

## 積層セラミック技術を用いた多層型積層セラミックインダクタの作製

## Fabrication of Multilayer Ceramic Inductor Using by Multilayer Ceramic Technology

○星和樹<sup>1</sup>, 吉田直弘<sup>1</sup>, 細谷謙斗<sup>1</sup>, 齊藤遼<sup>1</sup>, 高藤美泉<sup>2</sup>, 齊藤健<sup>3</sup>, 内木場文男<sup>3</sup>

\*Kazuki Hoshi, Naohiro Yoshida, Kento Hosoya, Ryo Saito, Minami Takato, Ken Saito and Fumio Uchikoba

Abstract : This paper suggests the multilayer ceramic magnetic circuit for MEMS micro air turbine generator. In this study, the electromagnetic induction type generator is focused as a miniature generator because it shows large current. The miniature structure of the turbine is fabricated by micro electro mechanical system (MEMS). The miniaturization of the magnetic circuit is realized by forming the helical coil structure using the multilayer ceramic technology. The two type coil patterns of the magnetic circuit as triangle type and square type were fabricated. The dimensions of the magnetic circuit are 3mm×3mm×4mm (triangle type), 3mm×3mm×4.1mm (square type).

## 1. はじめに

近年,携帯機器の小型化に伴い,電源の小型化の研究が盛んに進められてきている.1990年代の後半にMIT(Massachusetts Institute of Technology)でMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)ガスタービンが開発されたが,これにはMEMSで使用するシリコンウエハの融点とガスの燃焼温度の間に大きな問題がある.これを解決するために,ガスタービンではなくエアタービンでの発電が多く研究されている.また,発電方式ではMEMSでの作製が容易であることから一般的に静電方式が用いられている.しかし,静電方式はインピーダンスが高く,出力電流が小さいという問題がある.一方で電磁誘導方式は出力が大きいことから小型発電機として注目されている.磁気回路の小型化にはヘリカルコイルの形成が有効であるが,MEMS技術では立体構造の形成が困難である.

本研究では磁気回路を積層セラミック技術で作製した電磁誘導式MEMSエアタービンを目的とした.積層セラミック技術は3次元配線が可能な技術であり,小型化に有効である.また材料として磁性材料を用いることができることから,磁気損失を減少することができると考えられる.本実験では,異なる2種類の磁気回路を設計し作製を行った.

## 2. 設計概要

## 2.1 磁気回路部分の作製

本研究では,6mm×6mmのタービンに搭載することを想定して外径Φ3mm,内径Φ1mm,着磁方向は片面2極の磁石を使用する.また,磁気回路は3mm×3mmに設計する.図1に(a)Triangle typeと(b)Square typeの2種類

の磁気回路の概要図を示す.

図1(a)のTriangle typeは,(b)のSquare typeと違い,今回使用する磁石の外径に収まるように設計している.そのためSquare typeに比べて比較的小さく設計することが可能である.また,(b)Square typeは同じ磁気回路を90°回転させて積層することが可能なことから作製を容易にした.また磁気回路部分の材料として磁性材料である比透磁率900のNiCuZnフェライトを用いた.またコイルパターンは銀ペーストを用いた.

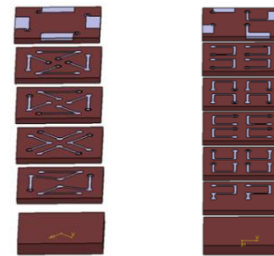


Figure1. (a) Triangle type (b) Square type

## 3. 磁気回路の作製

磁気回路の作製方法ははじめに泥状のセラミックであるスラリーを作製する.原材料はフェライト粉体,分散剤,可塑剤,有機溶剤,そしてバインダを混合する.次に,ドクターブレードを用いてスラリーを厚さ300μmのシート状に形成する.このシートに直径300μmのスルーホールを上下のシートとの導通をとるために成形する.次に銀ペーストを使用してスクリーン印刷法を用いて,配線およびスルーホールへの充填を行う.その後,1inchにダイシングを行い積層していき,1軸熱プレスを用い積層を行う.圧着条件は圧着温度70°C,圧力15Mpa,圧着時間は2分で行う.積層体を電気炉を用いて

1: 日大理工・学部・精機 2: 日大理工・院(後)・精機 3: 日大理工・教員・精機

焼成して完成とする。

本研究ではコイルパターンが2種類あることから積層枚数が異なる。(a)Triangle type は3分の2回巻きであるため35枚積層したあと、磁性体の層を5枚積層して、コイルの巻数は44回巻きとしている。また(b)Square type は4分の3回巻きであるため36枚積層し、磁性体の層を4枚積層し、コイルの巻数は50巻きとしている。

また、本実験では出力実験として磁石を装着してあるスピンドルとオシロスコープを用いて電圧を測定する。また、求めた電圧と負荷抵抗から出力電力を求め本実験の実験結果とする。

#### 4. タービン部分の設計概要

図2(a)(b)に本研究のタービン部分の概要図を示す。

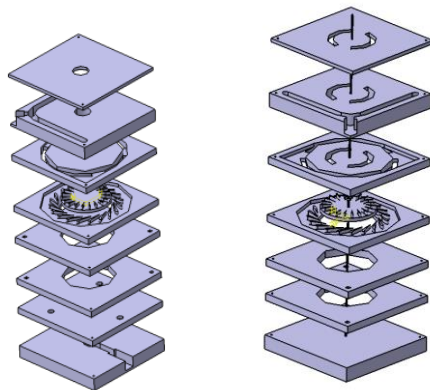


Figure2. (a)Air axis (b)Alloy axis

図2の(a) Air axis はロータの支持に空気軸受を用いる構造とした。タービンには空気軸受流路から流れてきた圧搾空気が流れるための流路が形成されており、ローターを浮上させるための圧搾空気を外に流すための流路を駆動用の流路と同じ流路で外に放出することが可能である。また、図2(b) Alloy axis は空気軸受ではなく、超硬合金の軸を用いてローターを支える構造としている。そのため比較的安定した状態でローターが回転すると思われる。タービンの外形寸法は(a)Air axis が 6 mm × 6 mm × 3.7 mm, (b)Alloy axis が 6 mm × 6 mm × 4.1 mm となる。

#### 5. 結果及び考察

本研究で作製した実際の磁気回路を図3に示す。

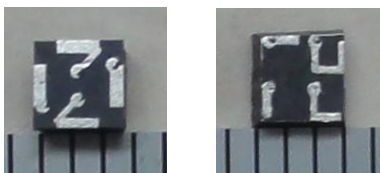


Figure3. (a) Triangle type (b) Square type

焼成後の磁気回路の外形寸法はそれぞれ、(a) Triangle type が 2.8 mm × 2.8 mm × 2.0 mm, (b) Square type が 3.0 mm × 3.0 mm × 2.1 mm であった。縮率はそれぞれ 7% と 14% であった。この違いはパターンの違いからおこる銀ペーストの塗布量の違いによるものだと考えられる。また、作製した Triangle type の磁気回路を用いて発電実験を行った。結果を図4に示す。負荷抵抗 10Ωをつないで磁石を380000回転させた時に出力電圧 29.6 mV が得られた。この結果、87.6 μVA の出力が得られた。

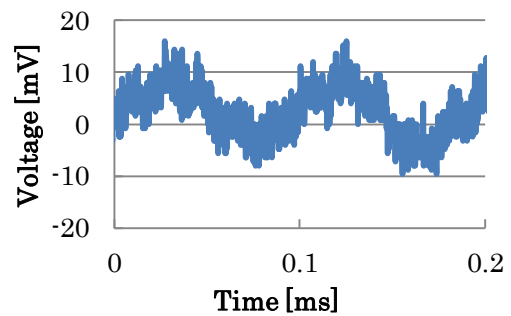


Figure4. Output Waveform of triangle type magnetic circuit

また、磁気回路の中には導通が取れないものもあった。これは印刷の際にスルーホールに銀ペーストが十分に充填されていなかったためだと考えられる。これは銀ペーストの粘度を調整することで解決できる。

#### 6. まとめ

積層セラミックの技術を用いて、MEMS タービンと組み合わせる磁気回路を作製した。作製したコイルのうち、triangle type でスピンドルを用いて発電実験を行ったところ 87.6 μVA の出力を得られた。今後、磁気回路と組み合わせるための MEMS エアタービンを作製し発電実験を行う。

#### 7. 参考文献

[1] Takahashi T and Takaya M, "Laminated Electronic Parts and Process for Making the same", USP, 4322698, 1974

#### 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。