

M-41

小型積層フェライトインダクタによる MEMS デバイスへのワイヤレス電力伝送システム

Micro Multilayer Ferrite Inductor for Wireless Power Transmission system to MEMS Device

○藤野敏樹<sup>1</sup>, 高藤美泉<sup>2</sup>, 見持歩樹<sup>1</sup>, 齋藤健<sup>3</sup>, 内木場文男<sup>3</sup>  
Toshiki Fujino<sup>1</sup>, Minami Takato<sup>2</sup>, Aki Kenmochi<sup>2</sup>, Ken Saito<sup>3</sup>, Fumio Uchikoba<sup>3</sup>,

Abstract: This paper proposes a transmission system using multilayer ceramic technology for the MEMS devices. Conventionally, the electromagnetic induction method has been used for the wireless power transmission. On the other hand, magnetic resonance method shows the better property than that of the electromagnetic induction method, such that it is able to extending the transmission distance and reduces the effects of misalignment. In our study, the magnetic resonance system was used, and researched for miniaturization to apply for MEMS devices. In this system, multilayer ceramic technology was used as a key technology for miniaturization and monolithic structure. As a result, about 13% transmission efficiency in the voltage regime was obtained at the frequency of 26.8[MHz].

1. はじめに

従来,ワイヤレス電力伝送には主に電磁誘導方式が用いられている。これは,伝達効率が低い点,回路が単純な点などが理由として挙げられる。しかし,2007年に磁気共鳴方式を用いて 2[m]離れたところに置かれた 60[W]の電球を発光させることに成功したと MIT から発表があり<sup>[1]</sup>,磁気共鳴方式も注目されるようになった。磁気共鳴方式では,送信側と受信側を共振回路にすることで電力伝送を行う。この方式は電磁誘導方式に比べて伝送効率は劣るが,伝送距離を長くすることができ,位置合わせに高い精度を必要としないなど,電磁誘導方式より優れた点がある。しかし従来,どちらの方式でも導線を磁性体コアに巻きつけてインダクタを形成しているため,システム全体のサイズが大きい。そのため,例えば MEMS デバイスなどの小型システム等へ応用するのが困難であるといえる。そこで,我々は小型素子などに利用されている積層セラミック技術<sup>[2]</sup>を用いてコイルのコアとなる磁性体にコイルパターンを形成し小型化とモノリシック化の実現及び,磁気共鳴方式を採用し,離れた位置にある MEMS デバイスへの給電が可能なワイヤレス電力伝送システムの確立を目的とした。

を避けるために外径部分を縁取る様に内部配線を施した。また,伝達効率を高めるため Q 値を大きくすることが重要であるが,小型化するため導体損失や浮遊容量・寄生成分からなる損失成分を小さくすることは難しく,インダクタンスを大きくすることによって Q 値を上げる必要があった。さらに,インダクタンスはコイル面積を大きくし,巻き数を増やし,かつ磁路の長さを短くすることで大きくすることができるので,積層セラミック技術を用いてインダクタの低背化による磁路の短縮と巻き数の増加を両立させた。設計概念図を Figure 2.に示す。

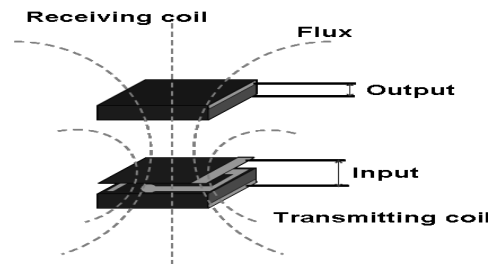


Figure 1. Schematic diagram of wireless power transmission.

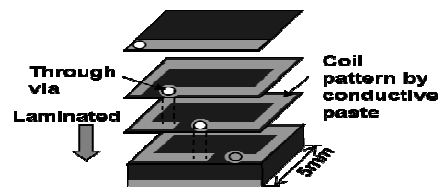


Figure 2. The design conceptual diagram.

2. 設計概要及び作製方法

2-1. 設計概要

送信側に共振点付近の高周波を印加し電磁波を発生させ,受信側と共鳴させ電力の伝送を行った。ワイヤレス電力伝送システムの概念図を Figure 1.に示す。

設計を行う際に, Figure 1.のように伝送を行うため送信側のインダクタから生じた磁束を自ら取り込むこと

2-2. 作製工程

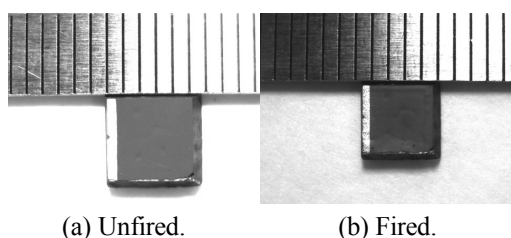
まず,フェライトシートの作製を行った。フェライト粉体にバインダ・有機溶剤を加えボールミルで混合し,液状のセラミック原料であるスラリーを作製し,ドクターブレード法を用いてシート状に形成した。次に,フェ

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

ライトシートにスルーホールを開け、スクリーン印刷法により導体配線と上下を繋ぐビアの充填を行った。さらに、1 インチにダイシングした後、1 インチダイスと一軸熱プレスを用いて圧着を行った。最後に、5[mm]角にダイシングした後、電気炉で焼成を行った。

### 3. 結果及び考察

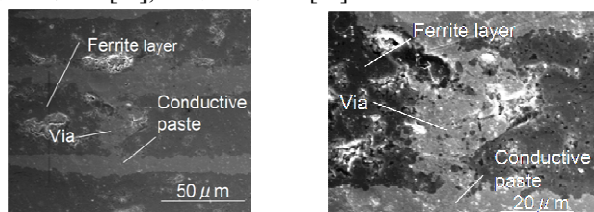
まず、作製したインダクタを実体顕微鏡で観察した結果を Figure 3. に示す。また、焼成後の試料を樹脂に埋め込み断面を研磨したものを走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察した結果を Figure 4. に示す。



(a) Unfired. (b) Fired.

**Figure 3.** Stereomicroscope images.

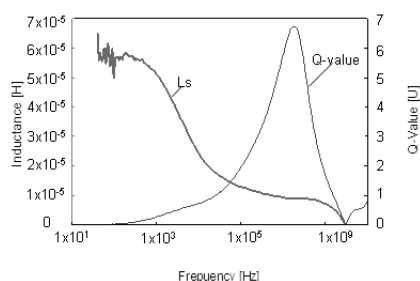
焼成前の寸法は  $5 \times 5 \times 1.31$ [mm]であり、焼成後の寸法は  $4.2 \times 4.2 \times 1.17$  [mm]であった。したがって、縮率は x-y 方向が約 18[%], z 方向が約 11[%]であった。



**Figure 4.** SEM images.

Figure 4. から分かるように配線、ビア共に形成できていることが確認できた。

次に、インピーダンスアナライザを使用し作製したインダクタの Q 値とインダクタンスの周波数特性の測定を行った結果を Figure 5. に示す。

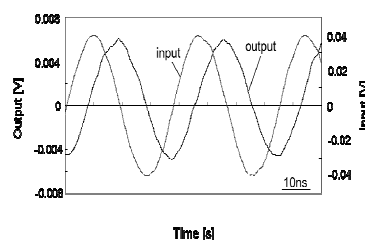


**Figure 5.** The frequency dependence of the inductance and the Q-value.

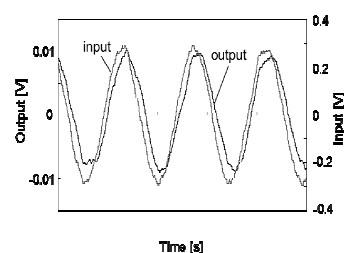
周波数が 1.86[MHz]の時 Q 値は最大値 6.76[U]をとり、この時のインダクタンスは 8.99[ $\mu$ H]であった。

また、伝送距離を 5[mm]とした状態で伝送を行い、負荷を 1[M $\Omega$ ]とし、オシロスコープを用いて入力電圧と

出力電圧を測定した結果を Figure 6. に示し、100[ $\Omega$ ]を受信側に負荷して測定を行った際のオシロスコープの出力結果を Figure 7. に示す。



**Figure 6.** Input and output waveform at load resistance 1[M $\Omega$ ].



**Figure 7.** Input and output waveform at load resistance 100[ $\Omega$ ].

Figure 6. より、負荷抵抗 1[M $\Omega$ ]の場合 26.8[MHz]の時に伝達効率が約 13%と最大値を示した。また Figure 7. より、さらに 100[ $\Omega$ ]を負荷した場合は 13.8[MHz]の時に伝達効率が約 3%と最大値を示した。このことから送信系、受信系共に入力周波数や抵抗値を変化させることでさらに高効率な電力伝送の実現が可能だと考えられる。

### 4. まとめ

積層セラミック技術を用いて外径寸法  $4.2 \times 4.2 \times 1.2$ [mm], 巻数 20, 自己共振点付近の Q 値 6.76[U], インダクタンス 8.99[ $\mu$ H]のインダクタを作製し、共振による電力伝送をおこなった。最大で約 13[%]の伝達効率を達成した。今後、適切な条件で測定を行うことでさらに大きな伝達効率を得られる可能性がある。

### 参考文献

- [1] A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J. D. Joannopoulos, P. Fisher and M. Soljačić, J. Science, (2007) Vol.317, No.5834, pp.83-86.
- [2] Y. AKAGI, J. TANE, N. OTA, Y. YUMISASHI and F. UCHIKOBA, J. Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging, (2008) Vol.1, No.1, pp. 19-24.

### 謝辞

本研究は科研費 22560254 の助成を受けたものである。本研究は日本大学マイクロ機能デバイス研究センターにおいて製作と評価を実施した。