

# LIGA 공정을 이용한 Cu전극의 방전가공 특성 분석

이상훈<sup>#</sup> · 정태성<sup>1</sup> · 장석상<sup>2</sup> · 김종현<sup>3</sup>

## The analysis of EDM characteristics for Cu-electrode using LIGA process

S. H. Lee, T. S. Jung, S. S. Chang, J.H. Kim

### Abstract

In this study, the analysis was carried out for Electrical Discharge Machining (EDM) characteristics of the Cu electrodes by LIGA process. The shape of electrodes has 324 pins for the cavity of BGA(Ball Grid Array) type test socket mold. BGA test sockets are used in the inspection process of the semi-conductor I.C chip manufacturing. In the work, the machining performance for EDM of the electrodes was analyzed on dimensional accuracy and wear rate. The dimensional accuracy was measured for dimension of the pins, pitch size between the pins and the roundness of corner edge using optical measuring machine.

**Key Words** : LIGA(식각기술), EDM(방전가공), BGA(Ball Grid Array) Socket, Cu-electrode(Cu 전극), Machining error(가공오차)

### 1. 서론

최근 마이크로 영역의 초정밀 가공 분야에 대한 사용자의 관심과 시장의 요구에 따라 이에 상응하는 초정밀 가공 기술의 연구가 활발히 진행되고 있다.[1] 대표적인 초정밀 가공기술로는 마이크로 방전가공, 레이저 가공, 반도체 식각가공 등이 있으며, 광학 부품, 통신 부품, 반도체, 마이크로 금형 등 초소형 기기나 부품 등에 대한 적용가능성이 시도되고 있다.[2] 그 중 국내 산업에 큰 비중을 차지하는 반도체 산업의 핵심 부품인 BGA Test Socket의 정밀사출금형 개발에 대한 연구가 국내·외적으로 활발히 진행되고 있다.

Micro Ball Grid Array(BGA) Burn In Test Socket 금형은 반도체 출시 예정인 메모리 반도체에 과열, 과전류와 같은 악조건하의 테스트를 통해 마지막 공정에서 무결점 반도체를 출하하기 위하여 사용되고 있는 Test Socket을 성형하는 고 정밀 부가가

치 금형으로 Pin pitch와 hole 치수 등의 형상이 매우 미세하고 초정밀하기 때문에 제품을 사출하기 위한 금형은 가공 공차가 매우 정밀한 범위( $\pm 1\mu m$ ) 이내에서 가공이 이루어져야 한다.[3]

일반적으로 BGA Test Socket 용 금형을 제작하기 위한 가공 공정은 정밀 연삭 가공, 방전 가공, 방전 가공, 와이어 방전가공이 주로 사용된다. 그러나, 기존의 제작 방법을 통한 가공 정밀도 및 생산성 향상의 한계를 벗어나 BGA Test Socket 금형 제조 공정을 더욱 고도화하고 효율화하기 위하여서는 차세대 금형 제조기술이 요구된다. Fig. 1은 BGA 컨넥터 금형과 사출품을 나타낸다.

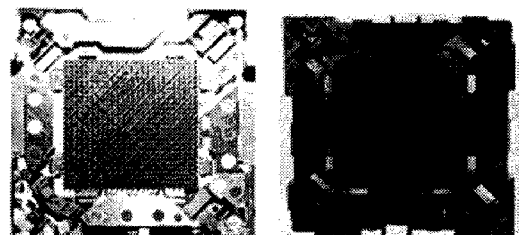


Fig. 1 BGA connector

1. 재영솔루션(주) 플라스틱 응용기술연구소  
2,3. 포항공과대학교 포항공속기연구소  
# 교신저자: 재영솔루션(주) 플라스틱 응용기술연구소,

그 중 고에너지의 전자로부터 발생하는 방사광을 이용한 LIGA 가공 이라고 불리는 식각기술은 차세대 가공기술로 주목 받고 있다. LIGA 공정기술은 일반적으로 잘 알려진 UV 사진 식각공정을 이용하여 고집적 회로 및 메모리 등을 제작하는 기존의 반도체 가공 기술과는 달리, X 선을 이용하여 수  $\mu\text{m}$  에서 수 mm 정도의 높이를 갖는 고 종횡비의 3 차원 형상을 만들어내는 식각 기술을 일컫는다.[4]

LIGA 공정은 1980 년대 독일의 칼스루 핵 연구센터(KfK)에서 처음 개발된 기술로 X-ray 를 이용하여 수백  $\mu\text{m}$  높이를 가지면서도 수  $\mu\text{m}$  선폭을 갖는 구조물을 제작할 수 있다.[5] 이 방법은 정밀도가 뛰어난 뿐만 아니라, 높은 구조물을 제작할 수 있으며, 금형화를 통한 대량 생산이 가능하여 현재 많은 연구가 수행되고 있다.[6] Fig. 2 는 LIGA 공정을 나타낸다.

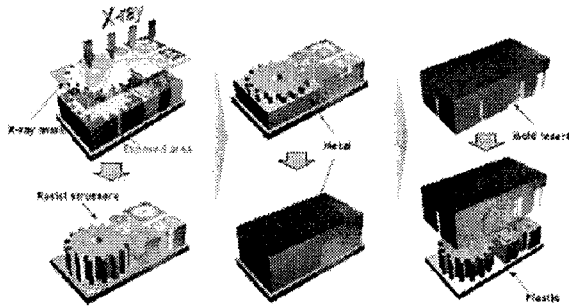


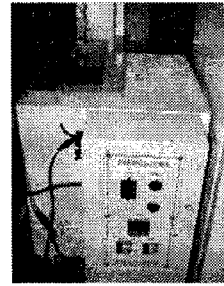
Fig. 2 LIGA process

본 연구에서는 LIGA 공정을 응용한 BGA Test Socket 인서트의 Cu 전극 제작 및 방전성능 시험등을 수행하여 Cu 전극에 대한 방전가공 특성을 분석하였다.

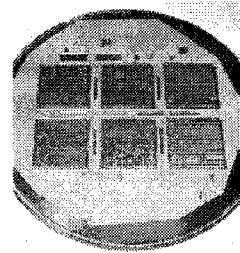
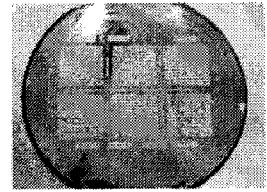
## 2. 실험방법

실험은 LIGA 공정으로 제작된 Cu전극을 통해 방전가공을 수행하였으며, 324Pin을 갖는 BGA Test Socket용 Cavity를 제작하였다.

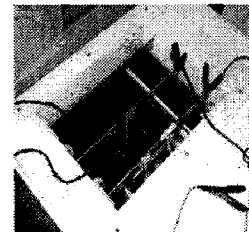
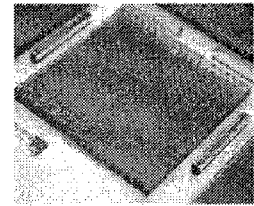
먼저 Photomask 를 이용하여 X-선 마스크를 제작하고, 제작된 X-선 마스크를 이용하여 X-선 노광을 실시하였다. 다음으로 최종적으로 사용할 전극 형성을 위하여 PMMA 구조물을 가지고 Cu 전주도금을 실시하였다. Fig. 3은 방전가공을 위한 Cu 전극 제작 공정이다.



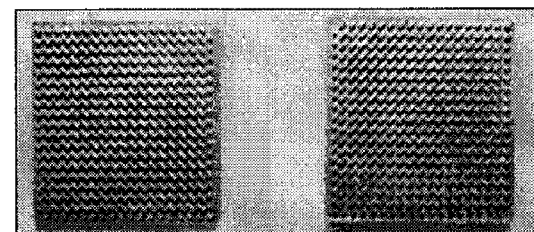
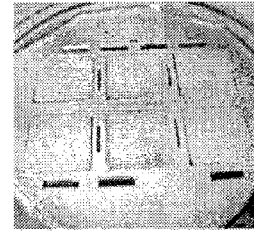
(a)X-ray Mask



(b)PMMA pattern



(c)Plating



(d)Electrode

Fig. 3 Manufacture process of Electrode

전극 재질은 일반적인 Cu 성분과 같으며, 공정 조건은 동-텅스텐 전극 방전 가공의 조건과 동일하게 적용하여 가공하였다.

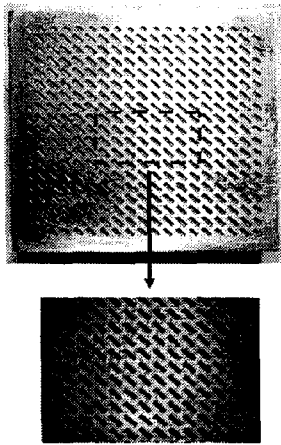
공정변수로는 2개의 Cu전극을 방전 Gap 0.02mm와 0.05mm에 대해 각각 진행하였으며, 방전 가공기는 ROBOFORM 35P를 사용하였으며 가공기 사양은 Table 1과 같다.

**Table 1 EDM machine of specification**

CHARMILLES ROBOFORM 35P	
X,Y,Z축 이송거리	350×250×300mm
X,Y,Z축 정밀도 분해능	0.0005mm
최대이송속도	2,7000mm/min
최대가공면조도	Ra 0.1 $\mu$ m
C축 정밀도 분해능	0.001deg

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 4 는 방전가공을 통해 제작된 캐비티와 3 차원 형상 측정기로 촬영한 확대면 이다.



**Fig. 4 The Cavity of BGA Test Socket**

실험결과로부터 Cu 전극의 경우 방전 Gap 이 0.05mm 인 경우 0.02mm 의 방전 Gap 의 경우보다 가공시간은 7 시간 단축하였지만 전극소모량과 가공모서리 측면에서는 0.02mm 의 방전 Gap 을 갖는 전극이 비교적 효율적인 값을 나타냈다. Table 2 는 Cu 전극과 동-텅스텐 전극의 방전가공 결과 값에 대한 비교이다.

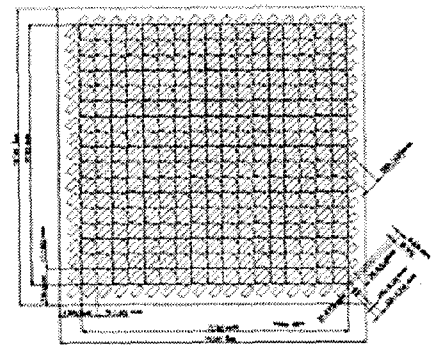
**Table 2 Results of Cu-electrode and CuW-electrode experiments**

전극 재질	방전 Gap 편측	전극 소모량	가공시간	가공 모서리 R
Cu	0.02	0.1mm	19h	0.028mm
	0.05	0.02mm	12h	0.08mm
CuW	0.02	0.04mm	10h	0.01mm 이하

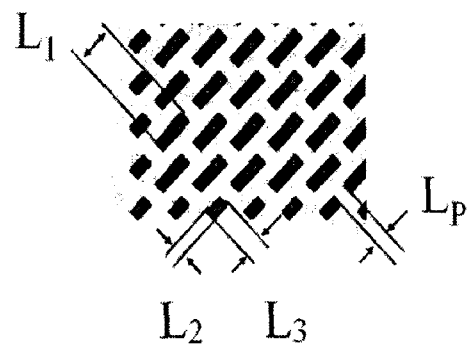
또한, 동일 조건으로 가공된 CuW 전극의 가공

결과와 비교 했을 때 전극소모량, 가공모서리, 가공시간 등이 요구조건에 다소 못 미치는 것을 알 수 있었다. 하지만 Cu 전극의 재질 특성을 고려하고 전극 제작시 가공조건을 개선한다면 전극소모량, 가공모서리 R 값 등의 차이는 향후 충분히 개선될 수 있을 것으로 사료된다.

가공을 마친 324Pin 캐비티의 치수 정밀도를 분석을 위해 방전 Gap 0.2mm 로 제작된 캐비티에 대한 치수정밀도를 측정하였다. Fig. 5,6 은 캐비티의 설계 도면과 가공된 캐비티의 측정범위를 나타낸다. 측정은 실제 캐비티 도면의 홀 크기 및 피치간 거리와 방전 Gap 0.02mm 로 가공된 캐비티의 홀 크기 및 피치간 거리에 대해 3 차원 형상 측정기를 이용하여 5~10 회 측정한 값의 평균치를 산출하여 비교 분석 하였다.



**Fig. 5 Drawing of the BGA Test Socket (Cavity)**



**Fig. 6 Measurement shape of the specimen**

Table 3 은 측정 결과 오차 값을 나타낸다. 측정 결과 가공 오차는 4~33  $\mu$ m 의 값으로 도면상의 공차 값과 매우 큰 차이를 보였다. 하지만 LIGA 공정에서 전극 가공시 발생된 가공오차가 30  $\mu$ m 임을 감안 한다면 실제 오차 값은 3~4  $\mu$ m 값으로 향후 공정 조건을 개선한다면 가공 오차를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

**Table 3 Comparison of geometrical accuracy**

측정 범위	도면	가공된 Cavity	오차
L <sub>1</sub> (mm)	1.031	1.064	+0.033
L <sub>2</sub> (mm)	0.330	0.341	+0.011
L <sub>3</sub> (mm)	0.560	0.564	+0.004
L <sub>p</sub> (mm)	0.390	0.371	-0.019

#### 4. 결론

본 연구를 통해 초정밀 미세 가공의 차세대 가공기술이라 할 수 있는 LIGA 공정을 이용하여 Cu전극을 제작하였다. 또한, 제작된 Cu 전극을 이용하여 방전가공을 수행하여 방전특성을 분석하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) Cu 전극 방전 가공시 방전 Gap이 0.02mm인 경우 0.05mm의 방전 Gap의 경우보다 가공 효율 측면에서는 우수한 것을 확인 하였다.

(2) 가공된 금형 인서트의 형상 정밀도 측정 결과 가공 오차는 4~33 $\mu$ m의 값으로 도면상의 공차 값과 매우 큰 차이를 보였다. 하지만 LIGA 공정에서 전극 가공시 발생된 가공오차가 30 $\mu$ m임을 감안 한다면 실제 오차 값은 3~4 $\mu$ m 값으로 향후 공정 조건을 개선한다면 가공 오차를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

향후, LIGA 공정을 이용한 방전가공기술 확립을 위해 다양한 전극 재질에 대한 LIGA 공정과 방전가공이 추가로 수행하여 되어야 할 것이다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부 “우수제조기술연구센터 사업”의 연구결과의 일부이며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 김보현, 이상민, 주종남, 강영훈, 최태훈, 박훈재, 이영수, “미세 방전을 이용한 3차원 미세공구 제작”, 한국소성가공학회지, 제14권 제3호, pp.251~256, 2005년.
- [2] 김동성, 이현섭, 이봉기, 양상식, 이승섭, 권태현, “변형 LIGA 공정을 통해 제작된 마이크로렌즈 어레이의 모델링 및 성형”, 한국소성가공학회 2005년 금형가공·미세가공·플라스틱가공 공동 심포지엄.
- [3] 이상훈, 정태성, ‘고경도 금형강의 와이어 방전가공 특성에 관한 연구’, 한국소성가공학회지, 제 15 권, 제 9 호, 2006.
- [4] Noh, H. S., Huang, Y. and Hesketh, P. J., ‘Parylene micromolding, a rapid and low-cost fabrication method for parylene microchannel,’ Sensors and Actuators B: Chemical Vol. 102, No. 1, pp. 78-85, 2004.
- [5] E.W. Becker, et al., “fabrication of microstructures with high aspect ratios and great structural heights by synchrotron radiation lithography, galvanofarming, and plastic modeling(LIGA process),” Micro-electronic Engineering, Vol. 4, pp.35-56, 1986.
- [6] B. Anderar, W. Ehrfeld, D. Munchmeyer, “Development of a 10-channel Wavelength division Multiplexer/Demultiplexer fabricated by an X-ray micromachining Process.” SPIE, 1014 Micro-optics, pp. 17-24, 1988.