

# レーザリソグラフィでスマート衣服用 防水エネルギー保存布を作製

二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) レーザと超高速レーザの組み合わせを利用して伝導性グラフェン素子パターン化スーパーキャパシタをナイロン布に作製した。

豪RMIT大の研究者は、エネルギー蓄積デバイスを埋め込んだ布地を素早く作るコスト効率がよく、拡張性のあるレーザプリンティング法を開発した。その方法は、3分で10×10cmスマート布地パッチを作ることができる。パッチは、防水で、伸縮性があり、エネルギーハーベスティング (環境発電) 技術への組込みが容易である。

その技術は、グラフェンスーパーキャパシタ (エネルギー蓄積デバイス) をナイロンなどの布地上への直接レーザプリントを容易にする。概念実証で、研究チームはレーザプリントされたスーパーキャパシタと太陽電池を接続し、効率的で洗濯の利く、自己発電スマートファブリックを作製した。これは、既存のイーテキスタイル (e-textile) エネルギー蓄積技術の主要欠陥を克服している。

成長が続くスマートファブリック産業には、コンシューマー、ヘルスケア及び防衛分野向けウェアラブルデバイスにアプリケーションがある。患者のバイタルサインのモニタリング、戦場で兵士の位置と健康状態のトラッキング、パイロットやドライバーの疲労モニタリングなどが含まれる。そのような布地は、自己発電に最適であり、太陽電池、圧電発電機などエネルギーハーベスタの内蔵につながる、またエネルギー保存は言うまでもない。あるアプローチでは、リチウムバッテリーをスマートファブリックに接着、あるいは

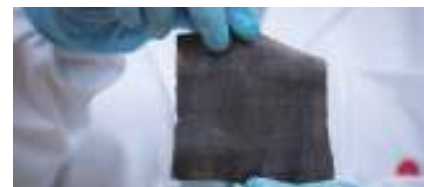
縫い込む。他には、バッテリーを形成する電解液と電極を組み合わせは、低いエネルギー保存機能をもつ。

「スマートテキスタイルエネルギー保存への現在のアプローチ、バッテリーを衣服に縫い込む、あるいはイーファイバを使うなどは、面倒で重い。また容量問題も起こり得る」とRMIT大科学学部研究者、リティ・テッケカラ氏 (Litty Thekkekara) は話している。「このような電子コンポーネントは、汗あるいは環境からの湿気に触れると、短絡や機械的故障に悩まされる。われわれのグラフェンベーススーパーキャパシタは、完全に洗濯が利くだけでなく、インテリジェント衣服に必要なエネルギーを蓄積できる。また数分で大規模生産できる」。

研究では、幅広い機械的、温度、洗濯試験でスマートテキスタイルの実証実験のパフォーマンスを分析し、それが安定的で効率的であることを確認した。

## リソグラフィ製造

プロセスでは、ポリジメチルシロキサン (PDMS) でできたエラストマ溶液をナイロンファブリックの片側にコーティングし、一方でグラフェンオキシド・バインダ溶液をもう一方の面に塗布し、乾燥させて3μm厚の膜を形成する。連続波 (CW) CO<sub>2</sub> レーザとフェムト秒レーザの組合せを用いて、ファブリックにパターン形成する。CO<sub>2</sub> レーザは、光熱還元を、超高速レーザは、光熱還元と光化学還元を行う。その組合せは、1段階の光学リソグラフィ製法であり、導電性フラクタルパターングラフェン膜をファブリックに形成する。電極間距離80μm



ナイロン布は、フラクタル幾何学で電極を形成するようにレーザでパターン化されたグラフェン膜を含んでいる。電解液は、プロトタイプ布をスーパーキャパシタに変える。これは、商用洗濯機で50回の洗濯と乾燥の後でも、80%の容量を保つ。(画像: RMIT大)

で、100cm<sup>2</sup>の領域に10μm厚のスーパーキャパシタ電極が形成された。

光還元プロセスでは、CO<sub>2</sub> レーザビームをNA 0.35の対物レンズで集光した。光還元は、レーザパワーが4.5Wから8Wまでで起こり、そこで膜破壊が起こった。最適パワーは、6W付近であることが分かった。結果として得られたグラフェン強化布を商用洗濯機で50回洗濯して乾燥した後、その薄膜の電気伝導性は、最初の状態からあまり変わっていないことが確認された。

スーパーキャパシタでは、ポリビニールアルコール (PVA) / 硫酸 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ゲル電極を用いた。カプセル化されていないバージョンと (被覆ファブリック別の層で) カプセル化されたバージョンの両方を製造した。カプセル化されていないバージョンはエネルギー貯蔵密度3.45mF/cm<sup>2</sup>、カプセル化されたバージョンは27mF/cm<sup>2</sup>だった。商用洗濯機で50回洗濯後、静電容量の保持は80%だった。

RMIT大及び上海科学技術大の研究者、ミン・グー氏 (Min Gu) は、その技術は、イーテキスタイルに再生可能エネルギーをリアルタイム蓄積が可能であったと言う。(John Wallace)