

A Fabrication Method of Blade Type Tip for Probe Unit Device

李根雨* · 金昌教† · 李在洪**

(Keun-Woo Lee · Chang-Kyo Kim · Jae-Hong Lee)

Abstract - Beryllium copper has been known to be an important material for the various fields of industry because it can be used for mechanical and electrical/electronic components that are subjected to elevated temperatures (up to 400°C for short times). Blade type tip for probing the cells of liquid crystal display(LCD) was fabricated using beryllium copper foil. The dry film resist was employed as a mask for patterning of the blade type tip. The beryllium copper foil was etched using hydrochloric acidic iron-chloride solution. The concentration, temperature, and composition ratio of hydrochloric acidic iron-chloride solution affect the etching characteristics of beryllium copper foil. Nickel with the thickness of 3μm was electroplated on the patterned copper beryllium foil for enhancing its hardness, followed by electroplating gold for increasing its electrical conductivity. Finally, the dry film resist on the bridge was removed and half of the nickel was etched to complete the blade type tip.

Key Words : Blade Type Tip, BeCu, DFR, FeCl₃, Electroplating

1. 서 론

프르브 유닛(probe unit)은 LCD(liquid crystal display) 패널(panel)의 점등 여부를 통하여 불량을 검사하기 위한 테스트 디바이스(test device)이다[1]. 패널 제작 공정 중에 발생할 수 있는 불량 여부를 확인하여 출하 후에 발생할 수 있는 품질상의 문제를 최소화 할 수 있다. 이러한 프르브 유닛은 전기적인 신호를 패널의 패턴(pattern) 상에 인가하여 주는 탐침(tip)과 이를 지지하는 세라믹 소자, 금속 소자들 로 이루어진 툴(tool)로 구성되어 있다[2].

프르브 카드는 텅스텐 와이어를 뽀족하게 제작하여 끝단을 구부려 수평으로 적층하는 방식의 수평형 프르브 카드[3]와 텅스텐 와이어를 수직된 방향으로 세워 배열하는 구조의 수직형 프르브 카드[4], 그리고 반도체 미세공정을 이용하여 프르브 탐침을 형성시키는 방식의 MEMS 프르브 카드[5-7]로 구분한다[8].

팁 형 프르브 유닛은 블레이드 형(blade type)과 필름 형(film type), 니들 형(needle type)으로 나누어지는데 일반적으로 많이 사용되고 있는 것은 블레이드 형이다. 블레이드 형은 판재를 절단하여 형상을 가공하고, 각각의 핀(pin)에

절연 코팅을 하여 핀 간 간섭이나 단락(short)을 방지하도록 제작된다. 기존의 니들 형은 본드(epoxy)를 이용하여 고정하기 때문에 핀의 재사용이 불가능하다. 이에 반해 블레이드 형은 세라믹(ceramic)에 슬릿 slit)을 가공하여 각각 핀을 삽입하여 측면에서 세라믹 바(ceramic bar)를 이용하여 고정하는 방법으로 핀을 일렬로 배열하여 재사용 시 불량 부위의 핀만 제거 후 새로운 핀으로 교체하여 재사용이 가능한 것이 블레이드 형 팁의 장점이다.

베릴륨동(BeCu)은 우수한 강도를 갖는 기계적인 성질과 열전도율이 높고 내마모성이 높기 때문에 블레이드 형 팁의 소재로 사용되고 있다. 베릴륨동(BeCu) 합금을 박판(foil)으로 성형 가공하여 스프링 대응으로 사용하여 전류변환 장치의 중요한 부품으로 사용할 수 있다. 이처럼 커넥터(connector)로 사용함에 있어 베릴륨동은 접촉점의 접촉력을 적당히 조절할 수 있으므로 접촉저항을 최소한으로 줄일 수 있으며, 동시에 전기전도도를 일관되게 유지할 수 있게 한다. 또한, 높은 온도에서도 원래의 특성을 유지하며, 응력이 완 저항력이 높기 때문에 베릴륨동 박판을 이용하여 블레이드 형 팁을 제작하고 있다.

본 연구에서는 베릴륨동 박판(BeCu thin film)으로 MEMS (micro electromechanical system) 기술을 이용하여 블레이드 형 팁을 제조하였다. DFR(dry film resist)을 패턴링을 위한 마스크로 사용하여 염화제이철(FeCl₃)과 염산(HCl)을 혼합한 수용액에서 베릴륨동 박판을 습식 식각하였다. 제작된 블레이드 형 팁의 강도를 높이기 위하여 성형된 베릴륨동 박판에 니켈 도금을 이용하여 수 마이크로미터 두께의 니켈을 도금하였으며, 팁의 전기전도도를 높이기 위하여 무전해 도금법으로 금(Au)을 도금하여 탄성과 전기전도도가 우수한 블레이드 형의 팁을 제작하였다.

† 교신저자, 正 會 員 : 順天鄉大 工大 電子情報工學科 教授 · 工博

E-mail : ckkim1@sch.ac.kr

* 學生會員 : 順天鄉大 工大 電氣로봇工學科 碩士課程

** 正 會 員 : (株)나디스

接受日字 : 2007年 6月 8日

最終完了 : 2007年 7月 11日

2. 본 론

2.1 마스크 제작

그림 1은 본 연구에서 블레이드 형 팁을 제조하기 위해 사용된 도면으로, 현재 가장 많이 사용되고 있는 제품의 도면을 보여주고 있다. 팁의 전체 길이는 3cm이며, 높이는 4mm의 제품으로 이러한 각각의 팁 100개를 한 판(sheet)에 정렬시켜 제작하게 되는데 100개의 팁이 정렬된 기판의 전체 크기는 150mm×150mm이다. 양 끝단의 원형 홀(hole)은 세라믹 바(ceramic bar)를 이용하여 지지와 정렬을 시켜주기 위한 부분이고, 양쪽의 사각형 사이의 공간에는 제품명이 기재될 부분이며, 팁 끝단은 실제 탐침이 이루어지는 부분으로 약 30~50 μ m의 미세한 선폭을 가지게 된다. 무엇보다 중요한 것은 원형 홀의 옆 부분에 약 50 μ m 정도의 두께를 갖는 브리지를 이용하여 팁과 판 사이에 연결을 시켜주어야 하며, 브리지는 기판과 블레이드 형 팁의 분리를 위하여 절반식각(half etching)을 해 주어야 한다. 제작한 팁을 LCD 패널 검사과정에서 사용할 경우 팁을 각각 절단하여 세라믹 바에 고정시켜 주어야 하는데 절반 식각은 절단 과정에서 힘을 가할 경우 팁의 휘어짐을 막아주고, 깨끗한 절단이 가능하게 한다.

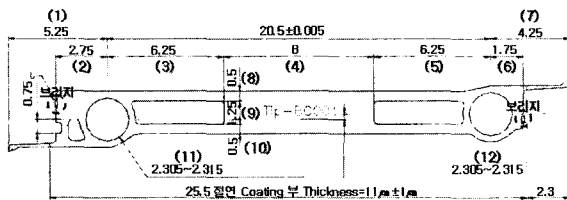


그림 1. 블레이드 형 팁의 모형도

Fig. 1 Drawing of blade type tip

2.2 블레이드 형 팁 제작 공정

그림 2는 베릴륨동 기판에 DFR을 사용하여 블레이드 형 팁을 제조하기 위한 공정의 흐름도이다. 사용된 기판은 20 μ m 두께의 베릴륨동 기판으로써 2wt%의 베릴륨(Be)과 98wt%의 동(Cu)으로 이루어져 있지만 부피 면에서는 베릴륨이 약 10%를 차지하고 있고 나머지는 동으로 이루어져 있다[9]. 먼저 기판의 표면은 오일 및 오염물질이 없는 깨끗한 표면으로 만들기 위하여 일반적인 알칼리 세정작업을 해 준 후에 표면의 산화막(BeO)을 제거한다. 세정된 베릴륨동 기판의 양면에 라미네이터를 이용하여 DFR을 코팅한다. 사용된 DFR은 두께가 30 μ m로 약 30 μ m의 선폭 구현이 가능하다. 다음은 UV 조사를 위한 노광광정으로 15mW의 자외선을 3.5초간 조사하였다. 다음으로 DFR 현상액(D-TPR)을 사용하여 버블법(bubble method)으로 DFR을 현상(development)하였으며, 현상이 끝난 기판은 전기로(oven)를 이용하여 hard bake를 함으로써 식각될 베릴륨동 기판에 패터닝 공정을 수행하였다. 현상에 있어서 일반적인 침전법을 이용하면 미세한 선폭 구현이 어려워지게 되며 현상이 끝난 후 hard bake를 수행하지 않으면 염화제이철 수용액을 이용하여 베릴륨동 박판을 식각할 때 DFR이 영향을 받아서 패터닝이 무너지는 현상이 일어난다.

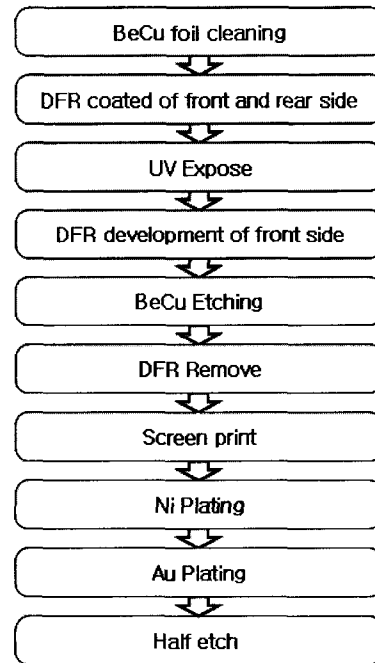


그림 2. BeCu 박판의 식각 공정 흐름도

Fig. 2 Flow chart for the etching processes of BeCu foil

베릴륨동 박판의 식각용액으로는 1mol의 염화제이철과 2mol의 염산이 혼합된 수용액을 사용하였다. 초순수에 염화제이철과 염산을 각각 농도에 맞게 혼합한 후 40 $^{\circ}$ C의 온도를 유지시켜 가면서 버블법으로 식각하였다[10]. 기판의 식각이 완료된 후 베릴륨동 표면에 존재하는 DFR은 아세톤을 이용하여 박리시켰다.

성형된 베릴륨동 박판의 표면에 니켈과 금을 도금하기 이전에 양 끝단에 있는 브리지 부분과 기판 중앙에 스크린 프린팅 법을 이용하여 후막 PR(thick photoresist)을 코팅하였다. 이는 최종 공정인 절반식각과 기판 중앙에 제품명을 만들어 주기 위한 것으로 이처럼 브리지 부분과 기판 중앙에 후막 PR이 코팅된 베릴륨동 박판 표면에 무전해 도금법을 이용하여 3 μ m 두께의 니켈을 양면에 도금하였다. 무전해 니켈 도금은 탈지, 수세, 니켈 도금, 수세, 건조 등의 순서로 수행하였으며 도금된 니켈 도금층은 건류 분포에 영향을 받지 않기 때문에 도금 표면 마무리 연마가 필요 없을 정도로 매우 균일하게 니켈 도금층이 형성되었다. 또한, 니켈층을 도금함에 있어서 전기도금법을 사용하면 팁 끝단의 빠른 부분에 전류밀도가 증가하여 전체적으로 균일한 두께를 갖는 도금층을 형성할 수 없으므로 무전해 도금법을 사용하였다[11,12]. 다음으로 무전해 도금법에 의해 약 0.1 μ m의 두께를 갖는 금 도금층을 형성하였다. 이 경우에도 니켈 무전해 도금과 같은 순서로 수행하였으며 도금된 금은 매우 균일한 두께를 보였으며 매우 높은 경도를 보이므로 수만 번 이상의 탐침에도 견딜 수 있게 제작되었다.

무전해 도금법에 의해 베릴륨동 박판에 니켈층과 금을 도금한 후에 최종 공정으로 리프트(lift) 공정을 수행하여 후막 PR을 제거하고 염화제이철 수용액을 침전시켜 절반식각을 수행하였다. 브리지 부분과 기판 중앙 부분은 베릴륨동 박판이 드러나 있으며 나머지 부분은 금이 보호하고 있기 때

문에 염화제이철 수용액에 기판을 담그었을때 브리지 부분과 기판 중앙의 제품명 부분만 식각이 되고 나머지 부분은 영향을 받지 않게 된다. 마지막으로 최종 공정인 절반식각 공정이 끝난 기판을 세정과 건조를 수행함으로써 블레이드형 팁을 제작하였다[13].

2.3 제작된 블레이드 형 팁

그림 3은 DFR 현상이 끝난 후의 블레이드 형 팁 어레이를 보여주고 있다. 한 장의 기판에 100개의 팁이 어레이로 형성되어 있는데 이 중에서 가장 중요한 부분인 탐침 부분을 보여주는데, 진하게 보이는 부분은 DFR이 코팅된 상태이며 밝게 보이는 부분은 DFR이 현상된 부분을 보여주고 있다. 그림 3은 버블법을 이용한 DFR의 현상이 정밀하게 이루어진 것을 보여주고 있다.

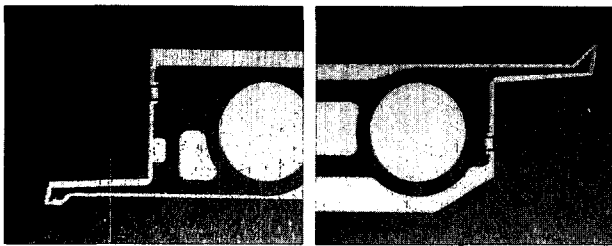


그림 3. DFR 현상후의 블레이드 형 팁 사진
Fig. 3 Image of blade type tip after DFR development

그림 4는 베릴륨동 박판을 염화제이철 수용액을 이용하여 식각하고 기판의 표면에 코팅되어 있는 DFR을 제거한 후의 사진으로 실제 탐침이 이루어지는 팁의 양쪽 끝단을 보여주고 있다. 또한, 그림 4로부터 탐침이 이루어지는 부분의 선폭은 약 50 μ m로 식각된 면의 상태가 매우 양호하고 수직에 가깝게 식각되었음을 알 수 있다.

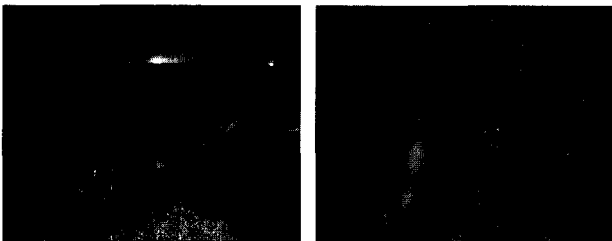


그림 4. BeCu 식각후의 블레이드 형 팁 사진
Fig. 4 Image of blade type tip after BeCu etching

그림 5는 무전해도금법을 이용하여 니켈과 금을 도금한 후의 블레이드 형 팁의 단면을 보여주고 있는 사진으로, 그림 5(a)는 3 μ m 두께의 니켈을 도금한 후의 사진이며 그림 5(b)는 0.1 μ m 두께의 금을 도금한 후의 사진이다. 특히 그림 5(b)에서는 양쪽 브리지 부분에 스크린 프린팅법에 의해 코팅된 PR층이 있던 부분이 보이는데 이는 마지막 공정에서 브리지 부분을 절반식각 함으로써 이 부분에는 니켈과 금이 도금되지 않았으며 또한 베릴륨동 박판이 절반식각 되었음을 알 수 있다. 이 부분은 100개의 블레이드 형 팁 어레이를 베릴륨동 박판으로부터 분리되는 부분으로, 만일 브리지

부분을 절반식각 해 주지 않으면 하나의 팁을 기판으로부터 분리시키는데 있어서 팁이 휘어지거나 기판으로부터 팁이 잘 분리되지 않는 현상이 일어나므로 반드시 절반식각 공정을 통하여 브리지 부분을 절반식각해 주는 것이 좋다.

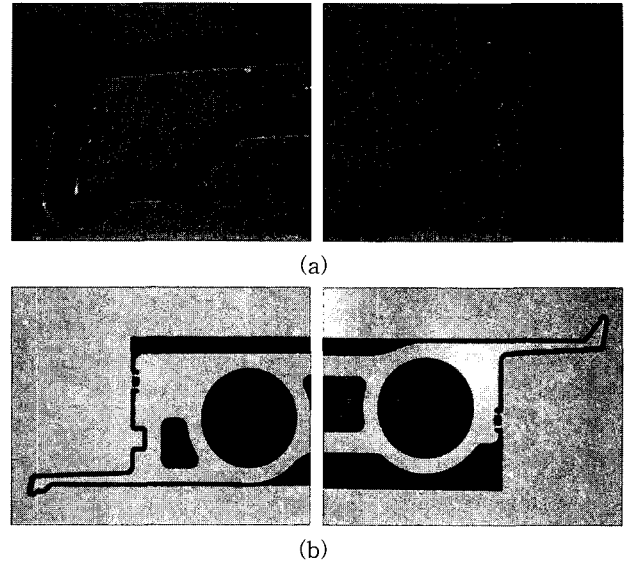


그림 5. (a) 니켈 식각 (b) 금 식각 후의 블레이드 형 팁 사진
Fig. 5 Image of blade type tips after (a) Ni plating (b) Au plating

그림 6은 최종적으로 완성된 블레이드 형 팁 사진으로서, 상단의 두 사진은 브리지 부분이 절반식각 되었음을 보여주고 있고, 중간 사진을 통하여 제품에 대한 명칭이 새겨져 있음을 볼 수 있다. 또한 하단의 두 사진은 양 끝단의 탐침 부분에 대한 사진으로, 왼쪽 사진이 LCD 패널의 셀에 닿는 부분의 탐침이고 오른쪽 사진은 측정된 전기량이 측정기계에 전달되는 부분의 탐침이다. 실제 제품에서 요구되는 사항은 상단의 브리지 부분에 대한 절반식각을 해주는 것과, 팁의 한 부분에 제품에 대한 명칭을 기재해 주는 것 그리고 무엇보다 중요한 것은 탐침 부분의 식각상태가 수직에 가까워야 하며 전체 치수 및 부분적인 치수가 허용되는 공차 내에 들어와야 한다는 것이다. 이러한 실제 사용되고 있는 제품에 대한 요구사항을 고려해 볼 때 그림 6에서는 이러한 사항들이 충실히 이행되었음이 보여진다.

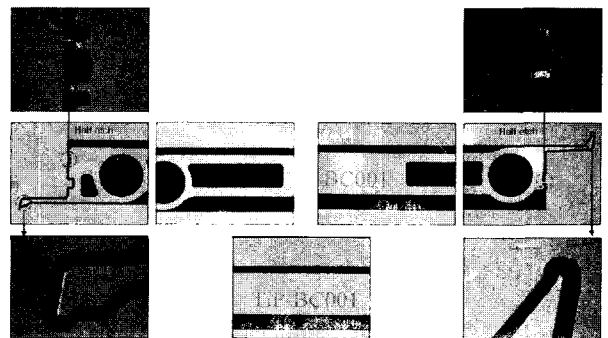


그림 6. 제작된 블레이드 형 팁 사진
Fig. 6 Images of fabricated blade type tip

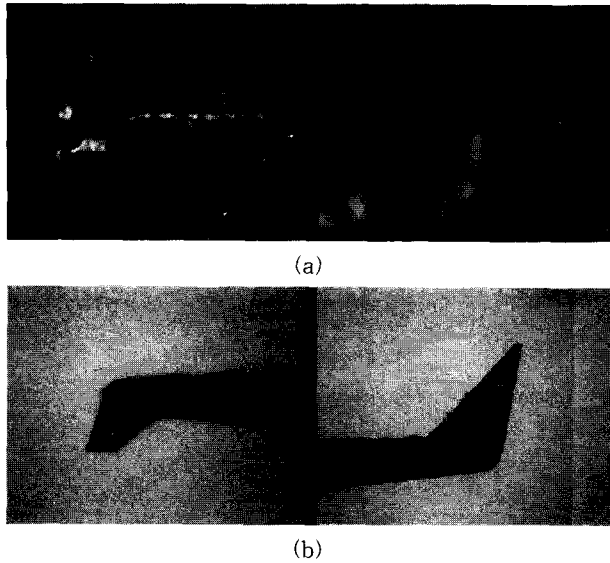


그림 7. 블레이드 형 팁 사진 (a) 본 연구에서 제작된 팁 (b) 상용화 팁
 Fig. 7 Images of the blade type tips (a) fabricated in this study (b) in the commercial market

그림 7은 이처럼 제작된 블레이드 형의 팁과 현재 사용되고 있는 팁을 비교한 사진으로, 그림 7(a)는 본 연구에서 제작된 탐침 사진이며, 그림 7(b)는 현재 사용되고 있는 상용화된 제품의 탐침 부분에 대한 사진을 보여주고 있다. 그림 7에서 볼 수 있듯이 본 연구에 의해 제작된 팁의 식각면과 기관의 표면상태가 현재 사용되고 있는 제품에 비해 상태가 훨씬 우수함을 알 수 있다.

표 1은 두 제품에 대한 특성을 비교한 것으로 상용화 제품에 비해서 본 연구에서 개발한 소자의 치수 정밀도가 높다는 것을 보여주고 있다. 표 2는 제작된 팁의 측정결과이다. 그림 8은 표2의 측정값에 대한 표준편차 값을 그래프로 나타낸 것으로 표준편차 값이 길이의 크기에 비해 매우 적음을 알 수 있다. 위의 비교를 통해 새로이 제작된 블레이드 형 팁의 특성이 현재 사용되고 있는 팁에 비해 식각면의 직각도나 치수 정밀도, 인장강도 등이 더 우수함을 알 수 있다.

표 1. 블레이드 형 팁의 특성 비교 (a) 제작된 팁 (b) 상용화 팁

Table 1 Comparison of the characteristics of the blade type tips (a) fabricated in this study (b) in the commercial market

	직각도	부분 치수 정밀도(μm)	전체 치수 정밀도(μm)	인장강도 (kg/mm^2)
상용화 제품	75~78°	± 10	± 20	160~163
본 연구 개발소자	82~85°	± 5	± 10	175~178

표 2. 본 연구에서 제작된 블레이드 형 팁의 측정 값
 Table 2 The measured value for the blade type tip fabricated in this study

[단위 : mm]

측정 구간	측정 1	측정 2	측정 3	측정 4
(1)	5.254	5.252	5.248	5.253
(2)	2.748	2.747	2.749	2.752
(3)	6.248	6.251	6.254	6.249
(4)	7.998	7.996	7.998	8.001
(5)	6.254	6.248	6.252	6.249
(6)	1.753	1.748	1.751	1.749
(7)	4.248	4.247	4.253	4.254
(8)	0.499	0.497	0.502	0.499
(9)	1.252	1.253	1.252	1.251
(10)	0.497	0.499	0.499	0.501
(11)	2.298	2.302	2.299	2.303
(12)	2.297	2.299	2.299	2.302
전체길이	30.002	29.994	30.005	30.006
두께	0.023	0.023	0.023	0.023

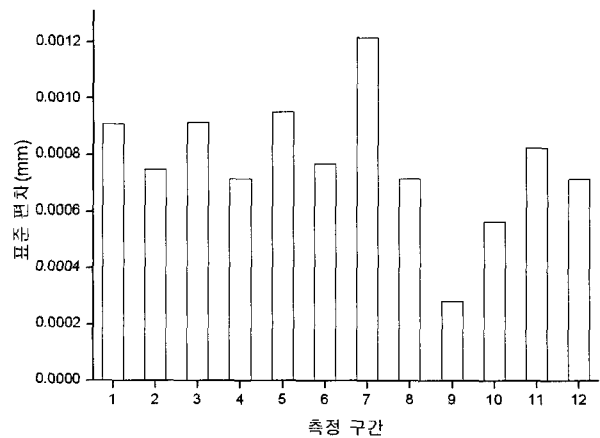


그림 8. 제작한 블레이드 형 팁의 표준편차
 Fig. 8 Standard deviation value for the blade type tip fabricated in this study

3. 결 론

LCD 패널의 각각의 셀에 대한 전기전도도를 검사하는 장비인 프르브 유닛은 세라믹 소자인 슬릿, 금속제품인 탐침

팁 그리고 폴리머 제품인 가이드 필름 등의 핵심소자로 이루어져 있다. 본 연구에서는 이 중에서 금속제품인 블레이드 형의 팁을 MEMS 기술을 이용하여 제작하였다. 제작에 사용된 베릴륨동 기관의 두께는 20 μ m이며, 이처럼 매우 얇은 박판 베릴륨동 기관을 이용하여 제작되는 블레이드 형의 팁은 식각된 면의 직각도, 각 홀에 대한 식각 정밀도 및 전체 치수에 대한 정밀도, 식각공정 및 도금공정 후의 기관의 표면 청결상태 등이 실제 제품으로 제작하는데 있어 매우 중요하다.

먼저 염화제이철에 의해 식각되는 베릴륨동 기관의 전체적인 치수 및 부분적인 치수를 파악하여 도면을 작성할 때 각 부분의 치수를 약간 수정해야 한다. 왜냐하면 DFR의 현상 치수와 베릴륨동 기관의 식각치수가 약간의 오차를 보이기 때문이다. 다음으로 베릴륨동 기관의 식각 시간을 단축해야 한다. 식각시간이 길어지면 식각된 면의 직각도가 나빠질 수 있으며 또한 치수에 대한 오차가 심하게 발생할 수 있기 때문이다. 따라서 베릴륨동 기관을 식각할 경우에는 식각용액의 농도, 온도 및 혼합비가 중요하다. 다음으로 니켈도금을 할 경우에는 도금되는 니켈의 두께를 정확히 맞추어 주어야 하며, 또한 도금된 니켈과 베릴륨동 기관 사이의 접착력이 좋아야 한다. 그리고 마지막으로 금을 도금하기 위해서는 하드도금(hard plating)을 함으로써 금과 니켈 사이에 접착력을 좋게 해 주어야 한다. 마지막으로 완성된 블레이드 형 팁의 휘어짐 및 복원력이 5g/cm² 정도의 압력을 견딜 수 있는 베릴륨동 기관을 사용하면 된다. 이처럼 본 연구에서는 현재 사용되고 있는 제품에 비해 식각면의 직각도 및 정밀도, 인장강도 등이 매우 우수한 블레이드 형 팁을 제작할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-02)지원으로 수행되었음.

참고 문헌

[1] 삼성전자 주식회사, "접속력이 향상된 동축케이블 컨넥터", 대한민국 특허, 출원번호 10-2003-0057961, 2005.
 [2] 이영희, "프르브 카드", 대한민국 특허, 등록번호 0303039-0000, 2001.
 [3] T. Tada, R. Takagi, S. Nakao, M. Hyonzo, T. Arakawa, K. Sawada, M. Ueda, "A fine pitch probe technology for VLSI wafer testing", IEEE International Test Conference, p. 900, 1990.
 [4] S. Sasho, T. Sakata, "Four multi probing test for 16bit DAC with vertical contact probe card", IEEE International Test Conference, pp. 86-87, 1996.
 [5] Y.-M. Kim, H.-C. Yoon, J.-H. Lee, "Silicon micro-probe card using porous silicon micromachining Technology", ETRI Journal, Vol. 27, No. 4, pp. 433-438, 2005.
 [6] B. Leslie, F. Matta, "Membrane probe card technology",

IEEE International Test Conference(New Frontiers in Testing), pp. 601-602, 1998.

[7] J. Leung, M. Zargari, B. A. Wooley, S. S. Wong, "Active substrate membrane probe card", Electro Devices Meeting, IEEE, International Conference, pp. 709-710; 1995.
 [8] 민철홍, 김태선, "고밀도 프로빙 테스트를 위한 수직형 프르브 카드의 제작 및 특성분석", 전기전자재료학회지, Vol. 19, No. 9, pp. 825-830, 2006.
 [9] Brushwellman Engineered Materials, Guide to Copper Beryllium, Brushwellman Inc., p. 6, 2002.
 [10] 이근우, 이재홍, 김창교, "염화제이철 용액을 이용한 베릴륨동 기관의 식각 특성", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp. 26-27, 2006.
 [11] 허진, 이재호, "MEMS에 응용되는 무전해 니켈 도금을 이용한 마이크로 구조물의 제조", 한국부식학회지, Vol. 29, No. 1, pp. 39-45, 2000.
 [12] 허진, 이재호, "무전해 니켈 도금 조건에 따른 안정도와 도금피막 특성에 미치는 영향", 한국부식학회지, Vol. 29, No. 1, pp. 46-53, 2000.
 [13] 이근우, 이재홍, 김창교, "프르브 유니트 소자용 블레이드 타입 팁 제조", 한국MEMS학회 학술대회 논문집, pp. 606-609, 2007.

저 자 소 개



이근우 (李根雨)

2006년 순천향대학교 전기공학과 졸업(학사), 2006년~현재 순천향대학교 전기로봇공학과 석사과정



김창교 (金昌敎)

1981년 연세대학교 전기공학과 졸업(학사), 1983년 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사), 1992년 밴더빌트대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사), 1993년~현재 순천향대학교 전자정보공학과 교수



이재홍 (李在洪)

1996년 순천향대학교 전기공학과 졸업(학사), 1998년 순천향대학교 전기공학과 졸업(석사), 2006년 순천향대학교 전기공학과 졸업(박사)