

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	2021
Jtitle	福澤諭吉記念慶應義塾学事振興基金事業報告集 (2020.)
JaLC DOI	
Abstract	<p>本研究の目的は、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である。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むことで、研究目的に挙げた技術の確立と学理の探求を行う。3年計画の1年目となる2020年度は、天然資源由来の材料を含む高分子材料へのレーザー照射による導電性材料生成の研究に着手した。セルロースナノファイバー(CNF)フィルムおよびポリジメチルシロキサン(PDMS)を対象とし、波長522 nmのフェムト秒レーザーパルスを用いて改質を行った。レーザーパルス照射時に集光点を垂直方向に移動させる方式(デフォーカス方式)を採用して構造作製を行ったところ、CNFフィルムでは、デフォーカス方式を用いることなく作製した構造と比較して約100倍のコンダクタンスが得られた。作製構造から得られたラマンスペクトルから、レーザーパルス照射により結晶性が高い黒鉛質炭素が生成されたことが示された。PDMSを対象とした実験では、同方式により高い結晶性の数層グラフェン(few-layered graphene)が生成されることを示した。高繰り返しフェムト秒レーザーパルスを用いたレーザー改質では、高いピーク強度による結合の光乖離に加えて熱蓄積に伴う温度上昇による熱分解と熱合成が可能となり、結晶性が高い黒鉛質炭素が生成したと考えられる。上記成果をもとに抵抗値変化を利用した高感度圧力センサーに向けた応用研究に着手した。以上の成果を原著論文および国内外の会議において発表した。</p> <p>The objective of this research is to create a laser processing technology that enables to fabricate micrometer-sized conductive structures by irradiating organic materials with ultrashort laser pulses. Specifically, the following research topics have been investigated: (1) modification of materials derived from sustainable natural resources into conductive materials by laser irradiation, (2) production of carbon materials via silicon carbide (SiC) by laser pyrolysis of polymers, and (3) enhancement of spatially selective thermal effects originating from metal nanoparticles generated by reduction of metal ions. In the first year of the three-year project, research on the formation of conductive materials by laser irradiation of polymer materials, including materials derived from natural resources, was conducted. Cellulose nanofiber (CNF) films and polydimethylsiloxane (PDMS) were modified by using femtosecond laser pulses at a wavelength of 522 nm. CNF film treated by the defocusing method showed conductance 100 times higher than that of the structure fabricated without the defocusing method. The Raman spectra obtained from the fabricated structures show that highly crystalline graphitic carbon was produced by the laser pulse irradiation. The experiments on PDMS show that highly crystalline few-layered graphene was produced by the same method. Laser modification using high repetition rate femtosecond laser pulses can produce highly crystalline graphitic carbon due to the photodegradation of molecular bonds induced by the high peak intensity, as well as pyrolysis and thermosynthesis induced by the increase in temperature due to heat accumulation. Based on the above results, an applied study on a high-sensitivity pressure sensor was started. These results were published as journal paper and presented at domestic and international conferences.</p>
Notes	申請種類：福澤基金研究補助
Genre	Research Paper
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO12003001-00002020-0042">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO12003001-00002020-0042</a>

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)	TERAKAWA, Mitsuhiro		
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 (TERAKAWA, Mitsuhiro)		理工学部・電子工学科・准教授				
1. 研究成果実績の概要						
<p>本研究の目的は、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である。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むことで、研究目的に挙げた技術の確立と学理の探求を行う。3年計画の1年目となる2020年度は、天然資源由来の材料を含む高分子材料へのレーザー照射による導電性材料生成の研究に着手した。セルロースナノファイバー(CNF)フィルムおよびポリジメチルシロキサン(PDMS)を対象とし、波長 522 nm のフェムト秒レーザーパルスを用いて改質を行った。レーザーパルス照射時に集光点を垂直方向に移動させる方式(デフォーカス方式)を採用して構造作製を行ったところ、CNFフィルムでは、デフォーカス方式を用いることなく作製した構造と比較して約 100 倍のコンダクタンスが得られた。作製構造から得られたラマンスペクトルから、レーザーパルス照射により結晶性が高い黒鉛質炭素が生成されたことが示された。PDMS を対象とした実験では、同方式により高い結晶性の数層グラフェン(few-layered graphene)が生成されることを示した。高繰り返しフェムト秒レーザーパルスを用いたレーザー改質では、高いピーク強度による結合の光乖離に加えて熱蓄積に伴う温度上昇による熱分解と熱合成が可能となり、結晶性が高い黒鉛質炭素が生成したと考えられる。上記成果をもとに抵抗値変化を利用した高感度圧力センサーに向けた応用研究に着手した。以上の成果を原著論文および国内外の会議において発表した。</p>						
2. 研究成果実績の概要 (英訳)						
<p>The objective of this research is to create a laser processing technology that enables to fabricate micrometer-sized conductive structures by irradiating organic materials with ultrashort laser pulses. Specifically, the following research topics have been investigated: (1) modification of materials derived from sustainable natural resources into conductive materials by laser irradiation, (2) production of carbon materials via silicon carbide (SiC) by laser pyrolysis of polymers, and (3) enhancement of spatially selective thermal effects originating from metal nanoparticles generated by reduction of metal ions. In the first year of the three-year project, research on the formation of conductive materials by laser irradiation of polymer materials, including materials derived from natural resources, was conducted. Cellulose nanofiber (CNF) films and polydimethylsiloxane (PDMS) were modified by using femtosecond laser pulses at a wavelength of 522 nm. CNF film treated by the defocusing method showed conductance 100 times higher than that of the structure fabricated without the defocusing method. The Raman spectra obtained from the fabricated structures show that highly crystalline graphitic carbon was produced by the laser pulse irradiation. The experiments on PDMS show that highly crystalline few-layered graphene was produced by the same method. Laser modification using high repetition rate femtosecond laser pulses can produce highly crystalline graphitic carbon due to the photodegradation of molecular bonds induced by the high peak intensity, as well as pyrolysis and thermosynthesis induced by the increase in temperature due to heat accumulation. Based on the above results, an applied study on a high-sensitivity pressure sensor was started. These results were published as journal paper and presented at domestic and international conferences.</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)			
Fumiya Morosawa, Shuichiro Hayashi, Mitsuhiro Terakawa	Femtosecond laser-induced graphitization of transparent cellulose nanofiber films	ACS Sustainable Chemistry & Engineering 9, 2955-2961 (2021).	2021年2月			
林秀一郎, 寺川光洋	フェムト秒レーザー改質による高分子材料への導電性付与	表面技術, 第71号, 第11巻, pp. 684-688 (2020).	2020年11月			
Shuichiro Hayashi, Fumiya Morosawa, Mitsuhiro Terakawa	Femtosecond-laser direct writing of electrically conductive structures on PDMS for flexible device applications	Photonics West 2021	2021年3月			
林秀一郎, 茂呂澤郁也, 寺川光洋	フェムト秒レーザー直接描画によるPDMSへの導電性構造作製	第81回応用物理学会秋季学術講演会	2020年9月			
茂呂澤郁也, 林秀一郎, 寺川光洋	セルロースナノファイバフィルムへのフェムト秒レーザーパルス照射による炭化構造の作製	レーザー学会学術講演会第41回年次大会	2021年1月			