

강유전특성 측정장치의 연구개발

* 이창현¹⁾ ** 강대하

*부경대 대학원 **부경대

A study on measurement apparatus for ferroelectricity in ferroelectrics

*Chan hun Lee **Dae Ha Kang

*Graduate School, Pukyong Univ. **Pukyong Univ.

Abstract - This paper is to study and develop a measurement apparatus for ferroelectricity. The apparatus consists of wave generation part, high voltage amplifier part, measurement part, data acquisition part and the related control circuits. Single or double excitation wave is digitalized and sent to the external RAM of wave generation part by personal computer. These data saved in the RAM are converted to analog excitation wave through D/A converter. The frequency of excitation wave is depend on the read-out speed of the RAM by clock pulse. Such generated wave is applied to high voltage amplifier as a input voltage. The output of high voltage amplifier is applied to ferroelectrics and the response is obtained from the charge amplifier of measurement part. The response is sampled and converted to digital data through A/D converter. These digital data are automatically saved in the external RAM of acquisition part. The computer takes the digital data and calculates the electric displacement D , the electric field and the dielectric constant ϵ . We tested for PZT ceramic sample and could observed the D-E hysteresis loops and ϵ_s - E hysteresis loops with good forms.

1. 서론

강유전체는 쌍극자의 상호작용에 의한 자발분극이 있어 외부전계를 제거한 후에도 잔류분극이 있고 항전계보다 큰 반대방향의 외부전계에 의

하여 자발분극이 반전되는 물질이다.

이러한 강유전체는 대부분의 경우 초전성 및 압전성을 지니게되며 그 물성은 각종 센서 및 메모리소자등 다방면에 이용되고 있다. 이러한 강유전체의 중요한 물성인 자발분극 (P_s), 잔류분극 (P_r) 및 항전계 (E_c) 등을 구하기 위하여는 외부전계 E 에 대하여 전기변위 D 가 나타내는 D-E 히스테리시스 곡선을 측정하여야하며, 이 히스테리시스 곡선은 강유전성을 밝히는 중요한 실마리가 된다.

현재 국내에서 이용되고 있는 D-E 히스테리시스 곡선의 측정방법은 오실로스코프에 의한 것으로 그 결과를 사진으로 촬영하고 있는 실정이다. 이와같은 방법으로 측정할 경우 시료에 인가해야할 고전압 전원 장치가 따로 필요하며 측정하는데 많은 시간이 소요될뿐만 아니라 시료에 인가되는 전압도 근사치를 적용할 수밖에 없고 수동으로 조작하는등 불편한 점이 많다. 그러나 측정회로를 개선하고 이것을 컴퓨터에 인터페이스하여 데이터 취득 및 측정제어를 행하게 하면 오실로스코프에 의한 측정방법의 결점을 해결할 수 있다.

본 연구에서 개발한 강유전 특성 측정장치는 기존의 측정법에 대한 전기변위의 히스테리시스 현상을 측정할 수 있을뿐만아니라 복합주파수의 전계를 시료에 인가함으로써 전기변위와 유전율의 히스테리시스 현상을 동시에 측정할 수 있는 장치이다. 또한 컴퓨터에 의하여 인가전계의 크기 및 주파수 변화 등을 자동적으로 제어할 수 있으므로 매우 능률적이고 측정시간을 대폭 단축할수 있으며 데이터를 컴퓨터의 메모리에 저장할수 있으므로 데이터의 분석처리 및 그래픽등이

등이 매우 용이하다.

2. 측정장치의 구성

본 측정장치의 구성은 파형발생부, 고전압증폭부, 측정부 및 데이터취득부로 분류된다.

2-1. 파형 발생부

먼저 컴퓨터에서 정현파를 4096개의 데이터로 디지털화한 다음 RAM1 (12 bit, 4096 words)에 써 넣는다. 이 때 D-E와 ϵ -E관계 또는 Q-V와 C-V관계를 동시에 측정할 경우는 다음식에 의한 복합파형을 정규화하여 디지털화 한다.

$$V(t) = \sin \frac{2\pi I}{N} + K \sin \frac{2\pi nI}{N} \quad (1)$$

단, $I = 1, 2, 3, \dots, 4096$,
 $N = 4096$, K : 상수

한편 컴퓨터 내부의 클럭펄스 또는 수정발진기에 의한 외부 클럭펄스는 프로그래머블 카운터 (8254)에 의해 적당한 주파수의 펄스로 분주되며 이 펄스에 의해 RAM1의 데이터를 읽을 수 있게 된다. 이 RAM1의 데이터는 12bit의 DAC를 거쳐 아날로그 정현파 전압 ($\pm 10V$)으로 변환된다. 이 전압의 주파수는 RAM1의 읽기 속도에 의해 좌우되므로 컴퓨터에 의해 자유롭게 가변할 수 있으며 적당한 능동필터를 거쳐 고전압 증폭기에 입력된다.

2-2. 고전압 증폭부

고전압을 얻기 위하여는 직류 고전압 전원이 필요하다. D-E 히스테리시스 현상 측정에는 대용량의 고전압 전원이 필요하지 않으므로 소용량, 소형으로 할 수 있는 dc-dc 컨버터를 직접 제작하여 사용하였으며 60 [VA], $\pm 800[V]$ 의 출력전압을 발생하도록 설계하였다.

고전압 증폭기는 연산증폭기, 전류증폭기 및 포토 트랜지스터의 조합으로 구성하였다.

이 증폭기의 이득은 70으로서 최대 출력전압은 $\pm 700[V]$ 로 설계하였다. 출력전압의 조정은 입력단의 연산증폭기에 의해 행하며 컴퓨터에 의해 조정할 수 있도록 하였고 이 출력전압이 시료에 인가된다.

2-3. 측정부

히스테리시스 현상의 측정에 사용되는 전압은 고전압이므로 다음 과정의 데이터 처리를 위해 이 전압을 적절한 값으로 낮추어야 한다. 이것은 연산증폭기의 입력저항 R_1 과 부궤환 저항 R_2 를

$R_1 \gg R_2$ 가 되도록 선정함으로써 달성할 수 있다. 즉 감쇄전압은

$$V_o = -\frac{R_2}{R_1} V \quad (2)$$

로 된다. 히스테리시스 현상의 측정시 문제로 되는 것은 높은 인가전압으로 인한 유전가열현상으로서 측정시 시료 자체의 온도상승 효과를 발생한다. 이러한 현상은 인가전계의 주파수를 낮춤으로써 해결할 수 있으며 본 측정장치에서는 컴퓨터에 의해 주파수 제어가 가능하므로 문제성이 없다. 그러나 이와 같은 낮은 주파수에서는 시료 자체의 전도전류에 의한 부가적 영향을 받게 된다. 이러한 현상은 전하증폭기에 가변저항을 통하여 감쇄기의 출력전압 V_o 를 입력함으로써 수정할 수 있다. 그러나 이와 같은 경우는 전도전류가 선형적으로 관련될 때에만 유효하다. 전하증폭기의 출력전압이 현저하게 작을 경우 AD 컨버터 ADC_2 의 정도가 떨어질 우려가 있으므로 적절한 전압 (3 ~ 8V)로 높이기 위해 전하 증폭기의 후단에 증폭기를 부가하였으며 이 전압의 조정은 컴퓨터에 의해 자동적으로 행해지도록 하였다.

2-4. 데이터 취득부

전하 증폭기의 출력 전압을 적절한 값으로 조정된 뒤 인가전압의 감쇄전압 V_o 와 함께 각각 Sample & Hold (SH1, SH2) 및 AD컨버터 (ADC_1, ADC_2)를 통하여 디지털화 한다. 이들 두 가지 신호는 동시에 샘플링되도록 하였으며 외부 메모리 RAM2 및 RAM3에 자동적으로 저장되도록 설계하였다. 이와 같이 데이터가 메모리에 저장됨으로써 측정은 모두 끝나게 된다. 메모리 RAM2 및 RAM3의 설치는 되도록 빠른 시간내에 측정을 끝내 유전가열에 의한 시료의 온도상승을 최소화하기 위한 것이며 데이터의 저장 즉시 고전압 증폭기의 출력전압이 0으로 조정되도록 하였다.

3. 측정예

그림 1 와 그림 2는 PZT 시료에 있어서 D-E 및 ϵ s-E 히스테리시스 곡선을 나타낸 것이다.

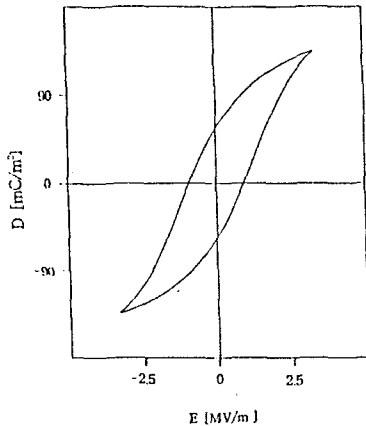


그림 1. PZT 세라믹 시료의 D-E 히스테리시스 곡선

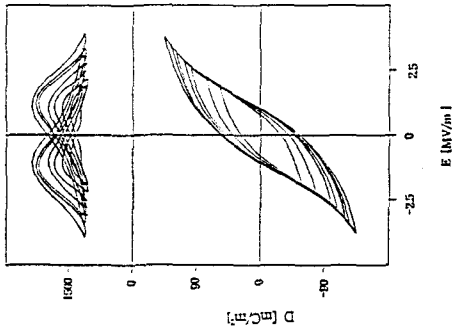


그림 2. PZT 세라믹 시료의 ϵ_s -E 및 D-E 히스테리시스 곡선

4. 결론

본 연구에서는 기존의 D-E 히스테리시스 곡선의 측정방법을 개선하기 위하여 다음과 같이 측정장치를 구성하였다.

인가전압 파형 및 주파수를 결정하고 아날로그 파형으로 변환할 수 있는 파형발생부, 저전압 파형을 증폭하고 그 크기를 가변할 수 있는 고전압 증폭부, 전하증폭기 등으로 구성되어 있는 측정부, 인가전압 및 응답신호를 디지털화하여 외부 RAM에 자동적으로 저장할 수 있는 데이터취득부 등으로 장치를 구성하였다. 또한 컴퓨터에 의해 이들의 각부를 유기적으로 결합하고 각종제어를 행할 수 있도록 설계하였다. 이상과 같이 설계 제작한 장치를 사용하여 상유전체인 마이카 및 스티로론커패시터의 정전용량을 평가한 결과 좋은 일치 결과를 얻었다. 또한 강유전체인 PZT 세라믹 시료에 대한 측정결과에서 단일주파수의 인가

전계에 의해 전형적인 D-E 히스테리시스 곡선을 얻을 수 있었으며, 복합주파수의 인가전계에 의해 버터플라이형의 ϵ_s -E 및 D-E 히스테리시스 곡선을 동시에 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] B. Jaffe et al, "Piezoelectric Ceramics," Academic Press, London and Newyork, (1971).
- [2] H.Banno, "Recent Developments of Piezoelectric Ceramic Products and Composite of Synthetic Rubber and Piezoelectric Ceramic Paticles," Ferroelectrics, Vol. 50, pp. 3 ~12, (1983).
- [3] 이덕출, 강대하, "VDCN 공중합체의 선형유전 특성," 대한전기학회, Vol.38, No.1, pp. 416 ~ 423, (1989).
- [4] 이덕출, 강대하, "VCDN/VPr 공중합체의 비선형유전 특성," 대한전기학회, Vol.39, No.1호, pp.57 ~67, (1990).
- [5] A. R. Blythe, "Electrical Properties of Polymers," Cambridge University Press, (1979).
- [6] C. B. Sawyer and C. H. Tower, "Rochelle Salt as a dielectric," Phys. Rev. Vol. 35, pp. 269 ~273, (1930).
- [7] T. Furukawa et al, "Hysterisis Phemomena in polyvinylidene fluoride under high electric field," J. appl. Phys. 51(2), pp. 1135 ~ 1141, (1980).
- [8] Willis J. Tompkins and John G. Webster, "Interfacing sensors to IBM P.C," Prentice - Hall International editions.
- [9] 남정락, 엄상오, 강대하, "복소유전율 측정장치의 연구개발," 전기전자재료학회, Vol.6, No.6, pp. 554 ~ 564, (1993).
- [10] T. Furukawa et al, "Dielectric Hysteresis and Nonlinearity in a 52/48 mol% copolymer of Vinylidene Fluoride and Trifluoroethylene," Macromolecules, Vol. 16, No. 12. pp. 1885 ~1890, (1983).
- [11] 방태찬, 김종경, 강대하, "VDF/TrFE 공중합체의 히스테리시스 및 온도특성," 전기 전자재료학회. Vol. 10, No. 2, pp.156 ~165, (1997).