C-10

MEMS 技術と積層セラミック技術を適用した小型モータの研究開発

Research and Development of Micro Motor which Applied MEMS Technology and Multilayer Ceramic Technology

○佐村隆弘[1]，　多田峻己[2]，　高藤美泉[3]，　齊藤健[3]，　内木場文男[3]
*Takahiro Samura[1], Syunki Tada[2], Minami Takato[3], Ken Saito[3], Fumio Uchikoba[3]

Abstract : This paper suggests a MEMS micro motor that used a MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) technology and a multilayer ceramic technology. In an electromagnetic type MEMS micro motor, it is difficult to form a three-dimensional structure coil like a winding wire coil for a magnetic circuit by the MEMS process. Therefore, the multilayer ceramic technology that is used for an electrical element was introduced to the MEMS motor. By using the multilayer ceramic technology, 4 mm scale electromagnetic type MEMS motor was achieved. The fabricated MEMS motor demonstrated a rotational motion with 1080 rpm at 0.29 A.

１．はじめに

電子部品の高密度実装化に伴い，ノートパソコンをはじめとする携帯電子機器の小型化が進んでいる. それに伴い，駆動源としても微小機構をもつ高出力モータの要求が高まっている. そこで新しい製造法によるマイクロモータの検討が行われている. そのなかで半導体集積回路の製造技術として使用される微細加工技術を用いたMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)モータの研究がある[1]. MEMS モータは構造が平坦な静電モータが一般的であるが, 駆動電圧が高く, 発生トルクが小さいという問題がある. 電磁モータを採用することで高出力を得ることができるが, MEMS 工程では磁気回路に用いる巻線コイルのような三次元方向への配線は困難である. そのため, 平面的なスパイラル構造の磁気回路を用いた電磁モータの研究がされている[2]. スパイラル構造の磁気回路は, MEMS 技術でも形成可能であるが, 配線パターンが径方向に延びるため効率が悪い. そこで小型で高性能な電磁アクチュエータの実現のために, 小型のヘリカルコイルを形成する技術として積層セラミック技術に注目した. 積層セラミック技術はシート状のセラミックに導体パターンを形成し, 積層することで内部に三次元配線を行う技術である. 従来では小型電子素子としてもちいられているため, 小型化が可能である. 本研究では, 積層セラミッ技術を機械部品に応用することで, 4mm サイズの電磁モータを開発する.

２．MEMS モータの設計

MEMS 電磁モータは安定した回転を実現するために三相交流電流から発生した回転磁界で回転する三相交流同期モータとした. また磁気回路の上に磁石を配置するアキシャルギャップ型を採用した. Figure 1 に MEMS 電磁モータの概念図を示す. また、Figure 2 に考案した 4mm 角の電磁モータの模式図を示す. 電磁モータの外形寸法は直径 4mm, 高さを 6mm とした. ロータに外径 3mm, 内径 1mm, 厚さ 0.5mm, 2 極のリング状の磁束密度 1.4T の高さ方向に着磁したネオジム磁石を接着し, トルクを伝えるための回転軸は直径 100μm の超硬合金を用いた. 磁気回路は 120 度ずらして 3 つ配置することで三相交流型となるように設計した.

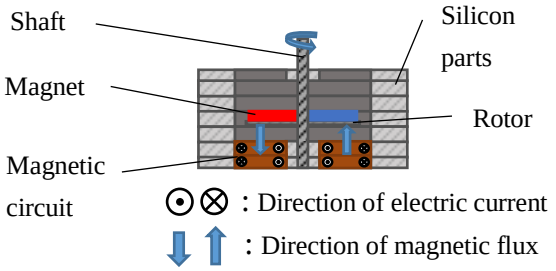

Figure 1. Cross section image of the MEMS motor

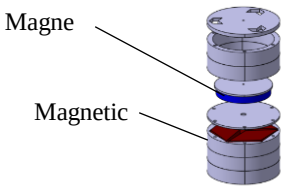

Figure 2. Schematic illustration of 4mm MEMS

１：日大理工・院（前）　２：日大理工・精機　３：日大理工・教員・精機

３．積層セラミック磁気回路の設計

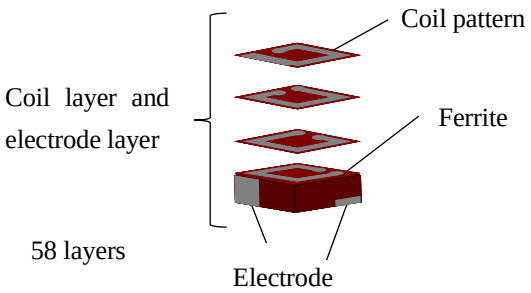

Figure 3. Schematic illustration of multilayer ceramic magnetic circuit

設計した積層セラミック磁気回路を Figure 3 に示す. 磁気回路の形状はひし形とし, 磁気回路の外形は寸法 3.2×1.8×3.0mm とした. コイルパターンは 1 層で 7/8 回巻を形成し, コイル層と電極層を合わせて全 58 層を積層することで 50 回巻のコイルを形成した. 引き出し線はコイルの裏面に配線する設計とし, それぞれ独立したコイルとした.

４．結果および考察

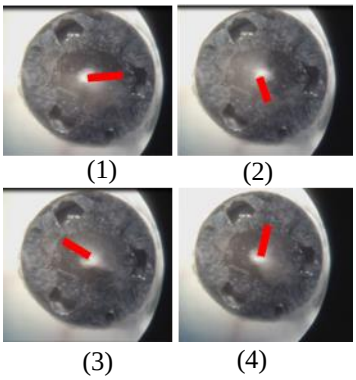

Figure 4. Rotational motion of electromagnetic MEMS motor

Figure 4 にフェライト磁気回路を実装した 4mm 角の MEMS モータの回転動作を示す．回転実験に用いた積層磁気回路はインダクタンスが 120μH から 129μH の範囲であり, 抵抗値は 0.81Ω から 0.87Ω の範囲を示した. 作製したモータは周波数 18Hz で電圧を印加したとき 1080rpm の回転数を得た．赤い線は軸に固定したフラッグの位置を示す. また, 磁気回路に印加された電圧は 0.25V, 磁気回路の平均抵抗は 0.85Ω であり, 三相のコイルがそれぞれ独立していることから各相に流れる消費電流は約 0.29A であり，消費電力は 0.108W であった.

また，回転実験の際に安定した回転動作が得られないことがあった. これは磁気回路の磁石と磁性材料が引き合う力が下方向に働き, 摩擦を強めたと考えられる．そこで磁性材料を上下に配置することで摩擦を減らすことを期待できる. また, 回転動作時に軸の偏心運動が確認された. 軸と軸を通すための孔の隙間が 27μm と広かったことが原因と考えられる．安定した回転を得るために軸受けとなる構造を検討する必要がある．そこで，今後 Figure 5 に示すような上下に磁性体を配した軸受け機構をもつ MEMS モータを検討する.

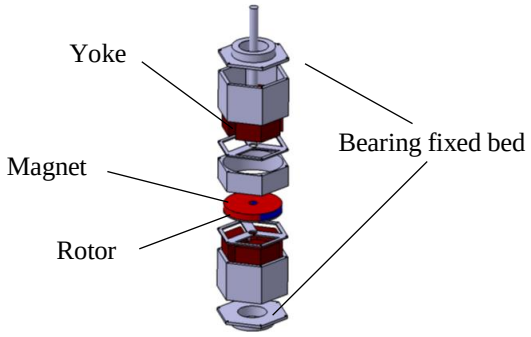

Figure 5. Design of bearing type MEMS motor

５．まとめ

積層セラミック磁気回路と MEMS 部品を組み合わせた 4.22×4.22×6.04mm の電磁モータを作製した. 積層セラミック技術を用いることでコイルを磁性材料中に形成した 50 回巻の小型な磁気回路を得る事が可能となった. 作製した電磁モータは消費電力 0.108W で回転数 1080rpm を得た. 今後の安定した回転を得るために, 磁性材料を上下に配置した軸受け機構をもつ MEMS モータを検討する.

６．参考文献

[1]Y-C. Tai, et al., :“IC-Processed Micro-Motors: Design, Technology, and Testing,” Proc. of Micro Electro Mechanical Systems 1989, pp. 1-6, 1989

[2]S. Merzaghi, et al., :“Development of a Hybrid MEMS BLDC Micromotor,” IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 47, No. 1, pp. 3-11, 2011

謝辞

本研究において日本大学マイクロ機能デバイス研究センター日本大学理工学部研究助成金の技術支援を受けた．また，本研究は科研費 16K18055 の助成を受けたものである.