

学位論文の審査結果の要旨

本学位論文は、形状記憶ポリマと圧電微粒子材料との複合化によりスマートナノ複合材料 (PZT/SMPU) の創製及びその薄膜材料の機能性と応用を明らかにしたものである。本論文は 8 章から構成されている。

1 章では本研究の目的、形状記憶ポリマ(SMPU)、圧電効果微粒子(PZT)及びナノスケールの複合化技術を概観した。2 章では形状記憶ポリマと圧電微粒子材料との複合化による創製過程を明らかにし、種々条件下での作製条件を明らかにした。3 章では創製された PZT/SMPU ナノ複合材料の形状記憶特性を調査し、機能発現のメカニズムの一端を分子運動の観点から明らかにした。4 章では創製された PZT/SMPU ナノ複合材料の電場駆動による変位特性、ナノポジション機能を明らかにした。また形状記憶と圧電効果の総合機能を明確にした。応用例として U 字型センサ、Z 字型センサにおいて圧電変位はそれぞれ 23.5 pm/V, 133.1 pm/V に達し、優れたセンサ機能を明らかにした。5 章から 7 章では創製された PZT/SMPU ナノ複合材料の力学的特性を明らかにし、その上同ナノ複合材料の応用について、クシ型電極の作製に成功した。また銀ナノ粒子とのさらなる三相複合化による Ag/PZT/SMPU ナノ複合材料を創製し、厚さ方向の圧電効果は優れていることが発現した。8 章は本論文の総括である。

以上のことから、本学位論文は新規、多機能複合材料を提案するとともに、その製造過程を明らかにし、形状記憶、圧電効果など機能の詳細や発現の原理的考察及びデバイス化と応用にわたり検証している。同時にナノスケールの位置制御や高精度で測定可能であることなど豊富な成果を重ねた点に学術的意義が認められるとともに、多大な社会貢献が期待できる。また、本学位論文は 3 つの査読有英文学術論文 (掲載可 3 編) に基づいて作成され、申請者が 3 編とも第 1 著者であり、審査基準の目安に合致している。なお、本審査論文に対して、英語表現の再考や図表の配置、説明不足の箇所があるとの指摘があり、これらの指摘に対して学位論文最終版提出の際に対応してもらうことになった。

以上を総合して、本学位論文の学術的価値及び工学応用に対する有用性が認められる。審査委員全委員一致して学位論文として認められると判断した。また、本研究は科学的な手法を用いた研究によって新しい材料の創出及び応用の可能性を示すものであり、実用技術としても期待され、その研究内容は工学博士の学位論文として相応しいと判断した。

公表主要論文名

1. Hairong Chen, Hong Xia, Yiping Qiu, Zhenzhen Xu, and Qing-Qing Ni, Smart Composites of Piezoelectric Particles and Shape Memory Polymers for Actuation and Nanopositioning. Composites Science and Technology 163, 123-132 (2018.05).

2. Hairong Chen, Hong Xia and Qing-Qing Ni, Study on Material Performances of Lead Zirconate Titanate / Shape Memory Polyurethane Composites Combining Shape Memory and Piezoelectric Effect, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 110, 183-189 (2018.04).

3. Hairong Chen, Hong Xia, Yiping Qiu and Qing-Qing Ni, Analyzing Effects of Interfaces on Recovery Rates of Shape Memory Composites from the Perspective of Molecular Motions, Composites Science and Technology 163, 105-115(2018.05).