

令和2年11月24日

「新しい原理の光発電—強誘電性液晶半導体を用いた光起電力効果」

香川大学創造工学部舟橋正浩教授、同大学院生森悠喜、東京理科大学理学部関淳史助教、物質・材料研究機構吉尾正史グループ長が行った液晶性強誘電半導体の光起電力効果についての研究が認められ、米国化学会の有力学術誌 (*ASC Applied Materials and Interfaces*) に掲載されます。液晶性強誘電半導体は強誘電性と半導体としての光伝導性を兼ね備えた材料で国際的に注目されています。

論文題目 : Ferroelectric Liquid-Crystalline Binary Mixtures Based on Achiral and Chiral Trifluoromethylphenylterthiophenes

著者 : Atsushi Seki, Masafumi Yoshio, Yuki Mori, Masahiro Funahashi

* 研究内容の詳細については、別紙をご覧ください。

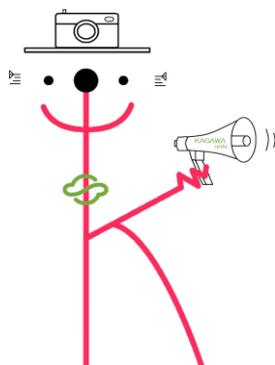
液晶性強誘電半導体での異常光起電力効果について

本学創造工学部舟橋研究室では、強誘電体の自発分極を利用した光起電力効果に着目し、世界で初めて、強誘電性と半導体としての性質を示す液晶性強誘電半導体の開発に成功しました。この材料を用いると、従来の p-n 接合を用いた太陽電池では困難であった高電圧を発生できる太陽電池を実現できる可能性があり、注目されています。今回発表した成果においては、従来、キラルな物質でしか起こらなかった光起電力効果を、アキラルな物質に少量のキラル物質を添加した混合物でも光起電力効果が起こることを確認したもので、材料の選択の幅を大幅に拡張する画期的な成果です。

液晶性強誘電性半導体でのバルク光起電力効果は本学創造工学部の舟橋教授のグループが世界に先駆けて発見した現象であり、当該分野のパイオニアとして国際的に高く評価されています。

ASC Applied Materials and Interfaces について

米国化学会が 2009 年に創刊した材料化学に関する学術誌で、2019 年のインパクトファクターは 8.758 に達しており、国際的に注目度の高い論文が多数掲載されています。



➤ お問い合わせ先

香川大学 創造工学部 教授 舟橋正浩

TEL : 087-832-2411

E-mail : funahashi.masahiro@kagawa-u.ac.jp

※上記不在の場合 香川大学 創造工学部 庶務係

TEL : 087-864-2000 FAX : 087-932-2032

E-mail : shomu-t@kagawa-u.ac.jp

別紙

既存の太陽電池では、p-n 接合やショットキー接合界面での局所的な内部電界を利用して光キャリアの解離・輸送を行っているため、開放電圧は半導体のバンドギャップや正負両電極の仕事関数の差に制限され、開放電圧は最大でも 0.8 V 程度である (図 1(a))。それに対して、BiFeO₃ などの強誘電性セラミックスにおいては、自発分極によってバルク全体に発生した電界を駆動力とするバルク光起電力効果が観測されており、バンドギャップを超える数 V の高電圧が発生している (図 1(b))。しかし、電気抵抗が高く、光吸収帯が紫外域に限定されるため、エネルギー変換効率は 0.1 % に満たない。また、薄膜作成に真空プロセスが必要である。さらに、低温では大きな開放電圧が得られても、室温では低下する。

当研究室では強誘電性液晶に π 電子共役系を組み込んだ「液晶性強誘電半導体」を合成し、強誘電相におけるバルク光起電力効果を見出している。自発分極によって内部電場がバルク全体に発生し、それによって光キャリアの生成・輸送が起こり、光起電力が発生する。そのため、原理的にはバンドギャップをはるかに超える大きな起電力が発生しうる。通常の有機薄膜太陽電池と異なり、正負両電極は同じ ITO 電極を使用でき、ポーリング電界を反転させることにより、電池の極性を反転させることもできる。強誘電性セラミックスと異なり、コーティングや印刷法によるデバイス作製にも適している。

今回発表した論文では、バルク光起電力効果を示す液晶性強誘電半導体の分子デザインに関して、画期的な成果が得られた。従来の検討では、バルク光起電力効果を示す材料は、合成が困難であり、コストも要するキラルな化合物に限定されていた。しかし、図 2(a) に示すアキラルな化合物 1a にキラル化合物 (S)-1b を少量添加した混合物においても、光起電力効果が発生することが明らかとなった (図 2(b))。この結果は、本効果を示す材料の選択の幅を大きく広げるものであり、将来、バンドギャップを超える高電圧を発生できる有機薄膜太陽電池の実用化につながる成果である。

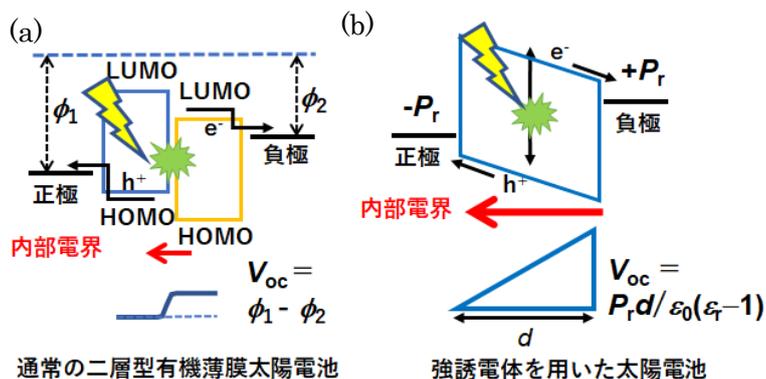


図 1 (a) 従来の p-n 接合を用いた太陽電池の原理 (b) 強誘電性半導体を用いたバルク光起電力効果の概念図

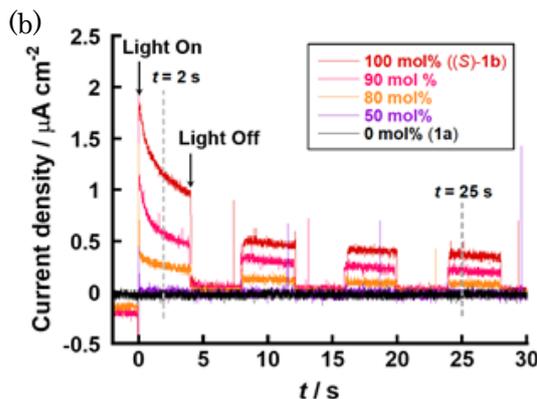
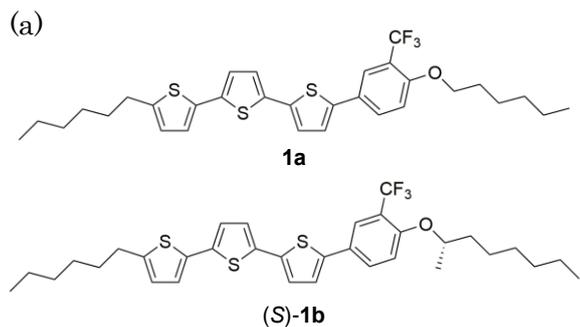


図 2 (a) 今回開発した液晶性強誘電半導体 (b) 液晶性強誘電半導体での電流—電圧特性

今回の研究成果は、物質材料研究機構吉尾正史グループリーダー、東京理科大学助教関淳史との共同研究によるものである。また、共同研究者の関淳史博士は本学工学研究科で博士号を取得している。研究を進めるにあたり、小笠原科学振興財団研究助成金、住友電気社会貢献基金の支援を受けている。