

軟磁性扁平微粒子コンポジットのインダクタへの配列方法の検討

佐藤 寛之¹, 遠藤 恭¹, 宮崎 孝道¹, 山口 正洋¹,
鎌田 博², 高橋 正仁², 坂元 真彦², 米田 茂², 加藤 直也² (¹東北大工, ²光電子(株))

Study on the fabrication of inductors with magnetically soft flakes composite

Hiroyuki Sato¹, Yasushi Endo¹, Takamichi Miyazaki¹, Masahiro Yamaguchi¹,

Hiroshi Kamada², Masahito Takahashi², Masahiko Sakamoto², Shigeru Maita² and Naoya Kato²

(¹Tohoku Univ., ²Hikaridenshi Co., LTD)

はじめに 近年, 小型携帯端末に内蔵されている LSI の低電圧大電流化が進み, 配線損失を減少させるため, DC-DC コンバータのワンチップ化が求められている¹⁾. そのためには, 小型・低背化したインダクタの開発に加えて, 高いインダクタンス密度が必要であり, 高飽和磁化の磁心材料を用いることが重要である. 我々のグループでは, 磁心材料として扁平形状の磁性微粒子に着目し, マイクロインダクタの試作・評価を行い²⁾, 高インダクタンス密度を得るためには磁束の向きに対して扁平微粒子の様な配列が重要であることがわかった. したがって, 本研究では, 磁性扁平微粒子をインダクタ (空心コイル) の周りに一様に配列させる方法について検討した.

実験方法 本研究におけるマイクロインダクタの設計指針は, 定格電流 1 A においてインダクタンス 0.5 μH 以上および直流抵抗 100 $\text{m}\Omega$ 以下, 寸法は高さ 0.5 mm 以内および外径 3.0 mm 以内とし, まず磁気回路を用いてインダクタの設計を行った. インダクタの素線には直流抵抗低減のためにリッツ線または平角線を, また, 磁性扁平微粒子には平均粒径 50 μm , 厚さ 3 μm の Co 系扁平微粒子を選択した. この磁性扁平微粒子とエポキシ系樹脂のコンポジットを治具に滴下し, コイルを埋め込み, 熱硬化させて成形してインダクタを試作した. 試作に際して, 磁性扁平微粒子を一様に配列させるために, インダクタへの電流印加によって生じる磁界を利用する方法 (磁力配列) とインダクタの上部から応力を加える方法 (応力配列) に関して形状および電気特性から比較検討した. なお, マイクロインダクタの電気特性評価に関してはインピーダンスアナライザ(4294A, Agilent Co.)を用いた.

実験結果 磁力および応力配列させた場合に微粒子 1 個あたりに加わるトルクを計算したところ, 磁力配列の場合には $5.9 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}$ となった. 一方, 応力配列の場合にはトルク量は $1.84 \times 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m}$ と求まり, 磁力配列に比べてはるかに大きくなった. このことから, 応力配列を用いれば微粒子の様な配列が可能であることを示唆している. 次に, 磁力および応力配列させて試作した磁性扁平微粒子を用いたインダクタの形状を評価した. それらの断面 SEM 観察像を Fig. 1 に示す. 磁力配列の場合には, 素線近傍の磁性扁平微粒子はコイル周りに沿って 1, 2 列程度は並んでいるものの, 一様性が不十分となった. 一方, 応力配列の場合には, コイルに沿って十分に並んでいて, 密に一様配列している. これらの結果は計算による予測とおおむね一致した. さらに, 配列形状の違いがインダクタの電気特性に影響を与えることを確認するために, この 2 種類の配列により試作したインダクタの 6 MHz における電気特性を Table 1 にまとめた. 磁力および応力配列を比較した場合, インダクタンスは 10 %程度応力配列の方が高くなったが, 抵抗も同程度増大したため Q 値はわずかしき差がなかった. インダクタンスの差異は, 応力配列により微粒子がコイル周りで一様配列した効果である. 以上より, インダクタの試作時に応力配列が有用であることを実証し, 設計指針を満足させる電気特性が得られることを明らかにした.

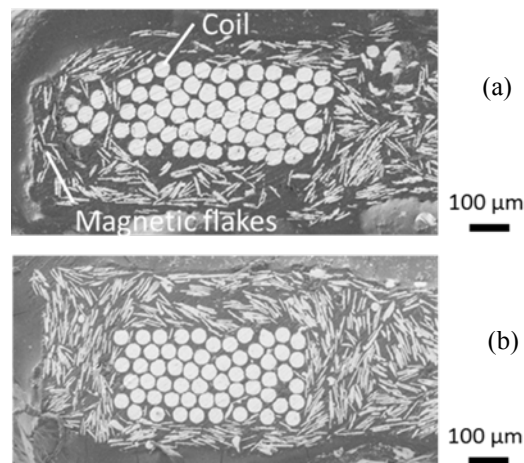


Fig.1 SEM images of inductor with
(a) Arrangement in magnetic force
(b) Arrangement in stress

Table 1. Comparing of the results of trial inductors

	L [nH]	R _{ES} [mΩ]	R _{DC} [mΩ]	Q値
空心コイル	140	251	83	19.8
磁力配列	510	786	97	21.5
応力配列	564	927	99	22.1

謝辞 ご助言いただきました同大学島田寛名誉教授, 株式会社リコー中央研究所安井隆氏に感謝する. 本研究の一部は, JST 復興促進プログラム(マッチング促進)「次世代個人情報端末に有用な超小型電源の開発」による支援を受けて行われた.

参考文献 1) Mathuna et al., *IEEE Trans. Power Electron.*, **38**, 585 (2005)

2) 古田正樹他: 電気学会研究会マグネティクス研究会 MAG-11-092 (2011)