

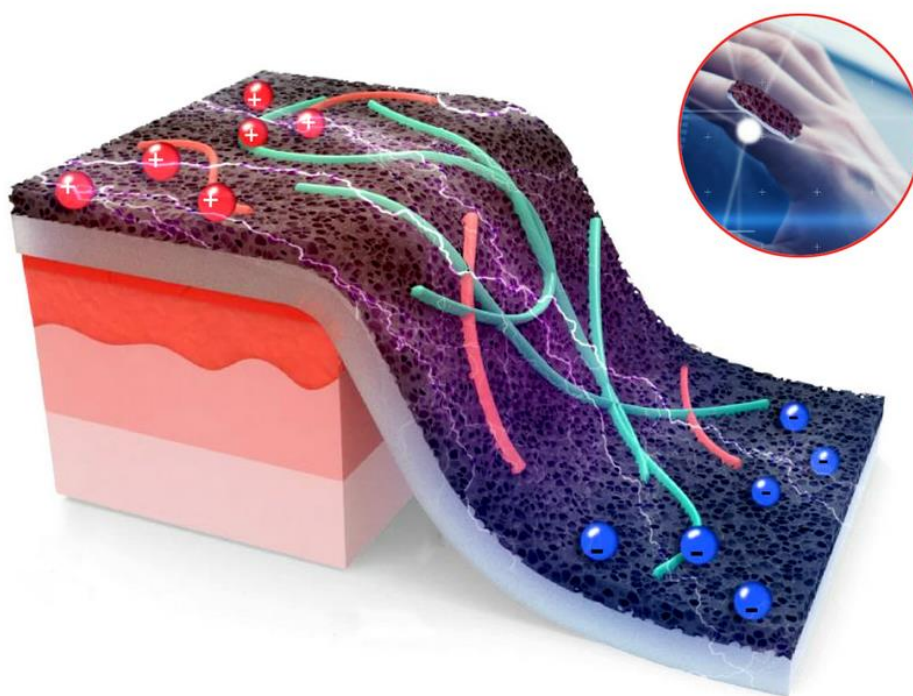
【ナノテクノロジー・材料分野】

仮訳

創傷のモニタリングの煩わしさを克服する新しいスマートセンサー（米国） レーザーで作製した超薄膜材料が自己発電して治療中の創傷を正確に追跡

2025 年 2 月 5 日

著者： Jamie Oberdick



人体への使用に最適なこの柔軟なセンサーは、レーザー誘起グラフェンを利用して温度とひずみを同時に個別に測定し、炎症と回復に関するより明確な情報を提供することで、創傷治癒のモニタリングを向上させる可能性がある。イラスト: Jennifer M. McCann. All Rights Reserved.

ペンシルバニア州ユニバーシティパーク — ヘルスケアモニタリング用の自己発電型ウェアラブルセンサーの主要な課題は、同時に発生する異なる信号を区別することである。今回、ペンシルバニア州立大学(PennState)と中国の河北工科大学の研究者らが、センサー材料の新しい特性を発見することでこの問題に対処し、温度と物理的ひずみを同時に、かつ個別に正確に測定して様々な信号をより厳密に特定できる、新しいタイプのフレキシブルセンサーを開発した。

「私たちが開発したこの特殊なセンサー材料は、ヘルスケアモニタリングでの重要なアプリケーションの可能性があります」と、PennState の Engineering Science and Mechanics (ESM) の James L. Henderson, Jr. Memorial 准教授で、[Nature Communications](#) に掲載された本研究の共同責任著者である Huanyu “Larry” Cheng 氏は言う。「治癒中の傷によって生じる温度変化と物理的変形やひずみの両方を正確に測定し、それら 2 種類の信号を分離して測定することで、創傷治癒の追跡に革命をもたらす可能性があります。医師は治癒プロセスをより明確に把握し、炎症等の問題を早期に特定できるようになります」。

研究者らは、2 次元(2D)材料であるレーザー誘起グラフェン(laser-induced graphene : LIG)を使用することで、温度とひずみの信号の混線のない正確な測定を目指した。一般的なグラフェンを含むあらゆる 2D 材料と同様、LIG は 1~数個の原子の薄さでユニークな特性を有するが、特殊な点がある。LIG は、プラスチックや木材等の炭素を豊富に含む特定の材料をレーザーで加熱し、それらの材料の表面をグラフェン構造に変換して形成される。つまり、グラフェンをレーザーで材料に直接「書き込む」ことで、電子機器、センサーやエネルギーデバイス用のグラフェンパターンの作製を簡単でスケーラブルなものにしている。

LIG は、様々な用途に使用されている。Cheng 氏とその研究チームは、LIG を[ガスセンサー](#)、[汗分析用の電気化学検出器](#)や[スーパーキャパシタ](#)等で使用してきた。しかし、今回は多目的かつ高精度のセンサーに最適な LIG の新しい特性を初めて発見したと言う。

「今回の研究では、この材料には熱電特性もあるという事実を偶然発見しました」と Cheng 氏は言う。「LIG に熱電特性があると報告されたのはこれが初めてだと思います。そしてこのことは、私たちが試みようとしている、温度変化と物理的なひずみ・変形の両方の個別の測定において非常に重要なことです」。

材料の熱電特性とは、温度差を電圧に変換したり、逆に電圧を温度差に変換したりする能力のことであり、このような材料はエネルギーハーベスティングや温度感知等のアプリケーションに利用できる。Cheng 氏によると、新たに特定された LIG のこの熱電特性は、2 種類のセンサー測定の分離を容易にし、包帯に埋め込まれたセンサー等の医療アプリケーションに最適となる。

「温度とひずみの両方に高感度な材料では、材料の変化をどの信号が引き起こしているかを判断することが難しい場合があります」と Cheng 氏は言う。「しかし、LIG の

この熱電効果を利用することで、これら 2 種類の測定を切り離すことができます。電気抵抗を調べてひずみに関する情報を取得し、熱電圧を測定して温度を特定することもできます。医師はこれを利用して創傷部位の温度変動と物理的変化の両方を追跡し、治癒の進捗状況をより明確に把握できるようになります」。

また、Cheng 氏は、このセンサーの感度が非常に高く、0.5 °C の微小な温度変化も検出可能であることを指摘する。同材料の設計では、多孔質グラフェンと熱電素子の連携を活用し、熱を電気に変換する能力を約 4 倍向上している。さらに、このセンサーは最大 45%まで伸ばすことができ、機能を失わずに様々な形状や表面に順応する。

「この材料の多孔質構造により、極めて高感度に周囲と相互作用できる微小な空間やチャンネルが多数生成されます」と Cheng 氏は言う。「このため、セラミックベース等の硬い熱電材料とは対照的に、人間の軟組織とのインターフェイスに適しています」。

また、LIG の熱電特性により、温度差で電力を生成することから、LIG センサーは自己発電することができる。Cheng 氏によると、このことは特に臨床現場での継続的なモニタリングや、遠隔地での火災検知等のアプリケーションに役立つ可能性がある。

研究チームは、このセンサーの改良に加え、センサーからのデータを遠隔でモニタリングできるワイヤレスシステムを開発している。これにより、スマートフォン等のデバイスを使用して、温度やひずみ等の重要な情報をリアルタイムで追跡できるようになる。

「例えば、医師が患者の状態を離れた場所からモニタリングしたり、緊急対応要員が危険な温度変化に関する警報を受け取ったりすることができるようになります」と Cheng 氏は言う。「これらの進展が目指すのは、この技術をより利用しやすく効果的なものにし、日常的な健康モニタリングと安全性の向上に役立てることです」。

本研究論文の著者は、Cheng 氏の他、ペンシルバニア州立大学の工学科学および機械工学の大学院生である Ankan Dutta 氏、河北工科大学の Li Yang 氏、Xue Chen 氏、Hui Zhang 氏、Zihan Wang 氏、Mingyang Zin 氏、Shuaijie Du 氏および Guizhi Xu 氏。

本研究は、米国立衛生研究所(NIH)と米国立科学財団(NSF)が支援した。

訳：NEDO（担当 イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、米ペンシルベニア州立大学(PennState)の記事 “New smart sensor takes the pain out of wound monitoring” (<https://www.psu.edu/news/materials-research-institute/story/new-smart-sensor-takes-pain-out-wound-monitoring>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of the Pennsylvania State University)