

## 学位論文の審査結果の要旨

本学位論文は形状記憶ポリウレタンを基材とした機能性マイクロ・ナノカーボン複合材料の構造設計を積極的に制御することにより電磁波遮蔽用途への応用を目指し、その研究成果をまとめたものである。本論文は7章から構成されている。

第1章では、本研究の目的、電磁波遮蔽材料の研究状況、形状記憶ポリマーの特徴、マイクロ・ナノカーボン材料を用いた利点及びマイクロ・ナノ材料による構造設計について述べている。

第2章では、酸化グラファイトを多層コートしたポリウレタンフィルムを創成し、形状記憶性、構造設計と材料の形状回復率との関係、形状回復力とセンサ材料としての特性を明らかにしている。

第3章では、グラファイトの微小片と形状記憶ポリウレタンによるスポンジ構造を創成した。形状記憶性と回復性を利用したスポンジ厚さの調整が容易になることで電磁波遮蔽材料としてその遮蔽効果が制御できることを示している。

第4章から第6章では、気相成長ナノカーボンファイバー（VGCF）とポリウレタンフォームを利用した電磁波遮蔽材料を開発している。第4章で作製方法の基礎検討がされており、第5章ではこれに組成傾斜を持たせたものを創成し、その傾斜機能と電磁波遮蔽効果との関連を明らかにしている。第6章ではこれを配向させて異方性電磁波遮蔽性能を持たせ、電磁波遮蔽異方性の一端を明確にしている。

第7章では、本研究を総括して、三種類のマイクロ・ナノカーボン／形状記憶ポリウレタン複合材料が新規開発され、それらを電磁波遮蔽用途への応用を示すことができた結論付けた。

本学位論文は4つの学術論文（掲載可4編）に基づいて作成され、申請者がいずれの論文において第1著者である。そのため、学位論文の目安を満たしている。なお、本審査論文に対して、英語表現の再考や図表の配置、説明不足やフォーマット不適切な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。

## 公 表 主 要 論 文 名

- 1) **Yongjie Yan**, Hong Xia, Yiping Qiu, Zhenzhen Xu, & Qing-Qing Ni\*. Multi-layer graphene oxide coated shape memory polyurethane for adjustable smart switches. *Composites Science and Technology*, 2019, 172, 108-116.
- 2) **Yongjie Yan**, Hong Xia, Yiping Qiu, Zhenzhen Xu, & Qing-Qing Ni\*. Highly aligned nonwoven vapor grown carbon fibre based polyurethane fibrous membrane for direction-dependent microwave shielding. *Materials Letters*, 2019, 245, 98-102.
- 3) **Yongjie Yan**, Hong Xia, Yiping Qiu, Zhenzhen Xu, & Qing-Qing Ni\*. Fabrication of gradient vapor grown carbon fiber based polyurethane foam for shape memory driven microwave shielding. *RSC Advances*, 2019, 9, 9401-9409.
- 4) **Yongjie Yan**, Hong Xia, Yiping Qiu, Zhenzhen Xu, & Qing-Qing Ni\*. Shape memory driving thickness-adjustable G@SMPU sponge with ultrahigh carbon loading ratio for excellent microwave shielding performance. *Materials Letters*, 2019, 236, 116-119.