

リアル空間を強靱にするハードウェアの未来
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

黒川 雄一郎

九州大学 大学院システム情報科学研究所
助教

高度な柔軟性を有する IoT スピンデバイス開発

研究成果の概要

第二年次では、磁性膜をフレキシブル基板上に成膜、加工する手法を開発することを重点的に行った。また、実際に完成した素子に関しては測定まで行っている。次に詳しくその結果を述べる。

磁性ナノ粒子を用いた熱発電素子作製法として、インクジェットプリンタによる印刷法を開発を行った。ナノ粒子分散溶媒を用いて、前年度と同様の手法でサーモパイル素子を完成させた。実際に温度勾配を素子に印可し、発電電圧を測定した結果では、サーモパイル中の熱発電素子の数が増えれば増えるほど発電電圧が増大することが確認できた。また、曲げた状態でもサーモパイル素子では金属的な電気伝導が得られ、曲がった表面からの熱発電も観察できることが分かった。一方で、素子をすべてインクジェットプリンタで作製するためには、Pt ナノ粒子をインクジェットプリントする必要があるが、インクヘッドが閉塞する問題があり、それにはまだ成功していない。次年度では、Pt ナノ粒子分散溶媒をフィルタリングし、より小さいナノ粒子の分散溶媒を作製することで解決することを予定している。

磁気メモリ素子をフレキシブル基板上に作製する手法として、スパッタ法とイオンミリングを用いた加工法を開発を行った。シクロオレフィンポリマーシート上に磁性多層膜を成膜し、イオンミリングで加工した。その結果、素子が問題なく加工できること、曲げても磁気特性が変わらないことが確かめられた。一方で、電極を作製するために素子上の金属酸化物層をプラズマによりエッチングしたところ、金属膜がすべて剥がれるという問題が発生した。これは、プラズマにより基板表面温度が増大し、シクロオレフィンポリマーのガラス転移点よりも温度が上がってしまうことで基板が変形し、剥がれているのではないかと予想された。次年度ではプラズマにより表面温度が増大しないように、保護層を貼り付けることで対応することを予定している。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Scalable spin Seebeck thermoelectric generation using Fe-oxide nanoparticle assembled film on flexible substrate”, *Sci. Rep.*, vol. 12, p.16605, 2022.
- 2) “Operating characteristics of domain walls in perpendicularly magnetized ferrimagnetic cylindrical nano-wires for three-dimensional magnetic memory”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 62, p.SC1070, 2023.
- 3) “Inversion symmetry breaking in spin-orbit torque-induced magnetization switching to improve the recording density of multi-level magnetoresistive random-access memory”, *J. Appl. Phys.* vol. 133, No. 14, p.143902, 2023.