

3. 誘電体におけるアコースティック・エミッション

広瀬 晃清

【序論】 最近、メカトロニクスにおいて微小変位機構のキーデバイスとして圧電／電歪アクチュエータが注目されている。しかし、従来の変位機構と比較していくつかの欠点が指摘されている。その一つに信頼性／耐久性の問題があげられる。¹⁾ 寿命が特定できないため、突然の素子破壊がシステム全体に重大な悪影響を与える可能性がある。破壊は通常内部にマイクロクラックが生じそれが成長して全体破壊に至る。とくに、セラミックは脆性材料であるために素子に張力などの力が加わると容易にマイクロクラックが生じる。そこでこのマイクロクラックの発生を検知する事によってセラミックス素子の破壊を予知する事が出来る。これを検出する方法として我々は、アコースティックエミッション (AE) を使用することを試みてきた。ところでこのAEの定義を調べてみると『固体材料内部の微少な破壊あるいはそれと同様なエネルギー解放過程によって発生する弾性波動現象』となっている。このため強誘電体などの分極反転に対してAEが発生していることが考えられる。事実、強磁性体の分極反転や強誘電体の分極反転に際してAEが発生しているという報告されている。²⁾³⁾ そこで本研究は、いろいろな誘電体材料においてAEの発生の仕方を調べた。

【実験】 誘電体に生ずる歪みとAE信号を同時測定するために、図1の装置を作製した。また、測定系のダイアグラムを図2に示す。発信器により1Hzの三角波を発生させ、それを増幅器により1000V程度まで昇圧して試料に加える。そのときに発生する歪み並びにAE信号をそれぞれ変位センサ及びAEセンサにより検出した。AE信号は、プリアンプにより40dB増幅した後にバンドパスフィルタにより雑音をカットした。その後歪み並びにAE信号をデジタルオシロスコープで記録し、コンピュータにより解析した。また試料は、単結晶とセラミックスにわけ、単結晶として強誘電体であるジルコン酸ニオブ酸鉛 ($\text{Pb}(\text{Zn}_{2/3}\text{Nb}_{1/3})\text{O}_3$) を使用した。またセラミックスも反強誘電体と強誘電体にわけ、反強誘電体としてジルコン酸すず酸チタン酸ニオブ鉛 ($\text{Pb}_{0.99}\text{Nb}_{0.02}[(\text{Zr}_{0.6}\text{Sn}_{0.4})_{0.94}\text{Ti}_{0.06}]_{0.98}\text{O}_3$) を使用した。強誘電体としては、ジルコン酸チタン酸ランタン鉛 ($(\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x)(\text{Zr}_y\text{Ti}_{1-y})_{1-x/4}\text{O}_3$) を使用した。さらにそれを圧電材料と電歪材料にわけ、電歪材料として9/65/35、圧電材料として3/52/48 (立方晶) と7/65/35 (菱面体晶) を使用した。

【結果・考察】 それぞれの結果を図3～7に示す。強誘電体においては、抗電界を過ぎ変位が立ち上がる過程においてAEが発生していることが判った。また、反強誘電体においては立ち上がりと下がりにおいて発生していた。また電歪材料においては、AEは検出されるレベルには達していなかった。電歪材料においてAEが発生しないことより、AEが発生するのは抗電界を過ぎ分域が反転したためだと思われる。そして、それぞれのAEのレベルを比べてみると、単結晶がいちばん強くその次にセラミックの菱面体晶、立方晶となり、反強誘電体は、非常に弱かった。単結晶のレベルが高いのは、単結晶であるために内部応力が高くまた粒界がないためにAEが吸収されないためだと思われる。今後、セラミックの内部状況を観察しながらこれらの実際の理由を調べなければならない。

参考文献

- 1) 内野研二：圧電／電歪アクチュエータ、森北出版(1986)
- 2) H. Iwasaki, M. Izumi and S. Yoshida: Acoustic Emission due to Polarization Reversal Induced by Electric Field in PZT-like Ferroelectric Ceramics. J. Phys. Soc. Jpn. 49, Suppl. B. 203(1980)
- 3) K. Ono and M. Shibata: Magnetomechanical Acoustic Emission of Iron and Steel. Mat. Eval. 38, 55(1980)

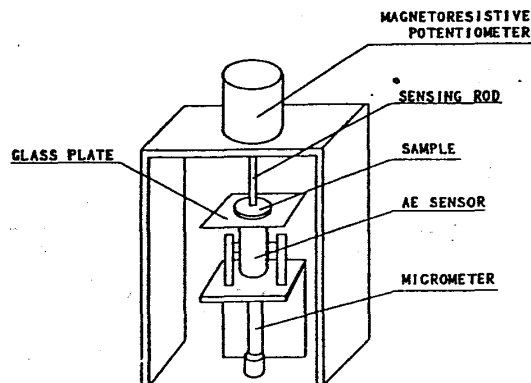


図1 測定装置

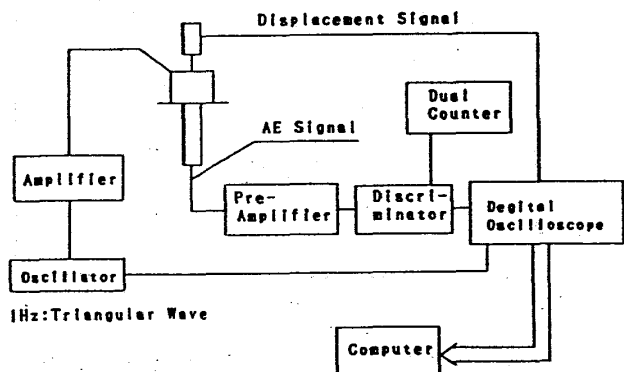


図2 測定系ダイアグラム

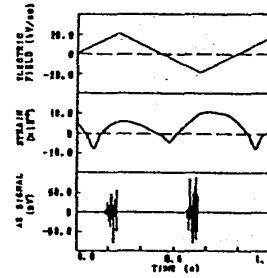
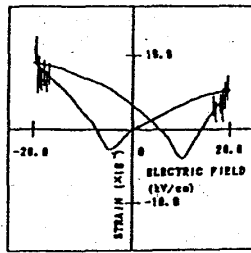


図 3 $\text{Pb}(\text{Zn}_{2/3}\text{Nb}_{1/3})\text{O}_3$ の変位並びに A E 特性

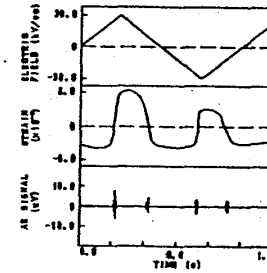
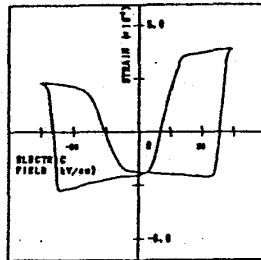


図 4 $\text{Pb}_{0.99}\text{Nb}_{0.02}[(\text{Zr}_{0.6}\text{Sn}_{0.4})_{0.94}\text{Ti}_{0.06}]_{0.99}\text{O}_3$ の変位並びに A E 特性

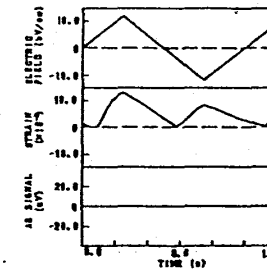
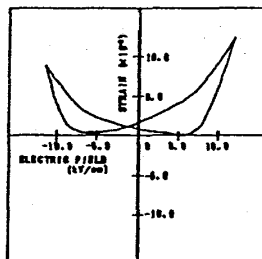


図 5 PLZT(9/65/35) の変位並びに A E 特性

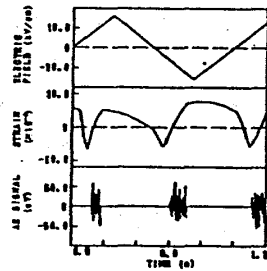
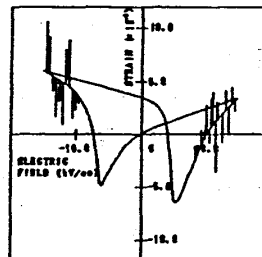


図 6 PLZT(7/65/35) の変位並びに A E 特性

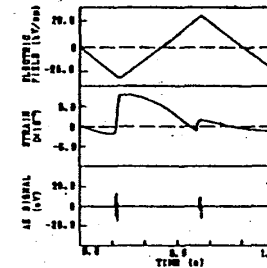
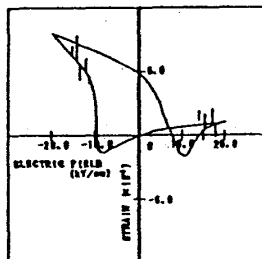


図 7 PLZT(3/52/48) の変位並びに A E 特性