



柔軟な結晶相を利用した 分極自在な有機強誘電体開発に成功

研究成果のポイント

- ・ 極性球状分子が回転している柔軟な結晶相を利用した強誘電体を開発。
- ・ 電場の方位によって分極の方向を自由に制御。
- ・ 従来のセラミックス強誘電体では困難な溶液／加圧加工が可能。
- ・ フレキシブルな電子デバイスへの応用が可能。

研究成果の概要

北海道大学大学院理学研究院の稲辺 保教授と原田 潤准教授の研究グループは、球状有機分子が回転している柔軟な分子性結晶が強誘電体となることを世界で初めて発見しました。今回開発された物質は、現在広く用いられているセラミックス強誘電体とは異なり、溶液加工と柔軟に変形する展延性を利用した薄膜形成が可能です（図 1）。この強誘電体は電場の方位を変えることで強誘電体の分極方向を 3 次元的に自由に変更できます。この新しいタイプの有機強誘電体は、従来の強誘電体物質群の長所を兼ね備えており、フレキシブルな形状と加工性からエレクトロニクス素子などへの広い応用が期待されます。

論文発表の概要

研究論文名 : Directionally tunable and mechanically deformable ferroelectric crystals from rotating polar globular ionic molecules (回転する極性球状イオン分子が生み出す分極および変形自在性を持つ強誘電性結晶)

著者 : 原田 潤 (北海道大学大学院理学研究院), 下条啓文 (北海道大学大学院総合化学院), 大山口英明 (北海道大学大学院総合化学院), 長谷川裕之 (北海道大学大学院理学研究院), 高橋幸裕 (北海道大学大学院理学研究院), 里見浩一郎 (山口大学大学院医学系研究科), 鈴木康孝 (山口大学大学院医学系研究科), 川俣 純 (山口大学大学院医学系研究科), 稲辺 保 (北海道大学大学院理学研究院)

公表雑誌 : Nature Chemistry

公表日 : 英国時間 2016 年 7 月 11 日 (月) (オンライン公開)

研究成果の概要

(背景)

強誘電体とは外部から電場をかけなくても電気分極をもち、その分極の向きが電場の方向に応じて反転する物質です(図2)。強誘電体は不揮発性メモリ、コンデンサ、圧電素子、センサーなど、その多様な機能を活かした様々な応用例を持つ重要な電子材料です。これまで実用化されてきた強誘電体のほとんどは、チタン酸バリウムやチタン酸ジルコン酸鉛など無機酸化物のセラミックスですが、有用な物質の多くは有毒な鉛を含むという問題を抱えています。近年、無毒、柔軟性、高い加工性などの有機分子性結晶の強誘電体の利点が注目され、基礎研究のレベルで盛んに材料開発が行われています。これまですでに、大きな分極、低い電圧動作、高速な応答など、非常に高い性能をもつ分子性強誘電体が開発されています。しかし、実際に強誘電性結晶を材料として利用する際には、材料内の多数の微結晶粒子のそれぞれの分極の向きを、電圧の向きにそろえる必要があります(図3)。セラミックス強誘電体では可能なこの分極処理は、結晶構造の対称性が低い分子性結晶では通常不可能で、このことが応用展開の大きな障害となっていました。

(研究成果)

本研究では、柔粘性結晶とよばれる物質群に注目して強誘電体を開発しました。柔粘性結晶はプラスチック結晶ともよばれ、球状分子が結晶内で自由回転しており、加圧することでワックスのように伸びて広がる性質を持っています。また、柔粘性結晶は分子性結晶としては例外的に、金属や岩塩のような等方的な結晶構造をとります。球状分子の有機アミンであるキヌクリジンと過レニウム酸との中和で得られる過レニウム酸キヌクリジニウム(図4)の結晶は、95°C以上の温度では柔粘性結晶となりますが、それ以下の温度では極性カチオン分子の向きの変化に由来する強誘電性を示します。また、高温で等方的な結晶構造をとるため、室温で結晶化した時の結晶の向きをリセットすることが可能です。その性質のおかげで、バラバラに向いた多数の微結晶粉末からなるディスクでも、電場をかけることで、結晶粒子の分極の向きをそろえることが出来ます。このような分極処理はこれまで分子性結晶の強誘電体では出来なかったことです。また、この結晶は、高温での加圧で粉碎されずに展延しますので、隙間のない結晶薄膜を容易に形成することも可能です。

(今後への期待)

今回開発した強誘電体となる柔粘性結晶の示す特長は、強誘電体の新しい応用として期待されているフレキシブルな薄膜デバイスを作製する上で非常に有用なものです。また、柔粘性結晶を利用した強誘電体開発はこれまでになく、今回の成果は汎用性の高い材料設計の指針を与えます。この指針に従って材料開発を進めることで、有機エレクトロニクス材料としての新しい応用展開が期待できます。

お問い合わせ先

所属・職・氏名：北海道大学大学院理学研究院 教授 稲辺 保(いなべ たもつ)

准教授 原田 潤(はらだ じゅん)

TEL：011-706-3511 FAX：011-706-3511 E-mail：inabe@sci.hokudai.ac.jp (稲辺)

junharada@sci.hokudai.ac.jp (原田)

ホームページ：<http://wwwchem.sci.hokudai.ac.jp/~kotai/new/Welcome.html>

柔らかい結晶

強誘電体薄膜

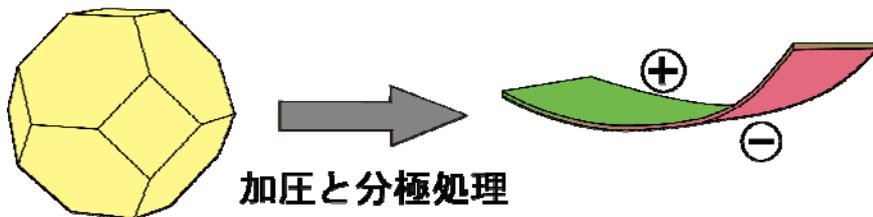


図1 柔らかい強誘電結晶の薄膜化



図2 強誘電体の分極反転

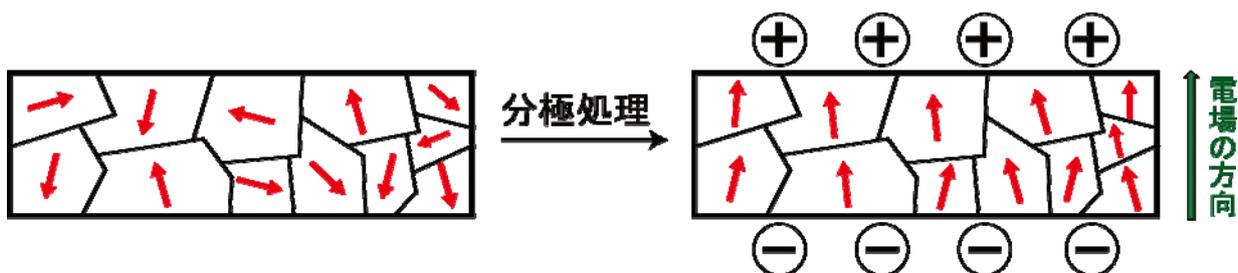


図3 強誘電体の分極処理

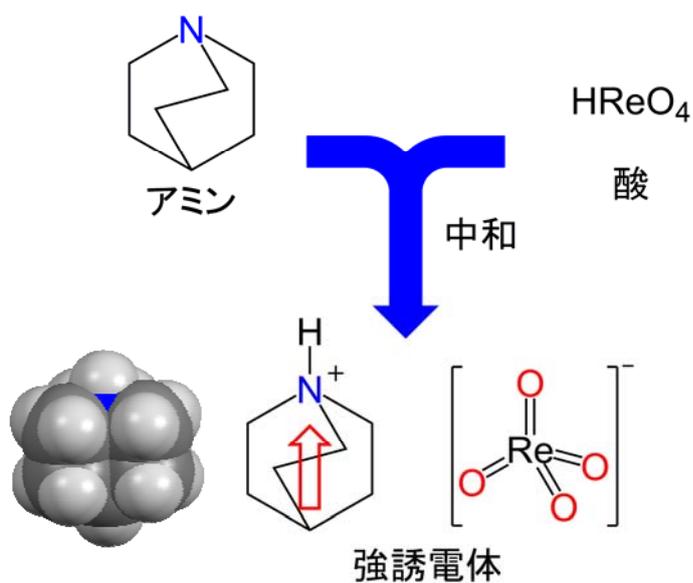


図4 過レンニウム酸キヌクリジニウムの合成