

機能性材料を作って、その性質を調べよう

～ 魚津高校県外実習: 「圧電材料の応用」 ～

1. 機能性材料の紹介 編

平成 16 年 8 月 5 日 奈良先端科学技術大学院大学

物質創成科学研究科 演算・記憶素子科学講座

本日は遠路お越し下さりありがとうございます。私たちの研究室では各種の機能性材料について日々、研究を行っております。今回の実習で扱う「圧電材料」もその中のひとつです。まず、本編でそれら材料を簡単に紹介させていただきます。なお、実験などでわからないことがありましたら遠慮なく身近のスタッフに質問してください。

1.1 はじめに ～ 私たちが研究している材料(強誘電材料、**圧電材料**、焦電材料)～

携帯電話やゲーム機、パソコンなどの電子機器の中には多くの(電子)部品が入っています。これらの部品(素子といいます)では多種多様な材料が研究され利用されています。代表的なものは半導体、セラミクス、プラスチック等ですが、当研究室ではセラミクス関連の材料の研究をしています。セラミクス材料などの機能性材料には**電気と力、熱、分極(電荷)**を相互に変換する能力があり、その機能を活用して電子部品を実現しています。その概要を模式図にして図.1.1 にまとめてみました。



図.1.1 セラミクスなどの機能性材料の持つ機能の模式図

これらの中でも圧電効果はとりわけ広く利用されています。身近には圧電効果による振動と共振現象を利用した**水晶振動子**(図.1.2)は正確な時間(周波数)を作るためほとんどの電子機器で必要不可欠です。キッチンタイマーや家電製品などの電子音には**圧電ブザー**(図.1.3)が使われています。ガスコンロや電子ライター(チャッカマン?)では**圧電着火素子**(図.1.4 私の子供時分は「カチキ」なる遊び道具でした。遊び方は秘密)で火花を作って着火しています。これは、「カチッ」としたときにハンマーでセラミクスを強く叩くようになっていて圧電効果で高電圧が、つまり火花が発生します。それで今回はこの圧電効果と材料を取り上げます。



図.1.2 水晶振動子

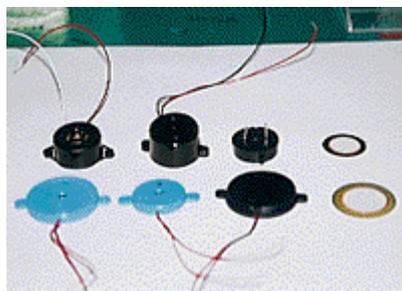


図.1.3 圧電ブザー

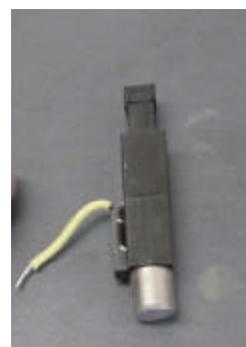


図.1.4 圧電着火素子

1.2 材料の生成と形態 ~セラミクス、単結晶、薄膜~

電子セラミクスなどに用いられる電子材料は主に(金属)酸化物です。古くは水晶(α - SiO_2), ロッセル塩($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), その後、より高性能な BaTiO_3 , $\text{Pb}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ 材料が使われるようになりました。研究者やエンジニアの間ではチタバリとか PZT とかの通称(愛称かも..)で呼ばれています。そのほか、 LiNbO_3 , ZnO など現在ではさらに多くの種類の材料が発見され、実用化が進められています。

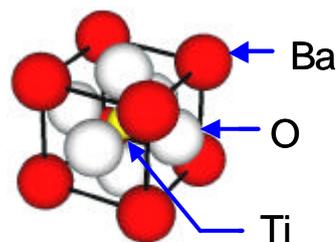


図.1.5 BaTiO_3 の結晶構造(ペロブスカイト構造)

これらの材料はミクロに見ると、たとえば図.1.5 のような結晶構造を持ち、金属イオン、酸素イオンが整然と配列した構造になっています。電圧や圧力、熱を加えるとこれらイオンが動くことで、つまりイオンを介して相互作用がおきます。これが材料の持つ変換機能のメカニズムです。

これらの酸化物材料を「部品」にする際には、粉末原料を焼き固めて(焼成と呼ばれています) **セラミクス**(図.1.6)にして用いることが一般的です。セラミクスは安価かつ大量に製造できます。顕微鏡で見るとセラミクスは細かな結晶の集まりになっていることがわかります。しかし、高品質、高性能を求めるためには、全体が1つの結晶のかたまりとなっ

ている方が良いです。これが**単結晶**(図.1.7)です。また最近はごく薄い膜にして、別の材料の上に付着させた薄膜(図.1.8)も研究されています。これは他の材料と一体化することで性能向上を狙ったり、ナノテクノロジーへの利用ということで盛んに研究されています。

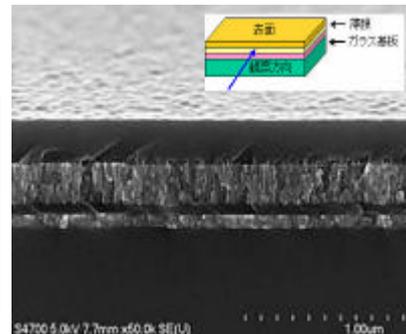
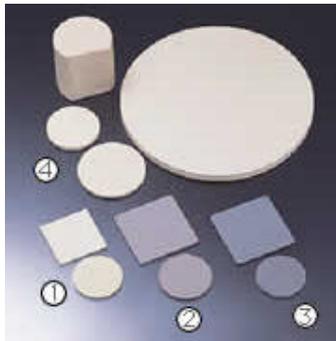


図.1.6 セラミクス(PZT)

図.1.7 単結晶(水晶)

図.1.8 薄膜 (断面 電子顕微鏡)

1.3 圧電効果とは? ~簡単な説明~

簡単な説明図を図.1.9 に載せます。圧電材料の上面・下面に(金属)電極をつけて圧力を加えると電極に電圧が発生します。逆に電極に電圧を加えると材料が伸び縮みします。

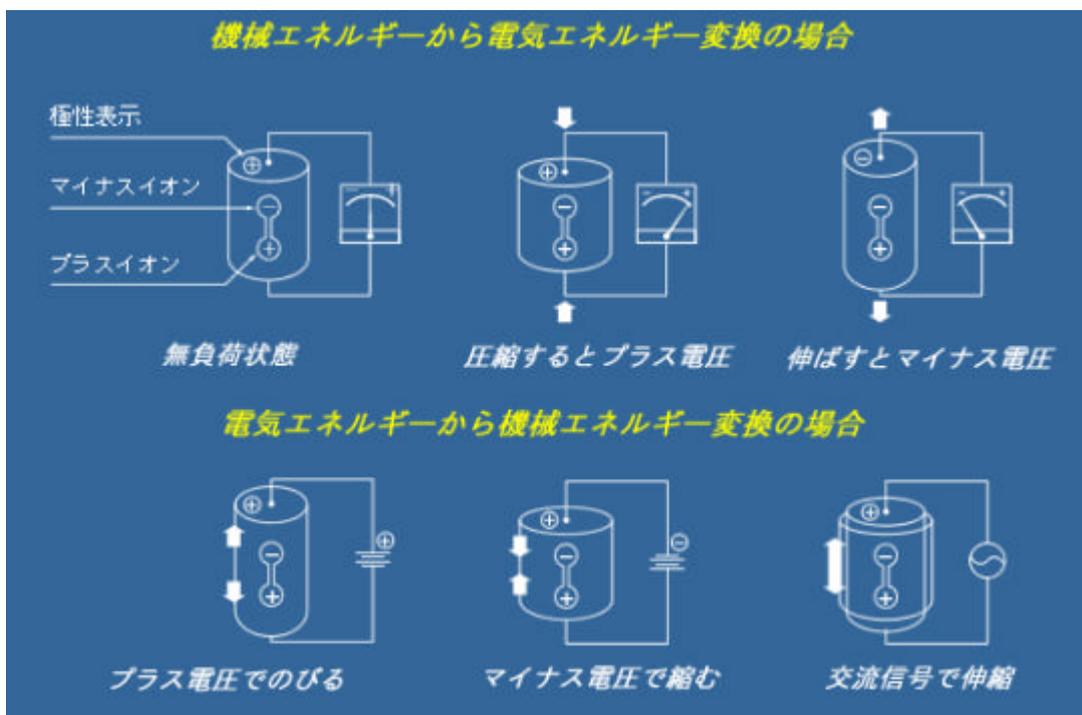


図.1.9 圧電効果の概要図 (富士セラミクス様のサイトより)

1.4 本日のスケジュール ~圧電素子を作ろう そして、知ろう~

今回の実習では、まず実際に圧電材料の作製を行ってもらいます。(圧電素子を作ろう)

さらに、作ってもらった圧電材料・素子および市販の圧電素子を使ったいろいろな実験から、実際の圧電効果を確認してもらいます。(圧電素子の性質を知ろう) 実験の手順は「圧電素子を作ろう 編」「圧電素子の性質を知ろう 編」で説明します。なお、時間割は図.1.10のとおりです。圧電素子の作製では装置の加熱・冷却など待ち時間が長いので、その間を縫って、概要の説明と圧電効果の観察を行います。少し大変ですが、がんばって実験しましょう。

	圧電素子の性質を知ろう	圧電素子を作ろう
13:00		
	13:00 あいさつ (10分)	
14:00	概要説明 1	13:10 試料セット(15分)
	概要説明 2	13:25 真空引き(15分)
	概要説明 3	13:40 プリスパッタ (15分)
15:00	概要説明 3	13:55 スパッタ (15分)
	実習 ・圧電発電?(LED) ・キャパシタ測定 ・フザー(発振器接続) ・音量は増やせる? ・スピーカ ・圧電膜の測定	14:10
16:00	まとめ(報告会に向けて)	自然空冷 (95分)
	休憩は適宜	
16:30		15:45 強制冷却 (15分)
		16:00 取出 金電極形成 (15分)
		16:15 圧電性確認 (15分)

色は実験場所を示します。

- ゼミ室** (F509室)
- 電特評価室** (F514室)
- 大型装置室** (F519室)
- 大型装置室** 操作はスタッフ (F519室)

図.1.10 実験実習スケジュール

1.5 参考文献 ~ 電子セラミクスなどの機能性材料をもっと知りたい人へ ~
興味がありましたらこれらの文献をあたってみてください。

(1) 岡崎 清 編著 「電子セラミックへの招待」 森北出版 ISBN4-627-94160-9.

電子セラミクスについてわかりやすく紹介されています。(必要でしたらお貸しします。)

- (2) 川合 知二 編著 「消えない IC メモリ - FRAM のすべて」工業調査会
ISBN4-7693-1147-8

最近の強誘電薄膜のトピックである FeRAM(強誘電メモリ)の入門本です。

- (3) 塩崎 忠 著 「電気電子材料」共立出版 ISBN4-320-08581-7

セラミクス、半導体も含めた電子材料全般の教科書で、しっかりした内容でわかりやすく書かれています。

Ver 0.2: 2004/8/5 by Takashi Nishida

Ver 0.0: 2003/7/26 by Takashi Nishida

tnishida@ms.aist-nara.ac.jp