

Laser-induced carbonization and graphitization of a transparent elastomer

July 2023

Shuichiro Hayashi

主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲	第	号	氏 名	林 秀一郎
主 論 文 題 名 :					
Laser-induced carbonization and graphitization of a transparent elastomer (透明エラストマーのレーザ炭化と黒鉛化)					
(内容の要旨)					
<p>カーボンブラック、グラファイト、ダイヤモンド、カーバイド等の炭素材料はそれぞれ固有の材料特性を有しており、幅広く応用されてきた。また、これらの炭素材料を基板となる別の材料上にパターンニング可能な技術の発展により炭素材料の特性を活用した新規デバイスの作製が可能となる。レーザ炭化と黒鉛化は、基板となる高分子材料にレーザ光を照射し走査することのみで炭素材料から構成される炭素構造を任意の形状で作製可能である。本論文では、透明エラストマーであるポリジメチルシロキサン (PDMS) とレーザ光の相互作用について議論し、レーザ炭化と黒鉛化により炭素構造が生成する過程および炭素構造の電気伝導性における炭素材料の寄与を明らかにし、炭素構造を用いた応用実証を目的とした。本論文は次の7章で構成されている。</p> <p>第1章は序論である。我々の身の回りに存在する炭素材料ならびに炭素材料を生成または炭素構造をパターンニング可能な技術について述べた。続いて、レーザ炭化と黒鉛化について概説し、これまでの研究動向を提示した後、本研究の目的と意義を述べた。</p> <p>第2章では、炭化および黒鉛化における過程、また光と物質との相互作用についてそれぞれ述べた。更に、レーザ炭化と黒鉛化において高分子材料にレーザ光を照射した際に誘起される化学および物理現象について議論した。</p> <p>第3章では、PDMS へのレーザ光照射による炭素構造作製に関する研究について述べた。PDMS へ連続光やパルス光を照射し炭素構造作製を行い、レーザ炭化と黒鉛化により炭素構造が生成する過程について議論した。</p> <p>第4章では、レーザ炭化と黒鉛化により作製した炭素構造の電気伝導性に関する研究について述べた。レーザ炭化と黒鉛化による導体炭素構造および半導体炭素構造の作製を実証し、炭素材料の寸法や生成量が炭素構造の電気特性にもたらす影響について議論した。</p> <p>第5章では、炭素構造の電気特性を活用した応用研究について述べた。炭素構造を圧縮または屈曲させることで炭素構造の圧抵抗特性を評価した。更に、圧抵抗特性を活用した微小圧力センサおよび異方性ひずみセンサの作製を実証した。</p> <p>第6章では、光学応用への展開を目的とした PDMS のレーザ炭化と黒鉛化に関する研究を述べた。レーザ光を PDMS 表面に集光照射することで蛍光特性を有した炭素構造が作製可能であることを明らかにし、蛍光特性を活用した偽造防止タグの作製を実証した。更に、多光子相互作用を利用することで、PDMS 表面のみならず PDMS 内部においても蛍光特性を有した炭素構造が三次元的に作製可能であることを示した。</p> <p>第7章は、本論文の結論であり、本研究の成果を総括し、今後の展望を述べた。</p>					

Thesis Abstract

No. _____

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU" No. _____ *Office use only	Name	HAYASHI, Shuichiro
Thesis Title <div style="text-align: center; padding: 10px;"> <h3>Laser-induced carbonization and graphitization of a transparent elastomer</h3> </div>			
Thesis Summary <p>Carbonaceous materials such as graphite, diamond, and carbides each exhibit material properties distinctive of their chemical structure, and have been applied to a wide range of applications. Moreover, the development of technologies capable of the patterning of such carbonaceous materials on other materials, which serve as substrates, realizes the fabrication of devices that utilize the material properties of the carbonaceous materials. Laser-induced carbonization and graphitization, or LICG, offers the patterning of carbonaceous structures composed of various carbonaceous materials by scanning laser light on a polymer. This thesis discusses the chemical and physical processes that ensue as a result of light-matter interactions between the laser light and polydimethylsiloxane (PDMS), a transparent elastomer, and aims to reveal the mechanism in which carbonaceous structures form by LICG and the relationship between the carbonaceous material and the electrical properties, as well as to indicate the applicability of the carbonaceous structures towards electrical and optical devices. This thesis consists of seven chapters.</p> <p>Chapter 1 provides the general background and aim of this thesis.</p> <p>Chapter 2 introduces the fundamental principles involved in LICG, and outlines the chemical and physical processes that ensue as a result of laser irradiation.</p> <p>Chapter 3 describes the experimental results regarding the formation of carbonaceous structures by the LICG of PDMS. Carbonaceous structures are patterned using a continuous wave and/or ultrashort pulsed laser, and the formation mechanisms of the carbonaceous structures are discussed.</p> <p>Chapter 4 analyzes the electrical properties of the carbonaceous structures. Conducting and semiconducting structures are patterned by LICG, and the effects of the size and content of the carbonaceous materials on the electrical property of the carbonaceous structure are discussed.</p> <p>Chapter 5 indicates the applicability of the carbonaceous structures for electrical applications. The piezoresistive property of the structures is assessed by strain tests, and the fabrication of micro-pressure sensors and anisotropic strain sensors, which utilize the piezoresistive property, is demonstrated.</p> <p>Chapter 6 explores the potential of LICG towards optical applications. It is revealed that carbonaceous structures exhibiting fluorescent property can be patterned on and inside PDMS by LICG. Furthermore, the fabrication of an anti-counterfeiting security tag, which utilizes the fluorescent property, is demonstrated.</p> <p>Chapter 7 is the conclusion, summarizing the key findings and discussing future studies.</p>			