

# ワイヤレス電力給電実験キット A マニュアル



〒350-0209  
埼玉県坂戸市塚越 1220-1  
TEL:049-298-4326  
FAX:049-284-4364

# ワイヤレス電力給電実験キットマニュアル

## 1. キットの概要

本キットは、ワイヤレス電力給電の基本原理を理解することを目的とした実験キットです。ワイヤレス電力給電の方式には、大別して、磁界方式と電界方式がありますが、本キットでは、磁界方式の電磁誘導方式ワイヤレス給電と共鳴方式ワイヤレス給電の実験ができます。

コイルは、フェライトコアを使用するコイルと直径の異なる2種類の空芯コイルが使用でき、コイルの違いによる伝送距離の違いを体験できます。

キットの構成は、

- ・ 給電（送信）基板：1枚（組立調整済み）
- ・ 受電（受信）基板：1枚（組立調整済み）
- ・ ACアダプタ：1個
- ・ E28 フェライトコア及びボビン：2組
- ・ 紙パイプ 80φ：2個
- ・ 紙パイプ 55φ：2個
- ・ 電線（0.6φ UEW）：15m
- ・ マニュアル（本書）：1部

となっています。

写真1に、キットの内容を示します。

### 1) 注意事項

- i 本器の各実装部品は、高電圧になっているものがあり、通電中は触れないようにしてください。感電の恐れがあります。
- ii 本器の内部の電圧を測定する場合、測定器のGNDを本器のGND端子以外に接続すると内部部品を破壊する恐れがあります。指定箇所以外に測定器のGNDを接続しないでください。
- iii 電源を投入する場合には、本説明書の「(6)の(ア)から(ク)」の手順に従ってください。  
各素子の評価の条件は、(6)の表6の組み合わせで評価をお願いします。
- iv 電源を切る場合は、本説明書の「(6)の(ク)」の手順に従ってOFFしてください。手順に従わないでOFFすると、電解コンデンサの電荷が放電されず高電圧になっている場合には感電のおそれがあります。
- v 本器の接続、子基板の入れ替えの場合にはAC電源の出力電圧を0Vにするとともに、補助電源用のACアダプターの電源を遮断して行ってください。

感電や機器の破損のおそれがあります。

- vi 本器に使用している半導体は、静電気により破損することがありますので取扱い上の注意をお願いします。

## 2. 回路の概要

回路の構成を図 1 に示します。

Q5 と Q6 で構成したプッシュプル回路を発振回路とゲートドライバーにより 2MHz で ON,OFF させます。

この信号を、TR1 と C7~C10 で構成された共振回路を通すことにより、2 次巻線に、2MHz の正弦波を発生させます。

この高周波出力は、直列の電流制限用抵抗 (R11 : 51Ω) を通して、TB1 の 2 番 3 番端子から出力されます。

この出力を給電コイル (L2) に入力し磁界を発生させます。

共鳴型の場合は、給電コイルに共振巻線を巻き、VC1 と共振させ、共振電流により、大きな磁界を発生させます。(VC1 は、15pF~260pF のポリバリコン)

受電コイル (L3) は、給電コイルで生じた磁束の 1 部が鎖交し、受電基板の端子 (TB2 の 2 番、3 番端子) に高周波電圧を入力します。

この電圧を C16、D3,D4 により、直流に変換し、LED1 を発光させます。

共鳴方式では、受電コイルの共振巻線と VC2 を共振させ、出力巻線の電圧を受電基板に出力し、直流に変換し、LED1 を発光させます。

### 2.1 給電 (送信) 基板と受電 (受信) 基板の回路と動作

図 2 と表 1 に、試作したワイヤレス給電装置の回路と部品表を示します。

以下に給電基板と受電基板の動作を説明します。

#### 2.1.1 給電基板

##### 2.1.1.1 2MHz 信号の生成

二つの MOSFET (Q5 と Q6) で構成したプッシュプル回路で共振回路を駆動して、給電用の高周波出力を生成します。

Q5 と Q6 を交互に駆動する信号は、セラロック (X1) とインバータゲート (U2-A) で 4 MHz を発振させ、フリップフロップ (U3) で 2MHz に変換します。

##### 2.1.1.2 デットタイムの生成

フリップフロップの出力は、デューティ 50%の矩形波で、このまま Q5 と Q6 を駆動すると同時にオンする期間が発生し短絡電流が流れます。このため、Q5 と Q6 を駆動する信号には、両方の MOSFET を OFF 状態にさせる時間 (デットタイム) を設けます。

U2-F (U2-E)、U4-C (U4-D) と R3 (R4)、C5 (C6) により、デットタイムを生成しま

す。デットタイムは、R3 (R4) と C5 (C6) の時定数が大きいほど大きくなります。

U4-A (U4-D) は、波形整形用です。

#### 2.1.1.3 MOSFET の駆動

デットタイムを持った駆動信号は、インピーダンスが高く、このままでは MOSFET を直接駆動できません。そこで、U5-D~U5-F (U5-A~U5-C) で増幅し、Q1 (Q3) と Q2 (Q4) のコンプリメンタリ回路により、MOSFET を駆動しています。

D1、R6、R7 (D2、R9、R10) は、MOSFET のスイッチングスピード調整用で抵抗値が小さいほど早くなります。

#### 2.1.1.4 正弦波の生成

TR1 の励磁インダクタンスと C7~C10 の共振により、2MHz の正弦波を生成します。

TR1 は、高周波で動作するため高周波損失の少ないコアを使用する必要があります。

今回は、アミドン社製のダストコア (アミドンコア) T-80#2 を使用しました。

このコアは、周波数により色分けされて、#2 は、赤色で 1 MHz~30MHz まで使用できます。トランス (TR1) の仕様を図 3 に示します。

Q5 と Q6 は、2MHz で交互に ON OFF しますが、Q5 が ON のとき、電流は、電源 12V (+) → L1 → TR1 → Q5 → 電源 1.2V (-) で流れ、TR1 の励磁インダクタンスにエネルギーを蓄えます。

Q5 が OFF するとこのエネルギーは C7、C8 に移動し Q5 の電圧は上昇し、同時に Q6 の電圧を下げます。

Q6 の電圧がゼロとなると Q6 の寄生ダイオードに電流が流れます。

このとき、Q6 を ON させれば、少ない損失で Q6 を ON させることができます。

このような動作をゼロ電圧スイッチングといいます。

次に Q6 が OFF し、同様にゼロ電圧スイッチングで Q5 を ON します。

TR1 の 1 次巻線に加わる電圧は、励磁インダクタンスと C7~C10 の共振周波数で振動しますから、この共振周波数を 2MHz 付近とすれば、ほぼ、正弦波の 2MHz を生成できます。出力電圧は、2MHz で約 10V となります。

L1 は、直流電源と高周波部分を分離するためのコイルで TR1 の励磁インダクタンスに対して充分大きなインダクタンスとします。ここでは、22  $\mu$  H のコイルを使用しました。

トランスに直列接続された R11 (51  $\Omega$ ) は、出力の電流制限抵抗で、出力に接続されたコイルのインピーダンスが低い場合、Q5、Q6 を破壊から守ります。

この抵抗により、高周波電源の出力インピーダンスは、ほぼ 50  $\Omega$  となります。

Q5、Q6 の電圧波形と TR1 の出力波形を図 4、図 5 に示します。

### 2.1.2 受電基板

給電コイルで発生した磁束を受電コイルで受けます。

給電コイルで発生した磁束と受電コイルの受けた磁束の割合を結合係数といい、この係数

が1に近いほど電力伝送の効率が向上します。

給電コイルと受電コイルのギャップが少ないほど結合係数が高くなりますので効率よく電力を伝送できます。

受電コイルに発生した電圧を C18、D3、D4 の整流回路で直流に変換し、LED1 を光らせます。LED が明るいほど多くの電力が給電されていることとなります。

#### 2.1.2.1 整流回路

受電コイルで発生した電圧は、TB2 の 3 番端子が+の場合、電流は、TB2-3 番→D3→C18 →TB2-2 番で流れ、C18 の D4 側が+の電荷を蓄えます。

次に、TB2-2 番が+となり、電流は、C18→D4→LED1→TB2-3 番で流れ、LED1 を光らせます。

このときの電圧は、受電コイルの電圧と C18 の電圧が加わるため LED1 には、給電コイルの発生電圧の 2 倍を加えることができます。この整流回路を半波倍電圧整流回路と言います。

### 3.電磁誘導方式の実験

始めに、ワイヤレス電力給電の基本方式である電磁誘導方式の実験を行います。

電磁誘導方式では、インダクタンスを大きくするためコアを挿入します。今回使用するコアは、EI28 の E コアを使い給電コイルと受電コイルを作成します。

TB1 の 2 番、3 番端子に給電コイルを接続します。起磁力は、コイルの巻数と流れる電流の積で、磁束は、起磁力と給電コイルと受電コイルのギャップにより決まります。

#### 3.1 給電コイルと受電コイルの作成

給電コイルは、EI28 フェライトコアの E コアを使用します。電線は、0.6φ UEW を使い、ボビンに 20 回～40 回巻きます。

20 回の場合のインダクタンスは、コアを接触させた場合、約 1mH 離れた場合、約 25 μH です。40 回では、同様に 約 4mH と約 100 μH となります。

巻線後、巻き始めと巻き終わりの電線をボビンから 3～5cm 残しカットし、端末を紙やすりまたはカッターナイフを使用して、電線の被覆をはがします。

コイルにコアを挿入し完成です。給電コイルと受電コイルの 2 個作成します。

写真 2 を参照してください。

・インダクタンス（巻数）と伝送効率（LED の明るさ）には、密接な関係があります。

巻数と伝送効率関係を実験してみてください。

キットでは、E28 コアと 0.6φ UEW を同梱してありますが、他のコア、電線も使用可能です。

・電線の被覆をはがす場合、銅線の色と被覆の色が同系色のため被覆が完全にはがれたかの確認を確実におこなってください。完全にはがれていない場合、接触不良となり、LED が点灯しない等のトラブルの原因となります。

出来上がったコイルを**写真 3**に示します。

**写真 4**のように給電基板 TBI の 2 番、3 番端子（上と真中）に給電コイル、受電基板 TB2 の 2 番、3 番端子（上と真中）に受電コイルを接続します。

接続は、プラスドライバーにより、TB1,2 のネジを緩めコイルの電線を穴より差込、ネジを締めます。

接続後、添付のアダプタの出力コネクタを給電基板の入力コネクタに挿入し、アダプタを 100V のコンセントに差し込みます。

給電コイルのコアと受電コイルのコアを近づけると LED が点灯します。LED が明るいほど電力が多く伝送されたことになります。

両方のコアの距離、位置を変え明るさを比較することにより、伝送の実験をすることができます。

#### 4. 共鳴方式の実験

より遠くまで電力を伝送するためには、強い磁界を発生させる必要があります。共振回路を使用することにより、同じ入力電力で磁界を  $Q$  倍（ $Q$  は共振回路の良さを表す係数）強くすることができます。

受電コイルでは、同様に  $Q$  倍のエネルギーを蓄えることができます。

給電コイル、受電コイル共に共振させると遠くまで電力を伝送することができます。

この方式を共鳴方式ワイヤレス給電といいます。

本キットでは、直径 80mm、55mm のボビンを同梱してありますので、2 種類の直径の空芯コイルにより、電力伝送の実験ができます。

##### 4.1 給電コイルと受電コイルの製作

共振させるポリバリコンの容量は、15pF~260pF、周波数 2MHz から、インダクタンスは、 $24\mu\text{H}$ ~ $440\mu\text{H}$  となります。

ストレー容量等加味して、インダクタンスを  $25\mu\text{H}$ ~ $200\mu\text{H}$  とします。

**図 6**に、 $\phi 80$  と  $\phi 55$  のボビンに巻いたコイルの巻数とインダクタンスを示します。

インダクタンスを約  $30\mu\text{H}$  とした場合、 $\phi 80$  では、15T、 $\phi 55$  では、20T となります。

これを共振コイルとして、ポリバリコン（VC1,VC2）と共振させます。

給電コイルと受電コイルに、共振コイルの約 1/3 のコイルを巻きます。（ $\phi 80$  : 5T、 $\phi 55$  : 7T）

このコイルを給電コイルでは、駆動コイル、受電コイルでは、出力コイルとします。

コイルの作成方法を**写真 5**に示します。

紙ボビンを 80 $\phi$ 、55 $\phi$ から選びます。

**写真 5**（B）のように電線を固定する穴を 4 箇所キリまたは千枚通しであけます。

2 個は、広く、2 個は狭くします。広いほうは、共振巻線、狭いほうは、駆動または出力コ

イルとします。

電線の巻き始めを**写真 5 (B)**のように広い間隔の外側の穴に通します。5cm 程度の電線を引き出し、コイルの巻始めとします。

共振コイルの必要なインダクタンス (30~50  $\mu$  H 程度が適当) から、巻数を**図 6**から求めます。

この巻数を**写真 5 (C)**のように巻きます。

完了後 7cm 程度電線を残し、ニッパー等で切り取り、電線の終端を広い間隔の内側の穴に通し外に引き出します。この端子を共振コイルの巻き終わり端子とします。

駆動または出力コイルを同様に残った二つの穴に通し巻きます。この巻数は、後で説明するインピーダンス整合を行い最適化しますが、共振巻線の 1/3 程度を基準として巻いてください。

出来上がったコイルを**写真 6**に示します。

・共振コイルは、ポリバリコンと共振させ共振電流を流します。共振回路の Q (共振回路の良さ) は、主にコイルのインダクタンスと抵抗により決まります。インダクタンスが大きく抵抗が小さいほど大きな Q が得られます。

高周波で使用されるコイルの抵抗を少なくするためには、表皮効果 (高周波では、電流が電線の表面のみ流れ見かけの面積が減少することから抵抗の増える現象) を考えリッツ線 (細線を束にした高周波用電線) 等を使用すると効果があります。

・ボビンにキリ等により穴をあける場合、怪我をしないように注意してください。

## 4.2 インピーダンス整合

コイルを給電基板の TB1 に接続します。(共振コイル TB1 1 番端子と 3 番端子、駆動コイル TB1 2 番端子と 3 番端子に接続) **図 7**を参照ください。

次に、給電コイルの整合をとります。整合をとることにより、コイルに流れる電流が最大となり、強い磁界を発生させることができます。

**写真 7**のようにオシロスコープのプロブを給電基板の TB1 の 1 番と 3 番 (3 番グランド) 端子接続します。

給電基板の電源入力コネクタにアダプタより、直流 12V を供給します。

オシロスコープに**図 8**の共振電圧のような 2MHz の正弦波電圧が表示されます。この電圧が最大になるように給電基板のポリバリコンを調整します。

この電圧をメモし V1 とします。

次に、駆動コイルの巻数を 1T ほどいて、同様にして電圧を測定します。この電圧を V2 とします。

V1<V2 の場合 さらに 1T ほどいて電圧を測定し V3 とします。V2<V3 の場合同様に 1T

づつほどいて両方の電圧が等しくなるか減少するまで測定します。等しくなった、または減少したら最後の測定前の巻数に決定します。

最初に  $V_2 < V_1$  の場合には、1T 増やし同様に電圧が等しくなるか同等になるまで調整します。

図 9 は、80φ 15T 55φ 20T の共振巻線の給電コイルの例です。80φ の場合は 2T、55φ の場合は、3T が最適値となることがわかります。

図 8 は、共振コイルと駆動コイル電圧の例を示します。駆動電圧に対して共振電圧が大きくなっていることがわかります。

### 4.3 実験

受電基板に受電コイルを接続します。

受電コイルの共振コイルを受電基板の TB2 の 1 番端子と 3 番端子に接続し、出力コイルを TB2 の 2 番と 3 番に接続します。図 7 を参照してください。

写真 8 のようにコイルを向かい合わせ、給電基板にアダプタから 12V を供給し、受電基板のポリバリコンを調整し LED が点灯するようにします。(給電基板のポリバリコンは、インピーダンス整合時に、ほぼ、同調しています。)

点灯しない場合には、二つのコイルを近づけて再度ポリバリコンを調整してください。

点灯しましたら、給電側、受電側のポリバリコンを再度調整して、LED がもっとも明るくなるように調整します。

距離を離したり、コイルの軸をずらしたりして LED の明るさから電力の伝送条件を確認してください。

80φ と 55φ のコイルの違いも体験できます。

コイルを小型化する方法として、コアをいれますが、電磁誘導で使った E28 コイルを使用する実験も行えます。駆動コイルと出力巻線を巻いて実験すれば、電磁誘導との差も体験できます。

・理論では、磁界の強さは、コイル近傍では、コイルの面積、巻数、電流に比例して、距離の二乗または、三乗に反比例します。

同一距離では、巻数と電流の積が同じであれば 80φ は 55φ の約 2 倍の磁界になります。

・給電基板に長い導線を接続するとアンテナとなり、電波を放出します。コイルから端子までの導線も同様にアンテナになりますのでなるべく短くなるように配線してください。(放出してよい電波の強度は、電波法で決められています。)

## 5. 拡張実験



受電基板に部品が実装できる拡張エリアを設けています。

拡張エリアにダイオード、コンデンサ、安定化回路等を実装することにより、より高度な実験が行えます。

- ・ 給電基板には、回路保護用として、保護抵抗が実装されています。この抵抗を短絡することにより、最大 2W 程度の高周波電力を出力することができます。
- ・ 保護抵抗を短絡した場合、高い高周波出力が発生するため、コイルによっては、強い電波を放出する場合があります。電波法で決められている電波の強度を守って使用してください。
- ・ 保護抵抗を短絡した場合、インピーダンスの低い負荷（同調の取れていない給電コイル等）を接続した場合、給電回路の部品が破損することがあります。

写真1 ワイヤレス電力給電キット

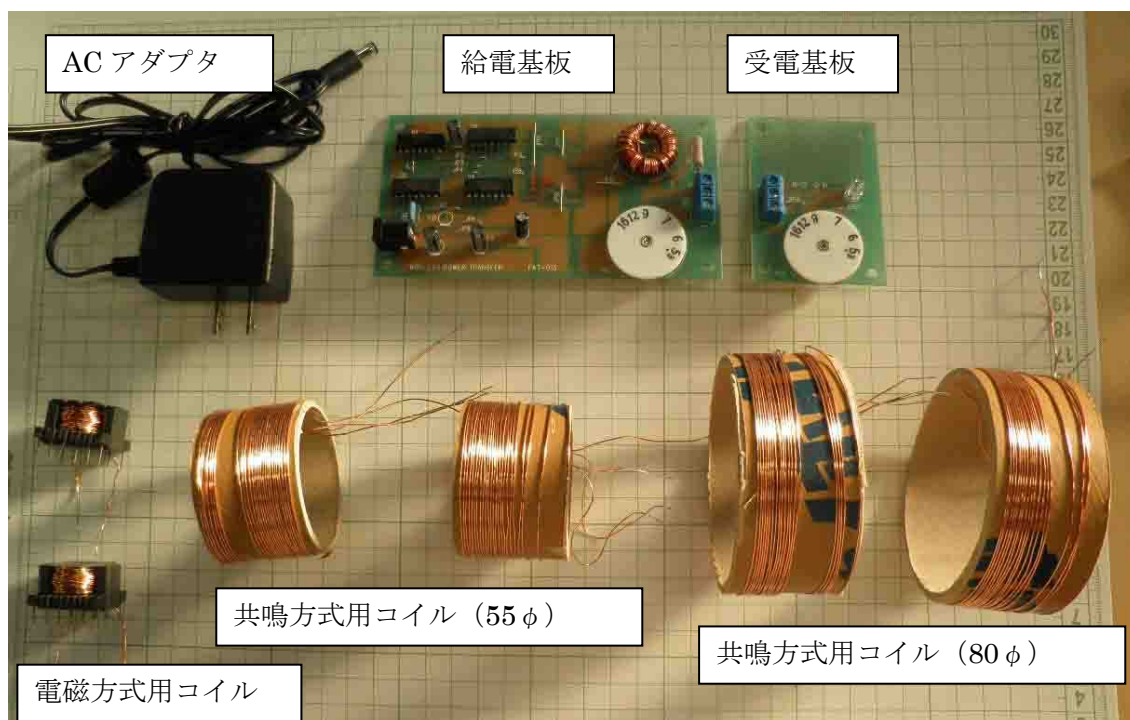
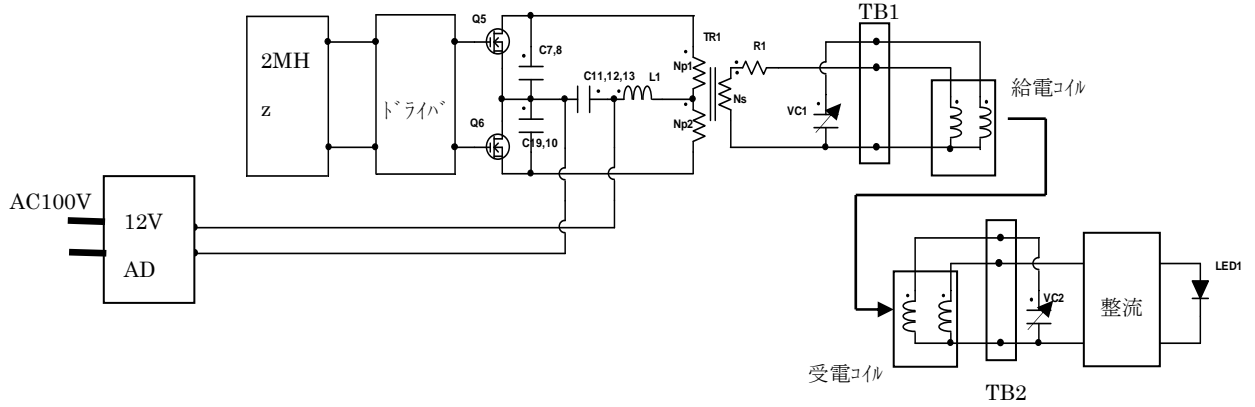


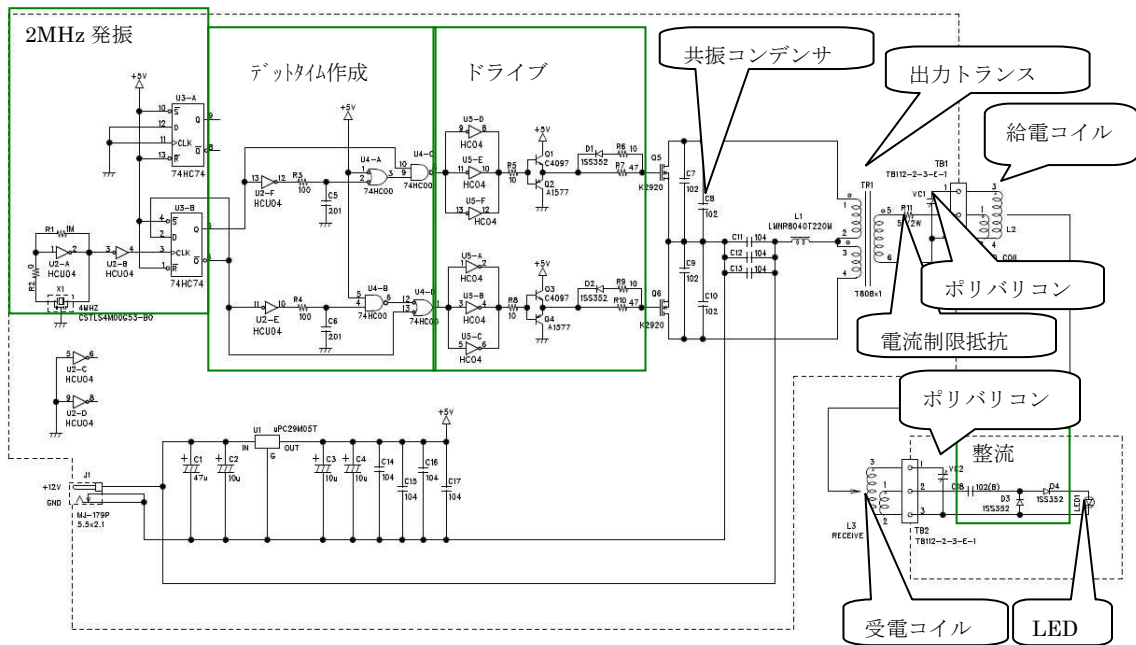
図1 キットのワイヤレス電力給電のブロック図



2MHz 発振

デットタイム作成

図2、キットのワイヤレス電力給電の回路



※改良のため部品定数は、変更となる場合があります。

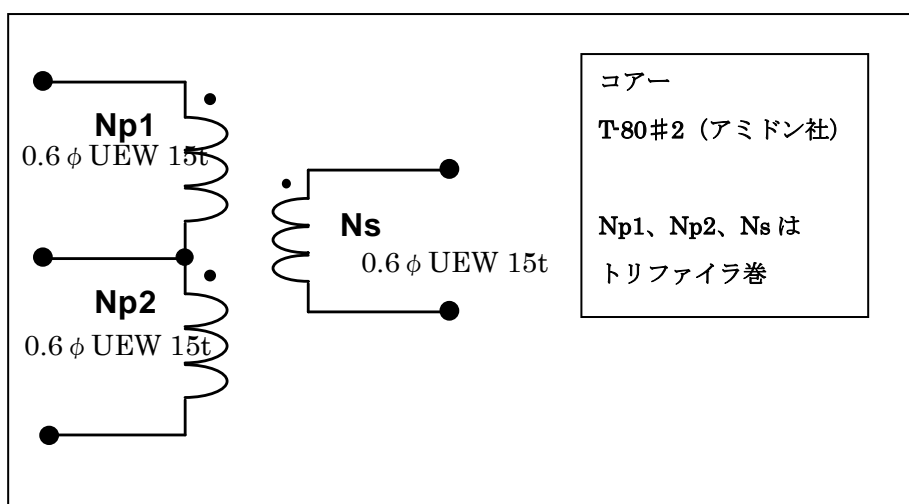
表 1. キットのワイヤレス電力給電の部品表

項	回路記号	品名	型番	数	メーカー
1	U1	IC	μPC29M05T	1	RENESAS
2	U2	IC	TC74HCU04AF	1	TOSHIBA
3	U3	IC	TC74HC74AF	1	TOSHIBA
4	U4	IC	TC74HC00AF	1	TOSHIBA
5	U5	IC	TC74HC04AF	1	TOSHIBA
6					
7	Q1,Q3	TRANSISTOR	2SC4097	2	ROHM
8	Q2,Q4	TRANSISTOR	2SA1577	2	ROHM
9	Q5,Q6	MOS FET	2SK2920	2	TOSHIBA
10					
11	D1,D2	DIODE	1SS352	4	TOSHIBA
12					
13					
14	C1	CAPACITOR 47μF 50V	35YK47M5X11	1	RUBYCON
15	C2,C3,C4	CAPACITOR 10μF 35V	50YK10M5X11	3	RUBYCON
16	C5,C6	CAPACITOR 200pF	GRM2165C1H201JA01D	2	MURATA
17	C7,C8,C9,C10,C18	CAPACITOR 1000pF	GRM2195C1H102JA01D	5	MURATA
18	C11,C12,C13,C14,C15	CAPACITOR 0.1μF	ECJKVB1E104K	7	PANASONIC
19	C16,C17				
20					
				1	
21					
22	VC1,VC2	VARIABLE CAP. 260pF	CBM-113B-IC4 (-)	2	
23		DIAL(WITH SCREW)		2	
24					
25	R1	RESISTOR 0Ω	MCR10EZHJ000	1	ROHM
26	R2	RESISTOR 1MΩ	MCR10EZHJ105	1	ROHM
27	R3,R4	RESISTOR 100Ω	MCR10EZHJ101	2	ROHM
28	R5,R6,R8,R9	RESISTOR 10Ω	MCR10EZHJ100	4	ROHM
29	R7,R10	RESISTOR 47Ω	MCR10EZHJ470	2	ROHM
30	R11	RESISTOR 51Ω 2W	MOS2C511J	1	KOA

31					
32	L1	INDUCTOR	LMNR8040T220M	1	TAIYOUYUDEN
33					
34	TR1	TRANSFOMER	φ0.6 15T トリファイラ巻	1	
35					
36	CSND COIL			1	
37	RECEIVE COIL			1	
38					
39	J1	DC JACK	MJ-179P	1	MARUSIN
40					
41		TERMINAL BLOCK	3P	2	
42					
43		LED	OSHR5111A	1	OPTO SUPPLY
44					
45		POWER SUPPLY 12V 0.6A	TW-1206 う	1	アイコー電子
46					
47		セラミック振動子	CSTLS4M00G53-BO	1	MURATA
48					
49		基板			

※部品は、同等性能の部品に変更することがあります。

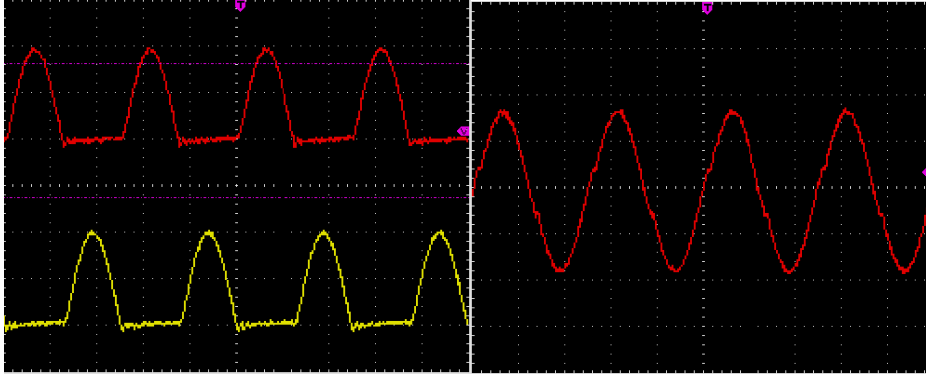
図3 トランスの仕様



※改良のためトランスの仕様は変更となる場合があります。

図4 Q5、Q6の電圧波形

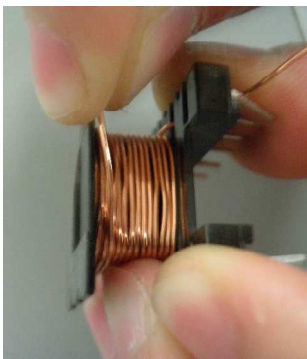
図5 出力電圧波形



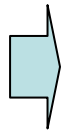
H : 200nS/div V : 20V/div

H : 200nS/div V : 10V/div

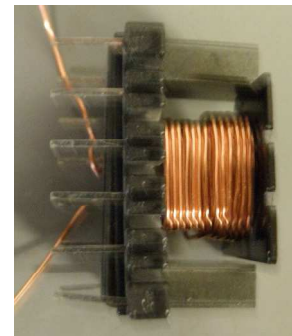
写真2 給電コイル、受電コイルの作成



0.6φ UEW を 20~40 回巻く  
に挿入する



電線の被覆をはがす



コアをボビン

写真3 電磁誘導方式の給電コイルと受電コイル

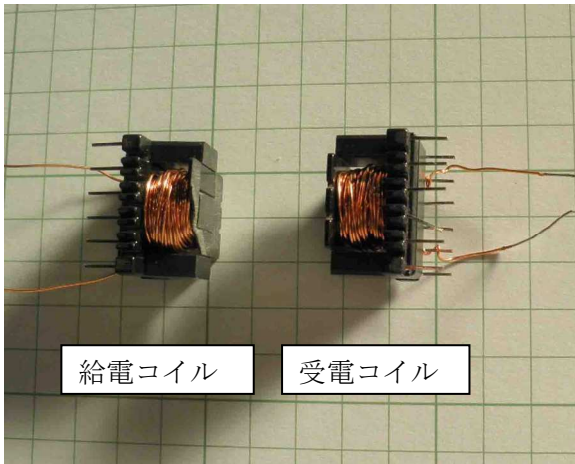


写真 4 電磁誘導方式の実験

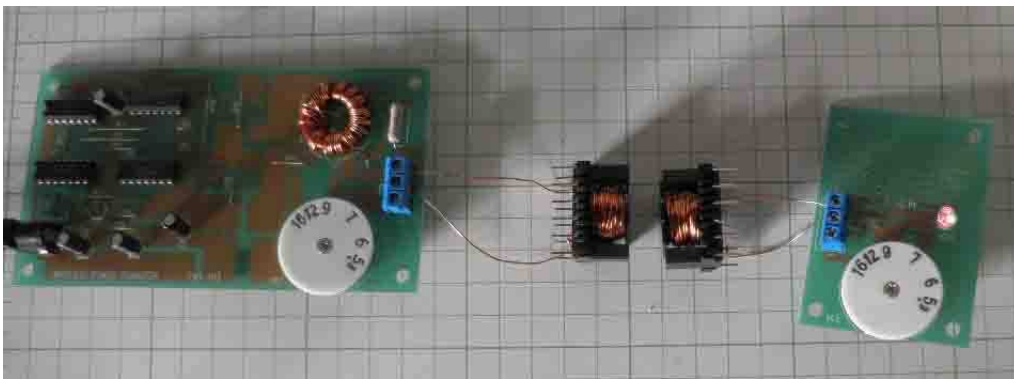


図 6 空芯コイルの巻数とインダクタンス

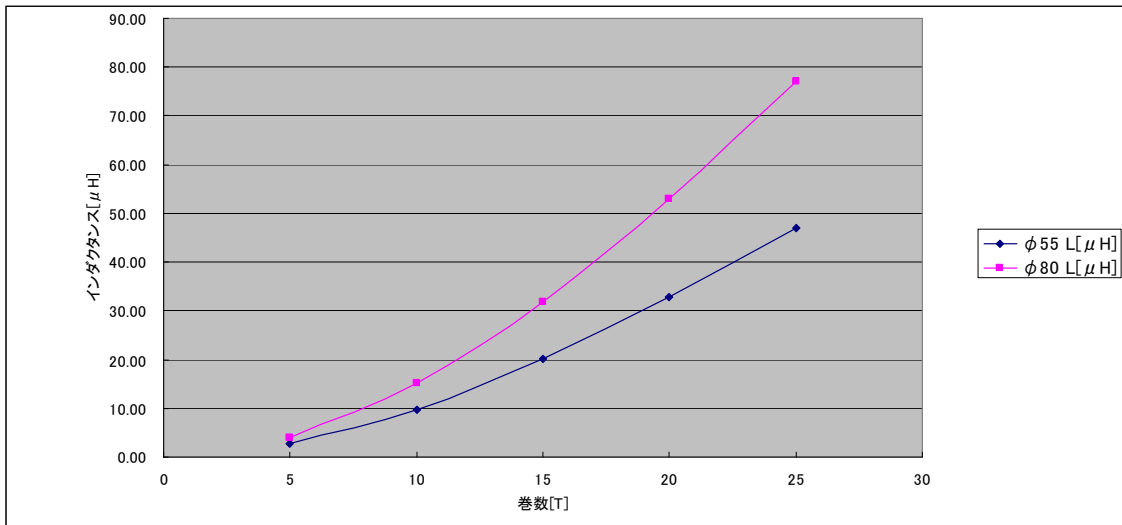
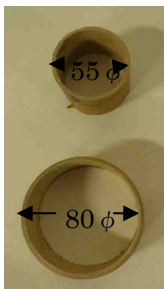
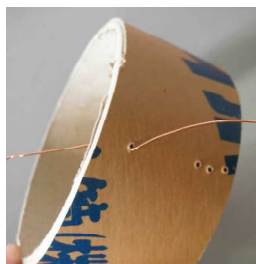


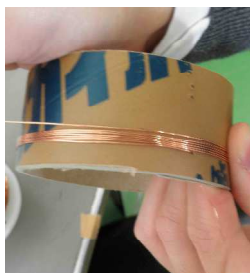
写真5 給電コイル、受電コイルの作成



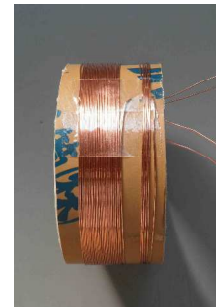
(A) 材料



(B) 穴あけ



(C) コイル巻



(D) 出来上がり

写真6 空芯コイル

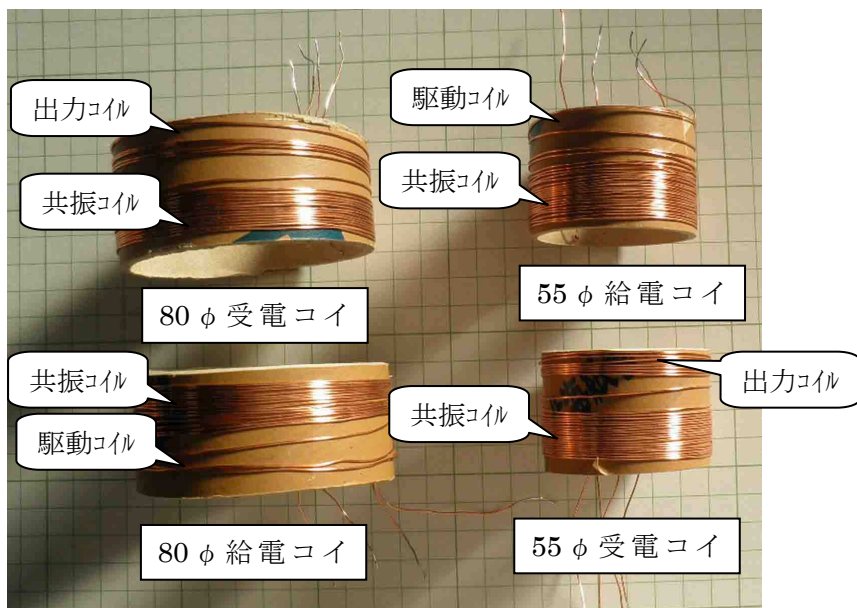


図7 給電コイルと受電コイルの接続

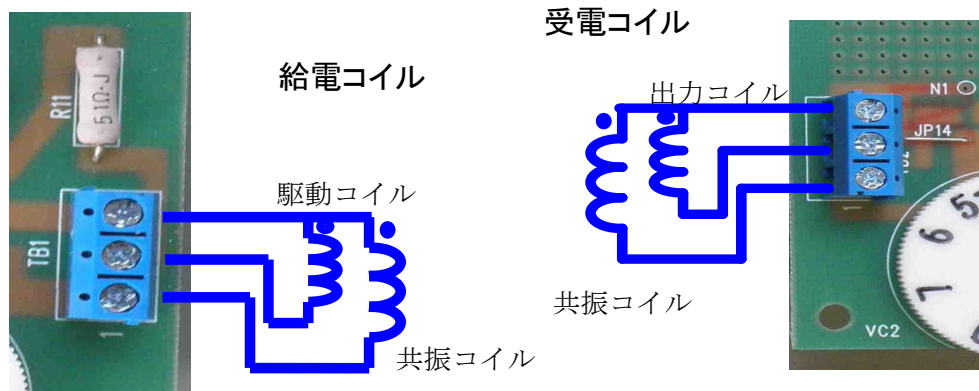




写真7 インピーダンス整合

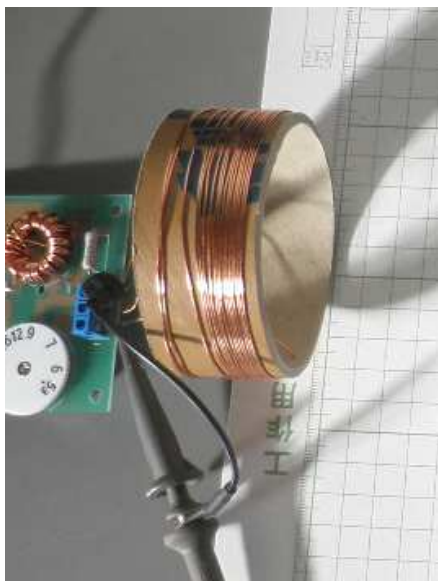


図8 給電基板の出力電圧と共振電圧

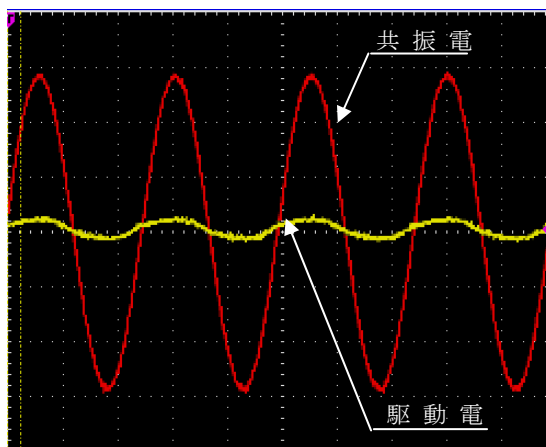


図9 給電コイルの整合

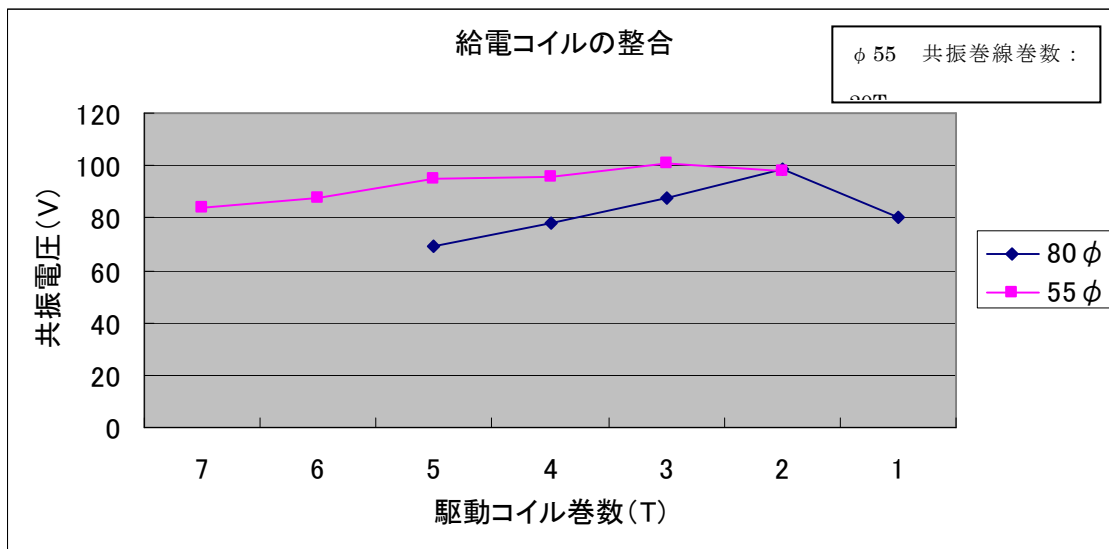


写真 8

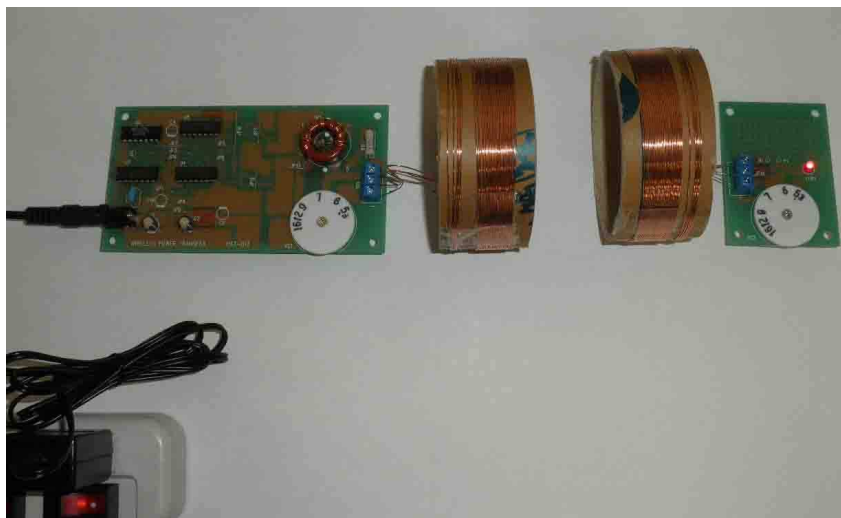


写真 9 拡張実験

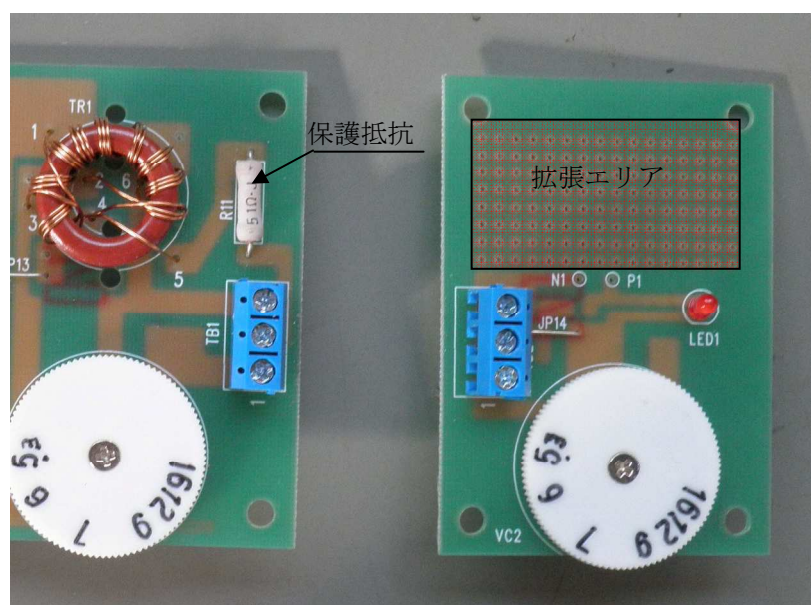


写真 10 共鳴方式の実験

