

## 초음파 발진용 압전진동자와 응용기술



**이 수 호**  
(경북대 전자전기컴퓨터공학부 BK부교수)



**박 정 학**  
(정부대전청사 특허청 심사관)



**사 공 건**  
(동아대 전기전자컴퓨터공학부 교수)

### 1. 서 론

1880년대에 Pierre Curie와 Jacques Curie 등이 수정에 기계적인 응력을 인가시에 표면에 전하가 발생하는 압전효과에 대하여 발표하였다. 또한 Lippman은 압전재료에 전계를 인가하면 변형이 발생한다는 역압전효과에 대하여 발표한 이후에 압전재료에 대하여 많은 관심을 가지게 되었으며, 수정 전위계 등과 같이 부분적으로 응용이 되어졌다. 또한 1940년대에 Robert 등이(1) BaTiO<sub>3</sub> 세라믹스에 높은 직류 전압을 인가함으로써 압전 현상이 나타남을 발견한 이후 압전세라믹에 대한 많은 연구가 진행되어 1950년대 Jaffe 등에(2) 의해 2성분계의 PZT계 세라믹스에서 우수한 압전특성이 나타남에 따라 최근의 여러 산업분야 뿐만 아니라 일상생활에서도 많이 사용되고 있다. 이러한 압전세라믹은 초음파 진동자, 결합탐상용 초음파 탐촉자, 점화장치, 통신용 필터, 가속도 및 진동 측정장치, 압력센서, 초음파센서, 압전트랜스포머 및 압전부저 등 대단히 넓은 분야에 응용되고 있다. 이중 점화장치와 압력센서와 같이 순수한 압전효과만을 사용한것도 있지만 대부분은 압전효과와 역압전효과를 동시에 이용하여 용도에 따라 응용하고 있다. 그러나 각 응용 분야에 따라 요구되어지는 압전특성이 다르다. 따라서 압전진동자를 이용하여 초음파를 발생시켜 사용되고 있는 여러 분야에 대한 소개와 분야에 따라

요구되어지는 세라믹의 재료특성에 대하여 언급하였다.

### 2. 압전세라믹 진동자의 응용분야

#### 2.1 초음파 센서

초음파란 일반적으로 인간의 귀에 들리지 않는 높은 주파수(약 14KHz 이상)를 의미하지만 공업분야에 응용되고 있는 가청주파수 영역인 9KHz부터 100KHz대까지의 범위에서 발생하는 것을 말한다.

초음파 센서는 음파의 메아리 현상을 이용한 것으로 송신기에서 발생된 초음파가 측정물에 반사되어 수신기에 도달할때까지의 시간에 의해 거리를 측정하는 것이다. 이러한 초음파를 발생시키는 방법으로 전자유도현상, 자왜현상 및 압전현상을 이용하고 있다. 이러한 각각의 현상을 이용한 센서에 대한 특징은 먼저 전자유도형 센서는 자계 중에 전자가 받는 힘을 이용한 것임으로 비공진 구동형이라 주파수에 좌우되지 않고 임의의 주파수에서도 구동이 쉬운 장점을 가지고 있으나, 노이즈에 약하고 고주파수에서 효율이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 페라이트를 이용한 자왜형 센서는 고주파의 자장에 대하여 와전류의 발생이 적고 에너지 변환효율이 우수하기에 강력한 초음파 발생 트랜스듀서 등에 사용되어지지만 외부의 충격에 약한 단점을 가지며 또한 용도에 따라 주파수의 선정에

주의해야 하는 단점을 가지고 있다. 그러나 압전세라믹을 이용한 압전형 센서는 구조가 간단하며, 출력전압이 높고 온도 및 습도특성이 우수한 장점을 가지고 있다.

일반적으로 초음파 센서는 전기신호를 초음파로 발생시키는 송신기와 초음파를 받아 다시 전기신호로 바꾸는 수신기가 동일한 것을 이용하는 송·수신기를 겸하고 있다.

초음파 센서를 이용하여 응용하고 있는 각종분야에 대하여 살펴보자.

### 2.1.1 소나(SONAR : Sound Navigation and Ranging)

소나는 초음파의 펄스를 수중에 발사하여 표적에 반사되어 오는 초음파를 수신하여 표적의 유무, 거리, 방향등을 알고자 사용하는 센서이다. 또한 자체에서 초음파를 송신하지 않고 음원에서 발생하는 음파를 수신하는 수중청음기도 소나의 한 종류이다. 소나는 수중에서 깊이 측정, 장애물의 검지, 어군탐지 등 산업용으로 많이 이용되고 있으며, 또한 잠수함, 선박 등의 위치와 방향을 감지하는 군사용으로도 사용되어지고 있다.

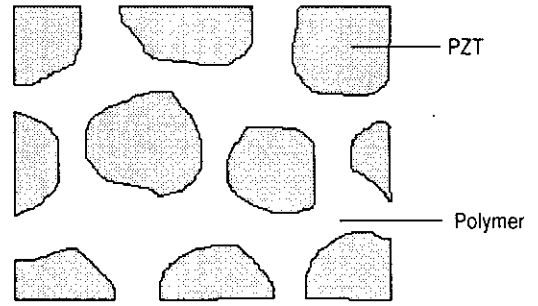
초음파 발생원으로 사용되어지는 압전 세라믹 진동자는  $BaTiO_3$ ,  $PbTiO_3$ ,  $Pb(ZrTi)O_3$  등이 사용되고 있다. 또한 송수신기용 재료로 요구되어지는 특성은 다음과 같다.

- 1) 전기기계 결합계수가 큰 재료
- 2) 기계적품질계수가 큰 재료
- 3) 유전손실이 적은 재료
- 4) 온도안정성을 가지는 재료
- 5) 압전 g정수가 큰 재료(수신시에 감도에 영향을 미침)
- 6) 유전율이 높은 재료

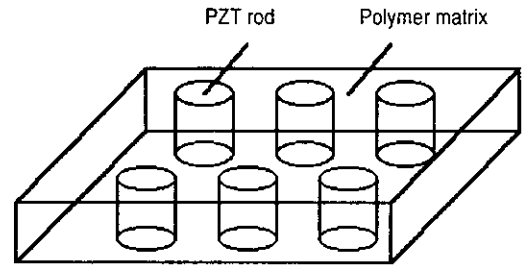
최근에 압전재료로서 널리 사용되고 있는 PZT계 세라믹스를 초음파 트랜스듀서로 사용할 경우 다음과 같은 요구조건을 만족하여야 한다.

- 1) 음파의 반사는 음향임피던스의 차가 큰 매질과 트랜스듀서의 경계면에서 생기므로 반사를 최소화하기 위해서는 트랜스듀서재료의 음향임피던스가 매질과 유사하여야 한다. 따라서 매질과의 음향임피던스 정합을 위해 밀도가 낮아야 한다.
- 2) 어떠한 표면조건, 기계적충격에도 트랜스듀서로서의 역할을 유지할 수 있도록 유연성을 가져야 하며, 탄성계수 플라이언스가 높아야 한다.
- 3) 압전정수  $d_h$ ,  $g_h$ 의 값이 커야 한다.
- 4) 음파에 대해 높은 감도를 가지기 위해 큰 성능지수  $d_h \cdot g_h$ 를 가져야 한다.

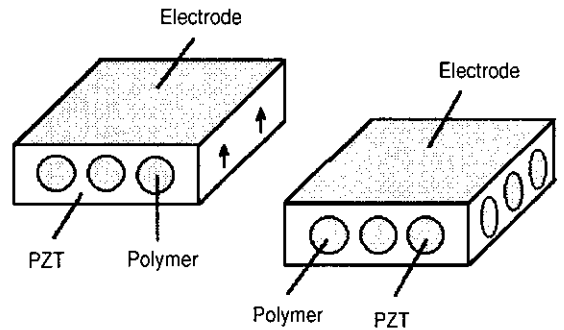
그러나 단일상 PZT는 높은 압전정수를 가지기 때문에 초음파 트랜스듀서 재료로서 광범위하게 사용되고 있으나 매질이



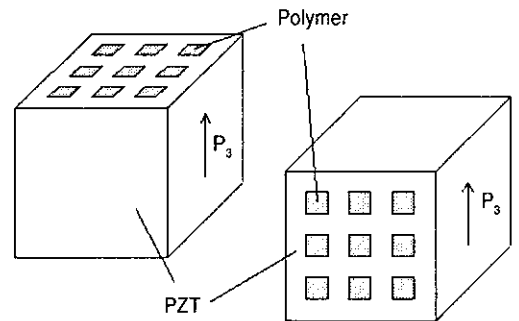
(a) 0-3형 복합압전체



(b) 1-3형 복합압전체



(c) 3-1형 및 3-2형 복합압전체




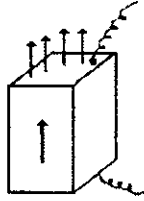
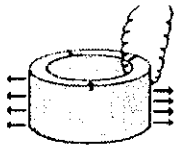
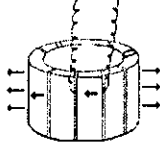
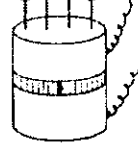
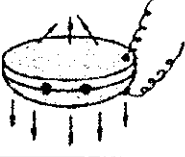
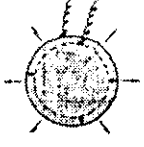
(d) 3-3형 복합압전체

그림 1. 상접속도에 따른 복합압전체.

물, 기름 및 공기인 경우 정수압 압전전하정수  $dh(=d_{33} + 2d_{31})$ 의 값이  $d_{33}$ 과  $d_{31}$ 이 모두 큰 값을 나타냄에도 불구하고  $d_{33}$ 과  $d_{31}$ 이 서로 반대 부호를 가지므로 매우 낮은 값을 가지며, 압전 전압정수  $g_h(=d_{1r}/\epsilon_0 K)$ 도 PZT의 높은 유전율로 인하여 낮은 값을 가진다. 또한 높은 밀도로 인해 매질과의 음향

임피던스 정합이 어려울 뿐 아니라 깨어지기 쉽다. 따라서 압전세라믹과 고분자 매질을 복합화한 복합압전체를 제작함으로써  $d_h$ 와  $g_h$ 의 값이 PZT 단일상보다 크며, 높은 기계적 컵플라이언스와 낮은 밀도를 얻을 수 있으므로 음향임피던스 정합이 더욱 잘 이루어 질 수 있다.[3-4].

표 1. 진동자의 종류와 특징.

진동자형태명	진동자 상태	사용주파수	진동자모양	주요 특징
원판형	두께진동	70~500		두께 치수를 변화시킴으로써 주파수 조정이 용이하게 되며, 구조상 기계적 강도가 크다.
각주형	종진동	40~100		길이 치수를 변화시킴으로써 주파수 조정이 용이하며 전기기계 결합계수가 크다.
원통형(a)	두께진동 경방향진동	100~500 10~200		기계적 품질계수가 크며, 주파수 조정이 쉽다.
원통형(b)	경방향진동	10~200		원통형(a)보다 전기기계 결합계수가 크다.
Langevin형	종진동	20~100		낮은 임피던스로 낮은 주파수가 얻어진다.
구면형	두께진동	100~500		지향성의 조정이 쉽다.
구반형	두께진동 경방향진동	100~500 30~200		무지향성이다.

따라서 상접속도의 개념을 도입하여 압전세라믹 PZT와 고분자 매질을 복합화한 각종 PZT-고분자 복합압전체가 연구되고 있으며, 이러한 복합압전체의 전속, 기계적인 응력 분포 등의 물리적, 전기적 및 기계적 특성은 각 상을 연결시키는 방법에 따라 크게 의존하며, 이 연결방법을 복합압전체의 상접속도라 한다.[5] 이는 서로 다른 성질을 갖는 두 상의 각 성분이 X, Y, Z의 3차원으로 서로 연결되는 수에 따라 정의되며, 2상 복합압전체에 대해 직각 좌표계를 사용하면 0-0, 0-1, 0-2, 0-3, 1-1, 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 3-3의 10개의 상접속도 형태를 가지며, 그림 1에 대표적인 복합압전체의 상접속도를 나타내었다.[6-9]

상접속도에 따른 복합압전체의 장, 단점을 살펴보면, 0-3형의 복합압전체의 경우 단일상의 PZT보다는 유연성이 뛰어나

표 2. 초음파를 통신용으로 응용.

응용예	설 명
탐상기	금속물질에 초음파를 발사하여 반사되어 돌아오는 파를 이용하여 금속의 성질 및 이상유무를 안다.
두께 측정기	금속판 및 측정물(고체)의 단면에서 주파수가 주기적으로 변화하는 초음파를 검출 그 공진주파수로 판의 두께를 측정한다.
간섭계	송신기와 반사판간의 거리를 변화시킬 때의 진동자 임피던스의 변화로 매질중의 음속, 감쇠를 측정한다.
유속, 유량계	흐르는 유체의 상류와 하류에서 동시에 초음파를 발사하여 도달시간의 차이로 유속 및 유량을 측정한다.
액면계	액체의 표면에 초음파를 발사하여 그 반사파를 수신하여 액체의 위치를 안다. 연료, 약품의 탱크의 액면 측정, 기록, 경보등에 이용된다.
점도계	액체 시료속에 진동체를 넣어 진동을 가할 때 유체에서 받는 저항을 검출하여 액체 시료의 점도를 측정한다.
수중 통화	초음파를 반송파로 사용하여 음성 주파수로 변조시켜 수중에서 통화에 사용할 수 있다.
의료용 진단장치	원리적으로는 탐상기와 비슷하나, 인체내부에 초음파를 발사하여 각 장기의 상태에 따라 반사되는 정도의 차이를 이용한다.
도플러법에 의한 속도계	운동하는 기관에 초음파를 발사시킬 때 도플러 효과에 의해 반사파의 도달 시간을 이용하여 그 기관의 운동 상태를 측정한다.

나며, 수중에서의 임피던스 정합의 문제를 해결할 수 있지만 압전성을 주로 나타내는 세라믹상의 체적비가 적어 다른 상접속도를 가지는 복합압전체에 비해 낮은 성능지수를 가진다. 또한 세라믹 입자의 직경이 복합압전체의 두께에 비해 작아서 분극처리시 높은 전계가 필요하다는 단점이 있다. 또한 1-3형의 경우 PZT 세라믹상과 밀도가 낮고 유연한 고분자상을 복합화되어 유연율이 감소되고, PZT 상으로의 응력 증대로 인해 압전전압정수는 커진다. 3-3형의 경우 제조공정이 어려운 단점을 가지고 있지만, 성능지수가 커져 우수한 트랜스듀서를 제작할 수 있다. 이렇게 수중에서 사용되어지는 초음파 트랜스듀서의 성능향상을 위하여 초음파 진동자의 제조방법에 대한 연구가 많이 진행되고 있으며, 사용 주파수대와 용도에 따른 압전진동자의 형상에 대한 연구도 많이 되고 있다. 이를 표 1에 정리하였다.[10]

이밖에 압전세라믹 진동자를 사용하여 초음파를 발생시켜, 통신용으로 응용되고 있는 예를 표 2에 정리하였다.

### 2.1.2 AE(Acoustic Emission) 센서[11-13]

산업시설의 안전도 진단시에 대상물을 손상시키지 않으며, 검사하는 비파괴검사시에 AE센서를 이용한다. AE는 진단 대상물의 내부에 국부적인 에너지원으로부터 급격히 발생되는 과도 탄성과 현상을 의미하며, AE센서는 이러한 탄성파를 전기적인 신호로 변환하는 감지소자로 대부분 압전세라믹 진동자를 이용하고 있다. 이러한 AE센서는 토목, 건설, 기계, 재료 분야뿐만 아니라 변압기, GIS등의 전력설비의 예방 진단에도 활용하고 있다. AE센서는 주파수 특성 및 수신감도가 가장 중요한 요소이기에 압전 g정수가 크며, 전기음향 변환 효율이 좋기 위해서 전기기계 결합계수가 큰 재료가 좋다. 그림 2에 AE센서의 구조를 나타내고 있다.

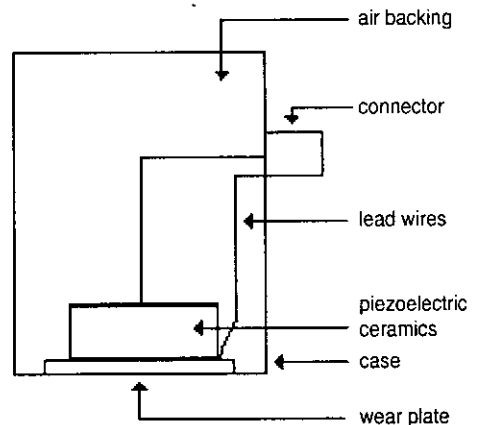


그림 2. AE센서의 구조.

초음파의 수신기능을 이용하여 비파괴검사를 위한 AE센서 뿐만 아니라 위치센서, 주파수 필터용 압전체, 가속도센서 등 다양하게 이용할 수 있다.

### 2.2 초음파 세척기, 분쇄기 및 가습기

이들은 압전세라믹의 역압전효과를 이용하여 전기에너지를 기계적인 진동에너지로 바꾸어 초음파를 발생시켜 이를 동력용으로 이용한 것이다. 진동자는 사용 목적에 따라 다르지만 일반적으로 저주파수 영역에서는 자왜형 진동자를 사용하고 고주파수 영역에서는 압전세라믹을 많이 사용한다. 이는 두께방향 진동을 이용하는 경우 저주파수대에서 구동되는 세라믹을 제작하기 위해서는 두께가 크게 되어 진동자의 임피던스가 증가하여 구동전압이 높아야 되는 문제점을 가지고 있기 때문이다. 그러나 최근에는 금속을 조립한 란쥬반형 세라믹 진동자를 개발한 이후 50kHz이하의 낮은 주파수에서도 압전세라믹 진동자를 제작하고 있다. 동력용 초음파를 발생시키는 압전세라믹 진동자에서 요구되는 특성은 다음과 같다.

- 1) 항전계가 크고, 기계적 강도가 큰 재료(기계적인 큰 진동을 요구하기 때문)

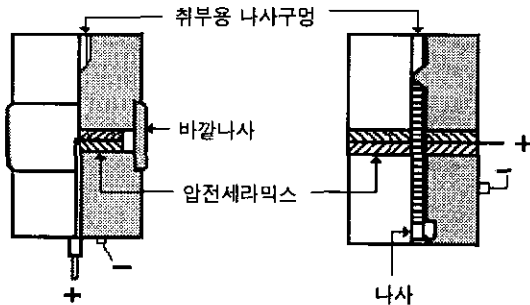
- 2) 전기기계 결합계수가 큰 재료(전기기계 에너지 변환 효율때문)
- 3) 내열성이 좋은 재료(기계적인 진동에 의해 발열이 높기 때문)
- 4) 경시변화가 작을 것.

PZT계 세라믹스가 개발된 이후 발열에 대한 문제가 해결되었으며, 또한 금속과 같이 조립한 란쥬반형 진동자를 설계함으로써 저주파수에서 구동도 해결되어 초음파 세척기와 가습기 등에 많이 사용되어지고 있다. 그림 3에 란쥬반형 진동자의 구조에 대하여 나타내었다.

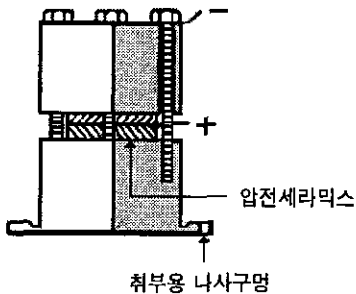
또한 액체연료를 분무하여 사용하는 여러분야에 사용되어지고 있다. 최근까지 액체연료의 미립화를 위해서는 고압 분무 방식이 일반적으로 사용되어왔다. 그러나 고압 분무 방식을 이용할 시 분무 액체 표면적의 불균일성과 고르지 못한 입경에 의해 경제적인 손실과 에너지 효율이 낮아지는 등의 여러가지 문제점을 가지고 있다. 그러나 초음파를 사용하여 액

표 3. 초음파를 동력용으로 이용.

응용예	실 명
세척기	세척액에 초음파를 가하여 세척액에 담겨져 있는 물질을 세척한다.
액체의 무화 (분무기)	액체 속에서 액면으로 향해 초음파를 조사하면, 액체가 무화한다. 가습기, 분무기등에 이용된다. 초음파의 주파수가 높을 수록 입자가 미세하게 된다.
분쇄기	기름과 물과 같이 혼합이 어려운 두 물질에 강한 초음파를 조사하여 물질을 혼합함. 화장품 제조시에 많이 사용한다.
용접	용접하는 2장의 판을 겹쳐 한쪽에 전압을 가하면서 초음파의 횡진동(금속)또는 종진동(플라스틱)을 가하여 접촉면의 마찰열을 이용하여 용접한다.
절삭가공	선반에 의해 절삭가공시 공구에 절삭방향의 진동을 부과하여 작은 부하로 절삭가공이 가능하다.
주조공정	금속용액에 초음파를 조사하여 탈기, 조직의 미세화, 분산 등의 작용을 부여하여 금속재료의 여러 가지 성질을 개선한다.
연료유리의 개질	C중유에 초음파를 조사하여 탈분을 분산시켜 연소시키면 A중유와 동등하게 사용할 수 있다. 선박의 기관에 장치를 부가하여 사용하고 있다.



(a) 외주 나사 조임 (b) 중심 나사 조임



(c) 외주 볼트 조임

그림 3. 란쥬반형 진동자의 구조.

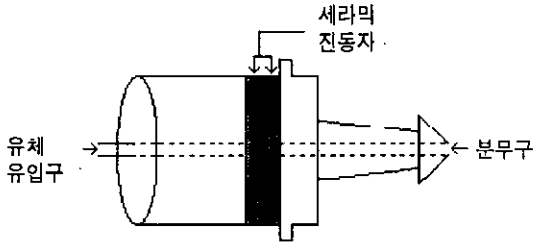


그림 4. 노즐형 초음파 분무기.

체연료를 분무할 시에 균일한 입경과 미립화가 우수하여 에너지 절약과 공해방지뿐만 아니라 유속이 낮은 곳과 공급 유량이 적은 곳에서도 이용할 수 있기에 의약품 도포공정, 반도체 제조공정 등의 여러 산업에 응용이 가능하다. 초음파를 사용하여 액체를 분무시키는 방법으로는 초음파 진동자 표면에서 직접 진동에너지를 전달받아 액체가 분무되는 방법으로 가습기에 이용되고 일정한 유속이 있는 곳에서 액체 연료의 진행 경로에 진동을 가하여 액체연료 진행 경로의 마지막 부분에서 분무가 일어나게 하는 노즐형 분무기 등이 있다. [14-18] 그림 4에 노즐형 분무기의 구조를 나타내었다. 또한 이 밖에 동력용으로 응용되는 초음파 진동자를 정리하여 표 3에 나타내었다.

### 3. 맺음말

위에서 압전 세라믹 진동자를 이용하여 초음파를 발생시켜 사용되어지는 여러 가지 분야에 대하여 간략히 살펴보았다. 같은 초음파를 이용하지만 사용 목적에 따라 요구되어지는 재료특성은 다소 차이가 있으므로 용도에 맞는 세라믹스의 개발이 중요하다. 또한 위에서 언급한 이외에도 초음파를 이용한 분야들이 확대되고 있는 실정이다. 따라서 요구되어지는 초음파의 세기, 주파수 등을 보완하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있는 실정이다. 또한 최근의 통신이 유선에서 무선으로 대체됨에 따라 초음파를 발생하지는 않지만 고주파수대에서 동작이 되는 통신용 필터, 압전부저, 압전트랜스포머, 착화소자 등 압전세라믹의 진동을 이용하는 분야가 확대됨에 따라 특성 향상을 위한 소자개발과 응용기술 등에 많은 연구지원이 되기를 기대한다.

### 참고 문헌

[1] S. Robert, "Dielectric and Piezoelectric Properties of Barium Titanate", Phys. Rev., Vol. 71, p.890, 1947.  
 [2] B.Jaffe, W.R. Cook and H. Jaffe, "Piezoelectric

Ceramics", Academic Press, London, 1971.

[3] G. Sagong, A. Safari, S.J. Jang & R.E. Newnham, "Poling Flexible Piezoelectric Composites", Ferroelectrics, Vol.5, No.5, p.131, 1985.  
 [4] G. Sagong, R.E. Newnham, A. Safari & I.Giniewicz, "Flexible Composites Piezoelectric Sensors", IEEE Proc., Int'l. Ultrason. Symp., p.501, 1984.  
 [5] B. Jaffe, W.R. Cook, Jr. & H. Jaffe, "Piezoelectric Ceramics", Academic Press, London & New York, p.135, 1971.  
 [6] L.A. Paur, "Flexible Piezoelectric Matrerials", IEEE Int'l. Conf. Res., pp.1~5(1973).  
 [7] W.B. Harrison, "Flexible Piezoelectric Organic Composites", Proc. of the Workshop on Sonar Transducer Applications", Ph.D. Thesis, Solid State Science, The Pennsylvania State University, 1981.  
 [8] H. Banno, "Recent Development of Piezoelectric Ceramic Products and Composites of Synthetic Rubber and Piezoelectric Ceramic Particles", Ferroelectrics, Vol.50, p.3, 1983.  
 [9] K.A. Klicker, "Piezoelectric Composite with 3-1 Connectivity for Transducer Applications", Ph.D. Thesis, Solid State Science, The Pennsylvania State University, 1981.  
 [10] 박창엽, "압전세라믹스", 김영출판사, 1987.  
 [11] ASTM E610-89a, "Standard Terminology Relating to Acoustic Emission".  
 [12] M. Shiwa, H. Inaba, S. H. Carpenter and T. Kishi, "Development of High-Sensitivity and Low-noise Integrated Acoustic Emission Sensor", Material Evaluation, pp.868~874, 1992.  
 [13] ASTM E1106-86, "Standard Method for Primary Calibration of AE Sensors".  
 [14] 이수호, 민석규, 윤광희, 류주현, 사공건, "초음파 진동자 응용을 위한 압전 세라믹의 유전 및 전기적 특성", 한국전기전자재료학회 학술발표논문집, pp.200~203, 2000, 11.  
 [15] Mochida T. "Ultrasonic Atomization of Liquids" Proc. 1st Inter. Con. on Liquid Atomization and Sprays(ICLAS-78), pp.193~200, 1978.  
 [16] Berger H. L., "Characterization of a Class of Widely Applicable Ultrasonic Nozzle", Proc. 3rd Inter. Con. on Liquid Atomization and Spray

Systems(ICLAS- 85), 1985.

[17] M. Nakayama, "Study of Uniform Liquid Droplet Formation by Ultrasonic Vibration". JSME(B), Vol. 52, No. 482, 1986.

[18] 廣安博之, 超音波噴霧に関する研究, 日本機械學會論文集(B), 51卷, 475, 1985.

## 저 자 약 력

**성명 : 이 수 호**

◆ 학 력

1989년 동아대 공대 전기공학과 졸업.

1991년 동 대학원 졸업(공학석사).

1996년 동 대학원 졸업(공학박사).

◆ 경 력

1996년-2000년 세경대학 전임강사.

2000년-현재 경북대 전자전기공학부 BK부교수.

**성명 : 박 정 학**

◆ 학 력

1988년 동아대 공대 전기공학과 졸업.

1991년 동 대학원 졸업(공학석사).

1995년 동 대학원 졸업(공학박사).

◆ 경 력

1996년-현재 정부대전청사 특허심사관

**성명 : 사 공 건**

◆ 학 력

1968년 영남대 공대 전기공학과 졸업.

1973년 1986년 동 대학원(공학박사).

◆ 경 력

1983년-1985년 The Penn. State Univ., MRL(Visiting Scientist).

1993년 일본 동경공업대학(객원연구원)

1994년 The State Univ. of New Jersey (Visiting Scientist).

1997년-1998년 Virginia Tech.(Visiting Professor).

1979년-현재 동아대 공대 전기전자컴퓨터공학부 교수.

1998년-현재 본 학회 부산경남울산지부장.

祝

『발전을 기원합니다.』

### 대우건설(주)

- 가 입 : 3월 15일(1,000,000원)
- 대표자 : 남 상 국
- 서울시 중구 남대문로5가 541 대우빌딩  
Tel. 02) 2288-3591  
Fax. 02) 2288-3620

### 두산건설(주)

- 가 입 : 3월 17일(1,000,000원)
- 대표자 : 강 문 창
- 서울시 강남구 논현동 105-7  
Tel. 02) 510-3805  
Fax. 02) 510-3135

### 한국전기공사협회

- 가 입 : 3월 12일(500,000원)
- 대표자 : 김 창 준
- 서울 강서구 등촌동 553-2  
Tel. 02) 3219-0553/4  
Fax. 02) 3219-0559

### 코오롱건설(주)

- 가 입 : 3월 17일(500,000원)
- 대표자 : 민 경 조
- 경기도 용인시 구성읍 마북리 207-2  
Tel. 031) 280-8739  
Fax. 031) 280-8740

가입해 주셔서 감사드립니다.  
-한국전기전자재료학회 임직원일동-