

キャパシタは電子デバイスを構成する基本的な素子の一つである。優れた機能を有するキャパシタ材料の新規開発は、物性物理学や材料科学、プロセス工学などの異なる学術分野、あるいは産学官の枠組みを超えて、国内外でますます活発化してきている。特に、情報通信技術やパワーエレクトロニクスの新展開、また電子デバイスの更なる小型化へのニーズにより、超大容量や革新的な耐熱高信頼性を実現するキャパシタ新素材の探索が加速している。その一方で、非従来型のデバイス制御を可能にする誘電体マルチチューナビリティの研究は、例えばマルチフェロイック物質の報告を契機として、その裾野を拡大しつつある。その中で我々のグループは2013年より、光による非従来型のデバイス制御を目指し、光照射によって誘電応答特性が変化する「光誘電効果」を示す材料、いわば「光誘電体」の新規開発を進めてきた。

最初の光誘電効果の報告は、1956年の Kronenberg と Accard による硫化物蓄光体での観測に遡る。その後、Takesada 等は量子常誘電体 SrTiO_3 において、DC バイアス電場印加の下で紫外光を照射することにより、数千%にも及ぶ巨大な誘電率の増加を見出した。最近では、Juarez-Perez 等が鉛ハライド系ペロブスカイト型化合物において顕著な光誘電効果を見出し、注目を集めている。しかしながら、これまでに報告された光誘電効果の殆どは、光照射による電気伝導率の増加、いわゆる「光伝導」に起因した外因性の効果である。この場合、光照射下で材料の絶縁特性が劣化し、キャパシタとしての基本性能が著しく損なわれるために、実際のデバイス素子としての開発は困難であると考えられる。それに対して我々は最近いくつかのワイドギャップアルミニートにおいて、光照射によって物質の誘電率それ自体が変化する「本質的な光誘電効果」を見出した。今回、その結果の一部を紹介する。

図1は、弱還元条件下で焼成した LaAlO_3 の室温における比誘電率 ϵ' と損失正接 $\tan\delta$ の周波数分散を、暗状態及び光照射下で測定したものである。ここで、照射光のエネルギーは3.4eVであり、 LaAlO_3 のバンドギャップ(約5.6eV)よりも十分に低い。図に見られるように、暗状態で20程度であった比誘電率が、光照射によって測定周波数全領域に亘り大幅に増加していることが分かる。ここで光照射による比誘電率の増加率は、 10^6Hz において+120%にも及んでいる。一方で損失正接に関しては、低周波数領域で若干の増加が観測されているものの、その絶対値は光照射下にお

いても十分に小さく、光伝導の効果が十分に抑制されていることが分かる。ここで暗状態の損失正接において 10^5Hz にブロードなピークが認められるが、これは還元焼成によって生じたキャリアの応答であると考えられる。このピークは光照射によって低周波数側にシフトするが、この現象は、光照射によって試料の比誘電率が增加したことの傍証となるものであり、還元焼成 LaAlO_3 における本質的な光誘電効果を裏付けている。

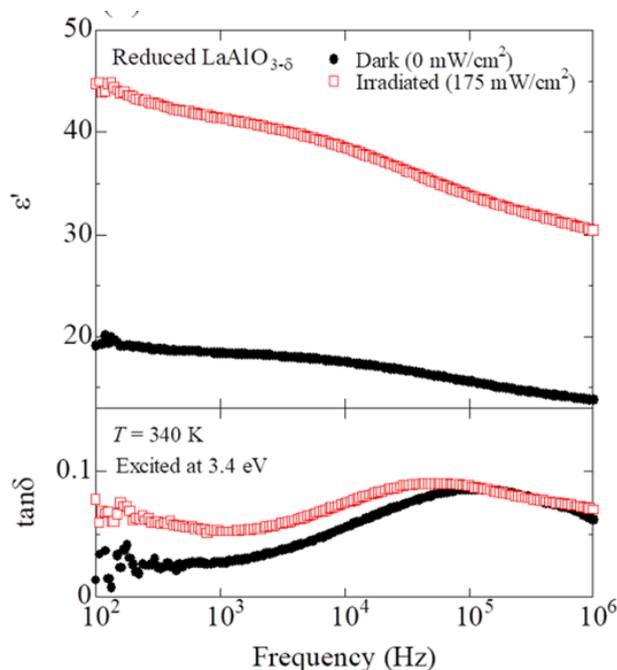


図1: 暗状態及び光照射下で測定した、還元焼成 LaAlO_3 における比誘電率 ϵ' (上段)及び損失正接 $\tan\delta$ (下段)の周波数依存性。

[共著者(所属)]

永井隆之(東京工業大学)

[関連プロジェクト]

元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>電子材料研究拠点

[参考文献]

- [1] T. Nagai et al., Appl. Phys. Lett. 113, 212902 (2018).
- [2] T. Nagai et al., Appl. Phys. Lett. 111, 232902 (2017).
- [3] T. Nagai et al., Appl. Phys. Lett. 110, 172901 (2017).

[関連WEB]

- [1] <http://www.vlab-nu.jp/index.html>