

## 強誘電体・薄膜研究の進展と期待

### Evolution and Prospect of Ferroelectric and its Thin Film Researches

阪大ナノサイエンスデザイン教育研究センター 奥山雅則

Osaka Univ., Institute for NanoScience Design, Masanori Okuyama

E-mail: okuyama@insd.osaka-u.ac.jp

誘電体は電気を通さない絶縁性を示し、電界印加により内部に電荷を誘起する。特に内部に分極が存在し外部電界によって向きが変わる強誘電体は、微小構造変化が許容できるため、電場、温度、圧力等の外場により原子配置や結晶系の変化を伴うことから種々の顕著な応答を示し、その物性の多様性は他物質を凌駕している。強誘電体では、電場印加により電子分布の変化から分極の履歴現象、誘電率や屈折の変化そして大きな誘電率など興味ある現象を示す。また、圧力、温度変化によりやはり原子変位を伴い圧電性や焦電性などを生じる。

これらの現象を利用して、バルク状態ではコンデンサ、圧電アクチュエータ、赤外線センサ、光変調器に应用されている。特に、積層セラミックコンデンサ(MLCC)は多くの電子機器に大量に使われ、この分野で最も大きな市場を築いている。最近、欧州からの要請である RoHS 指令による鉛不使用への流れが、これまで多くの応用に利用されてきた PZT セラミクスを置き換える新たな非鉛材料開発を促進している。さらに、優れた性質を有効に応用する方法として薄膜の分極ヒステリシスを利用した不揮発性半導体メモリがあり、1980 年代後期から IC メモリ素子として活発な開発が進められた。PZT や  $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$  の薄膜化と分極反転疲労特性改善がはかられ、これらの具体的で巨大な市場を目指した薄膜研究の進展は著しいものであった。また、熱容量や熱伝導が小さく、機械的インピーダンスが小さく空気や水等との良い機械的整合をする MEMS 上に強誘電体薄膜を堆積した赤外線センサ、超音波センサ、エネルギーハーベスタへの応用も多く試みられている。

最近では、強誘電性、強磁性、強弾性など種々のフェロイックな性質を併せ持つ物質としてマルチフェロイクスが注目を浴びている。強誘電性は正と負の電荷中心のずれにより、強磁性は電子スピンにより発現するもので一般に相関はないと考えられ研究は進んでいなかった。TbMnO<sub>3</sub> において顕著な電気磁気相互作用が非常に低い温度で見出されたが、実用的ではない。ここで、BiFeO<sub>3</sub> は非鉛材料であり、室温で強誘電性と反強磁性・弱い強磁性を示し、単結晶・薄膜で巨大な電気分極を示すことが発見されて以来、その実用化の期待から多くの研究者の注目を集めている。具体的な応用として、強誘電体、圧電体としての利用の他、磁化、電気分極、磁場、電場の巧妙な組み合わせにより多値論理演算記憶素子、電圧制御光アイソレータ、高ダイナミックレンジセンサ、省エネルギー磁気センサ等様々な方面への新たな展開が期待される。

強誘電体・薄膜研究は最近第 1 原理計算を含めた理論解析、精密評価の進展に更なる深化を見せ、改めてその重要性が注目される。本講演では、強誘電体、薄膜化、評価、応用研究についてこれまでの経緯と今後への期待を述べてみたい。