

Annual Meeting of the Japan Society of Vacuum and Surface Science 2021

スパッタ法により作製した磁性金属-セラミックス ナノグラニューラー薄膜の磁気誘電特性

○増本 博¹¹ 東北大学 学際科学フロンティア研究所

Magneto-dielectric properties of magnetic metal-ceramic nanogranular thin films prepared by sputtering

○Hiroshi Masumoto¹¹ Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences (FRIS), Tohoku University

ナノメートルサイズの磁性金属顆粒がセラミックスマトリックス中に分散する、磁性金属-セラミックスナノグラニューラー薄膜は、多くの魅力的な多機能性を備えている。例えば磁性金属組成含有率が多いとき（おおむね 0.6 以上）では、磁性ナノ粒子間是一部接触して磁氣的に結合するクラスター状態となり高周波磁気特性⁽¹⁾を発現する。磁性金属組成含有率が半分程度のとき（約 0.6~0.3）では、磁性ナノ粒子は磁氣的に孤立し、セラミックスを介した顆粒間にスピン依存の量子トンネル効果が生じることによるトンネル磁気抵抗 (TMR) 効果⁽²⁾などが発現する。これらの特性は数十年にわたって研究されており、現在幅広く電気磁氣的応用に用いられている。

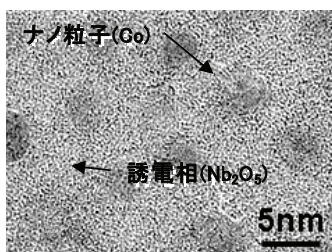


図 ナノグラニューラー薄膜

これまで、磁性金属組成含有率が少ないとき（おおむね 0.3 以下）は、磁性ナノ粒子の密度が疎のためセラミックスを介した磁性ナノ粒子間の距離が長くなることから連続的な量子トンネル現象は起こらなくなる。そのため目立った電磁氣的特性は見いだされていなかった。

最近、我々のグループでは、磁性金属組成含有率が少ないときに、室温での磁場の印加により誘電特性が

変化する現象を発見した⁽³⁾。この材料に交流電界を印加したときの誘電挙動は、セラミックスマトリックス自体の誘電挙動に加えて、薄いセラミックス障壁を介して隣り合う 2 つの磁性ナノ粒子間（グラニュール対）に量子トンネル効果により発生する電荷キャリア振動に起因する誘電挙動が加わったものである。この材料の特異な点は、磁場を印加すると電荷キャリア振動速度が増大すること、すなわちスピン依存量子振動が起こり、その結果、誘電性が増大することである。我々は、磁場の印加により誘電率が変化するこの新しい現象を「トンネル磁気誘電（TMD: Tunneling Magneto Dielectric）効果」と命名し、その TMD 特性の改善や新しい機能を発現する研究を行っている。

本発表では、磁性金属-セラミックスナノグラニューラー薄膜や磁気誘電特性などのこれまでの研究背景に触れるとともに、TMD 効果の原理、スパッタによる薄膜作製法、特性の改良の試み⁽⁴⁾や、さらに見いだした新しい現象などについて紹介する。

文 献

- 1) H. Kijima, S. Ohnuma and H. Masumoto: J. Magn. Soc. Jpn., **36**, 289 (2012).
- 2) H. Fujimori, S. Mitani, and S. Ohnuma: Materials Science and Engineering B-Solid State Materials for Advanced Technology **31** (1-2), 219 (1995).
- 3) N. Kobayashi, H. Masumoto, S. Takahashi, and S. Maekawa: Nature Communications **5**, 4417 (2014).
- 4) Y. Cao, N. Kobayashi, Y. W. Zhang, S. Ohnuma, and H. Masumoto: Appl. Phys. Lett. **110**, 072902 (2017).

*E-mail: hiromasu@fris.tohoku.ac.jp