(1126-7)

【ナノテクノロジー・材料分野】

仮訳

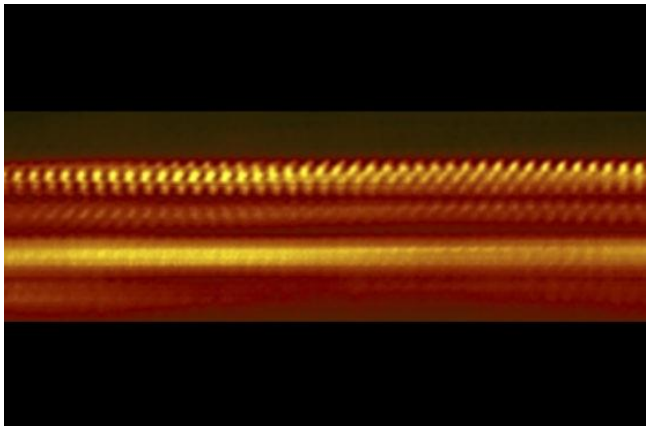
スタンフォード大学研究者らが電子デバイスを保護する原子10個分の薄さの断熱シールドを開発（米国）

スタンフォード大学の研究者たちが開発した原子薄の材料が、携帯電話やラップトップの断熱シールドとなり、人間や温度に敏感な部品を熱から保護し、電子機器を更に小型化する

2019 年 8 月 16 日

スマートフォンやラップトップその他の電子デバイスが発する余剰な熱は煩わしいものだが、それ以上にデバイスの誤作動や、極端な場合にはリチウム電池の爆発をも引き起こす一因でもある。

それらの災難を防止するために、エンジニアたちは、ガラス、プラスチックや空気層などを断熱に利用して、マイクロプロセッサーのような発熱するコンポーネントの損傷や、ユーザーの不快感の発生を回避している。



この拡大画像は、わずか 2 から 3nm 厚の断熱シールドを形成する原子薄の材料の4つの層であり、その薄さは紙の約 5 万分の一。
（画像提供：National Institute of Standards and Technology）

今般、スタンフォード大学の研究者たちは、電子デバイスのホットスポットに紙の様に積み重ねた原子薄の層が、その 100 倍の厚さのガラスシートに匹敵する断熱性を提供することを実証した。近いうちにより薄型の断熱シールドが、従来品よりさらに小型化した電子デバイス製造の可能性を拓くでしょう、とスタンフォード大学電気工学教授で、8 月 16 日に発行された『Science Advances』誌掲載論文の上席著者である Eric Pop 氏は言う。

「私たちは、電子デバイスの熱を全く新しい視点でとらえています。」と、Pop 氏は言う。

音を熱として検出する

スマートフォンやラップトップ等の電子デバイスから感じる熱の実態は、可聴域外の高周波音である。それがおかしいと思うならば、その裏にある物理の原理を考えてみてほしい。電気は、個々の電子の流れとしてワイヤの中を流れている。これらの電子が移動すると、通過する材料中の原子と衝突する。そのような個々の衝突で、電子が原子を振動させ、より多くの電流が流れると、より多くの衝突が起こり、ついにはまるで鐘の乱れうちのように電子が原子に衝突する。ただし、この振動の雑音は、最小の可聴値をかなり上回る周波数で固形材料内を移動して、私たちが熱として感知するエネルギーを発生させている。

熱は音の一形態であるとする考え方により、スタンフォード大学の研究者たちは、現実の世界の原理を本研究に応用する着想を得た。Pop 氏は、スタンフォード大学のラジオ放送 KZSU 90.1 FM の DJ 時代から、音楽収録スタジオは、厚い窓ガラスが外部の音を遮断するおかげで静かであるということに気づいていた。これと同様の原理は、現在のエレクトロニクスの断熱シールドにもあてはまる。より優れた断熱だけが課題なのであれば、研究者たちは音楽収録スタジオの原理を応用して、単純に熱のバリアを厚くすればよいだけだろう。しかし、それでは電子デバイスは薄くはならない。そこでこの課題を解決するために、厚さの異なる各ガラスシートの間に空気層を挟み、部屋の中を静かで暖かくする、という、複層ガラス窓のトリックから着想を得た。

「私たちは、そのアイデアを取り入れて、分厚いガラスの代わりに、多層の原子薄の材料を使った断熱シールドを作製しました。」と、ポスドク研究者で本論文の筆頭著者である Sam Vaziri 氏は言う。

原子薄の材料の発見は、比較的最近だ。数種類の材料を薄い層に分離することに成功したのは、たった 15 年程前だ。最初の例は、炭素原子の単層であるグラフェンの発見で、それ以来、科学者たちは他のシート状の材料に関する研究を続け、試験してきた。スタンフォード大学の研究チームは、それぞれ原子 3 個分の厚さのグラフェン層と他の 3 種類のシート状の材料を使用して、わずか原子 10 個分の薄さの 4 層の断熱シールドを作製した。この薄さにもかかわらず、各層を移動する間に原子の熱振動が弱まりエネルギーの大部分が損失したので、この断熱シールドが効果的であることが示された。

このナノスケールの断熱シールドを実用化するためには、研究者たちはさらに、電子コンポーネントの製造過程でのスプレー処理や原子層の積層等の大量製造方法の開発を模索しなければならない。しかし、極薄の断熱シールド開発の裏には、電気や光を制御するように、いつの日か材料中の振動エネルギーも制御したい、という科学者たちの壮大な狙いがある。固体物質中の熱を音の一形態として認識するにつれ、telephone（電話）、phonograph

（蓄音機）、phonetics（音声学）といった言葉に使用されている、ギリシア語にルーツをもつ phononics（フォノニクス）という新しい分野が出現している。

「私たちはエンジニアとして、電気を制御する方法は熟知しており、光についてもより多くの理解を得つつありますが、原子スケールで熱となって現れる高周波音の取り扱い方については、まだ研究を始めたばかりです。」と、Pop 氏は言う。

Eric Pop 氏は、Precourt Institute for Energy のアフィリエート会員である。本論文のスタンフォード大学側の著者には、元ポスドク研究員の Eilam Yalon 氏と Miguel Muñoz Rojo 氏、大学院生の Connor McClellan 氏、Connor Bailey 氏、Kirby Smithe 氏、Alexander Gabourie 氏、Victoria Chen 氏、Sanchit Deshmukh 氏と Saurabh Suryavanshi 氏が含まれる。その他の著者は、Theiss Research and the National Institute of Standards and Technology に所属している。

本研究は、Stanford Nanofabrication Facility、Stanford Nano Shared Facilities、米国立科学財団(NSF)、Semiconductor Research Corporation、米国防高等研究計画局(DARPA)、米空軍研究所(AFOSR)、Stanford SystemX Alliance、クヌート＆アリスウォレンバーグ財団、Stanford Graduate Fellowship プログラムおよび米国立標準技術研究所(NIST)が支援した。

翻訳：NEDO（担当　技術戦略研究センター）

出典：本資料は、スタンフォード大学の以下の記事を翻訳したものである。
“Stanford researchers build a heat shield just 10 atoms thick to protect electronic devices”
(https://news.stanford.edu/2019/08/16/atomically-thin-heat-shield-protects-electronics/)
(Reprinted with permission of Stanford University)