

논문 99-8-1-12

고주파 가열기를 이용한 PZT와 연결기판의 접합기술

이종현, 최시영

Bonding Technology for PZT and Connection board
using a High Frequency Heating Machine.

Jong-Hyun Lee, and Sie-Young Choi

Abstract

In this study, a new technology to bond the PZT with connection board, which is a core technology for the fabrication of medical micro high frequency sensors, was developed. Two technologies were adopted. One is bonding of In using thermal heating, the other is bonding of Pb using a high frequency heating machine. In case of thermal heating, bonding was failed because of the contaminations of In surface. But, when using a high frequency heating machine, we developed good bonding characteristics at various experimental conditions and thickness of the electrode material.

1 서론

성인이 들을 수 있는 범위(20KHz)이상의 높은 주파수 소리를 초음파라 한다^[1]. 가청영역 이상의 모든 소리는 그 주파수 대역이 매우 넓기 때문에 초음파는 중심주파수의 크기에 따라 각각 다른 용도로 응용될 수 있다. 산업용으로는 설비 구조물의 안정성 진단 및 계측 기기 분야에 사용되고, 의료 진단용으로는 태아의 건강상태 검사 등 우리 주위에 널리 사용되고 있다^[2-7]. 최근의 급격한 전자 및 기계 공학의 발달로 인해 그 응용 범위 또한 날로 넓어지고 있다. 초음파의 발생 기구는 크게 트랜스듀서(electromechanical transducer)와 고주파 전원 (high frequency power supply)으로 구성된다. 현재 사용하고 있는 트랜스듀서들의 종류는 압전 소자, 전자기 센서, 그리고 laser device 등이 있으나, 특수한 목적을 제외하고는 대부분 우수한 초음파 발전, 수신

동시에 되는 압전 소자가 사용되고 있으며 그 크기가 점점 작아지고 있다^[8-9]. 최근 국내에서 제조되는 의료용 초음파 센서들은 아직까지 형태가 매우 커서 수작업으로 납땀하여 센서를 제조하고 있다^[10]. 따라서, 많은 노동력을 필요로 하며, 또한 생산원가가 높고, 제품의 균일성이 좋지 않다. 그러나, 아직까지 PZT와 연결기판의 접합기술에 관한 연구가 이루어진 바가 없고, 이에 관한 연구나 논문이 발표된 바가 없다. 따라서, 본 연구에서는 의료용 소형 초음파 센서 제조기술의 핵심이 되는 PZT element cell의 전극 형성기술과 PZT 전극과 연결기판과의 접합기술을 개발하여 소형 초음파 센서 제조의 원가절감 및 제품 균일성의 개선을 목적으로 한다.

2 실험

의료용 초음파 센서에 사용되는 PZT element cell의 제조과정은 기업체의 기술 보호 측면에서 설명하지 않고, PZT element cell이 제조된 후의 전극 형성 공정, 연결기판 제조 및 PZT의 전극과 연결기판과의

* 경북대학교 전자전기공학부 (School of Electronic and Electric Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)
<접수일자 : 1998년 11월 10일>

접합 기술에 대해서만 언급한다.

먼저, PZT element cell의 전극 형성 과정으로서, cell의 양면을 Ag 스크린 프린터로 2~3 회 반복하여 10~15 μm 두께의 Ag 전극을 형성한다. 그 후, PZT element cell의 양 끝단에 약 1 mm 폭이 되도록 진공 증착 방법으로 (10^{-5} Torr) Au/NiCr 박막을 증착하여 1차 전극을 형성하였다. 또한 이와 같은 방법으로, PZT element cell의 양면에 Au/NiCr/Ag로 형성된 전극 부분에 진공 증착 방법으로 In을 약 20 μm 두께로 증착시켜 In/Au/NiCr/Ag 전극을 형성하여 접합 전극으로 사용하였다. 다른 방법으로는 PZT element cell의 양면을 스크린 프린터로 15 μm 두께가 되도록 Ag를 도포한 후 접합할 양끝에 1 mm 폭으로 Pb를 약 20 μm 두께가 되도록 도포하여 Pb/Ag 전극을 형성한 후 접합 전극으로 사용하였다.

연결 기관 제작은 폴리이미드(poly-imide) 필름 위에 Pb/Cu 박막을 형성하여 리소그래피(lithography) 방법으로 배선 및 전극 형상을 만들고, 그 전극 위에 In을 약 20 μm 두께로 진공 증착하여 In/Pb/Cu 전극을 제조하여 사용하였다.

PZT 전극과 폴리이미드 필름 연결기관과의 연결 방법으로는 두 가지 방법을 사용하였다. 먼저 In 열 접합방식을 설명하면, In의 용융점이 낮은 특성을 이용하여 이를 진공중에서 일정압력을 가해 열 접합을 하였다. PZT의 접합 전극재료는 In/Au/NiCr/Ag로 되어 있으며, 폴리이미드 필름 기관의 접합 전극재료는 In/Pb/Cu순으로 되어 있다. 이 두 전극을 서로 붙여서 진공 챔버(chamber)의 가열기관 위에 고정시켜 약 1.0 Kg/cm^2 무게를 가한 뒤, 챔버 내의 압력을

10^{-3} Torr가 되도록 진공 상태로 만든 후, 가열기관을 약 130~170 $^{\circ}\text{C}$ 범위에서 약 10분간 가열하여 접합하였다.

다른 한 가지 접합방법으로써는 고주파 유도 가열 장치를 사용하였다. 이 가열 장치는 400KHz 고주파 출력을 발생하므로 PZT와 같은 세라믹 절연체 등은 가열되지 않고, 전자만을 진동시켜서 도전성 금속만이 가열되는 특성을 갖고 있다. 그래서 PZT element cell의 Pb/Ag 전극과 폴리이미드 필름 기관의 Pb/Cu 전극을 공기 중에서 서로 붙여서 고주파 가열기 위에 고정하여 약 1.0 Kg/cm^2 의 압력으로 눌러 두고 고주파 가열 장치의 출력전류를 15~50 A로, 가열 시간을 5~20초 사이로 변화시키면서 접합하였다.

3 결과 및 고찰

PZT element cell의 전극을 In/Au/NiCr/Ag로 된 시료와 폴리이미드 필름 연결기관의 전극이 In/Pb/Cu인 부분을 서로 붙여서 진공 챔버 내의 가열기관 위에 올려놓고 1.0 Kg/cm^2 무게로 눌러 고정시켰다. 그 후 진공 챔버 내의 압력이 10^{-3} Torr가 되도록 진공 상태로 만든 후, In이 용융점 전후의 온도가 되도록 가열기관 온도는 130~170 $^{\circ}\text{C}$, 10분 간 가열하여 접합하였다. 그런데 이 접합에서는 In과 In사이에 접합이 되는 부분과 되지 않는 부분이 발생하여 온도와 가열시간을 변화시켜 여러 번 시도해보았지만, 균일한 접합이 이루어지지 않았다. 그래서 접합되지 않은 부분을 AES로 분석해 본 결과 그림 1 과 같이 In이 산화되어 In_2O_3 로 되고, 또한 상당량의 탄소가 존재함으로써 이런 표면의 유기물 오염으로 인해 접합이 잘 되지 않는 것으로 확인할 수 있었다. 또한 접합공정이 복잡하고 진공 챔버 안에서 가압 및 가열하기 때문에 많은 번거로움이 있었다.

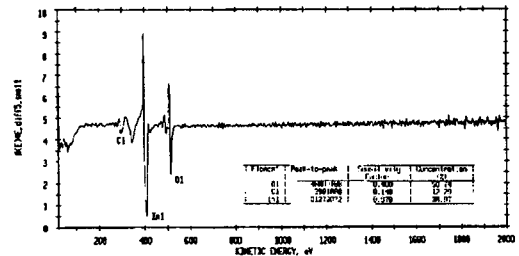


그림 1 PZT element cell의 In 전극에 대한 AES 표면 분석

Fig. 1. AES surface analysis of In electrodes on the PZT element cell.

한편, 이와 달리 고주파 가열 장치를 이용한 접합 방법은 대기압에서 전극간에 얼라인(align) 접합 및 가열을 할 수 있어서 매우 간단한 공정이이다. 먼저, 그림 2(a)의 위쪽은 PZT element cell이며, 여기서 검게 보이는 것이 Pb/Ag로 된 양쪽 전극이다. 그리고, 아래쪽 폴리이미드 필름 연결기관에 검게 보이는 것이 Pb/Cu로 된 연결 배선과 전극이다. 이 두 sample의 전극들이 연결되도록 얼라인 한 것이 그림 2(b)와 같다. 이것을 절연 테이프로 고정하고, 이를 고주파 가열기 위에 올려 실리콘 고무판을 위에 놓

고 1.0 Kg/cm²의 무게로 가압 고정했다. 그 후 고주파 가열 장치의 전압은 100 V, 전류는 0~50 A가 되도록 가변하였으며, 가열시간도 5~20초 사이로 가변하면서 접합하였다.

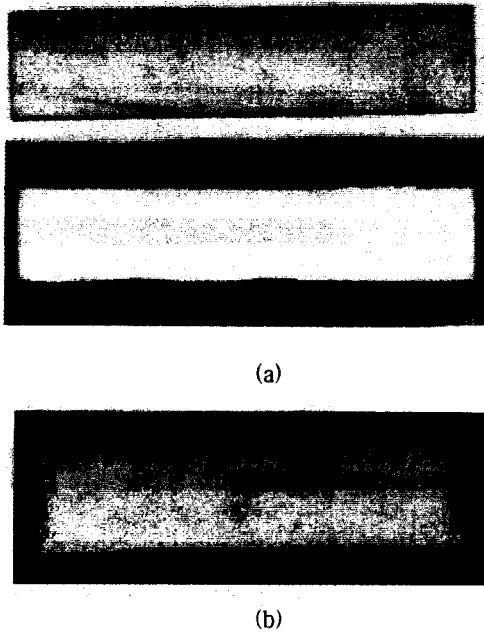


그림 2. PZT element cell과 폴리이미드 필름 연결배선에 형성된 전극형상

(a) align 전의 형상, (b) align 후의 형상

Fig. 2. Electrodes pattern of the PZT element cell and connection line on poly-imide films (a) before align, (b) after align.

고주파 가열장치의 전압을 100 V, 전류는 1~10 A 까지 증가시켰으며, 가열시간을 12초간 고정하여 접합한 경우는 PZT의 Pb/Ag 전극과 폴리이미드 필름 연결기판의 Pb/Cu 전극이 전혀 접합되지 않았다. 고주파 가열장치의 전류를 15~20 A로 증가한 경우에는 두 전극 사이에 접합이 되기 시작하였으나, 부분적으로만 접합되고, 두 전극이 완전하게 접합되지는 않았다. 고주파 가열장치의 전류를 25 A, 가열시간을 12초로 접합한 경우는 PZT cell의 양쪽 Pb/Ag 전극이 폴리이미드 필름 연결기판의 Pb/Cu 전극과 완벽하게 접합되었으며, 접합된 형상의 앞면과 뒷면을 그림 3에 나타내었다. 그림 3의 (a)와(b)에서 고주파에 의해 발생된 높은 열이 폴리이미드 배선에는 전혀

영향을 주지 않고, 매우 깨끗한 형상을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 접합된 부분은 수 작업으로 납땀한 것보다도 더 강하게 접합되었다.

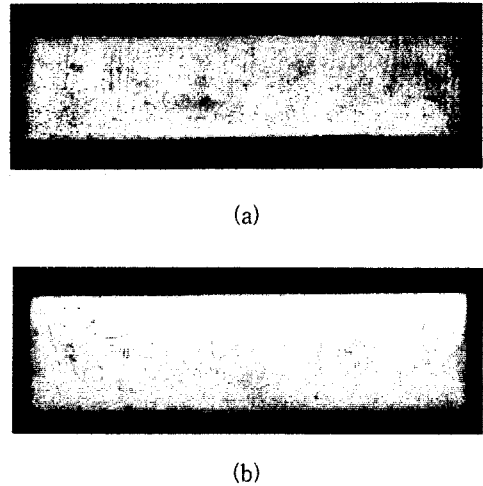


그림 3. PZT cell의 Pb/Ag 전극과 폴리이미드 필름의 Pb/Cu 전극의 접합된 형상 (a) 앞면 (b) 뒷면
Fig. 3. Bonding pattern of Pb/Ag electrodes on PZT cells and Pb/Cu electrodes on poly-imide films. (a) front side, (b) back side.



그림 4. 그림 3의 샘플을 분리시킨 형상
Fig. 4. The separated pattern of the sample in Fig.3.

그림 4는 그림 3과 같이 양호하게 접합된 PZT의 Pb/Ag 전극과 폴리이미드 필름 연결기판의 Pb/Cu 전극을 분리시킨 형상을 나타낸 것이다. 위쪽은 PZT element cell이고, 아래쪽은 폴리이미드 필름 기판의 형상이다. 그림 4에서는 PZT의 Pb/Ag 전극이 PZT element cell 기판으로부터 완전히 떨어져 검은 색으로 나타나며, 폴리이미드 필름 연결기판의 Pb/Cu 전극 위에는 접합되었던 PZT의 Pb/Ag 전극물질이 붙어서 흰색으로 보인다. 따라서, 두 전극들이 균일하고 완전히 접합되었음을 보여 주고 있다. 또, PZT element cell위에 형성한 Ag 전극이 PZT와의 접합력

보다도 PZT element cell 위의 Pb/Ag 전극부와 폴리이미드의 전극부인 Pb/Cu의 접합력이 훨씬 더 강하다는 것을 알 수 있다.

이때의 접합력을 매달림 지지저울을 이용하여 측정을 하였다. PZT의 Pb/Ag 전극과 폴리이미드 필름 연결기판의 Pb/Cu 전극간의 접합력은 $58.8 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{sec}^2$ 로 나타났다.

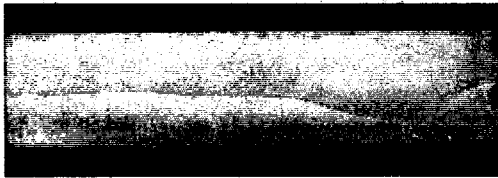


그림 5. 고주파 가열기의 전력을 100 V, 35 A로 12초 동안 인가하여 접합한 경우.

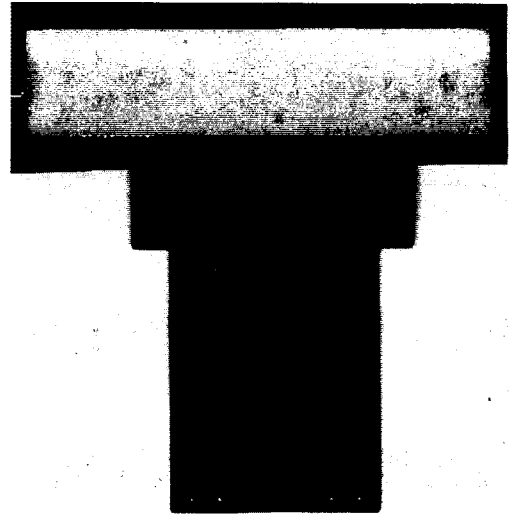
Fig. 5. The case for 100V, 35A, 12 sec. using the high frequency heating machine.



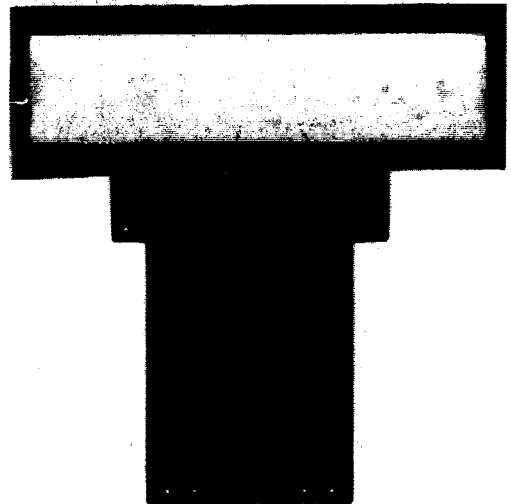
그림 6. 고주파 가열기의 전력을 100 V, 45 A로 12초 동안 인가하여 접합한 경우.

Fig. 6. The case for 100V, 45A, 12 sec. using the high frequency heating machine.

고주파 가열기의 전력을 100 V, 35 A로, 12초 동안으로 인가하여 접합하였을 경우에는 그림 5와 같이 두 전극의 접합이 양호하나, PZT 기판이 깨어졌다. 이것은 PZT 기판의 전면에 도포된 Ag 전극에서 발생하는 열에 의하여 PZT 기판이 급격히 높은 온도로 가열되기 때문으로 생각된다. 또한 고주파 가열기의 전력을 더욱 높여 100 V, 45 A로 12초 동안 인가한 경우에도 그림 6과 같이 두 전극들의 접합은 양호하나 PZT 기판에 손상이 많이 발생하였다. 위와 같이 PZT 기판의 Pb/Ag 전극과 폴리이미드 필름 연결기판의 Pb/Cu 전극을 고주파 가열기로 접합할 때에는 전압 100 V, 전류 25 A로 12초 동안으로 사용할 때가 제일 양호하게 접합되었다.



(a) 접합전



(b) 접합

그림 7. PZT cell에 연결된 폴리이미드 필름의 Pb/Cu lead선과 PCB의 Pb/Cu lead선 접합형상.

Fig. 7. Bonding pattern of Pb/Cu lead line on poly-imide films connected to PZT cells and on a PCB. (a) before bonding, (b) after bonding.

PZT element cell에 연결된 폴리이미드 필름 연결기판과 배선용 PCB 필름 기판의 Pb/Cu 전극을 접합시킬 때에는 각 절연체들의 두께가 달라지므로, 새로

은 접합 조건이 필요하다. 단순히 두 기판의 전극을 맞붙여서 고주파 가열장치의 전력을 100 V, 20~50 A로 가변하면서, 접합시간 역시 10~60초로 가변하여 접합을 시도하여 보았으나, 두 기판의 Pb/Cu 전극의 두께가 너무 얇아서 거의 가열되지 않아 접합이 되지 않았다. 그래서 다른 접합 방법을 다음과 같이 고안하였다.

PZT element cell의 Pb/Ag 전극에 연결된 폴리이미드 필름의 연결기판은 변화시키지 않고 그림 7(a)와 같이 배선용 PCB 필름의 Pb/Cu 연결선의 접합될 전극부분의 뒷면을 Cu 박막으로 두겹게 도포하여 고주파 가열이 많이 될 수 있도록 배선용 PCB 필름기판을 제작하여 사용하였다. 이때 사용한 고주파 가열장치의 전력은 100 V, 40~50 A, 12초 동안 인가하여 접합하였다. 그림 7(b)에서는 완전히 접합된 PZT와 PCB를 나타내고 있다.

4 결론

의료용 소형 초음파 센서를 제조하기 위해서 PZT element cell의 전극과 폴리이미드 필름 연결기판의 전극을 접합시키는 방법으로서, In 열 접합방법과 고주파 가열장치를 이용하는 방법을 시도하였다. In 열 접합방법으로는 In의 산화와 탄소를 비롯한 유기물 오염으로 인하여 전극간의 접합이 부분적으로만 접합되므로 원하는 결과를 얻을 수 없었다.

고주파 가열장치를 이용하여 두 전극을 접합하는 방법에는, PZT element cell에 20 μm 두께의 Pb/Ag 전극 형상과 폴리이미드 필름 연결기판의 전극에도 20 μm 두께의 Pb/Cu 전극을 형성하여 사용하였다. 두 개의 전극을 얼라인 하여 고주파 가열장치의 코일 가열체에 올려서 1.0 Kg/cm^2 의 무게로 눌러 고정시킨 후, 고주파 가열장치의 전력을 100 V, 25 A로 12초간 접합하였을 때에 양호하게 잘 접합되었다. 이 두 전극간의 접합상태는 수 작업으로 납땀한 것보다 훨씬 강하게 접합되었다. 매달림 지지저울을 이용한 접합력을 측정해 보니 58.8 $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{sec}^2$ 로 나타났다.

PZT element cell에 연결된 폴리이미드 기판과 배선용 PCB 기판간의 접합에는 위의 방법으로는 접합되지 않으므로, 배선용 기판을 접합될 부분의 Pb/Cu 전극 뒷면에 Cu 박막이 20 μm 정도 두께로 덮여진

양면기판을 제조하여 사용하였다. 이때의 고주파 가열장치의 전력을 100 V, 15 A로 12초간 인가함에 따라 두 배선을 양호하게 접합할 수 있었다.

위의 두 가지 공정기술의 개발은 소형 초음파 센서 제조에 바로 적용할 수 있는 것으로 수 작업으로 행할 수 없는 미세패턴의 접합기술에 응용이 가능하고, 인건비, 신뢰성, 및 생산성에서 더욱 바람직하며, 접합시간이 짧고, 상당히 강한 접합면을 가지면서, 고온의 열로 인한 접합물질의 고유한 성질을 유지할 수 있어서 상당히 우수한 특성을 결과를 가져올 것이라 생각된다.

참고 문헌

- [1] H. Lechner, "Ultrasonic flow metering base on transit time differentials which are insensitive to flow profile", Journal of the Acoustical Society of America, vol. 75, No. 3, pp. 955-957, 1983.
- [2] D. E. MacDonald, "On determining stress and strain and texture using ultrasonic velocity measurements", IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, vol. 28, No. 2, pp. 75-79, 1981.
- [3] 노용래, "탄성표면파 센서", 한국음향학회지, vol. 11, No. 4, pp.45-52, 1992.
- [4] W. B. Dress, "A high resolution ultrasonic densitometer", Proceedings of Ultrasonic Symposium, pp. 287-290, 1983.
- [5] D. Dieulesaint, D. Royer, O. Legras and F. Boubenider, "Acoustic wave liquid level sensor", Proceedings of Ultrasonic Symposium, pp. 569-572, 1987.
- [6] N. Yamazoe and Y. Shimizu, "Humidity sensors: principles and applications", Sensors and Actuators, vol. 10, pp. 379-398, 1986.
- [7] M. C. Bhardwaj, "Simple ultrasonic NDC for advanced ceramics development and manufacture", Proceedings of international conference on advanced metal and ceramic matrix composites, pp. 326-330, 1990.
- [8] P. Cielo and C. K. Jen, "Laser generation of convergent acoustic waves and applications to

materials evaluation", Proceedings of Ultrasonic Symposium, pp. 515-526, 1986.

- [9] R. Dukes and E. A. Culpan, "Acoustic emission: its techniques and applications", IEEE proceedings, vol. 131, No. 4, pp. 241-251, 1984.

[10] 성광모, "의료진단기용 초음파 변환기 기술소개", vol. 12, No. 4, pp. 78-85, 1993.

著 者 紹 介



이종현(李鍾弦)

1972년 5월 10일생

1995년 경남대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1997년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사)

1997년~현재 경북대학교 대학원

전자공학과 박사과정 재학중

주관심분야: 미세패턴 배선기술, 일렉트로마이그레이션

최시영(崔時永)

『센서학회지 제1권 제1호』 논문92-11, p.100 참조

현재 경북대학교 전자·전기공학부 교수