

論文内容要旨 (和文)

平成28年度入学 大学院博士後期課程

専攻 機械システム工学専攻

氏 名 AHMED Kumkum



論文題目 Development of Ionic Liquid-Based Functional Soft and Wet Matter and Their Applications for 3D Printing (イオン液体を用いた機能性ソフト&ウェットマターの開発と3Dプリンティングへの応用)

本研究では、三次元造形技術に適用可能な新規ソフト・機能材料の開発について報告する。近年の工学分野において、3次元造形は注目を集めている技術のひとつであり、開発が加速度的に進んでいる。一方で、三次元造形に適した柔らかい材料については開発があまり進んでいない。そこで、三次元造形の応用に向けた新規ソフト・機能材料の開発を目的として、溶媒にイオン液体 (IL) を使用した高分子ゲルや複合材料、多孔質材料の開発を行った。ILは、不揮発性や非燃焼性、広い電位窓、高い熱安定性および高いイオン伝導度など特有な性質を持っているために100°C未満の融点を有する材料であり、これらの特性からILはゲルポリマー電解質および電池への利用への期待が高まっている。まず、我々はヒドロゲルのダブルネットワーク化による高強度化の概念を利用し、優れた機械的および熱的特性を有するイオン液体ダブルネットワークゲルの開発に成功した。また、イオン液体ダブルネットワークゲルの構造解析を行い、その物理的特性を明らかにした。しかしながら、イオン液体ダブルネットワークゲルは合成に時間を要するという障壁があり、その場ですぐ造形を行う三次元造形技術への応用が難しかった。そこで、我々は、ILまたは有機媒体中のチオール - エンクリック反応を用いることで合成手法を単純化し、イオンダブルネットワークゲルの三次元造形への応用を可能にした。チオール - エンクリック反応から得られたゲルおよび多孔質材料は、導電率が高く、機械的特性を調整が容易で、優れた熱安定性を示した。それらの機械的特性、導電率および内部構造は、モノマー単位の鎖長および架橋剤の官能性に依存することが見出した。また、3次元光造形手法を用いてミクロスケールの解像度を有する構造物の造形に成功した。さらに、フレキシブルな三次元回路の実現を目指し、多層カーボンナノチューブ (MWCNT) をフィラーとして組み込んだ高導電性イオン液体ナノコンポジットを開発した。MWCNT充填剤を分散させるため、高分子マトリックスは、ドーパント材料として導入したIL液体高分子とポリメチルメタクリレート (PMMA) から構成されている。これらの材料は、フレキシブル回路の三次元化を可能にし、検出デバイスに利用される可能性がある。

論文内容要旨 (英文)

平成28年度入学 大学院博士後期課程

専攻 機械システム工学専攻

氏 名 AHMED Kumkum



論 文 題 目 Development of Ionic Liquid-Based Functional Soft and Wet Matter and Their Applications for 3D Printing

In this work, development of new soft and functional materials that are suitable to apply in 3D printing technique has been presented. 3D printing is one of the most highlighted topics in engineering sectors recently however this field suffer from the presence of adequate materials especially in the soft matter field. With a view to adding new soft materials our aim is to develop several functional materials such as gel, composites and porous materials in ionic liquid (IL) assisted medium. ILs are salt having melting point less than 100 °C which have attracted remarkable interest for gel polymer electrolytes and batteries based on their useful properties such as non-volatility, non-flammability, a wide electrochemical window, high thermal stability and a high ionic conductivity. Initially we developed ionic double network gels with good mechanical and thermal properties utilizing double network concept of hydrogels. Characterization of their physical and internal structural properties has been revealed to understand the fundamental of these new gels. However, due to their long preparation method, it is difficult to utilize them in 3D printing. Therefore, we selected thiol-ene click reaction-based polymerization method in IL and/or organic medium. The resulted gels and porous materials exhibited high conductivity, good thermal stability with tunable mechanical properties. Their mechanical properties, conductivities and internal structures are found to be dependent on the chain length of the monomeric units and crosslinkers' functionality. These novel functional polymers were successfully printed up to microscale resolution via 3D optical printing method. We also developed highly conductive soft functional nanocomposites in IL-based polymeric system incorporating multi-walled carbon nanotubes (MWCNT) as a filler. The polymer matrix consists of poly (ionic liquid) (PIL) and polymethylmethacrylate (PMMA) along with IL as a dopant material and plasticizer to disperse MWCNT filler within the matrix. These materials enabled 3D fabrication of flexible circuit and are potential materials to be utilized in sensing devices.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 31 年 2 月 12 日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 古川 英光
副査 伊藤 浩志
副査 小沢田 正
副査 森 秀晴
副査 東原 知哉



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

副査 村澤 剛

記

論文申請者	専攻・分野名 機械システム工学専攻 氏名 AHMED Kumkum		
論文題目	Development of Ionic Liquid-Based Functional Soft and Wet Matter and Their Applications for 3D Printing (イオン液体を用いた機能性ソフト&ウェットマターの開発と3Dプリンティングへの応用)		
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	平成 31 年 1 月 22 日～ 平成 31 年 2 月 12 日
論文公聴会	平成 31 年 2 月 12 日	場 所	工学部 11 号館 503 室
最終試験結果	合格	最終試験年月日	平成 31 年 2 月 12 日

学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)

3D プリンティングは機械工学分野で注目されているトピックスの一つであるが、ゲルを始めとするソフトマターの活用は進んでいない。そこで申請者は 3D プリンター向けの新しい機能性材料として、ゲル、高分子コンポジットやイオン液体を用いた研究を行った。

本論文の構成は、第 1 章 序論、第 2 章 実験方法、第 3 章 実験結果、第 4 章 考察、第 5 章 総括とする。本論文では申請者が行った以下の研究内容について論じる。

申請者は、イオン液体を使って、イオン伝導性と熱安定性に優れた新しい機能性ソフト&ウェットマターとして、高強度ダブルネットワークゲルの開発を行った。その物理化学的性質と力学的性質、さらに内部構造の解析を行い、新しいゲルの特性を明らかにした。

しかし、合成法が冗長で、3D プリンティング用の材料にするのが難しいため、チオール-エン反応によるゲルの光重合を検討し、光照射型の 3D プリンターで、微細造形することに成功した。このゲルの諸性質は高分子の鎖の長さや、架橋構造に依存することがわかった。

さらにカーボンナノチューブ、ポリイオン液体、PMMA からなる柔軟なコンポジット材料を開発し、FDM 型の 3D プリンターでフレキシブルな回路の 3D 造形に成功した。

本論文研究で得られた知見は科学のおよび工業的に有益であり、本論文に関係する論文は国際論文誌に 4 報掲載済みである。また、特許 1 件を出願した。また、国際会議や学会では 19 回 (口頭 13 回、ポスター 6 回) の発表を行い、そのうち 3 回で優秀発表賞に選ばれており、十分に審査基準を満たしている。よってこれらの研究業績により、審査委員全員による協議の結果、本論文の内容は学位論文として評価できるものと認め、学位論文審査を合格と判定した。

なお本論文は、研究倫理又は利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ありません。

最終試験の結果の要旨

本学の規定に従い、本論文および関連分野に関して各審査員がそれぞれ口頭により最終試験を行い、本論文の内容についてよく理解し、関連する学問の基礎について必要となる知識を修得していること確認した。また、英文論文の執筆、国際会議の発表実績により、標準以上の英語の能力があると判断した。博士の学位を授与するのにふさわしい知識と能力を有していると認められる。

以上を踏まえ、審査委員全員による協議の結果、最終試験を合格と判定した。