

高エネルギー密度のフレキシブル平面型マイクロスーパーキャパシタを開発

Cost-effective fabrication of high-performance flexible all-solid-state carbon micro-supercapacitors by blue-violet laser direct writing, IMRAM, Tohoku Univ. Jinguang Cai, ○Akira Watanabe [1K18]

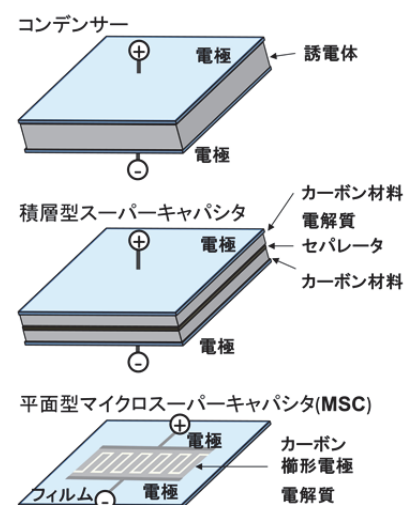
酸化グラフェン膜を用いたマイクロスーパーキャパシタのレーザー直接描画

(東北大多元研) 蔡 金光、○渡辺 明 [3Pc055]

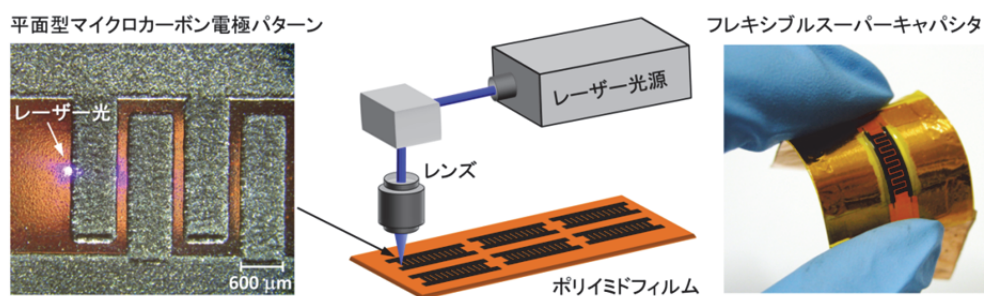
(022-217-5851)

東北大学多元物質科学研究所の蔡金光助教と渡辺明准教授の研究グループは、高分子フィルム上にレーザー光を照射して形成した平面型マイクロカーボン電極を用いて柔軟なフィルム状キャパシタを開発し、レーザー描画により形成したカーボン材料系の平面型マイクロスーパーキャパシタとしては世界最高のエネルギー密度を達成した。その製造プロセスにおいては、レーザー光を集光して走査したところで位置選択的に高分子材料の炭素化が起こる現象が利用されており、フィルム上に描画したカーボン楕円電極の上に高分子電解質を塗布することによって、薄型で柔軟なフィルム状マイクロスーパーキャパシタを形成している。

スーパーキャパシタは電気二重層型キャパシタとも呼ばれ、電極表面でのイオン種の吸脱着の充放電機構により、リチウムイオンバッテリー等の二次電池に比べて高速に充放電できるという特徴がある。従来のスーパーキャパシタが2枚の電極からなる積層構造なのに対して、近年、平面上に楕円電極を配置した構造のマイクロスーパーキャパシタが、薄型化や集積化が可能であることから、次世代のウェアラブル型電子機器用のエネルギーストレージデバイスとして期待されている。



種々のエネルギーストレージデバイスの構造比較



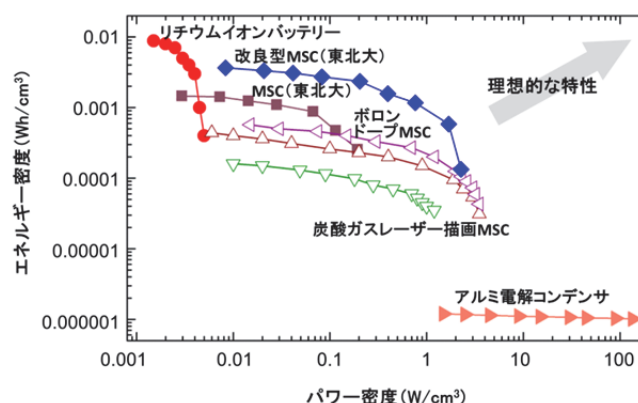
レーザー描画による平面型マイクロカーボン電極形成プロセスのイメージ
および作成したフレキシブルな平面型マイクロスーパーキャパシタ

近年、携帯型の様々な電子機器の開発が進められているが、それらにおいてキーデバイスとなるのが二次電池をはじめとするエネルギーストレージデバイスである。今後、携帯型電子機器は、身に着けることのできるウェアラブル型電子機器へと進化していくことが予想されており、それらを用いたネットワーク接続型健康管システムの普及などの将来像も描かれている。そのような

ウェアラブル型電子機器用のエネルギーストレージデバイスに要求される特性として、衣服への装着を考えた場合には、軽量・薄型・柔軟であることに加えて折り曲げ等の衝撃にも耐性があること、高速充電が可能であること、さらには将来のワイヤレス充電技術との相性が良いことなどがあげられる。平面型マイクロスーパーキャパシタはこれらの要求を満たす特性を有しているものの、二次電池に比べてエネルギー密度が低く駆動時間が短い点が課題とされていた。

東北大の研究グループは、これまでに青紫色半導体レーザーを用いた直接描画法によって、酸化グラフェン膜やポリイミドフィルムを用いた平面型マイクロスーパーキャパシタの開発を行っており、短波長（405 ナノメートル）のレーザー光がそれらの材料で効率的に吸収されることを利用して、従来の赤外線領域の光を発する炭酸ガスレーザーを用いた場合に比べて、高いエネルギー密度が得られることを報告してきていた。そのようなエネルギー密度の向上は、高分子材料が高い吸収係数を有する波長帯の青紫色レーザー光の照射で多孔質カーボン層が形成されることに起因していたが、一方でカーボン層の荒れと不均一構造形成によるカーボン電極の高抵抗化が問題となっていた。今回その解決を目指してレーザー光照射時の雰囲気の影響を検討し、これまでの空气中照射から不活性ガス（アルゴン）中照射にした改良型マイクロスーパーキャパシタ（MSC）を開発し、カーボン電極の5倍以上の低抵抗化と、エネルギー密度の飛躍的な向上を達成することができた。エネルギーストレージデバイスの評価において使われるエネルギー密度とパワー密度のプロット（ラゴンプロット）を用いての、リチウムイオンバッテリーや従来のレーザー描画による平面型MSCとの比較では、今回の改良型MSCにおいて、リチウムイオンバッテリーに迫るエネルギー密度の達成が示された。ラゴンプロットの縦軸のエネルギー密度はどのぐらいの蓄電容量があるかを、横軸のパワー密度はどのぐらいの電力を充放電できるかを表し、両方ともに高い値となるプロット図の右上に位置するデバイスほど理想的な特性を有している。

このようなレーザー描画法による平面型マイクロスーパーキャパシタは、従来のような積層構造によるデバイス形成プロセスを必要としないことから、プリントドエレクトロニクス分野で検討が進められているロール to ロール印刷方式を使ったフレキシブルデバイス製造プロセスへ適用が可能であるという利点も有している。



種々エネルギーストレージデバイスにおけるエネルギー密度とパワー密度の関係

<適用分野>

エネルギーストレージデバイス、平面型マイクロスーパーキャパシタ、フィルム状スーパーキャパシタ、フレキシブルデバイス、ウェアラブルデバイス、プリントドエレクトロニクス