

## 強誘電性ヒステリシスループの新しい測定法

電場がない状態でも巨視的な電気分極（自発分極）をもち、逆向きの電場によりその分極を反転させることができる誘電体を「強誘電体」と言う。強誘電体は、外からの電力なしに分極が保持されることを応用した不揮発性メモリのほか、大きな誘電率を応用したコンデンサや、大きな圧電効果を応用したアクチュエータや歪みセンサなど、電子機器部品として工業的にも広く使われている。

強誘電性を明確に表す、印加電場と分極の関係のグラフを「ヒステリシスループ」（履歴曲線）と言う。その測定には、約 80 年前に考案されたソーヤ・タワー回路を基本とした方法が、現在でも広く用いられている。しかし、その方法では強誘電性だけでなく、常誘電性や電気伝導性など、強誘電性以外の影響も含んだループが測定される。その影響のある仮定に基づいて計算して測定結果を補正する方法が知られているが、従来の方法では、補正できる形に限られ、また仮定無しには補正できないという欠点があった。それに対して、強誘電性ヒステリシスループのみを仮定無しに自動的に測定する方法が、東北大学多元物質科学研究所の福永守氏と野田幸男氏により開発された。この方法は、日本物理学会発行の英文誌「Journal of Physical Society of Japan」2008 年 6 月号に掲載される。

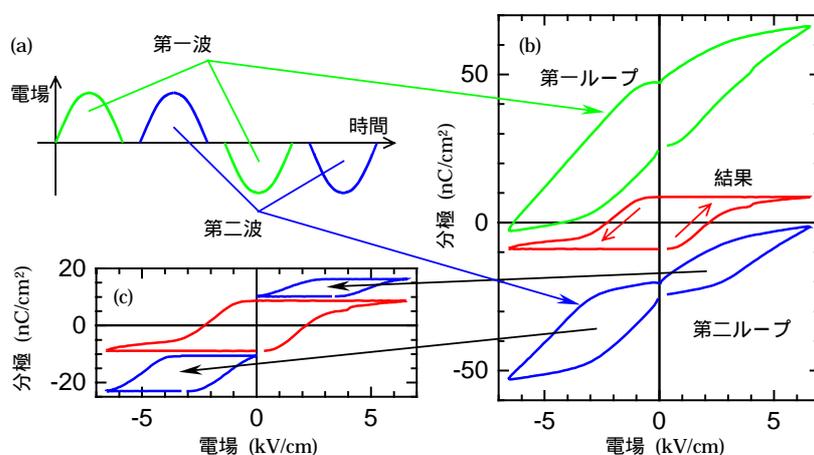


図 (a)二重波法の印加電場波形と、(b),(c)それにより測定された  $\text{ErMn}_2\text{O}_5$  のヒステリシスループ。各ループは、重ならないように分極の値をずらして描いている。

「二重波法」と名付けられた新しい方法では、普通の交流ではなく、図(a)のように、プラスだけとマイナスだけの電場波形を2回ずつ試料に加えて、電場と分極の関係を測定する。図(b),(c)では、35.4 Kにおける  $\text{ErMn}_2\text{O}_5$  のヒステリシスループの測定例を示している。この物質は、電場だけでなく磁場でも分極が変化するという特異な物性を示すことから最近盛んに研究されている「マルチフェロイック」と呼ばれる物質の一つである。(a)の「第一波」により(b)の「第一ループ」が描かれ、同様に「第二波」により「第二ループ」が描

かれる。第一波は前の状態から電場の向きを反転させているため、第一ループは従来の方法で測定されたループと同様になる。一方、第二波は電場の向きを反転させていないため自発分極には変化がなく、第二ループは強誘電性以外の成分によるループになる。したがって、第一ループと第二ループの差を取った「結果」のループは、求めたい理想的な強誘電性ヒステリシスループになる。さらに、(b)の第二ループは、電場がプラスだけ、またはマイナスだけの範囲でループを描いているように見えるが、そのようにバイアスを印加した二重波法で測定すると、(c)の上下に示したような反強誘電的なループになる。(c)の3つのループは、単純な強誘電性ではなく、より複雑なフェリ誘電性があることを意味している。マルチフェロイック物質  $\text{RMn}_2\text{O}_5$  (R = 希土類) のフェリ誘電性は、焦電気測定による分極の温度変化から示唆されていたが、ヒステリシスループとしては二重波法により初めて示された。

普通の交流波形を用いた従来の方法では、測定されるのは第一ループだけで、第二ループの形を仮定して補正していたことになるため、本測定例のような結果を得ることは不可能である。また、今回開発された二重波法では、第二ループを測定することにより非強誘電性効果を何ら仮定なく自動的に補正できるため、比較的大きな非強誘電性効果に隠れていた小さな自発分極も精密に測定できるばかりでなく、第二ループ自体を詳しく調べることでより多くの情報を得ることも可能になる。この研究は、マルチフェロイック物質についての基礎的な研究の過程で編み出されたが、二重波法は強誘電体に一般的に適用できるため、導電性のために測定が困難な場合など、強誘電体の応用分野での材料開発などに広く役立てられることが期待されている。

論文掲載誌： J. Phys. Soc. Jpn. **77** (2008) No. 6, 064706.

電子版： <http://jpsj.ipap.jp/link?JPSJ/77/064706> (5月26日公開)

< 情報提供： 福永 守 (東北大学) >