

프로브 카드의 단락제거를 위한 미세공구 제작 Micro tool fabrication for electric short circuit removal of probe card

*신홍식¹, 송기영¹, 정도관¹, 김기준², 김보현³, 주종남¹

*H. S. Shin¹, K. Y. Song¹, D. K. Chung¹, K. J. Kim², B. H. Kim³(kimbh@andong.ac.kr), C. N. Chu¹

¹ 서울대학교 기계항공공학부, ²썬파이컴, ³안동대학교 기계공학부

Key words : Probe card, Micro EDM

1. 서론

프로브 카드(probe card)는 IC회로가 설계의 목적에 맞도록 제작되었는지 그 특성을 검사하는 장치이다. MEMS를 이용하여 제작한 프로브 카드는 고주파의 검사에 효과적이고 그 집적도를 높일 수 있으므로 Fig. 1 과 같이 캔틸레버(cantilever)의 형태나 니들(needle)의 형태를 가지고 있다.¹ 최근 반도체 기술의 발전과 함께 반도체 웨이퍼 상의 집적도가 매우 높아짐에 따라 이들을 검측하기 위한 프로브 카드에서 요구되는 프로브 사이의 선폭도 매우 작아지는 추세에 있다.

일반적으로 프로브 카드를 제작하기 위한 공정으로 프로브를 솔더페이스트(solder paste)로 접합시키는 접합 공정이 있는데, 이 공정 중 프로브 사이의 선폭이 좁아짐에 따라 솔더페이스트가 서로 접합되어 단락 현상이 발생한다. 단락 부위는 보통 폭 100 μm 이내, 두께 50 μm 이하의 크기이다. 이러한 단락은 제품의 불량률을 야기하며, 고가의 프로브 카드의 생산의 수율을 악화시키므로 반드시 해결해야 할 문제이다.

단락을 제거하기 위한 방법으로는 기계적으로 절삭하는 셰이핑(shaping) 혹은 플래이닝(planing) 공정이 적합하나, 가공 영역이 매우 작아 이를 위한 미세 절삭 공구 개발이 필요하다. 본 논문에서는 미세 방전 가공을 이용하여 약 수 십 마이크로 미터 크기의 미세 공구를 제작하여 프로브 카드의 단락 제거에 적용하고자 하였다.

2. 방전가공을 이용한 미세 공구의 제작

프로브 카드의 제작시 접합 공정에 사용되는 솔더페이스트는 내산성과 열전도성을 가지는 주석계의 물질로 과다도포되는 경우 이웃한 프로브 사이에 단락이 발생된다. 단락을 제거하기 위한 절삭 공구의 재료는 공구의 수명을 고려하여 경도가 높고 내마모성이 강하며 열적인 특성이 좋아야 한다. 따라서 초경합금(WC)을 공구재료로 선정하였다.

프로브 카드에서 발생하는 단락 제거를 위해서는 절삭 공구의 길이는 300 μm 이상, 두께 50 μm 이하의 높은 세장비(aspect ratio)가 요구된다. 이러한 높은 세장비의 미세 절삭 공구는 미세 방전가공을 이용하면 쉽게 제작할 수 있다.

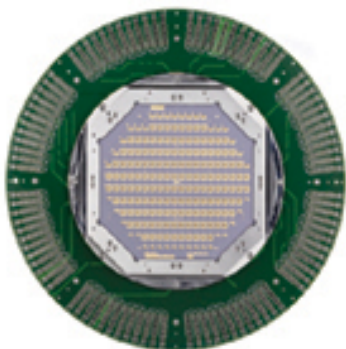


Fig. 1 Probe card²

방전가공에서는 절연성 액체 속에 공구전극과 가공물을 넣고, 두 전극 사이에 약 100 V의 전압을 인가한 뒤 전극 사이의 간극을 좁히면, 가공물과 전극 사이에서 절연액의 절연파괴가 일어나 스파크 방전이 발생하여 가공물이 녹거나 증발하게 된다. 스파크가 발생된 후에는 절연유는 원래의 상태로 회복하게 되고, 이러한 방전이 반복하며 가공이 진행된다. 이러한 마이크로 방전가공을 위해서는 펄스 전압을 인가해야 하는데, 이를 위해 RC 방전회로를 사용하였다.³

또한, 방전가공을 이용하여 제작되는 절삭 공구는 그 표면 거칠기가 우수하고 절삭날의 예리함을 높일 수 있도록 방전에너지를 최소화하여 가공하였다.⁴ 미세 공구 제작에 사용된 방전가공 조건은 Table 1 에 나타내었다.

일반적으로 절삭공구는 적절한 경사각(rake angle)이 있어야 절삭효율이 좋다. 하지만 지나치게 큰 경사각은 절삭공구의 파손을 가져올 수 있다. 또한 공구의 여유각(clearance angle)은 보통 양의 각이지만 너무 크면 공구의 파손을 가져올 수 있다.⁵ 이를 고려하여 경사각은 약 ±5° 내외로, 여유각은 약 +5° 내외로 공구를 제작하였다. Fig. 2 는 미세 방전 가공으로 제작한 미세 공구의 예이다.

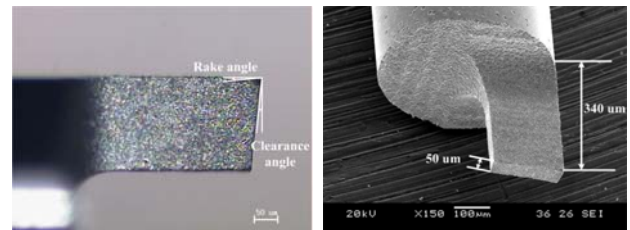


Fig. 2 Micro tool fabricated using micro EDM(WC)

Table 1 Experimental condition used in EDM

Electrode	Tungsten Carbide
Fluid	Kerosene
Voltage	100 V
Capacitor	30 pF
Resistance	1 kΩ

3. 실험장치 및 방법

Fig. 3 은 본 연구에서 사용된 실험 장치이다. 공작물 및 공구를 이송할 수 있는 정밀이송장치, 미세절삭 공구의 각도 제어를 위한 스핀들 장치, 가공 상태를 모니터링 할 수 있는 비전시스템으로 구성되어 있다.

프로브 카드의 단락을 제거하기 위해 기계적 절삭 방법 중 하나인 플래이닝 공정을 이용하여 수행하였다. 플래이닝 공정은 절삭공구는 고정하고 공작물의 왕복절삭운동을 통해서 가공이 진행된다. 미세방전가공을 이용하여 제작된 고세장비의 초경공구를 단락이 발생한 부위로 이송 후 공구 절삭날의 각도, 이송거리, 이송속도 및 절입깊이 등을 선정하여 단락을 제거한다. 단락제거 여부는 비전 시스템을 통해서 확인한다.

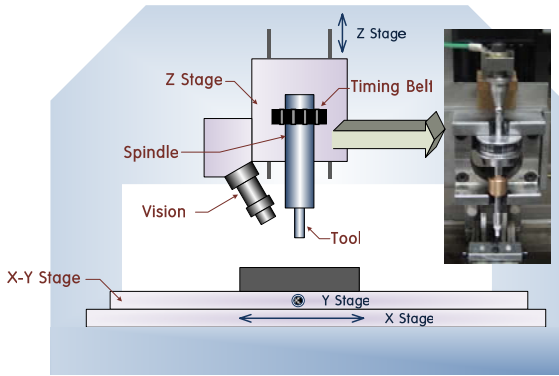


Fig. 3 Experimental system for planning process

4. 실험 결과

절삭 가공 품질은 공구형상, 절삭속도(feed rate), 절입깊이(depth of cut) 등에 의해 결정된다. 특히, 절입깊이가 클수록 가공된 부위는 버(burr)가 발생하고, 절삭공구에 과도한 절삭력이 전달되어 공구의 파손을 초래한다. 그러므로 실제 프로브 카드에서 단락을 깨끗이 제거하고 프로브의 손상을 최소화하기 위한 최적의 절삭조건을 선정해야 한다.

Table 2 에 나타난 바와 같이, 실제 단락 제거 실험에서 25 μm ~ 50 μm 의 두께를 갖는 초경 공구를 제작하여 사용하였다. 공구의 이송속도는 1 mm/s 이상인 경우 안정적인 가공을 수행할 수 있었으며 단락 제거 시간을 단축하기 위하여 10 mm/s 로 공구 이송속도를 선정하였다. 한편, 절입깊이가 2 μm 이상인 경우 초경공구가 절삭력을 이겨내지 못하고 파손되므로 안정된 절삭을 위하여 공구의 절입깊이는 1 μm 이하로 선정하였다. Fig. 4 는 니켈과 주석계열(Au/Sn) 재질로 구성된 접촉용 샘플을 두께 50 μm, 길이 340 μm 의 미세 절삭공구를 이용하여 가공한 예이다. 두께 50 μm 의 주석 재질을 가공한 후 하단의 두께 50 μm 니켈 재질까지 가공하였다.

선정된 가공 조건을 바탕으로 실제 프로브 카드에서 발생된 단락을 제거하였다. Fig. 5 (a) 는 프로브 사이의 선풍이 약 36 μm 내외인 프로브 카드에서 단락이 발생한 부위를 확대한 사진이다. Fig. 5 (b)는 두께 25 μm, 길이 340 μm 를 갖는 절삭 공구를 사용하여 단락을 제거한 사진이다. 가공 전과 후를 비교하면, 프로브의 손상 및 위치 변화없이 단락의 요인이 되는 솔더페이스트가 완전히 제거 되었음을 확인할 수 있다.

Table 2 Machining condition of solder paste

Feedrate	5 ~ 10 mm/s
Depth of cut	0.1 ~ 1 μm
Thickness of tool	25 ~ 50 μm
Length of tool	340 μm
Machining time	1 ~ 2 minutes

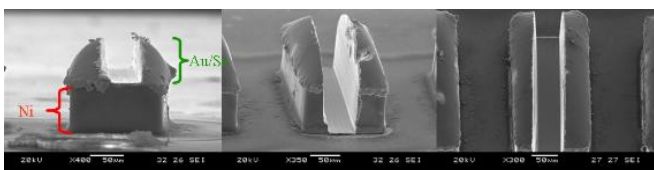


Fig. 4 Groove machined with micro machining tool

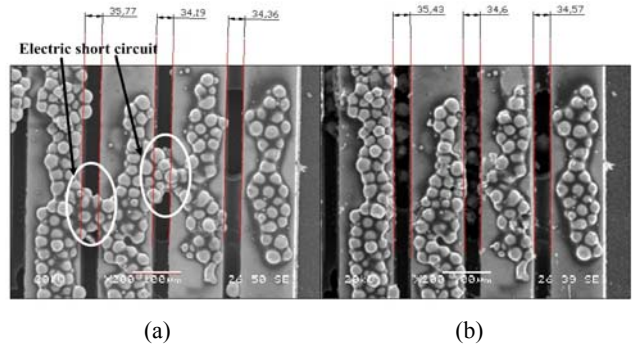


Fig. 5 Electric short circuit removal of probe card sample: (a) before removal (b) after removal

. 결론

최근 IC 회로의 집적도가 높아짐에 따라, MEMS 공정을 이용하여 고가의 프로브 카드가 생산되고 있다. 그러나 캔틸레버 타입의 프로브 카드의 선풍이 좁아져 그 생산 수율을 악화시키는 문제점이 발생하였다. 이에 미세방전가공을 이용하여 높은 세장비를 절삭공구를 직접 개발하고, 이를 이용하여 35 μm 내외의 선풍을 갖는 프로브 카드의 단락을 제거하였다. 만일 이러한 단락을 제거하는 시스템이 응용된다면 단락제거 공정을 자동화하여 프로브 카드의 생산성 향상 및 비용을 절감할 수 있다. 또한 현재의 추세로 볼 때 프로브 간의 간격은 더욱 좁아져 단락이 발생하는 비율이 높아질 것이 자명하다. 이에 미세방전가공을 이용하면 약 15 μm 내외의 두께를 갖는 절삭 공구를 제작할 수 있으므로, 약 20 μm 내외의 선풍을 갖는 프로브 카드에 발생하는 단락도 쉽게 제거할 수 있어 해당분야에서 경쟁력 있는 위치를 선점할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Kenich, K., Shingo, K., and Toshihiro, I., Kaoru, I., Hideo, H., Tadatomo, S., "Electroplating Ni micro-cantilevers for low contact-force IC probing," Sensor and Actuator, 103, 116-121, 2003
2. <http://www.phicom.com/>
3. 김동준, 이상민, 이영수, 주종남, "방전 가공을 이용한 미세 구멍 가공 시 발생하는 테이퍼 형상의 제어," 한국 정밀공학회지 22(4), 52-59, 2005.
4. 김보현, 김동준, 이상민, 주종남, "방전 가공을 이용한 미세 공구의 제작과 응용," 한국 정밀공학회 추계학술대회, 1902-1906, 2003.
5. Henry, D., Aaron, A., James, A., "Machine tool operation," Mcgraw-Hill book company, INC