100 W
Central emission wavelength	1081 nm
Emission bandwidth	2.15 nm
Mode of operation	CW
Polarization	Random
Collimated beam diameter	7.1 mm
Operating temperature range	0 ~ 40 °C

3. 레이저 점 용접 시스템

레이저 점 용접 시스템을 Fig. 1과 같이 구성하였다. 광섬유 레이저의 시준기(Collimator)에서 발진된 빔(Beam)은 반사경(Mirror)을 지나 대물렌즈(Objective)에 도달하게 되며, 대물렌즈를 통과한 빔은 실리카 글라스(Silica glass)를 투과한 후 최종적으로 타겟(Target)에서 미소한 집속광을 이루게 된다.

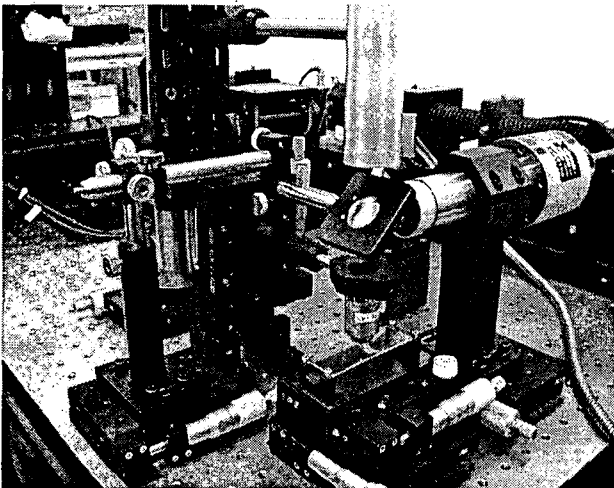


Fig. 1 Micro laser spot joining system

본 연구에서는 대물렌즈를 적용하여 마이크로 크기의 빔을 얻었고, 시편에 수직한 방향으로 집안렌즈(Relay lens)와 CCD(Charge-Coupled Device, CCD)카메라를 설치하여 시편을 모니터(Monitor)하였다. 동시에 10 μm의 분해능을 가지는 마이크로 스테이지(Micro stage)를 장착하여 접합부 위치를 제어하였다. 접합 시 발생하는 금속증기(Metal

vapor)로부터 대물렌즈를 보호하기 위하여 실리카 글라스를 설치하였다. 실험에 의해 오염된 글라스는 초음파 세척기를 이용하여 세척한 후 다시 사용하였다. 마이크로 접합에 사용된 열 입력은 글라스를 파손시킬 만큼 크지 않아 실험 중 글라스파손에 따른 문제는 없었다. 에어(Air)를 이용한 금속증기제거는 시편 고정에 불리할 것으로 판단하여 사용하지 않았다.

4. 실험 방법

공정변수를 크게 Laser power(W), Focal position below surface(μm), Working time(msec)으로 선정 한 후, 다구찌 방법(Taguchi method)을 반복적으로 적용하여 최소의 용융부(Common drop)를 가지는 접합조건을 구하고자 하였다.

5. 실험 결과

용융부의 크기를 고려하여 구리 와이어와 구리 박막간의 접합에 대한 최적의 결과를 구하였다. 최적조건은 Laser power(80 W), Focal position below surface(10 μm), Working time(200 msec)이었다. 최적 조건으로 생성된 구리 와이어와 구리 박막간의 접합부 SEM(Scanning Electron Microscope, SEM)사진을 Fig. 2에 나타내었다. 재현성(Reproducibility)을 확인하고자 동일한 조건으로 접합실험을 수행하였으며 Fig. 3과 같은 결과를 얻었다.

최적조건으로 형성된 접합부에 대한 Wire pull test를 실시하였다. 시험결과, 구리 박막과 실리콘 웨이퍼기판의 일부가 와이어와 함께 뜯겨져 나간 것을 관찰 할 수 있었다.

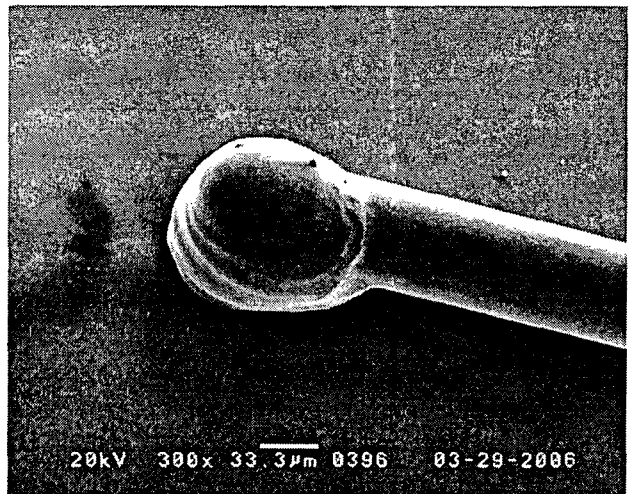


Fig. 2 Result of Cu wire-to-Cu thin film joining

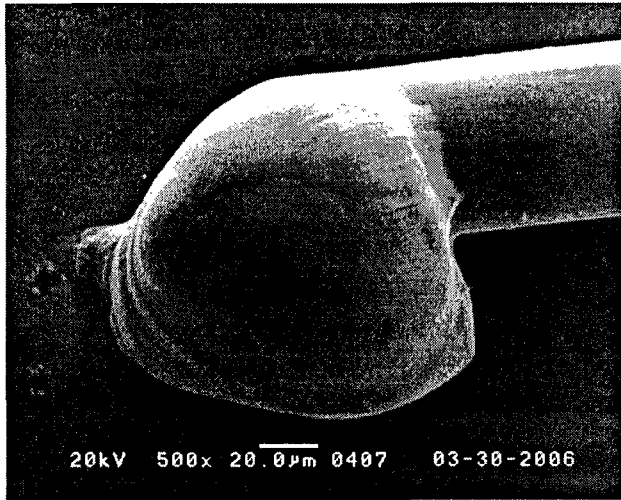


Fig. 3 Result of reproducibility test

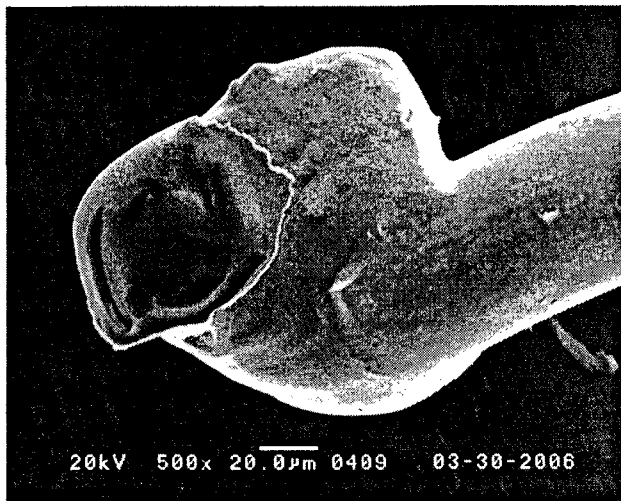


Fig. 4 Result of wire pull test (wire part)

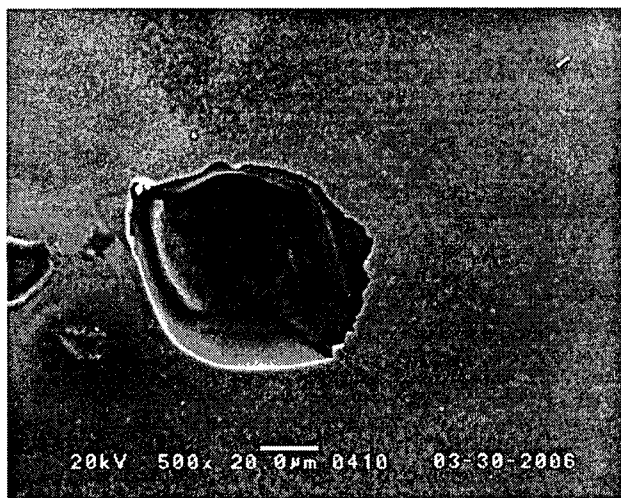


Fig. 5 Result of wire pull test (thin film part)

Wire pull test를 수행한 후에 촬영한 파손부 사진을 Fig. 4와 5에서 보여주고 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 단일모드 광섬유 레이저를 이용하여 마이크로 구리 와이어와 구리 박막간의 접합에 대한 실험을 수행하였으며, 이를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 주어진 실험조건에서 다구찌 방법을 이용하여 구리 와이어와 구리 박막간의 최소 용융부를 가지는 최적의 접합조건을 도출하였다.
- 2) Wire pull test를 수행한 결과, 구리 박막과 구리 와이어의 실제 접합부는 와이어 용융부에 비해 협소함을 알 수 있었다.
- 3) 광섬유 레이저를 이용한 구리 와이어와 구리 박막간의 접합에 대한 우수성과 가능성을 확인하였다.

후 기

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

참 고 문 헌

1. S. Metev, V. P. Veiko : Laser-Assisted Micro technology(Second Edition), Springer Inc., 1998, 132-156
2. G. Dearden : Recent Advances in Laser Micro Welding, Soldering and Bonding, Third International WLT-Conference, Munich, ISBN 3-00-016402-2 (2005), 615-623
3. K. F. Kleine, K. G. Watkins, and C. Zamudia : Micro Welding with Single Mode Fiber Laser, Third International WLT-Conference, Munich, ISBN 3-00-016402-2 (2005), 637-641
4. H. Rischall, J. Shackleton : Laser Welding for Microelectronic Interconnections, Component Parts IEEE Transactions on, 11-2 (1964), 145-151
5. A. Ostendorf, T. Temme, J. Zeadan : Laser Spot Welding of Electronic Micro Parts, Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, 5662-48 (2004), 306-312