

## 22. 高周波用磁気コアの鉄損低減

池添 広昭 大饗 康次 中野 正基 福永 博俊 掛橋 英典\* 小笠原 宏\*  
(長崎大学 \*松下電工(株))

## はじめに

非晶質薄帯で作製された磁気コアは、優れた軟磁気特性を有する一方で、周波数の 2 乗に比例して渦電流損失が増加するため、1MHz 以上の帯域では実用化に至っていない。この渦電流損失を抑えるには、板厚の減少、磁区構造制御と並んで層間絶縁が有効であることが知られている。[1,2] しかしながら、我々が報告した高分子絶縁膜は 6 $\mu\text{m}$  程度あり、コアの占積率を下げる欠点があった。そこで我々は、より薄い絶縁層として薄帯表面に酸化膜を形成することを試みた。本研究では、酸処理及び陽極酸化処理を施した薄帯で形成したコアの 10kHz-10MHz における高周波磁気特性について調べたので報告する。

## 実験方法

零磁気ひずみの  $\text{Co}_{70}\text{Fe}_3\text{Si}_{15}\text{B}_{10}$  を、空気中または 0.35atm に減圧した He 中で単ロール法により作製した。作製した薄帯の厚さは、それぞれ 9.2 $\mu\text{m}$ 、17.6 $\mu\text{m}$  である。酸化膜は、硝酸 2% に浸して酸処理する方法並びに陽極酸化処理法の 2 種類の方法により形成した。ただし、陽極酸化処理法では同時に板厚も制御するので、破壊を防ぐために板厚 17.6 $\mu\text{m}$  の試料を用いた。陽極酸化処理法は、薄帯を硫酸 5% 溶液中にタングステン線で吊し、タングステン板と薄帯の間に電圧 0.5V を 50 分間加えることにより行った。陽極酸化処理を施した薄帯の厚さは、酸処理をした薄帯の厚さとほぼ等しい約 9 $\mu\text{m}$  に減少した。磁気測定に用いた試料は、各方法により作製した薄帯をトロイダル状コアに形成し、それらを  $\text{O}_2$  中熱処理する際に、板幅方向に 288kA/m の磁界を印加することにより、磁区構造を制御したものである。

## 実験結果と検討

Fig. 1 に 9 $\mu\text{m}$  厚の酸処理した薄帯、17.6 $\mu\text{m}$  厚の薄帯を陽極酸化処理し約 9 $\mu\text{m}$  厚に減少した薄帯、及び比較のため各処理をしていない薄帯の複素透磁率の実数成分  $\mu'/\mu_0$  と周波数の関係を示す。酸処理した薄帯の  $\mu'/\mu_0$  は、酸処理なしの薄帯のものに比べて、測定した全周波数領域で向上している。一方、陽極酸化処理した薄帯の  $\mu'/\mu_0$  は、17.6 $\mu\text{m}$  厚を有する処理なしの薄帯のものと比較すると 2MHz 以上で改善されているが、薄帯の厚さが減少したことを考慮し、同じ厚みを有する酸処理をした薄帯と比べるとその透磁率は低い。Fig. 2 に損失を表す値  $\mu_0 \tan \delta / \mu'$  の周波数特性を示す。酸処理をした薄帯は、酸処理をしない薄帯に比べ 1MHz 以上での損失が減少している。陽極酸化処理をした薄帯は、17.6 $\mu\text{m}$  厚を有する処理なしの薄帯のものに比べて 200kHz 以上で損失が減少しているが、同じ厚みを有する酸処理した薄帯と比べると損失は大きくなっている。Fig. 3 に ESCA による表面分析の結果を示す。縦軸は(酸素原子の数)/(Co 原子の数)、横軸は深さに対応するエッチング時間である。酸処理なしの薄帯は、表面に集中して酸素原子が存在するのに対して、酸処理ありの薄帯は、奥まで酸素原子が存在し厚みのある酸化膜を形成している。また陽極酸化処理した薄帯の酸化膜は、酸処理した薄帯の酸化膜に比べて薄く、これは陽極酸化処理の効果が小さい原因の一つと考えられる。今後、薄帯の作製方法の検討並びに陽極酸化処理装置の改良等により、更なる透磁率の向上を検討する予定である。

## 参考文献

- [1] M. Yagi, T. Sato, Y. Sakaki, T. Sawa and K. Inomata : J. Appl. Phys., **64**, 6050 (1988)
- [2] H. Fukunaga, H. Kawaguchi, Y. Ohta, H. Kakehashi, H. Ogasawara and M. Fukuhara : Mater. Sci. Engng., **A181/182**, 884 (1994)

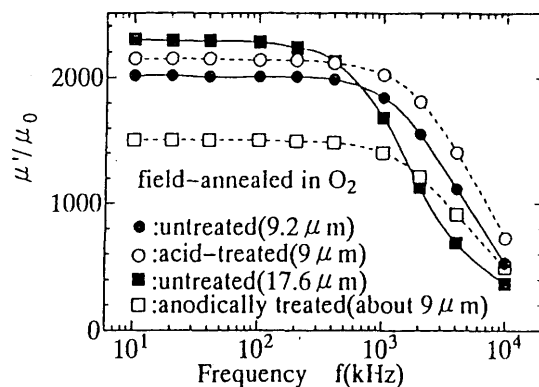
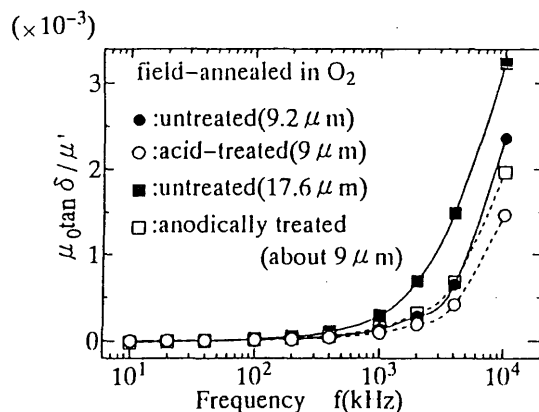
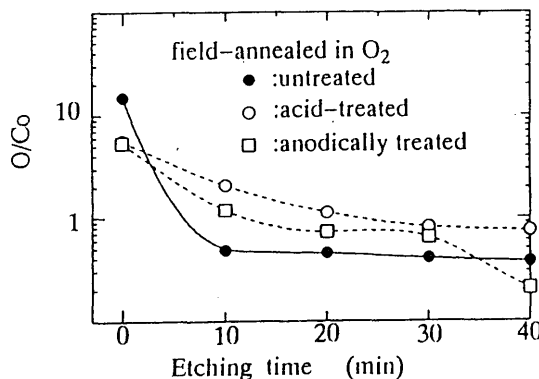
Fig. 1 Frequency dependence of  $\mu'/\mu_0$ Fig. 2 Frequency dependence of  $\mu_0 \tan \delta / \mu'$ 

Fig. 3 Depth profile of oxygen content measured by ESCA

Reduction in iron loss of magnetic cores for high frequency applications.

Hiroaki Ikezoe, Kouji Ooae, Masaki Nakano, Hirotohi Fukunaga, Hidenori Kakehashi and Hiroshi Ogasawara