

적층 압전액츄에이터 소자의 온도에 따른 전기적 특성

이갑수, 이일하, 류주현
세명대학교

Electrical properties of multilayer piezoelectric actuator with the variations of temperature

Kabsoo Lee, Ilha Lee, Juhyun Yoo
Semyung Univ

Abstract - In this paper, multilayer piezoelectric actuator was fabricated in order to develop ultrasonic linear motor. Multilayer actuator showed a high density of 7.78[g/cm³], a large effective electromechanical coupling factor(*k_{eff}*) of 0.259, a high mechanical quality factor(*Q_m*) of 1301, and high capacitance(*c*) of 19.32[nF]. Curie temperature was 343[°C].

1. 서론

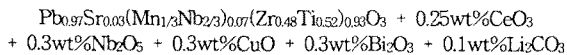
전자제품의 발전과 압전 세라믹 기술의 발전은 압전체를 이용한 압전 디바이스의 개발을 급속하게 하고 있다. 그 중 압전소자를 이용한 초음파 모터는 전자기적 원리로 동작하는 기존의 모터에 비해 전자기적 영향을 받지 않으며, 직속에서 큰 토크와 소형 및 경량화가 가능하고, μm단위 까지 정밀제어가 가능하다는 장점 등으로 인해 그 응용분야가 점차 확대되고 있다.^{1,2)} 초음파 모터는 전기입력에 의하여 진동체에 미소한 탄성진동을 일으키고, 이 탄성진동을 이용한 마찰력에 의하여 회전운동을 발생시키는 모터이다. 마찰력을 이용하므로 이동자의 관성이 매우 낮아서 기동 및 정지시에 응답 특성이 매우 우수하다. 초음파 모터의 원리는 수평과 수직방향(X, Y 축)에서의 변위가 타원형 운동을 형성하는 것이다. 따라서, 선택한 타원운의 방식에 의해서 모터의 형상이 달라진다.³⁾ 그리고 적층 압전세라믹스는 단판형 압전세라믹스에 비해 입력 임피던스를 낮추어 낮은 구동전압에서 구동이 가능하며, 큰 변위와 토크를 발생하기 때문에 고정 진동자의 수평향상과 구동전압을 낮추기에 적합하다.

따라서, 본 연구에서는 선형 초음파 모터를 개발하기 위해 적층 액츄에이터 소자를 제작하여 온도에 따른 전기적 특성을 조사하였다.

2. 실험

2.1 시편의 제조 및 특성 측정

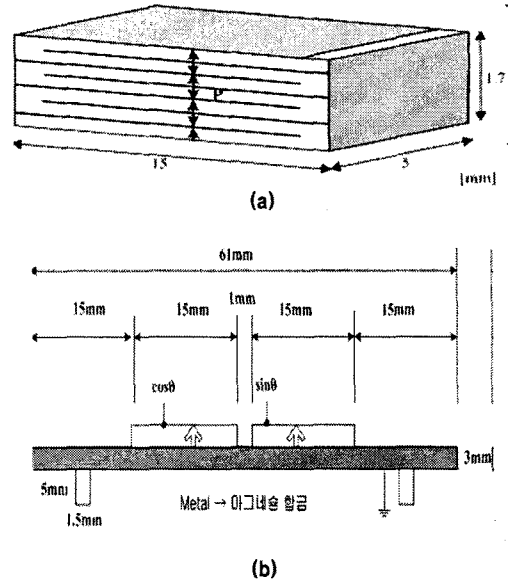
본 실험에서는 다음과 같은 조성식을 사용하여 적층 액츄에이터를 제작하였다.



조성식에 따라 10⁻⁴[g]까지 평량 하였으며, 아세톤을 분산매로 사용하여 지르코니아 불을 이용해 24시간동안 혼합분쇄 하였으며, 혼합분쇄 한 시료를 전기오븐에서 완전히 건조시킨 후 850[°C]의 온도로 2시간동안 하소하였다. 하소된 시료에 CuO - Bi₂O₃ - Li₂CO₃를 첨가하여 24시간 동안 2차 혼합분쇄 하였다. 혼합분쇄한 시료는 다시 완전히 건조시켰으며, 건조된 파우더와 바인더(PVB)를 지르코니아 불을 이용해 24시간동안 혼합하여 슬러리를 제조하였다. 제조된 슬러리를 Doctor Blade법으로 Tape Casting을 하여 Sheet를 제작한 후, Sheet를 적층하여 70°C에서 350[kgf/cm²]의 압력으로 일축성형 한 후 340°C에서 3시간동안 Burn Out 과정을 거치고, 950°C에서 1시간 동안 소결하였다. 소결을 마친 후 길이 15mm, 넓이 5mm, 두께는 1.7mm 로 각각 연마하여 전 극을 발라 600°C에서 10분간 열처리하였다. 전극이 형성된 시편을 120[°C]의 silicon oil-bath에서 30분 동안 DC 30[kv/cm]의 전계를 가하여 분극 하였다. 분극 된 시편을 24시간 경과 후 Impedance analyzer (Agilent 4294A)를 이용하여, 주파수 및 impedance 특성을 측정하였다. 시편의 압전 및 유전 특성은 IEEE에서 규정에 따라 공진 및 반공진법을 이용하여 계산 하여 관찰하였다.

2.2 적층 액츄에이터와 선형 초음파모터 모델

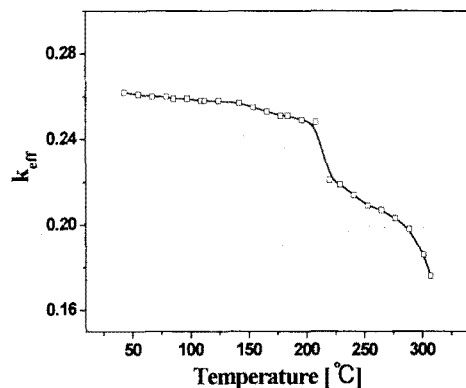
그림 1은 적층 액츄에이터와 선형 초음파모터의 모델을 나타낸 것이다. 적층 액츄에이터의 한 층의 두께는 약 240μm이며, 7층으로 적층을 하였고, 선형 초음파모터는 그림과 같은 치수로 제작하였다.



〈그림 1〉. 적층 액츄에이터와 선형 초음파모터 모델

3. 결과 및 고찰

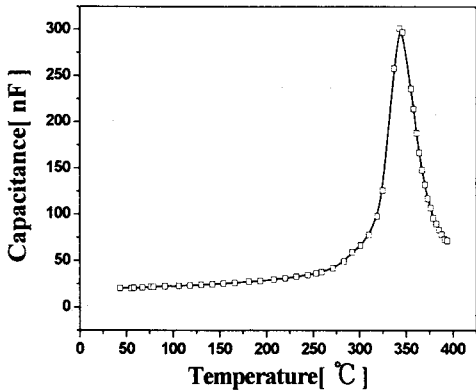
그림 2는 온도 변화에 따른 적층 액츄에이터의 유효전기기계결합 계수(*k_{eff}*)를 나타낸 것이다. 온도가 200°C까지는 미소하게 감소하여 유효전기기계결합 계수(*k_{eff}*)가 0.25를 유지하다, 200°C이상에서는 급격히 감소를 하고, 300°C이상에서는 공진-반공진 주파수를 측정할 수 없었다. 선형 초음파모터 응용시 소자의 온도상승을 고려하여도 80°C 이하에서 사용하기 때문에 문제가 되지 않을 것으로 사료된다.



〈그림 2〉. 온도에 따른 적층 액츄에이터의 유효전기기계결합계수(*k_{eff}*)

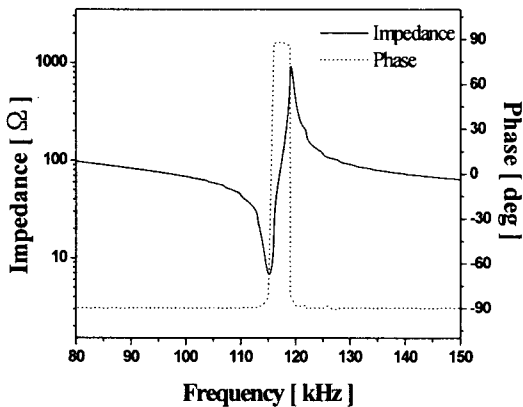
그림 3은 온도변화에 따른 적층 액츄에이터의 유전상수(*ε_r*)을 나타낸 것이

다. 제작된 적층 액츄에이터의 큐리온도는 343℃로 매우 높은 값을 나타내었다.



〈그림 3〉 온도변화에 따른 적층 액츄에이터의 정전용량(c)

그림 4는 제작된 적층 액츄에이터의 임피던스 특성곡선을 나타낸 것이다. 공진주파수는 116kHz를 나타내었고, 반공진주파수는 120kHz를 나타내었다. 적층 액츄에이터의 임피던스 특성곡선이 명확한 것으로 보아 분극이 충분히 이루어진 것으로 사료된다.



〈그림 4〉 적층 액츄에이터의 임피던스 특성곡선

표 1은 적층 액츄에이터의 전기적 특성을 나타낸 것이다. 제작된 적층 액츄에이터의 밀도, 유효전기기계결합계수(k_{eff}), 유효기계적품질계수(Q_m), 정전용량(c)는 각각 7.78[g/cm³], 0.259, 1301, 19.32[nF]를 나타내었다.

〈표 1〉 적층 액츄에이터의 전기적 특성

Pressure [kgf/cm ²]	Density [g/cm ³]	k_{eff}	Q_m	Capacitance [nF]
350	7.78	0.259	1301	19.32

3. 결 론

본 연구에서는 적층형 초음파 선형모터를 개발하기 위해 적층 액츄에이터를 제작하여 전기적 특성과 온도 변화에 따른 특성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 적층 액츄에이터의 특성은 밀도가 7.78[g/cm³], 유효전기기계결합계수(k_{eff})가 0.259, 유효기계적품질계수(Q_m)가 1301로 높은 값을 나타내었다.
2. 유효전기기계결합계수(k_{eff})는 200℃부근 까지 0.25의 값을 유지하다 200℃이상의 온도에서 급격히 감소하는 특성을 나타내었다.
3. 제작된 적층 액츄에이터의 공진주파수는 116kHz 이고, 반공진주파수는 120kHz 를 나타내었다. 또한, 명확한 임피던스특성곡선을 나타내었다.

[감사의 글]

본 연구는 2005년도 학술진흥재단 선도연구자지원사업(과제번호 : KRF-2005-041-D00307)의 연구비로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박태곤, 김명호, "압전세라믹 리니어 모터의 동작원리와 응용", 전기전자재료 학회지, 14권 4호, p. 8, 2001년.
- [2] 김태열, 김범진, 박태곤, 김명호, Kenji Uchino, "L₁-B₄ 샌드위치형 진동자를 이용한 선형 초음파 모터의 설계 및 특성", 전기전자재료학회 논문지, 13권 12호, p. 1025, 2000년.
- [3] Tomoki Funakubo, Toshiharu Tsubata, Yoshihisa Taniguchi, Kazuhiro Kumei, "Ultrasonic Linear Motor Using Multilayer Piezoelectric Actuators", JJAP. Vol. 34, pp 2756-2759, 1998.