

## 透磁率制御 Fe 系トロイダルコアの高温特性

柳井 武志, 島田 視宏, 高橋 賢一郎, 中野 正基, 福永 博俊  
(長崎大学)

High temperature magnetic properties of Fe-based toroidal core with controlled permeability  
Takeshi Yanai, Akihiro Shimada, Ken-ichiro Takahashi, Masaki Nakano, Hirotohi Fukunaga  
(Nagasaki University)

**はじめに** 近年, 電気電子機器の高性能化に伴い, それらに付随する電源回路にも小型化が要求されている。これまでに我々は, 電源回路出力部で使用されるチョークコイル用のコア材料に代表される, 透磁率を数百程度に制御した軟磁性材料に関して研究を行ってきた。その結果, 応力下熱処理を用い異方性を付与した Fe 系ナノ結晶薄帯を用い作製したトロイダルコアが, 既存の透磁率制御コアの磁気特性を凌駕しつつ, 小型化が可能であることを明らかとしてきた<sup>1)</sup>。今後, 更に機器の小型化に伴う高密度実装が進むと, 発熱・放熱が無視できない問題になると考えられる。この問題に対し我々の提案するコアは, 磁気損失が十分低くまたキュリー温度が 600 °C 程度と高いため, ある程度の高温下においても, 動作可能であると考えられる。本稿では, 室温で優れた磁気特性を示す透磁率制御 Fe 系トロイダルコアの実用的な温度帯域における高温特性を評価し, 安定動作可能な温度帯域を検証した。

**実験** 本実験では, 日立金属社製アモルファス  $\text{Fe}_{73.5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{15.5}\text{B}_7$  薄帯(幅 2 mm, 厚さ 20  $\mu\text{m}$  程度)を用いた, 50 cm 程度に切断した試料に赤外炉を用いた応力下連続焼鈍法<sup>2)</sup>にて, 試料の長手方向に対して垂直方向に異方性を付与した。熱処理温度は 530 °C, 移動速度は 1 cm/min とした。熱処理時の印加張力を 100 または 150 MPa とすることで, 異方性の強度を制御した。熱処理後の長尺薄帯をコア内径  $D$  のセラミックスポピンを用いてトロイダルコア成形し,  $B_m = 0.1 \text{ T}$  の条件の下, 0.5 ~ 1 MHz まで周波数を変化させ, 透磁率と磁気損失を評価した。以前我々は, 熱処理を施した薄帯をトロイダル成形する際, 磁気特性が急激に劣化するコア径  $D_c$  (以下限界コア径と表記する)が存在することを報告した<sup>1)</sup>。本実験では, 限界コア径に配慮し, 室温から 300 °C 程度までの高温特性を評価した。

**結果および考察** Fig.1(a)に  $D > D_c$  の時の, (b)に  $D < D_c$  の時の透磁率および磁気損失の動作温度依存性をそれぞれ示す。図中“RT”の添字は, 室温における試料の異方性エネルギー, 磁気ひずみ定数およびヤング率の各値を用いて算出した  $D_c$  の値であることを意味している。まず, (a)より  $D > D_c$  の時は 250 °C 付近まで動作温度に依らず透磁率・損失ともほぼ一定値を示していることがわかる。すなわち, 我々の作製したコアは, フェライト材料がキュリー温度に達するほどの高い温度範囲においても十分使用可能であり, 優れた高温特性を有していると了解できる。一方, (b)の  $D < D_c$  の時に着目すると, 透磁率はほぼ温度の影響を受けず 250 °C 付近まで一定であるが, 磁気損失は動作温度の増加に伴い減少する傾向が観測された。また, 200 °C 以上になるとその損失値は, (a)に示した  $D > D_c$  の時の値によく一致していることが了解される。以上のことから, 動作温度の増加, すなわち  $D_c(T)$  がにより,  $D/D_c$  の値が増加することが示唆され, 我々の作製したコアは 250 °C 程度までであれば, 動作温度増加による磁気特性の大きな劣化は無いということが明らかとなった。

**まとめ** 本稿では, 透磁率制御 Fe 系トロイダルコアの実用的な温度帯域における高温特性を評価した。その結果, 温度の上昇に伴い  $D_c(T)$  が減少することが判明し, 温度上昇に伴う磁気特性の大きな劣化は無いことが明らかとなった。以上のことから, 機器の高密度実装に伴う発熱・放熱の問題に対し, 我々の作製したコアは, 有望な磁性デバイスの 1 つであることがわかった。

**謝辞** 本実験を遂行するにあたり, 試料を御提供いただきました日立金属(株)の吉沢克仁氏に深く感謝致します。

## 参考文献

- 1) H. Fukunaga, H. Tanaka, T. Yanai, M. Nakano, K. Takahashi, Y. Yoshizawa, K. Isiyama, and K. Arai “High Performance Nanostructured Cores for Choke Coils Prepared by Using Creep Induced Anisotropy,” *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 242-245, pp. 279-281, 2002.
- 2) T. Yanai, T. Ohya, K. Takahashi, M. Nakano and H. Fukunaga, “A new fabrication process of Fe-based ribbon with creep-induced anisotropy” *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 290-291, pp. 1502-1505, 2005.

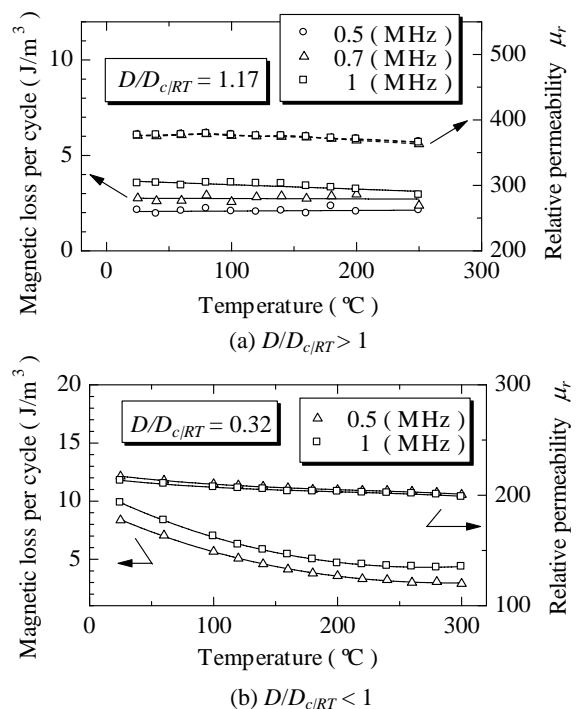


Fig.1 Magnetic loss and relative permeability of the prepared cores with (a)  $D/D_{c/RT} > 1$  or (b)  $D/D_{c/RT} < 1$  at  $B_m = 0.1 \text{ T}$  as a function of operating temperature.