

有機強誘電体開発の最前線

Frontier of Developing Organic Ferroelectrics

産総研 FLEC, °堀内佐智雄

AIST-FLEC, °Sachio Horiuchi

E-mail: s-horiuchi@aist.go.jp

有機物質による強誘電体は、レアメタルフリーな非鉛材料としての位置づけを超え、塗布/印刷技術で製造できる強誘電体デバイスとそのフレキシブル化の可能性を秘めている。ところが有機材料は近年まで、圧電機能が利用されてきたポリフッ化ビニリデン(PVDF)など少数の高分子に限られてきた。高分子強誘電体は、分極反転に分子の剛体回転を要するため、無機の強誘電体材料に比べ数十倍以上もの高い動作電場を要していた。こうした状況を打開するべく物質開発に取り組んだ結果、これまでに 20 例以上の新物質が誕生し新たな局面を迎えている。

物質開発の対象として注目したのは、(1) π 電子ドナーとアクセプターからなる電荷移動錯体、(2) 酸と塩基が水素結合した超分子 (3) 水素ドナーとアクセプター部位を併せ持つ単成分系である。いずれも、電子またはプロトンのドナー/アクセプター機能が、優れた分極性能を発揮する鍵であり、無機材料と同程度の低電場動作をも可能とした。一連の新規強誘電体は、「ドナー・アクセプター型有機強誘電体」とも称してよいだろう。



(1) の化合物においては、小さな静電荷の僅かな構造変化 (イオン変位) を端緒に、分子間の電荷移動が巨大な自発分極を引き出す新たな強誘電性発現機構、電子型強誘電性を見いだした。この結果は、パイ電子系を用いた材料設計の有用性を、改めて裏付けるものである。

(2) はプロトンの受け渡しを酸と塩基別々の分子が担わせるような物質設計である。分子修飾により水素結合の長さを制御することで、強誘電性の動作温度や自発分極性能を著しく向上できた。さらに薄膜化や印刷プロセス工程の簡素化や組成変化による特性劣化防止を図る目的で、プロトンの供与と受容の役割を同一分子に担わせ簡素化を図ったのが (3) 単成分系化合物である。その代表例が、クロコン酸分子であり、チタン酸バリウム ($26 \mu\text{C}/\text{cm}^2$) に匹敵する有機分子で最高の自発分極 ($21 \mu\text{C}/\text{cm}^2$) を見いだした¹。分子間のプロトンの移動と連動して分子上の二重結合部位が切り替わって分極を著しくかさ上げしており、ここでもパイ電子が高性能化の一翼を担っている。同様の反転機構をもつイミダゾールでも、PVDF と同程度の自発分極値を示した²。イミダゾールの場合、ビタミン B12 にも含まれる身近かつ安定な化合物であり、有機溶剤に良好な溶解性をもつ。その結果、強誘電体薄膜化も溶液法により実現できた。当日は、強誘電ドメイン構造から見た、有機材料の特徴や課題についても紹介する。

(参考文献) 1. S. Horiuchi et al. *Nature* **463**, 789 (2010).

2. S. Horiuchi et al. *Nature Commun.* **3**, 1308 (2012).