

# 高誘電体人工超格子を利用した界面双極子層の特性制御

～原子レベルのブロック積み、人工超格子を使ったモノの特性制御～

工学研究科 電気物性工学専攻

◎M2 さいきいくや 佐伯郁弥、准教授 ほったやすし 堀田育志

## キーワード

人工超格子、高誘電体、界面、双極子層、シリコン、パルスレーザー堆積法

## 研究概要

三種類の化合物から成る積層構造を考えてみる。図1に示すように、各化合物の層をそれぞれ赤、黄、青（緑は基板）のブロックにみたて、2種類の順番で積み重ねたとき、それぞれは同じ特性を示すだろうか？ナノスケールの世界では、わずかな違いで全く逆の特性を示すものを作り出すことができる。

本研究では、このようなナノスケールの構造が見せる不思議な現象を利用して、高誘電体(HK1 および HK2 と表記する)と酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)の界面に生じる電気分極特性を自在に制御する方法を開発した。図2に実際の試料構造を示す。各層の厚さはわずか 2nm~4nm (nm は 10<sup>-9</sup>m) であり、この構造をパルスレーザー堆積法を用いて作製した。積層順が異なる2種類の試料の電気容量特性を調べたところ、図2の矢印で示したように逆の分極特性を示した。また、これらの構造を繰り返し積層することでそれぞれの分極を大きくすることにも成功した。

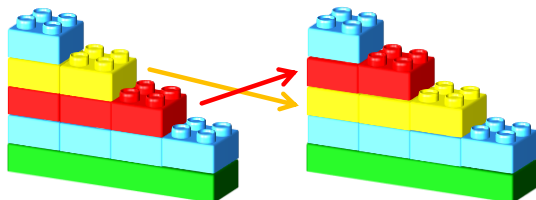


図1 人工超格子の概念図

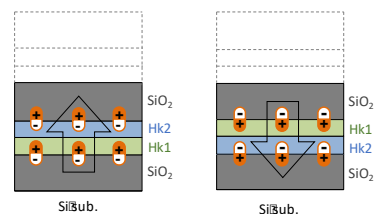


図2 Si 基板上の HK2/HK1/SiO<sub>2</sub> 構造

## アピールポイント

人工超格子の概念は、ノーベル物理学賞受賞者の江崎玲於奈博士によって1970年に実現された。これまで、結晶薄膜（構造が整然としている物質）にのみ適応されており、アモルファス（結晶より工学的な応用性は高いが、構造がグチャグチャの物質）には適応されてこなかった。これは、アモルファスのような特徴のない構造において、上述のようなブロックの積み方を変えたところで、変化があると考えにくかったためである。今回の研究では、層と層の界面の現象をうまく利用することによって、アモルファスであっても人工超格子の概念で特性制御が可能であることを示した。本技術は、近年太陽電池の高効率化において重要な技術である電界効果パッシベーション層の分極特性制御に応用できる。本結果は、米国の応用物理学会誌 (*Appl. Phys. Lett.* **113** 012103 (2018).) に掲載された。査読者より大変高い評価を受けると共に編集者が優れた内容の論文を選定する Editor's Pick に選出された。