

2-6-9. 磁場中での円偏光発光材料

概要

磁気円偏光発光 (MCPL) は、外部磁場を印加することで光学不活性な材料にも円偏光発光 (CPL) を誘起できる現象である (図 1). MCPL は外部磁場によって発光の円偏光度を自在に制御することができ、ピレンなどの有機発光分子、ランタノイド錯体、無機発光体、ペロブスカイト量子ドット、有機ラジカル発光体といった極めて多様な物質に適用できる. MCPL の応用範囲は広く、次世代光源としてのみならず、情報通信やセキュリティにおける技術革新の担い手と期待される.

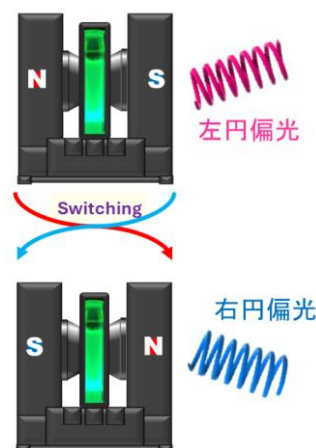


図1 磁気円偏光発光 (MCPL)

現状と最前線

一般に、円偏光発光 (CPL, Circularly Polarized Luminescence) は、キラリティを有する光学活性物質から発生するとされている. しかし、ファラデー配置 (磁場と光路が平行な配置) に外部磁場を印加することで、光学不活性な物質や材料からも CPL が観測できる. これが磁気円偏光発光 (MCPL, Magnetic CPL) である. 従来、吸収を基盤とする磁気円偏光二色性 (MCD, Magnetic Circular Dichroism) が知られているが、その励起状態に対応する MCPL の最大の特徴は、発光の円偏光度が磁場によって誘起・制御できる点にある.

MCPL の発現は極めて汎用性が高く、光学不活性なピレンなどの有機分子、ランタノイドを含有する有機金属錯体、無機発光体など、多種多様な物質系に適用可能である. 発光体の応用例としては、発光ダイオード (LED, Light-emitting diode) が挙げられ、MCPL の応用は有機発光ダイオード (OLED, Organic LED) 用りん光材料として有用な白金錯体やイリジウム錯体にも拡大している. 近年では、ペロブスカイトを含む量子ドットや有機ラジカル発光体といった先端的な材料系も MCPL の対象として新たに加わり、多様な光機能材料への展開が進んでいる.

本手法の応用により、外部磁場印加下で円偏光電界発光 (CPEL, Circularly Polarized Electroluminescence) の取り出しも可能となった. これにより、磁気 CPEL (MCPEL) 対応型の磁気円偏光 OLED (MCP-OLED)、ペロブスカイトを含有した磁気円偏光ペロブスカイト LED (MCP-PeLED)、さらには TADF を用いた第

3 世代の MCP-OLED の開発も進展している．これを通じて，新しい円偏光光源としての将来展望が提案されるに至った．

磁場印加によって，従来にはない革新的な技術が創出された．磁場制御，すなわち磁場の方向や強度を自在に制御することで，単一の発光材料から左・右回転の円偏光を高速かつ可逆的に取り出すことが可能となり，円偏光度（異方性因子の値）や円偏光の ON/OFF 制御も実現された．LED から両回転の円偏光を同時に取り出し，円偏光の“反射反転”メカニズムをデバイス設計に導入することで，円偏光度の低下も抑制できた（図 2）．このような進展により，高性能かつ低コストな円偏光デバイスおよび次世代のセキュリティ認証・情報通信技術への発展が期待されている．

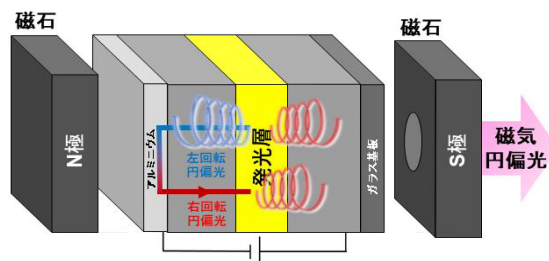


図 2 磁気円偏光 LED (MCP-LED)

MCPL の発見以降，基礎現象から先端デバイス技術に至るまで，関連分野における研究が急速に進展している．その最大の特徴は，立体的キラリティを必要としない光学不活性な材料で，自在な円偏光発光が可能となった点にある．今後も化学・物理・生物・情報工学をはじめとした多分野への波及が期待される．

文献

1. Y. Imai, *ChemPhotoChem.*, **5**, 969–973 (2021).
2. F. Zinna, G. Pescitelli, *Eur. J. Org. Chem.*, **26**, e202300509 (2023).
3. T. Tomikawa, Y. Kitagawa, K. Yoshioka, K. Murata, T. Miyatake, Y. Hasegawa, K. Ishii, *J. Mater. Chem. C*, **11**, 2831–2835 (2023).
4. S. Suzuki, Y. Yamamoto, M. Kitahara, R. Shikura, S. Yagi, Y. Imai, *J. Mater. Chem. C*, **12**, 3430–3436 (2024).
5. Y. Imai, K. Fukuchi, Y. Yanagihashi, S. Suzuki, *Molecules*, **30**, 2426 (2025).

将来予測と方向性

磁場応答型 CPL 材料は，今後急速に研究が深化し，電子デバイス，光学通信，センシングなど多様な分野において技術革新を牽引する新たなキーマテリアルとなることが予想される．特に，磁石の小型化を含め，より低磁場においても明瞭な MCPL 応答と高い円偏光度を同時に実現する新規材料系の開発が強く求められている．

（執筆者：今井喜胤）