기술동향

압전세라믹스에 의한 초음파 전동기의 개발동향

김 진 수*, 이 덕 출**
(*한국교원대 기술교육과 조교수, **인하대 공대 전기공학과 교수 및 공대학장)

1. 서　　론

전자식(electromagnetic) 전동기는 백년 이전에 개발되어 오늘날까지도 소형에서 초대형까지 모든 분야에 사용되고 있는 매우 중요한 전기기기중의 하나이다.

최근 정보화 시대로 접어들면서 사무자동화(OA), 공장 자동화(FA) 및 정보통신 기기 산업이 급속히 발전하고 있는데, 그에 따라 정밀 제어가 가능한 초소형의 전동기가 필요하게 되었다. 그러나 기존의 전자식 전동기로는 적용이 불가능한 곳에 사용하기 위하여 압전 세라믹스(piezoelectric ceramics)를 사용한 초음파 전동기(ultrasonic motors, USM 또는 UM으로 표기함) 개발이 시작되었다. 초음파 전동기란 압전체에서 20kHz 이상의 초음파 진동을 구동력으로 하는 전동기인데, 고주파 교류 전기 입력 신호에 의하여 진동체에 미소한 탄성진동이 여진되고, 이 탄성진동이 이동체를 한쪽 방향으로 운동하게 하는 것이다. 전류와 자계의 상호작용에 의하여 구동력을 얻는 종래의 전자식 전동기에 비하여, 초음파 전동기는 초음파 진동하는 진동체와 이동체 사이에 생기는 마찰력을 회전력으로 얻기 때문에 그 원리가 전혀 다른 것이다.

따라서, 본고에서는 최근 중요한 기기로 주목받고 있는 초음파 전동기에 관하여 그 개발 역사와 초음파 전동기의 원리와 종류, 특징과 응용 분야, 외국의 개발 및 시장 전망 등에 관하여 기술하고자 한다.

2. 초음파 전동기의 개발 역사

초음파 전동기는 1973년에 최초로 미국 IBM사의 H. V. Barth에 의하여[1] 제안되었다. 즉 그림 1에서와 같이 고정자의 압전 진동자에 부착된 혼(horn)이 2개 있는데, 이 때 압전 진동자(piezo vibrator) 1을 작동시키면 회전자는 시계 방향으로 회전을 하고, 압전 진동자 2를 작동시키면 회전자는 시계 반대 방향으로 회전을 하게 되는 구조이다.

그 후 1976년에 소련의 V. V. Lavrinenco에 의하여도 초음파 전동기가 제안되었지만 많은 문제점이 있었기 때문에 여러해동안 연구가 진행되지 못하였다.

그 후 1982년에 일본의 T. Sashida는[2] 그림 2와 같은 방식의 초음파 전동기를 제안하였다. 이는 압전 진동자(piezoelectric vibrator)의 단면에 구부림 진동을 일으킬 수 있는 진동편(vibratory piece)을 접착시킨 후, 그 끝 부분에 한 방향(직선 또는 회전 방향)으로만 움직일 수 있는 회전자(rotor)를 각도 θ만큼 기울여서 접촉시켜 둔다.

이때 발진기(oscillator)를 사용하여 압전 진동자를 화살표 방향으로 진동시키면, 진동편 끝부분은 타원 궤도를 그리게 되므로 마찰력에 의하여 회전자가 회전하게 되는 구조인데 이를 정재파형 (standing wave type) 초음파 전동기라 한다. 그러나 이 전동기는 진동면과 회전자 접촉면의 마찰에 의한 마모 때문에 수명이 매우 짧은 문제점이 있었기에, 새로운 구조와 동작 원리를 갖는 진행파형(travelling wave

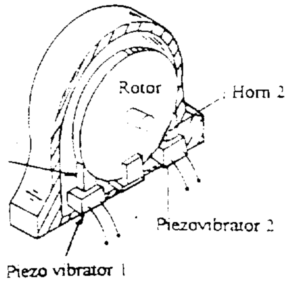


그림 1. 초음파 전동기 (H.V.Barth)

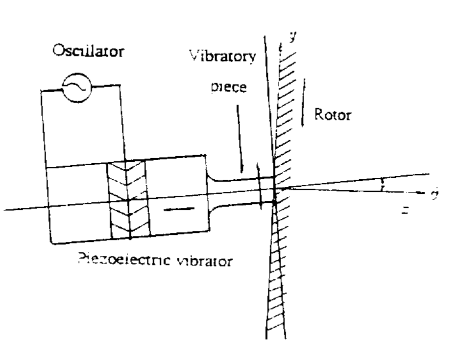


그림 2. Wedge-type 초음파 전동기

type) 초음파 전동기가 제안된 이후로, 본격적인 초음파 전동기 개발에 관한 연구가 시작되었다.

3. 초음파 전동기의 원리와 종류

3.1 동작 원리에 따른 분류

초음파 전동기를 동작원리에 따라 분류하면 단일 진동 모드(single vibration mode)와 이중 진동 모드(two vibration mode)로 나눌 수 있는데, 단일 진동 모드를 이용한 초음파 전동기에는 정재파(standing wave)형과 진행파(travelling wave) 형이 있으며, 2중 진동 모드를 이용한 초음파 전동기에는 모드 변환(mode conversion)형, 다중 모드(multi-mode)형 등이 있는데, 각각의 특징은 다음과 같다[3].

3.1.1. 정재파형 초음파 전동기

정재파형 초음파 전동기(standing wave ultrasonic motor : SWUM)는 정재파로 진동하는 탄성체 표면의 입자가 선형으로 움직이고, 그 운동 방향은 정재파의 위치에 의존한다. 따라서, 탄성체의 임의의 표면에 접촉되어 있는 회전자는 일정하게 한쪽 방향으로 움직이게 되는 것이 그 원리이다. 이 진동 모드는 ring type이나 disk type의 굴곡 진동, 막대의 longitudinal 진동 등에 적용되는 방식이다[4].

3.1.2. 진행파형 초음파 전동기

진행파형 초음파 전동기(travelling wave ultrasonic motor : TWUM)는 탄성체가 변형되면 그 내부에는 탄성 진동파가 전파되는데 이 파를 탄성파라 부르며, 일반적으로 횡파와 종파로 구성되어 있다.

이 때 초음파 전동기에 사용되는 파는 굴곡파(bending wave)인데, 그 원리는 종파와 횡파가 합성된 탄성 진동파가 탄성체의 표면으로 전파되면 그 표면상의 한 질점은 타원 궤도를 그리며 진동하게 된다. 따라서 탄성 진동파를 일으키는 탄성체의 표면에 이동체를 적당한 압력으로 접촉시키면 탄성체와 이동체의 상호 마찰력에 의하여 이동체는 탄성체의 진행 방향과 반대로 움직이게 되는 것이다[5].

3.1.3. 모드 변환형 초음파 전동기

모드 변환형 초음파 전동기(mode conversion ultrasonic motor : MCUM)는 한 개의 압전 세라믹에서 두 개의 진동 모드를 얻기 위한 것이 그 원리이다. 즉, 경방향으로 진동하는 압전체의 앞면에 진동자(vibrator)가 접착되어 있어서, 이 진동자가 회전자의 직각 방향과 축과의 일정한 각도를 갖고 타원 궤도를 형성하며 그 마찰력으로 회전자를 이동시키는 것이다[6].

3.1.4. 다중 모드형 초음파 전동기

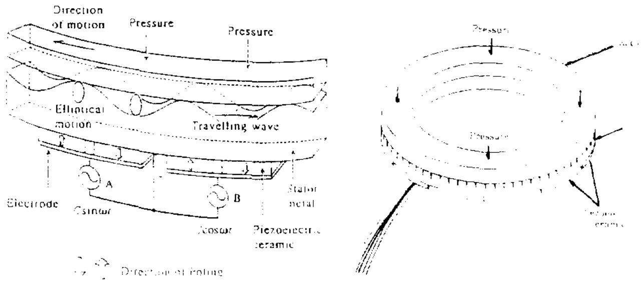
다중 모드형 초음파 전동기(multimode ultrasonic motor : MMUM)는 분극의 방향과 압전체의 전극 구성에 따라 shear mode와 radial mode가 결합되어 구동되는 방식이다[7].

3.1.5. 모드 회전형 초음파 전동기

모드 회전형 초음파 전동기(mode rotation ultrasonic motor : MRUM)는 진동 모드의 회전에 따라 90도의 위상차에 의해 여기되므로 이중으로 변환된 진동 모드에 의한 방식이다. 이 방식은 진행파형 초음파 전동기와 비슷하게 작동되지만 진동 모드에 있어서 많은 차이점이 있다[8].

3.1.6. 하이브리드 변환자 초음파 전동기

하이브리드 변환자 초음파 전동기(hybrid transducer ultrasonic motor : HTUM)는 별도의 압전체에 의하여 여기되는 두 개의 분리 진동에 의한 방식으로, 고정자는 비틀림 진동(torsional vibration)과 종방향(longitudinal) 진동의 다층 압전 엑츄에이터(multi-layered piezoelectric actuator)로 구성되어 있다. 이 때 회전력은 진동자에 의해 발생되고, 다층 엑츄에이터는 마찰력을 조정하는 클러치 역할을 하게 된다[9]. 그림 3(a)는 진행파형 초음파 전동기의 동작원리이고, 그림(b)는 링형의 구조를 갖는 진행파형 USM의 구조 예이다. 동작원리는 그림(a)에서 화살표 방향으로 분극된 압전세라믹스에 90° 의 위상차를 갖는 $A\sin\omega t$와 $A\cos\omega t$의 고주파를 가하면 고정자 금속(stator metal) 표면에는 타원운동(elliptical motion)이 발생되어 진행파(travelling wave)가 생김과 동시에 회전자(rotor)가 진행파의 반대방향으로 이동하게 되는 것이다.



(a) (b)

그림 3. 진행파형 초음파 전동기
(a)동작원리 (b)링형구조

3.2 고정자의 구조에 의한 분류

초음파 전동기를 고정자 구조에 따라 분류하면 링형(ring type), 디스크형(disk type), 선형(linear type)으로 나눌수 있다.

3.2.1 링형(ring type) USM

링형 초음파 전동기의 구조는 그림4에 나타내며, 고정자 제작을 위하여는 우선 압전 세라믹스를 링형태로 가공한후, 표면을 잘 연마하여 그림3(b)에서와 같이 여러개의 전극으로 분할하여 분극 처리한후, 금속 탄성체와 접착시킨다. 이 때 금속 탄성체(elastic body)는 그림4에서와 같이 초음파 진동을 확대하기 위하여 돌극 형태로 가공한다. 그리고 회전자(rotor)에는 회전시 고정자와 접촉을 하게 되므로 적당

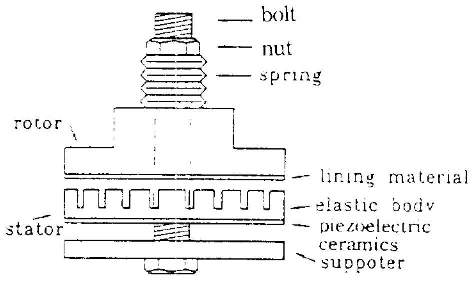


그림 4. 링형 초음파 전동기의 구조

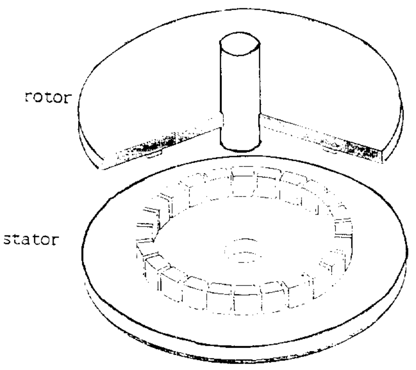


그림 5. 디스크형 초음파 전동기의 구조

한 마찰재(lining material)를 접착시켜야 한다[10].

3.2.2. 디스크형(disk type) USM

디스크형 초음파 전동기의 구조는 그림5에 나타내며, 원판형의 압전 세라믹스에 일정간격으로 홈이 나있는 금속탄성체를 접착시켜서, 초음파 진동의 변위가 극대로 되는 위치에서 기계적 탄성 출력을 얻기 위하여 요철 형태로 만든 것이다[11].

3.2.3. 선형(linear type) USM

선형 초음파 전동기의 구조는 그림 6에 나타내며, 이것은 종파와 횡파가 결합된 진행파에 의하여 탄성체인 전파봉(transmission steel rod) 표면의 입자가 타원 궤도를 그리며 전파하게 된다. 발진기(oscillator)에 의하여 압전 진동자(piezo vibrator)와 혼(horn)을 통하여 진행파가 발생되며, 오른쪽 진동자에 있는 부하저항 R값의 조정에 의하여 완전한 진행파를 보낼 수 있으며, 이것에 의하여 슬라이더(slider)가 직선으로 운동을 하게 되는 것이다[12].

3.3 최근의 연구 동향

앞에서 살펴본 초음파 전동기의 종류 외에도 최근 수년전부터 외국에서는 많은 연구가 이루어지고 있는데, 일본에서는 정보 및 가전 기기 등의 상업용에[13], 미국에서는 비행기나 우주선 등의 군사용에[14,15] 대하여 활발히 연구가

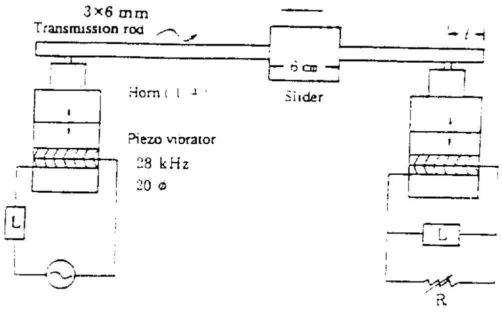


그림 6. 선형 초음파 전동기

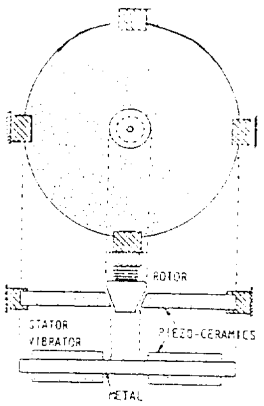


그림 7. Prototype 초음파 전동기의 구조

되고 있다.

Takano등은[16] 비대칭 진동 모드에 대하여 타원 운동의 변화를 수학적으로 해석함과 더불어, 그림 7과 같은 prototype의 초음파 전동기를 제안하였다. 이 전동기의 장점으로는 비교적 얇은 구조를 가질 수 있도록 그림과 같은 구조를 가지고 있는데, 이는 회전자가 고정자 중심의 압전체 내에 삽입된 채로 회전을 하게 된다. 이 전동기는 4와트의 입력 전력에 의하여 200 rpm 정도의 회전 속도를 나타내고 있다.

Yamayoshi 등에[17] 의하여 제안된 초음파 전동기를 그림8에 나타낸다. 이 전동기는 그림에서 보는 바와 같이 비접촉식(noncontact type)이므로 40 V_{p-p}의 입력 전압에 의하여 4000 rpm 정도에 이르는 회전 속도를 나타낸다. 특히 전동기의 직경은 5 mm이고 두께는 0.5 mm에 불과하는 초소형의 전동기이다.

다음은 고정자의 구조가 그림9와 같은 구조를 갖는 풍차형(wind-mill type) 초음파 전동기가 있다.

이 구조는 그림에서와 같이 압전체에 금속의 endcap을 상하에 두 개 접착시킨 것인데, 그 제작 과정과 특성 측정에 관하여는 본 연구자의 논문에서[18] 자세히 설명하고 있다. 이 전동기의 직경은 12.7mm이며, 회전속도는 700 rpm 정도가 되었다.

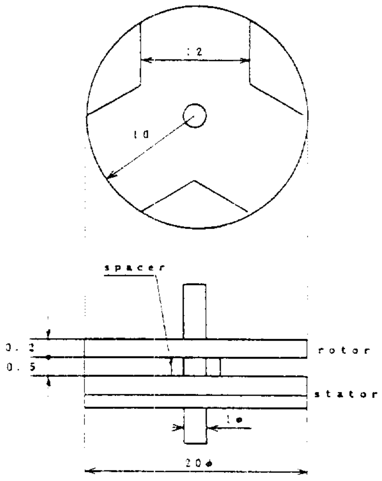


그림 8. 비접촉식 초음파 전동기의 구조

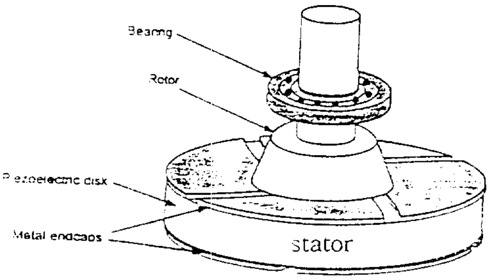


그림 9. S풍차형 초음파 전동기의 구조

4. 초음파 전동기의 특징과 응용 분야

4.1 초음파 전동기의 특징

앞에서 설명한 바와 같이 초음파 전동기에는 여러 종류가 있는데, 기존의 전자식 전동기에 비하여 이들의 장점은 다음과 같다.

(1) 외부자계(magnetic field)에 의한 영향을 받지 않는다.
(2) 저속(low speed)에서도 높은 토크(high torque)를 발생한다.
(3) 크기가 매우 작고(compact size), 동작시 소음 발생이 없다.
(4) 회전자의 축(shaft)이 없는 중공(hollow) 구조로 만들 수 있다.
(5) 선형 전동기(linear motor)의 구성이 간단하게 된다.
(6) 속도 제어시 응답성이 빠르다(quick response).
(7) 인가 전압에 의하여 속도 제어(speed control)가 용이하게 된다.
(8) 정역전이 용이하다.

그러나 아직은 다음과 같은 단점과 한계점이 있는 실정이다.

(1) High power 에너지 인가시 세라믹 압전체의 응력(stress) 파괴가 발생될 것이다.
(2) 진행파형의 경우에 큰 진폭(large amplitude)을 얻기가 어렵다.
(3) 압전체 내부에서 발생되는 온도의 영향이 크다.
(4) 내마모성이 큰 강인한 마찰재(lining material)의 개발이 중요하다.
(5) 아직은 효율이 높지 않다.
(6) 고주파 전원이 필요하다.

4.2 응용 가능 분야

위에서 설명한 여러 가지 장점이 있기 때문에 응용가능 분야도 앞으로 많아질 것으로 기대되며, 응용 분야는 다음과 같다.

외부 자계의 영향이 거의 없으므로 정밀 동작이 요구되는 의료용 핵자기 공명 장치(Nuclear Magnetic Resonance, NMR)의 구동용 모타와, 자기 부상열차에 가능하고, 창문 블라인드의 제어에 링형 초음파 전동기가 응용 가능하며, 카메라의 자동 초점 조절기, X-Y플로터, XYZ 제어 테이블, 기계 가공시 가공 부품의 조절기(work piece stopper), 로보트 관절의 미세구동, 의료용 내시경의 정밀 조작, 자동차의 seat 및 head-rest 조절용, 카드 반송장치 및 종이 전송 장치, PC의 고속 정밀 제어를 위한 드라이브 구동용이다.

이들 응용가능 분야에 대하여 일본에서 출원된 공개 특허 및 실용 신안 특허에 관하여는 임기조 교수의 원고에서 자세히 설명을 하고 있다[19].

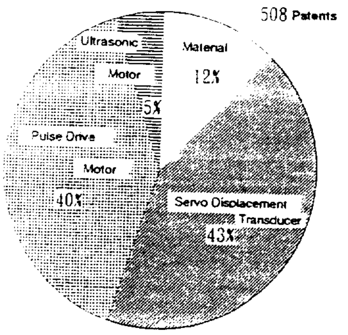
5. 외국의 개발 및 시장 전망

초음파 전동기는 압전 액츄에이터(piezoelectric actuator)의 범주에 들어가는 하나의 기기이며, 여기서는 최근 이 분야에 관하여 가장 앞서가는 일본의 개발 현황과 시장 전망 등을 알아 보기 위하여 최근에 공개된 특허에 대하여 알아보기로 하겠다.

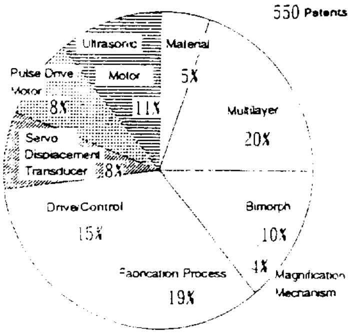
압전/전왜 액츄에이터(piezoelectric/electrostrictive actuator)의 개발은 20여년 전부터 외국에서 시작이 되었으며, 그 중에서 초음파 전동기에 관하여는 일본의 개인 기업에 의하여 15년전부터 연구가 시작되었다.

특히, 이 분야의 연구에 관하여 일본에서는 기업 중심으로 국가 과제도 일부 추진되고 있으나, 미국에서는 주로 군사(military) 관련 국가 연구소에 의하여 지원되고 있는 실정이다.

지난 1972년부터 84년 사이에 일본에서 공개된 압전 액츄에이터에 관련된 508개의 특허중 초음파 전동기에 관한 분야는 그림 10(a)에서와 같이 전체 5%에 그쳤으나, 1988년부터 90년 사이에 공개된 550개의 특허중 초음파 전동기에 관한 분야는 그림 (b)에서와 같이 11%로 2배 이상 증가하였음을 알 수 있다[20].



(a)



(b)

그림 10. 압전 액츄에이터 관련 특허
(a)1972-1984 (b)1988-1990

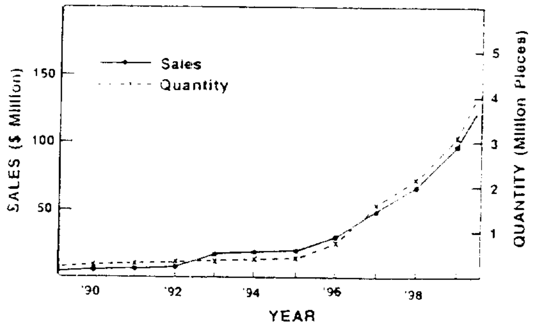


그림 11. 초음파 전동기의 시장 점유 예상
(motor part only)

초음파 전동기에 관한 연구를 하고 있는 일본 내의 기업으로는 NEC, Matsushita Electric, Tokin, Toshiba, Fuji electric, Hitachi, Canon, Malcon Electric, Sinsei Kogyo외에도 몇 개의 기업이 더 있다. 이 중에서 특히 Sinsei Kogyo 회사는 초음파 전동기에 관한 선도자적 회사인데, 이 회사의 제품은 propagating-wave type (또는 surface-wave type)인데, 이는 시간과 공간적으로 90° 위상이 다른 두 개의 standing waves를 결합한 것으로, 정역전이 용이한 구조를 가지고 있다.

아울러 초음파 전동기가 처음으로 제작된 것은 1986년에 Shinsei industy에 의해서 시작되었으며, 이 기기는 최근에 NMR 의료 장비 등에 장착되는 결과를 낳았으며, 대량 생산은 1990년에 New Tokyo Municipal Building에 자동 curtain drawer에 1500개의 샘플을 사용한 이후로 급속히 발전하고 있는 실정이다. 1991년에는 Toyota New Crown 자동차에 사용되었고, Canon 화사는 카메라에 사용을 하였고, seiko사는 직경 10㎜의 소형 전동기를 시계에 사용하였고, Sanki사에서는 부품 공급기(part-feeder)에 사용하여 $10 million의 매출을 하였고, 장차로는 PC용 floppy, CD, LD drive는 물론, VTR과 DVD에 적용이 될 것으로 생각된다.

이와 같이 초음파 전동기의 수요가 정보화 시대에는 급속히 증가할 것으로 생각되며, 예상되는 시장 전망을 그림 11에 나타냈는데, 오는 2000년도에는 $150 million에 이를 것으로 전망하고 있다.

6. 결 론

이상에서 설명한 바와 같이 초음파 전동기는 그 구조가 갖는 장점과 응용 분야가 매우 많을 것이다. 초음파 전동기에 관한 국내의 논문으로는 임기조 외[21], 이덕출 외[22], 김진수 외[23]에 의한 것이 있고, 국내에서는 아직 연구가 본격적으로 시작되지 못한 것 같다. 그러나 개발 및 시장 전망에서 언급한 바와같이 우리나라에서도 연구가 시급히 되어야 할 것으로 생각하며, 본인이 Penn State Univ.에서 1년간 이 분야에 관하여 연구하며 외국의 많은 연구자들을 만나본 결과, 일본에서는 상업용으로, 미국에서는 군사용으로 중점을 두고 연구 중임은 물론, 유럽에서도 10년전부터 이 분야를 연구하고 있음을 알게 되었다[24-31]. 따라서, 국내에서도 이 분야에 대한 연구가 앞으로 활성화 되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구는 한국 과학재단 지원에 의하여 Pennsylvania State University의 MRL에서 96.1-97.1동안 이루어진 것으로 KOSEF와 Penn State Univ.에 감사드린다.

참 고 문 헌

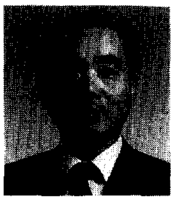
[1] H. V. Barth, IBM Technical Disclosure Bull, 16, p.2263, 1973.
[2] T. Sashida, Jpn, J, Appl Phys., 54. p.589, 1983
[3] 富川義郎 外 : 超音波モ-タの分類とその-, 二の特性, 超音波 TECHNO 5月號, 22-31.
[4] T. Lijima et al : Jpn. J. Appl.Phys., 26[Suppl 26-1], 1987.
[5] 見城尚志 外, 超音波モ-タ入門, 綜合電子出版社, p. 11, 1991.

[6] A.Kumada. Jpn. J. Appl. Phys., 24[Suppl.27-1], 1985.
[7] Y. Tomikawa et al, Jpn. J. Appl. Phys., 27,[Suppl.27-1] 1987..
[8] A. Ukita et al, J. Acoust. Soc. Jpn., 44 1988.
[9] Uchino. K, K. Kato and M. Tohda, Ultrasonic Linear Motors Using a Multilayered Piezoelectric Actuator", Ferroelectrics, 87, 331-334 1988.
[10] Uchino, K., "Ultrasonic Motors Utilizing Piezoelectric Ceramics", Solid State Phys, Special Issue Ferroelectrics, 23, 8, 632-640, 1988.
[11] M.Kurosawa et al, "Hybrid Transducer Type Ultrasonic Motor", IEEE Trans. UFFC-38, 2, 89, 92, 1991.
[12] M. Kurosawa, S. Ueha et al ; J. Acoust. Soc Amer. 77, p.431, 1985..
[13] A. Yabuki et al, "Piezoelectric Linear Motors for Driving Head Element of CD-ROM," Jpn. J. Appl. Phys., vol.33, No. 9B, pp.5365-5369. 1994.
[14] A. M Flynn, L. E. Cross et al, "Piezoelectric Micromotors for Microrobots", 1990 Ultrasonics Symposium, pp.1163-1172, 1990.
[15] C. Menteasna, Piezoelectric Motor Development at Allied Signal Aerospace", ICAT's 17th Smart Actuator Symposium. 1996.
[16] T Takano et al. "Analysis of Nonaxisymmetric Vibration Mode Piezoelectric Annular Plate and its Application to an Ultrasonic Motor", IEEE-UFFC, vol.37, No.6, pp. 558-565, 1990.
[17] Y. Yamayoshi et al, "An Analysis on the Driving Force and Optimum Frequency of a Noncontact-Type Ultrasonic Motor", Jpn. J. Appl. Phys., vol. 33, No 5 B, pp 3081-3084, 1994.
[18] 김진수, 이덕출 외, "압전 세라믹스를 이용한 풍차형 전동기의 제작과 특성", 전기전자재료학회지 논문 투고(97.7).
[19] 임기조, 강문성, 초음파 모터의 응용-최근에 출원된 일본 특허를 중심으로, 전기학회지, 43권 7호, pp.32-38, (1994,7).
[20] Kenji Uchino, "Pezuelectric actuators /ultrasonic motors", Proc of IEEE, pp.319-324, 1995.
[21] 채홍인, 임기조, "원환형 압전 세라믹의 굴곡진동 모드를 이용한 초음파 모터의 특성," 전기학회 논문지, 43권, 8호, pp.1293-1299, 1994.
[22] 육재호, 이덕출 외 , "L_1-B_2 다중 모드 압전 진동자를 이용한 초음파 모우터의 특성과 카드 이송 장치에의 응용에 관한 연구", 전기학회 논문지, 42권, 4호, pp.39-46, 1993..
[23] Jin-Soo Kim, Kenji Uchino, "Effect of sintering temperatue on pieroelectric properties in 0.125PMN-0.435PT-0.44PZ Ceramics for ultrasonic motor applications " 19th Int'l Center for Actuators and Transducer (ICAT) Smart Actuator Symposium, State College, PA, 1996, 10.
[24] K. Toda et al, "A Self-Oscillation Type Ultrasonic Linear Actuator", Jpn. J, Appl Phys., vol.33, No. 5B, pp3071-3074. 1994.
[25] M. Kurosawa et al, "Numerical Analysis of the Porperty of a Hybird Tranducer type Ultrasonics Motor," 1990 Ultrasonics Symposium, pp1187-1190. 1990.
[26] K. Nakamura et al, "Performances of a Hybrid Transducer type Ultrasonic Motor as a Function of the Size", 1994 Ultrasonics Symposium, pp557-560, 1994.
[27] M. Kurosawa, T. Morita et al, "A Cylindricl Ultrasonic Micro Motor Based on PZT Thin Film." 1994 Ultrasonics Symposium, pp549-552. 1994.
[28] M. Bexell and S. Johansson, "Chracteristics of a Piezoelectric Miniature Motor", ACTUATOR96, Int'l Conf. on New Actuators, Germany, pp173-176,1996.
[29] W. Vishnewsky et al, "Piezoelectric Rotary Motors", ACTUATOR 96, Int'l Conf. on New Actuators, Germany, pp245-248, 1996.
[30] Y Tomikawa et al, "A Paper or Card Forwarding Device Using a Flat-Type Ultrasonic Motor", Sensors and Materials, 1, 6, pp.359-379. 1989.
[31] T. Takano et al, "Ultrasonic Motors Using Piezoelectric Ceramic Multimode Vibrators", IEEF-UFFC. vol.37, N0.3, pp224-229, 1990.

저 자 소 개

김진수(金鎭洙)

1960년 9월 6일생. 1986년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1988년 2월 인하대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1996년 1월-1997년 1월 미국 Pennsylvania State University의 Mat. Res. Lah에 visiting scholar. 현재 한국교원대 기술교육과 조교수.



이덕출(李德出)

1939년 1월 22일생. 1963년 2월 인하대공대 전기공학과 졸업. 1966년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1976년 9월 일본 나고야대학 전기공학과 졸업(공박). 1981년 8월-1982년 7월 일본 나고야대학 전기공학과 방문교수. 1995년 1월-12월 대한전기학회 부회장. 1994년 1월-현재 한국센서학회 이사. 1994년 1월-1995년 12월 한국전기전자재료학회 감사. 현재 인하대 공대 전기공학과 교수 및 공대 학장.