

# 高 $Q$ -RF インダクタ用複合材料磁心の基礎検討

\*曾根原 誠, 宮嶋 優希, 佐藤 敏郎  
(信州大学)

Basic examination of the composite magnetic core for high  $Q$ -factor RF-inductor

M. Sonehara, Y. Miyajima, T. Sato  
(Shinshu University)

## はじめに

携帯情報端末には通信の安定性向上とバッテリー駆動の長時間化が要求されている。その一例として送受信回路における CMOS-LNA の低損失化・高効率化が挙げられる。CMOS-LNA には、MOS-FET の他にインダクタなど各種受動部品が多数使用されている。特にインダクタに注目すると、平面スパイラル構造の空心インダクタであり、近接効果による損失が問題になっている。

そこで筆者らは、コイル間にカルボニル鉄粉（以下、CIP と記述）をエポキシ樹脂中に分散させた複合材料を充填した高  $Q$ -RF インダクタを考案し、開発を進めている。複合材料磁心インダクタは、コイル間に磁性複合材料があるため、交番磁束は隣接するコイル導体よりも複合材料の方へ通り易くなり、近接効果を低減することができる。520 x 450 x 8  $\mu\text{m}^3$ , L/S = 55/15  $\mu\text{m}$ , 2 turn の複合材料磁心スパイラルインダクタを作製したところ、1 GHz において  $Q = 29$  を達成し、同サイズの空心インダクタよりも  $Q$  値を約 30% 高くすることができた<sup>2)</sup>。本稿では、更なる高  $Q$  化のため、CIP が凝集しても渦電流が粒子間を跨いで流れて渦電流損失が大きくなるように CIP を大気中熱処理して高抵抗被膜を形成した実験結果について述べる。

## 実験・測定方法

表面酸化 CIP の作製には、マッフル炉（デンケン・ハイデンタル製；KDF-009）を用いて大気中熱処理をした。熱処理条件は、180-300 [°C] で 6 h とした。表面酸化 CIP の酸化膜の観察には電界放出形走査電子顕微鏡 (FE-SEM) を用い、結晶構造の観察には粉末 X 線回折法 (XRD) を用いた。

## 実験結果

Fig. 1 に断面 SEM 像より見積もった表面酸化 CIP の酸化膜厚と熱処理温度の関係を示すが、熱処理温度が高くなるに伴い単調に酸化膜厚が厚くなることわかる。

Fig. 2 に大気中熱処理した CIP の XRD 回折パターンを示す。As-made CIP は  $\alpha$ -Fe のみが観測されるが、表面酸化 CIP は熱処理温度が高くなるに伴い  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  および  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  の強度が増す。また Fig. 3 に Fig. 2 の  $\alpha$ -Fe (110) の半値幅より算出した平均結晶子サイズと熱処理温度の関係を示す。同図より 240°C 以上で結晶子サイズが増大することがわかり、保磁力も増大するものと考えられる。

当日は、表面酸化 CIP/エポキシ樹脂複合材料の複素透磁率の周波数特性や電磁界解析の結果などについて報告する。

## 謝辞

現在本研究は、JSPS 科学研究費補助金 15K18047 の助成を受けており、ここに深謝します。

## 参考文献

- 1) O.A. Hidayov, et al.: *Electronics letters*, **49**, 23, pp.1433-1435 (2013).
- 2) M. Sonehara, et al.: *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, **11**, 6, (2016) (In press).

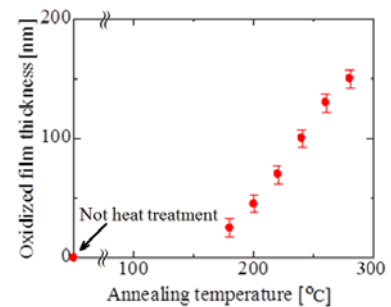


Fig. 1 Oxidized film thickness on CIP vs. annealing temperature

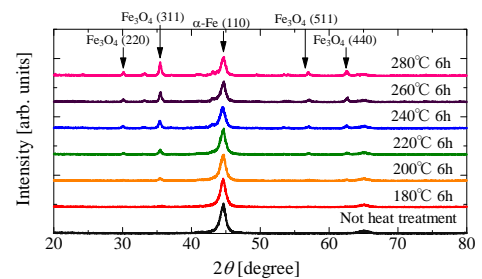


Fig. 2 Powder XRD pattern of annealed CIP

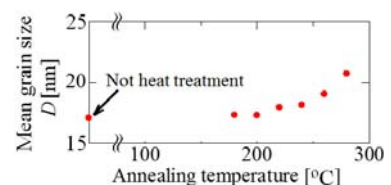


Fig. 3 Mean grain size in annealed CIP vs. annealing temperature