



Title	Elastic and Microwave-Absorption Properties of Chitin Nanofiber-Derived Carbon Honeycombs
Author(s)	Li, Xiang
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/93055
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (LI XIANG)	
Title	Elastic and Microwave-Absorption Properties of Chitin Nanofiber-Derived Carbon Honeycombs (キチンナノファイバー由来カーボンハニカム構造体の弾性および電磁波吸収特性)
Abstract of Thesis Carbon aerogels have received increasing attention due to their light weight, large specific surface area, high thermal stability, and unique electric properties. Graphene-, carbon nanotube-, and carbon nanofiber-based carbon aerogels have been fabricated, and their microstructure and defective carbon structure designs have become leading strategies to develop high-performance carbon aerogels. The design of anisotropic microstructures can endow the carbon aerogels with elastic and tunable electric properties in the direction perpendicular to the designed microstructures. The design of defective carbon structures, such as N doping by post-chemical treatment with amines, can tailor the dielectric properties of the carbon aerogels and generate active sites within them. Thus, the design of microstructures and defective carbon structures has shown great promise to fabricate carbon aerogels with tunable elastic, electric, and dielectric properties. From the viewpoint of sustainable development, carbonization of biomass materials can be a desirable way to fabricate carbon aerogels. However, the design of microstructures and defective carbon structures in the biomass-derived carbon aerogels remains a challenge for further functionalization. For the microstructure design of carbonized bio-nanofiber materials, bio-nanofibers should have high morphological stability against high-temperature carbonization. Chitin nanofibers reportedly have higher morphological stability and intrinsically contain N atoms derived from their N-acetyl groups, providing the opportunity for designing anisotropic microstructures and defective carbon structures by carbonization. Thus, chitin nanofibers would be expected as a promising building block to fabricate carbon aerogels with tailorable microstructures and defective carbon structures, thus realizing tunable elastic, electric, and dielectric properties. In this dissertation, a crab-shell-derived chitin nanofiber/water dispersion was fabricated into carbon aerogels with anisotropic honeycomb-like microstructures (denoted as carbon honeycomb) by unidirectional freeze drying and subsequent carbonization. The anisotropic microstructures and defective carbon structures of the carbon honeycomb were tailored by controlling the chitin nanofiber concentration and the carbonization temperature to provide elastic, electric, and dielectric properties for microwave absorption and pressure sensing. In Chapter 1, a chitin nanofiber-derived carbon honeycomb was prepared at different temperatures to tailor its dielectric properties (i.e., impedance matching, conductive loss, and polarization loss) for microwave absorption. The carbon honeycomb carbonized at 800 °C achieved strong microwave absorption, owing to its good impedance matching, moderate conductive loss, and high polarization loss. In Chapter 2, the elastic properties of the carbon honeycomb carbonized at 800 °C were elaborated for smart microwave absorption. The elastic carbon honeycomb afforded absorption-frequency tuning and absorption/transmission switching upon its controlled compression. In Chapter 3, the elastic properties, such as compressibility and fatigue resistance, of the carbon honeycomb were further enhanced by optimizing the chitin nanofiber concentration and the carbonization temperature. The carbon honeycomb fabricated at 1.0 wt.% and 900 °C provided excellent elastic properties, which allow effective sensing over an ultrawide pressure range. This dissertation can pave the way for the multifunctional design of chitin nanofiber-derived carbon honeycombs for diverse electronic and dielectric applications.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (LI XIANG)			
論文審査担当者	(職)		氏 名
	主 査	教授	能木 雅也
	副 査	教授	宇山 浩
	副 査	教授	藤内 謙光
	副 査	教授	櫻井 英博
	副 査	教授	桑畑 進
	副 査	教授	今中 信人
	副 査	教授	林 高史
	副 査	教授	南方 聖司
	副 査	教授	佐伯 昭紀
	副 査	教授	中山 健一
	副 査	教授	古澤 孝弘
	副 査	教授	古川 森也

論文審査の結果の要旨

本論文は、カニ殻由来のキチンナノファイバーを原料に用いたカーボンハニカム構造体の調製、および、その弾性と電磁波吸収特性に関する研究成果をまとめたものである。主な成果を以下に要約する。

第1章では、キチンナノファイバー由来カーボンハニカム構造体の電磁波吸収特性について述べている。まず、キチンナノファイバー水分分散液を一方向凍結乾燥し、さらに高温処理して炭化することで、ハニカム様の異方性マイクロチャンネル構造を持つカーボンエアロゲル(カーボンハニカム構造体)を調製している。またこの際、炭化温度をコントロールすることで、NおよびOドーパ欠陥カーボン構造を制御している。そして、ハニカム構造体、および、適切な炭化温度(800℃)で得られる欠陥カーボン構造によって、良好なインピーダンス整合と誘電損失が発現し、X-band(8.2-12.4 GHz)帯において優れた電磁波吸収特性を示すことを見出している。

第2章では、本カーボンハニカム構造体を用いた電磁波吸収周波数チューニングと吸収/透過スイッチングについて述べている。まず、カーボンハニカム構造体が、その異方性マイクロチャンネルに対して垂直方向に可逆的に圧縮可能であること、すなわち弾性を示すことを報告している。そして、カーボンハニカム構造体を歪み0-60%で圧縮すると、良好なインピーダンス整合と誘電損失を維持したまま厚みを制御可能であり、最大電磁波吸収を示す周波数をチューニングできることを見出している。さらには、カーボンハニカム構造体を歪み80%で圧縮することで、インピーダンスの不整合と誘電損失の低下を引き起こして電磁波が透過する、すなわち吸収/透過スイッチングにも成功している。状況に応じて電磁波吸収特性をコントロールできるスマートな電磁波吸収体として期待できる。

第3章では、カーボンハニカム構造体の調製条件と弾性の相関を精査している。まず、キチンナノファイバー水分分散液の濃度と炭化温度を精査し、最適条件(1 wt%, 900℃)で調製したカーボンハニカム構造体が極めて優れた弾性、耐疲労性、熱安定性を示すことを確認している。またこれらの特長を活かして、広範囲の圧力(0-185.5 kPa)を検出可能、かつ、極低温から高温までの広い温度範囲(-196-600℃)で利用可能な圧力センサとして応用することにも成功している。

以上のように、本論文は、キチンナノファイバー由来のカーボンハニカム構造体を設計することで、高性能な電磁波吸収体や圧力センサの開発に成功している。本研究成果は、バイオナノファイバー由来カーボン材料の構造・機能設計に向けた重要な知見になる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。