

K6-20

## MEMS エアタービン発電機に用いるセラミック磁気回路の検討

## Investigation of Multilayer Ceramic Magnetic Circuit for MEMS Air Turbine Generator

○金子真人<sup>1</sup>, 高藤美泉<sup>1</sup>, 齊藤健<sup>2</sup>, 内木場文男<sup>2</sup>Masato Kaneko<sup>1</sup>, Minami Takato<sup>1</sup>, Ken Saito<sup>3</sup> and Fumio Uchikoba<sup>3</sup>

Abstract: This paper investigated multilayer ceramic magnetic circuits for MEMS air turbine generator. The ceramic magnetic circuits were fabricated by multilayer ceramic technology. In addition, the ceramic magnetic circuits were formed such as horseshoe shape, stepwise shape and hollow shape. The horseshoe size was 3.55×3.38×1.16[mm]. The stepwise shape size was 3.76×3.47×2.00[mm]. Also, the hollow shape size was 9.86×8.22×4.42[mm] and empty space size was 3.92×3.47[mm] respectively. Each ceramic magnetic circuits were analyzed the magnetic flux leakage by FEM. Moreover, each magnetic circuits were measured these property.

## 1. はじめに

携帯機器の小型化・高性能化に伴い、内部部品の小型化・高性能化が要求されている。これに応える技術としてシート工法を用いた積層セラミック技術がある。この技術は配線が施された薄いセラミックシートを積層し部品を形成するため、基板の小型・低背化が見込めることから電子素子など多く用いられる。また、素子形成の際にはほかの技術と組み合わせることで、小型で高性能な素子が作製できると考えられる。そこで我々は MEMS 発電機に注目した。MEMS 発電機の多くは小型化に適した静電方式を採用しているが、出力インピーダンスや電荷の飽和により出力電流が小さいという問題がある。一方で出力電流が大きい電磁誘導式は巻線構造のコイルを小型化することが難しいことから主に大型の発電機に用いられてきた。そこで磁性材料を用いた積層セラミック技術による小型なコイルを作製し、MEMS エアタービンと組み合わせた電磁誘導式発電機を考案した。また MEMS エアタービンと組み合わせる際、一般的な積層インダクタ等の平面が連続した単純な形状では、磁気回路として用いることが困難である。そこで、本研究では MEMS エアタービン発電機に用いるための複雑な立体構造をもつ積層セラミック磁気回路を作製し、検討を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1. 積層セラミック磁気回路の作製

本研究では 3 種類の積層セラミック磁気回路を作製し

た。形状として、異なる大きさの平面を組み合わせた、比較的単純な馬蹄型のもの、上層部分さらに磁性層を積層したより複雑な形状の二段型、中が空洞である中空型を作製した。作製した積層セラミック磁気回路には比透磁率 900 の NiCuZn フェライトを用いた。内部導体には銀を用いた。以下にそれぞれの作製方法を記載する。

はじめにフェライト粉体を混合し、セラミックシートを形成するために泥状のセラミックであるスラリーを作製した。混合したフェライト粉体、分散剤、可塑剤、有機溶剤を投入してボールミル法を用いて 24 時間混合した後、バインダを投入して 24 時間混合しスラリーの完成とした。次にドクターブレード法を用いてスラリーをシート状に形成した。得られたシートに上下層の導通をとるためのスルーホールを形成した。その後、スクリーン印刷法を用いて銀ペーストによる配線およびスルーホールへの充填を行った。作製したセラミックシートを 1 インチ角にダイシングし、一軸熱プレスと 1 インチダイスを使用して積層・圧着の工程を経たのち、設計したサイズにダイシングした。

また、本研究で作製した馬蹄型セラミック磁気回路は圧着方法として CIP(Cold Isostatic Press : 冷間等方圧加圧)を用いた。二段型は積層、圧着の工程を繰り返して形成した。さらに中空型は積層、圧着の工程の時に治具を用いて作製した。作製したそれぞれのインダクタを焼成し、積層セラミック磁気回路の完成とした。

1 : 日大理工・院・精機 2 : 日大理工・教員・精機

2.2. 測定項目

発電機に応用するために有限要素法を用いて磁場解析を行った。また、インピーダンスアナライザを用いてそれぞれの特性の測定を行った。

3. 結果および考察

作製したそれぞれのセラミック磁気回路を Fig.2 に示す。それぞれの寸法は(a)の外形寸法が  $3.55 \times 3.38 \times 1.16$ [mm]であり、(b)の外形寸法が  $3.76 \times 3.47 \times 2.00$ [mm]であり、(c)の外形寸法は  $9.86 \times 8.22 \times 4.42$ [mm]、内径寸法は  $3.92 \times 3.47$ [mm]であった。

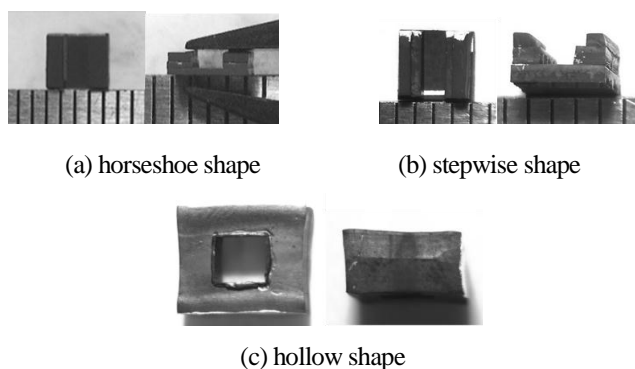


Figure1. Fabricated the magnetic circuit

次に磁場解析の結果を Fig.2 に示す。(a)の馬蹄型と(b)の二段型の積層セラミック磁気回路を比べると、(b)の二段型の方が、より磁束が多く取り込めていることがわかる。これは(a)の馬蹄型よりも(b)の二段型の方が磁石とのギャップが狭くなるような構造をしているためと考えられる。また(c)の中空型は磁性体の効果はあまり得られていないが、回路の内部に磁石が配置されているため発電は見込めると考えられる。

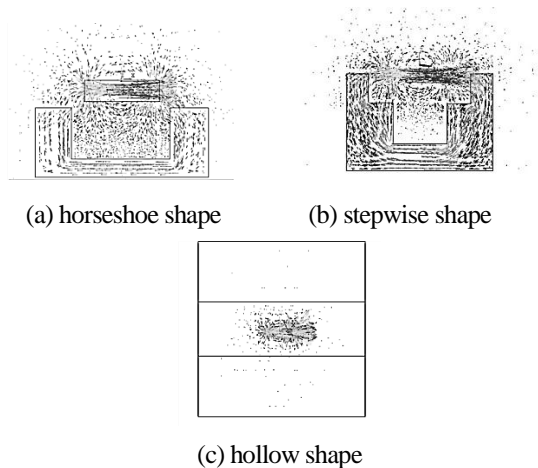


Figure2. Magnetic field analysis of magnetic circuit

さらに、インピーダンスアナライザを用いてそれぞれの特性を測定した結果を Fig.3 に示す。馬蹄型のインダクタンスは  $1.0$ [MHz]の時  $2.38$ [ $\mu$ H]で、二段型は  $1.0$ [MHz]の時  $0.79$ [ $\mu$ H]で、中空型は  $1.0$ [MHz]の時  $12.6$ [ $\mu$ H]だった。

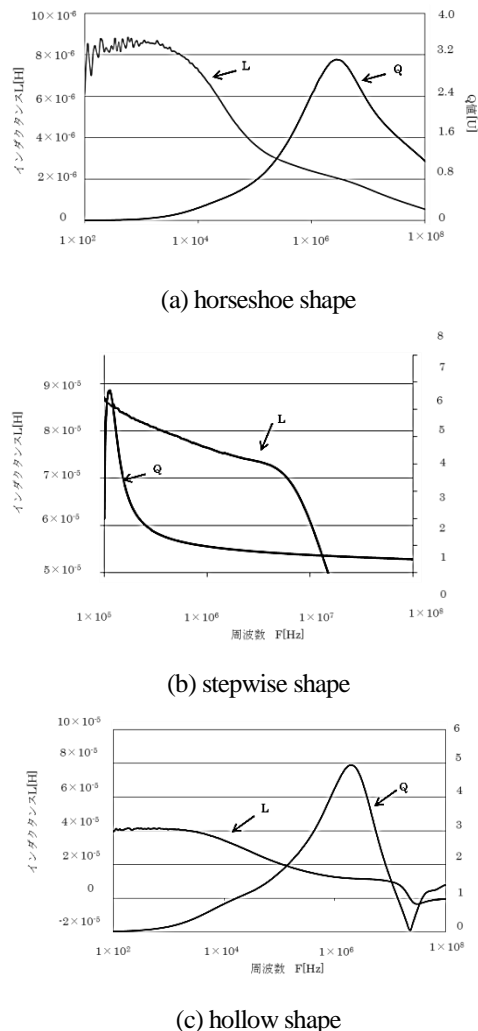


Figure3. The frequency dependence of the inductance and the Q-value.

4. 結論

MEMS エアタービンと組み合わせるためのさまざまな形状の積層セラミック磁気回路を作製することができた。有限要素法を用いた方法より、より多く磁束を取り込めるのは二段型であることがわかった。

謝 辞

本研究は日本大学マイクロ機能デバイス研究センターの支援を受けた。本研究は科研費(22560254)の助成を受けたものである。