

分子を用いた縦型共鳴トンネルトランジスタ

Keywords: 縦型トランジスタ、共鳴トンネリング、機能性分子、多値制御

ナノシステム分野 量子デバイス工学グループ

早川 竜馬

HAYAKAWA.Ryoma@nims.go.jp | https://samurai.nims.go.jp/profiles/hayakawa_ryoma



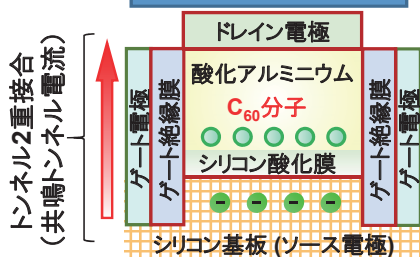
研究の背景

- シリコントランジスタの微細化限界から従来のトランジスタとは異なる、新しい動作原理で駆動する次世代ナトランジスタの開発が求められている。
- 単分子をトランジスタやメモリに用いる分子デバイスは、その候補として長年期待されてきた。
- しかしながら、現在のCMOSプロセスに適合した実用的なデバイス構造の提案には至っていない。

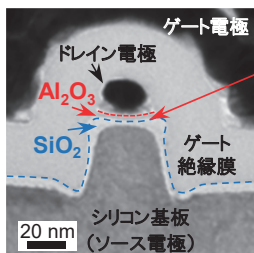
研究の狙い

- 現在のCMOSデバイスに適合した分子デバイスとして縦型共鳴トンネルトランジスタを提案する。
- 孤立分散した分子を絶縁膜に内包することにより、単分子に由来するトンネル電流を誘起できる。
- 分子の離散準位によりドレイン電流を多段階に制御できるため多値トランジスタへ応用できる。

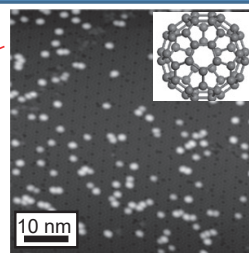
縦型共鳴トンネルトランジスタ



最先端研究トピックス



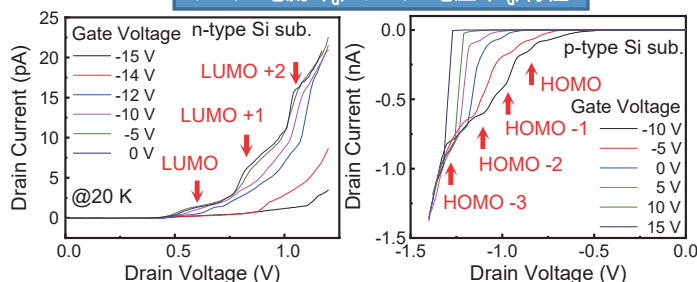
基板表面に分散したC₆₀分子



分子を用いた縦型共鳴トンネルトランジスタの模式図(左)と作製したトランジスタの断面像(右)。絶縁膜中に埋設した分子が量子ドットとして機能。

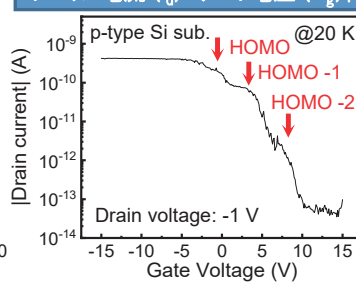
明るいスポットが1分子に対応。分子一つ一つが孤立分散している。

ドレイン電流 (I_d)-ドレイン電圧 (V_d)特性



n型(左)とp型(右) Si基板上に作製したトランジスタの I_d - V_d 特性。分子軌道を反映したドレイン電流を観測。多値トランジスタへの展開に期待。

ドレイン電流 (I_d)-ゲート電圧 (V_g)特性



ショートチャネル効果を抑制して4桁に渡るドレイン電流のゲート変調を実現。

文献

- R. Hayakawa, T. Chikyow and Y. Wakayama, *Nanoscale* 9 (2017) 11297-11302.
- R. Hayakawa, H. Hiroshiba, T. Chikyow and Y. Wakayama, *Adv. Funct. Mater.* 21 (2011) 2933-2937.

応用分野と今後の展開

- 分子機能を活かした次世代ナトランジスタの開発 (光制御トランジスタやスピントランジスタ)
- 分子の持つ離散準位を利用した多値トランジスタ (分子設計に基づいたエネルギー準位制御)

実用化へ向けた課題

- 低温動作に限られるため、室温での安定動作
- 分子を壊すことなく高品質トンネル絶縁膜を形成する手法の確立
- 動作電圧の低減およびドレイン電流の増大