

【電子・情報通信分野】

仮訳

黒リンのトンネル電界効果トランジスタが 超低電力スイッチングを可能に（韓国）

2020年2月21日

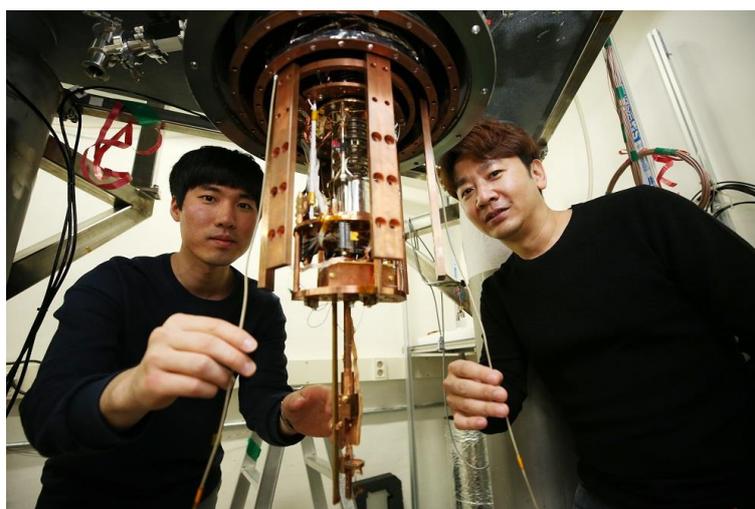


写真: Ph.D.候補生 Seungho Kim 氏(左)と、Sungjae Cho 教授(右)

研究者たちが、超低電力スイッチの代替えとして利用可能な、黒リンのトランジスタを実現。韓国科学技術院 (KAIST) 物理学科教授の Sungjae Cho 氏の研究チームは、従来の相補型金属酸化膜半導体(CMOS)トランジスタに比べ、スイッチング電力消費量が 10 倍、スタンバイ電力消費量が 1 万倍少ない、黒リン層の厚さを調整したトンネル電界効果トランジスタ(TFET)を開発した。

研究チームは、従来の CMOS トランジスタに代わる、高速で低電力のトランジスタを開発した、と発表した。特に、TFET の動作速度と性能を低下させていた課題を解決し、ムーアの法則の限界を延長する道を開拓した。

「Nature Nanotechnology」誌に先月掲載された研究によると、Cho 教授の研究チームは、接合界面の問題なく、黒リン層の厚さを位置的に変化させる、天然のヘテロ接合 TFET を報告した。研究チームは、4~5 dec 以上の電流という過去最少のサブスレッショルドスイング平均値と、過去最大のオン電流を達成した。これにより、TFET は、従来の CMOS トランジスタに匹敵する動作速度を、より少ない消費電力で実現できることになった。

「私たちは、高速、低電力なスイッチングに必要な基準を満たす、初めてのトランジスタの開発に成功しました。今回開発した TFET トランジスタは、性能劣化という大きな課題を解決し、CMOS トランジスタを代替できます。」と、Cho 氏は言う。

トランジスタの微細化を継続することは、現在のインフォメーション・テクノロジー(IT)進展の鍵である。しかし、増大する電力消費量によってムーアの法則の限界が近づく中、代替となる新たなトランジスタ設計の開発は、喫緊の課題となっている。

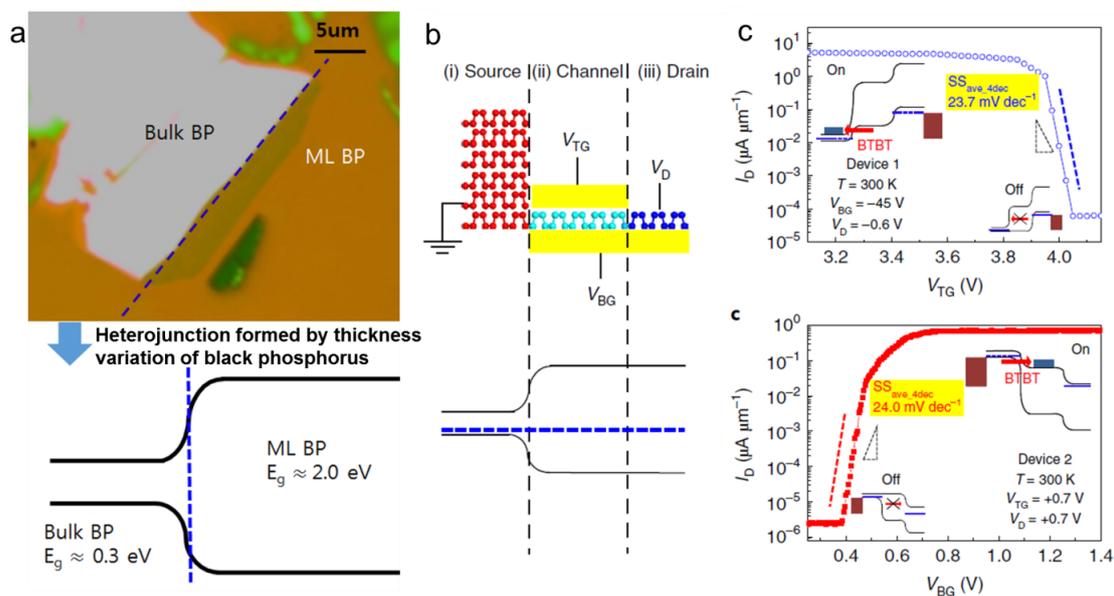
トランジスタの微細化を進めながら、スイッチングとスタンバイ消費電力の両方を低減するには、電流量を一桁増加させるのに必要なサブスレッショルド領域での電圧値として定義されている、サブスレッショルドスイング値の熱電子の限界を克服しなければならない。CMOS 回路のスイッチングとスタンバイ電力の両方を低減するためには、トランジスタのサブスレッショルドスイング値の低減が必須である。

しかし、CMOS トランジスタには、サブスレッショルドスイング値の下限が 60 mV/dec であるという、キャリア注入に起因する根本的な課題がある。International Roadmap for Devices and Systems (IRDS)は、トランジスタの微細化に関する課題に対処するためには、近い将来、CMOS を超える新材料を用いた新しいデバイス設計が必要になる、と既に予測している。特に TFET トランジスタは、サブスレッショルドスイング値を、熱電子の下限である 60 mV/dec を下回る値まで実質的に低減できるため、CMOS トランジスタの主要な代替として提案されてきた。TFET トランジスタは量子トンネル効果により動作するので、CMOS トランジスタのキャリア注入のように、サブスレッショルドスイング値を制限しない。

特に、ヘテロ接合 TFET は、低いサブスレッショルドスイング値と高いオン電流の両方の実現にはかなり有望である。トランジスタの高速駆動には、デバイスをオン状態にするのに、低電流ではより長時間を要するため、高いオン電流が不可欠だ。理論的期待に反し、従来のヘテロ接合 TFET は、ヘテロ接合界面の課題のため、CMOS トランジスタより 100~10 万倍低いオン電流（動作速度が 100~10 万倍遅い）を示した。CMOS トランジスタの低電力 TFET への代替は、この低い動作速度が妨げている。

「私たちは、低電力アプリケーションのための CMOS トランジスタ代替に不可欠な、高速かつ超低電力動作の TFET 最適化を、初めて実証しました。」と、Cho 氏は言う。また、ムーアの法則の限界を延長できたことは、社会生活のほぼすべての面に影響を及ぼすだろう、と語った。

本研究 (<https://www.nature.com/articles/s41565-019-0623-7>) は、韓国国立研究財団(NRF)の支援を受けた。



図について：

- A. 黒リン 2D 材料の厚み変化により形成されたヘテロ接合の光学像とバンド図。
- B. トンネル電界効果トランジスタと厚さに依存するバンドギャップの模式図。
- C. 急峻なサブスレッショルドスイング値と高いオン電流を示す伝達特性曲線。

本研究論文：

Kim et al. (2020) Thickness-controlled black phosphorus tunnel field-effect transistor for low-power switches. Nature Nanotechnology. Available online at <https://doi.org/10.1038/s41565-019-0623-7>

研究者プロフィール：

Professor Sungjae Cho
sungjae.cho@kaist.ac.kr
 Department of Physics
<http://qtak.kaist.ac.kr/>
 KAIST

Seungho Kim, PhD Candidate
krksh21@kaist.ac.kr
 Department of Physics
<http://qtak.kaist.ac.kr/>
 KAIST

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、KAIST（旧・韓国科学技術院）の以下の記事を翻訳したものである。

“Black Phosphorous Tunnel Field-Effect Transistor as an Alternative Ultra-low Power Switch”

https://news.kaist.ac.kr/newsen/html/news/?mode=V&mng_no=5490&skey=category&sval=research&list_s_date=&list_e_date=&GotoPage=1

(Reprinted with permission of KAIST)