

積層セラミック技術によるワイヤレス電力伝送デバイスの設計開発 Design and Development of Wireless Power Transfer Device by Multilayer Ceramic Technology

○多田 匠吾¹, 谷田 純一¹, 高藤 美泉², 齊藤 健³, 内木場 文男³
*Shogo Tada¹, Junichi Tanida¹, Minami Takato², Ken Saito², Fumio Uchikoba³

Abstract: This paper proposes a wireless power transfer system fabricated by a multilayer ceramic technology. The wireless power transfer system has attracted attention as power supply method. However, conventional coil for the wireless power transfer was used a winding wire, and it is difficult to miniaturize because it forms a spiral coil. The multilayer ceramic technology has the property of being able to form a helical coil structures. Developed coil was fabricated by low temperature co-fired ceramic (LTTC) using multilayer ceramic technology. Fabricated ceramic each pattern width coil were compared and the decrease of internal resistance coil were realized.

1. はじめに

微細加工技術の発達により様々な分野で機器の小型化, 高機能化, 軽量化が進んでいる. しかし, 携帯電話などでは小型の本体に対して大型画面を採用することにより消費電力が増える一方で, 電池の容量が小さくなり頻りに充電する必要がある. 非接触で簡単に電力を供給する方法としてワイヤレス電力伝送がある^[1]. ワイヤレス電力伝送は固定電話の子機への充電や, 水回りの機器への充電などに古くから用いられている^[2]. 商品化されているワイヤレス電力伝送システムに採用されている主なコイル形状は, 磁束を取り込みやすくするためコアにコイルを巻きつけたり, ヨークと組み付けるためのスパイラルコイルが使われている. スパイラル形状は 1 巻あたりの巻き数が増えると, 線長も長くなってしまふので, 1 巻あたりの長さが等しいヘリカル形状のコイルの方が小型化には有利である. しかし, 小型化には三次元的にコイルを形成する技術と, コアにコイルを巻きつける技術が必要である. 小型ヘリカルコイルを形成する技術として積層セラミックと呼ばれる技術がある. この技術はシート状の磁性セラミックにコイルのパターンをスクリーン印刷法を用いてを印刷し, シートを積層した後に焼成を行うことで三次元構造のコイルを得られる. 本研究では異なる線幅のヘリカル構造の積層コイルを作製し, 巻線のスパイラルコイルと比較することで内部抵抗と断面積の関係と出力について考察した.

2. 積層セラミック設計と実験方法

Figure1 にヘリカルコイルの模式図を示す. コイルは基本材料に LTCC(low temperature co-fired ceramic)を用い, コイル層を 19 層, 上にセラミック層を 1 層積層

する. コイルパターンには銀ペーストを用い, 線幅 400[μm]と 800[μm], 巻き数 18 巻のコイルとした. またコイル設計においてはコイル面積を広くとるような設計が望ましい. そこで本研究ではシートの外周部分を縁取るようにパターンを配置し, コイルの外径部分と配線部分のコイル最外径がほぼ一致するような構造とした. コイルはコアを組み合わせるため幅 12[mm]の挿入用孔を形成した.

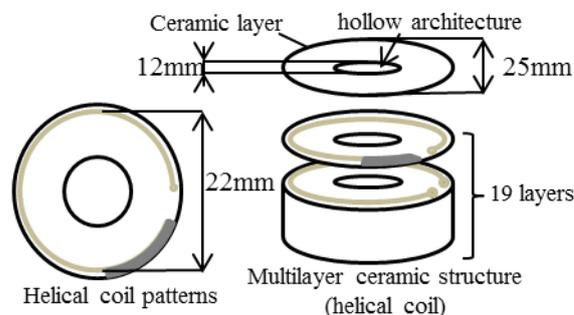


Figure1. Design of helical pattern coil

Figure2 はセラミック伝送システム概念図を示す. セラミックコイルには作製したコアとヨークを組み合わせる. コアの直径は $\phi 10$ [mm]とし, コアの高さは各コイルの高さに合わせて調整する. ヨークの直径は $\phi 35$ [mm]で高さは 1[mm]とした. 磁性材料には 900 の透磁率を有する低温同時焼成 NiCuZn フェライトを用いた. 積層セラミックコイルは, セラミックシートの上にコイルパターンを印刷したものを積層し, 焼成することでコイルを作製する. 比較用コイルには巻き数 18 巻, 直径 $\phi 32$ [mm]厚さ 0.8[mm]のスパイラル形状の巻線コイルを用いた. 積層セラミックコイルの作製方法を Figure3 に示す.

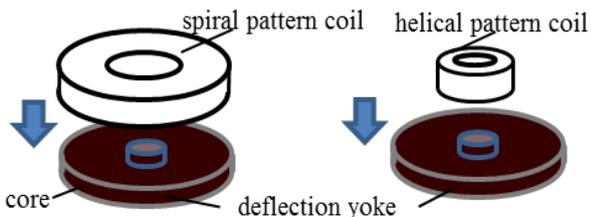


Figure2. schematic illustration of ceramic transmission system

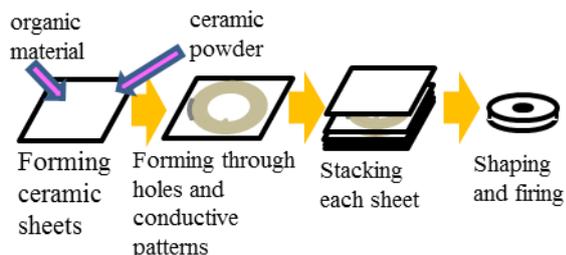


Figure3. Fabrication process of multilayer ceramic coil

Figure4 に伝送実験の模式図を示す。作製した伝送システムと巻線で作製した 15 回巻の送信コイルを対向した状態で設置し、さらに 50[Ω]の負荷抵抗を受信コイルに取り付け出力をオシロスコープによって測定を行った。

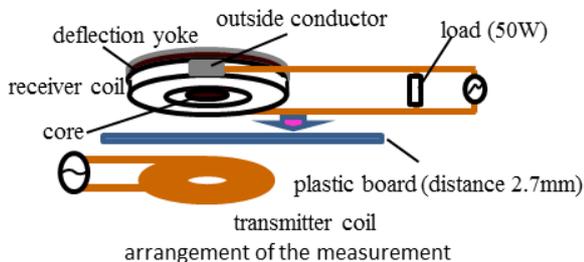


Figure4. Schematic diagram of transfer experiment

3. 結果及び考察

作製したコイルの写真を Figure5 に示す。

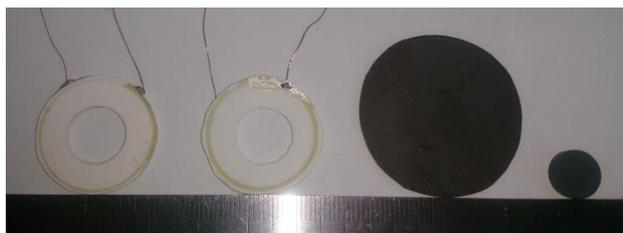


Figure5. Photos of fabricated coil

写真は左から(a)線幅 400[μm]の LTCC ヘリカルコイル, (b)線幅 800[μm]LTCC ヘリカルコイル, (c)ヨーク, (d)

コアである。

Table1 には各コイルの寸法と測定結果を示す。

Table 1. Transfer a result of the coil was fabricated

	巻線	線幅 400[μm]のコイル	線幅 800[μm]のコイル
直径[mm]	32	25	25
高さ[mm]	0.8	1.6	1.6
線幅[mm]	0.4	0.4	0.8
線の厚み[mm]	0.8	0.025	0.021
断面積[mm ²]	0.16	0.002	0.004
内部抵抗[mm]	0.2	6.54	2.18
出力電圧[V]	13.7	10.6	10.9
出力電力[W]	4.0	2.2	2.4

Table 1 より、作製した線幅 400[μm]と 800[μm]のコイルを比較した結果、800[μm]の方が内部抵抗を低下させることができた。しかし、両方のコイルの出力電力は巻線コイルよりも小さかった。内部抵抗の値は線幅と線の厚みが関係してくる。巻線とセラミックコイルを比較すると、線の厚みが巻線コイルのほうが大きいため、内部抵抗が小さくなった。内部抵抗を小さくする際には、線幅の増加は小型化には限界があるため、厚みを増すことにより内部抵抗を増加させる必要がある。

4. 結論

積層セラミック技術を用いてワイヤレス電力伝送システムの作製を行った。本研究では、線幅を 2 倍にすることで断面積を 2 倍に増加させたが、線幅の増加による低抵抗化には限界がある。そのため、今後は厚みの増加による低抵抗化の検討も行き、高出力化を目指す。

参考文献

- [1]松木英敏 高橋俊輔 “ワイヤレス給電技術がわかる本” オーム社 2011
- [2]尾崎浩一：“マイクロエネルギー技術の現状と展望”，日本機械学会，情報・知能・精密機器部門講演会，No. 02-183 (2002)

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 において製作と評価を実施した