

Title	高繰り返しフェムト秒レーザーパルスによる有機材料への導電性付与
Sub Title	Modification of organic materials to conductive materials by using high repetition rate femtosecond laser pulses
Author	寺川, 光洋(Terakawa, Mitsuhiro)
Publisher	福澤基金運営委員会
Publication year	2023
Jtitle	福澤諭吉記念慶應義塾学事振興基金事業報告集 (2022.)
JaLC DOI	
Abstract	<p>本研究は、有機材料への超短レーザーパルス照射によりマイクロメートル寸法の導電性構造を作製するレーザー加工技術を創出することを目的とした。具体的には、(1)再生可能な天然資源由来の材料へレーザー照射することで導電性材料に改質すること、(2)高分子材料のレーザー熱分解によるシリコンカーバイド(SiC)を経由した炭素材料の生成、(3)金属イオンの還元により生成した金属ナノ粒子を起点とする三次元選択的熱効果の増強の研究課題に取り組み、研究目的に挙げた技術の確立と学理の探求を行った。3年計画の最終年度となる2022年度は、これまでの成果を展開して複数のデバイス作製を行い、その特性を調べた。竹材をレーザー改質した際に得られる多孔質構造の表面積および吸着性を活用して電気二重層キャパシタの作製を行った。また、レーザー炭化と黒鉛化によりハイドロゲルに導電性構造を直接描画できることを世界ではじめて実験実証し、描画した構造を利用してフレキシブルな電気二重層キャパシタを作製した。同キャパシタは乾燥と膨潤を経た後においてもキャパシタンスが約80%保持された。並行して、グラフェン量子ドットの生成過程の詳細を調べ、作製構造の光学応用を検討するとともに、二次元構造内に蛍光情報を書き込む実験研究を行った。また、同技術がSiCナノ結晶の生成に有用であることを明らかにした。さらに、天然資源由来の材料を前駆体として作製した導電性黒鉛質炭素構造を電極として用いることで、単一電極モードの摩擦帯電型ナノ発電機を作製し、出力電圧特性を評価した。これらの成果は、環境負荷が小さく枯渇し難い材料を利用した新規エレクトロニクス分野を拓くものであり、持続可能社会の実現への貢献が期待できる。以上の研究成果を権威ある学術誌に複数の論文として公刊するとともに、招待講演を含め、複数の国内外の学術会議において発信した。</p> <p>The objective of this study is to establish a laser processing technique for creating microscale conductive structures on organic materials using ultra-short laser pulse irradiation. Specifically, the study aimed to (1) modify natural materials from renewable resources into conductive materials by laser irradiation, (2) generate carbon materials via laser pyrolysis of polymer materials through the formation of silicon carbide (SiC) and (3) investigate the enhancement of three-dimensional selective thermal effects using metal ion reduction as a starting point. The research was conducted to establish the technologies mentioned above and explore the underlying fundamentals. In the final year of the three-year project, 2022, we expanded our previous results and fabricated multiple devices while examining their characteristics. We used large surface area and adsorption properties of the porous structure obtained by laser modification of bamboo to create an electric double-layer capacitor. Moreover, we experimentally demonstrated for the first time that hydrogels can be directly patterned with conductive structures through laser carbonization and graphitization, and fabricated a flexible electric double-layer capacitor. The capacitance of the fabricated capacitor was maintained at approximately 80% even after drying and swelling. Additionally, we investigated the detailed generation process of graphene quantum dots and studied their optical applications as well as conducting an experimental study on writing information by fluorescence properties into two-dimensional structures. We also clarified that the same technique is useful for generating SiC nanocrystals. Furthermore, by using conductive graphitic carbon structures made from natural resource-derived materials as electrodes, we fabricated a single electrode mode triboelectric nanogenerator and evaluated its output voltage characteristics. These achievements will open an avenue for a new field of electronics that utilizes materials with low environmental impact and are difficult to exhaust, contributing to the realization of a sustainable society. We published the research results in multiple authoritative academic journals as well as presented them in several domestic and international academic conferences, including invited presentations.</p>
Notes	申請種類：福澤基金研究補助
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO12003001-20220003-0035

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

研究代表者	所属	理工学部	職名	准教授	補助額	1,500 千円
	氏名	寺川 光洋	氏名 (英語)	Mitsuhiro TERAOKAWA		
研究課題 (日本語)						
高繰り返しフェムト秒レーザーパルスによる有機材料への導電性付与						
研究課題 (英訳)						
Modification of organic materials to conductive materials by using high repetition rate femtosecond laser pulses						
研究組織						
氏名 Name		所属・学科・職名 Affiliation, department, and position				
寺川光洋 (Mitsuhiro TERAOKAWA)		理工学部・電気情報工学科・准教授				
1. 研究成果実績の概要						
<p>本研究は、有機材料への超短レーザーパルス照射によりマイクロメートル寸法の導電性構造を作製するレーザー加工技術を創出することを目的とした。具体的には、(1)再生可能な天然資源由来の材料へレーザー照射することで導電性材料に改質すること、(2)高分子材料のレーザー熱分解によるシリコンカーバイド(SiC)を経由した炭素材料の生成、(3)金属イオンの還元により生成した金属ナノ粒子を起点とする三次元選択的熱効果の増強の研究課題に取り組み、研究目的に挙げた技術の確立と学理の探求を行った。3年計画の最終年度となる2022年度は、これまでの成果を展開して複数のデバイス作製を行い、その特性を調べた。竹材をレーザー改質した際に得られる多孔質構造の表面積および吸着性を活用して電気二重層キャパシタの作製を行った。また、レーザー炭化と黒鉛化によりハイドロゲルに導電性構造を直接描画できることを世界ではじめて実験実証し、描画した構造を利用してフレキシブルな電気二重層キャパシタを作製した。同キャパシタは乾燥と膨潤を経た後においてもキャパシタンスが約80%保持された。並行して、グラフェン量子ドットの生成過程の詳細を調べ、作製構造の光学応用を検討するとともに、二次元構造内に蛍光情報を書き込む実験研究を行った。また、同技術がSiCナノ結晶の生成に有用であることを明らかにした。さらに、天然資源由来の材料を前駆体として作製した導電性黒鉛質炭素構造を電極として用いることで、単一電極モードの摩擦帯電型ナノ発電機を作製し、出力電圧特性を評価した。これらの成果は、環境負荷が小さく枯渇し難い材料を利用した新規エレクトロニクス分野を拓くものであり、持続可能社会の実現への貢献が期待できる。以上の研究成果を権威ある学術誌に複数の論文として公開するとともに、招待講演を含め、複数の国内外の学術会議において発信した。</p>						
2. 研究成果実績の概要 (英訳)						
<p>The objective of this study is to establish a laser processing technique for creating microscale conductive structures on organic materials using ultra-short laser pulse irradiation. Specifically, the study aimed to (1) modify natural materials from renewable resources into conductive materials by laser irradiation, (2) generate carbon materials via laser pyrolysis of polymer materials through the formation of silicon carbide (SiC) and (3) investigate the enhancement of three-dimensional selective thermal effects using metal ion reduction as a starting point. The research was conducted to establish the technologies mentioned above and explore the underlying fundamentals. In the final year of the three-year project, 2022, we expanded our previous results and fabricated multiple devices while examining their characteristics. We used large surface area and adsorption properties of the porous structure obtained by laser modification of bamboo to create an electric double-layer capacitor. Moreover, we experimentally demonstrated for the first time that hydrogels can be directly patterned with conductive structures through laser carbonization and graphitization, and fabricated a flexible electric double-layer capacitor. The capacitance of the fabricated capacitor was maintained at approximately 80% even after drying and swelling. Additionally, we investigated the detailed generation process of graphene quantum dots and studied their optical applications as well as conducting an experimental study on writing information by fluorescence properties into two-dimensional structures. We also clarified that the same technique is useful for generating SiC nanocrystals. Furthermore, by using conductive graphitic carbon structures made from natural resource-derived materials as electrodes, we fabricated a single electrode mode triboelectric nanogenerator and evaluated its output voltage characteristics. These achievements will open an avenue for a new field of electronics that utilizes materials with low environmental impact and are difficult to exhaust, contributing to the realization of a sustainable society. We published the research results in multiple authoritative academic journals as well as presented them in several domestic and international academic conferences, including invited presentations.</p>						
3. 本研究課題に関する発表						
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)			
R. Funayama, S. Hayashi, M. Terakawa	Laser-induced graphitization of lignin/PLLA composite sheets for biodegradable triboelectric nanogenerators	ACS Sustainable Chemistry & Engineering	2023年2月			
S. Hayashi, M. Terakawa	Direct writing of fluorescent semiconducting nanoparticles on polydimethylsiloxane by ultrashort-pulsed laser processing: Implications for electronic and photonic device fabrication	ACS Applied Nano Materials	2023年1月			
R. Miyakoshi, S. Hayashi, M. Terakawa	Simultaneous laser-based graphitization and microstructuring of bamboo for supercapacitors derived from renewable resources	RSC Advances	2022年10月			

R. Miyakoshi, S. Hayashi, M. Terakawa	Direct patterning of conductive structures on hydrogels by laser-based graphitization for supercapacitor fabrication	Advanced Electronic Materials	2023 年 3 月
---------------------------------------	--	-------------------------------	------------