

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2013年9月6日(06.09.2013)



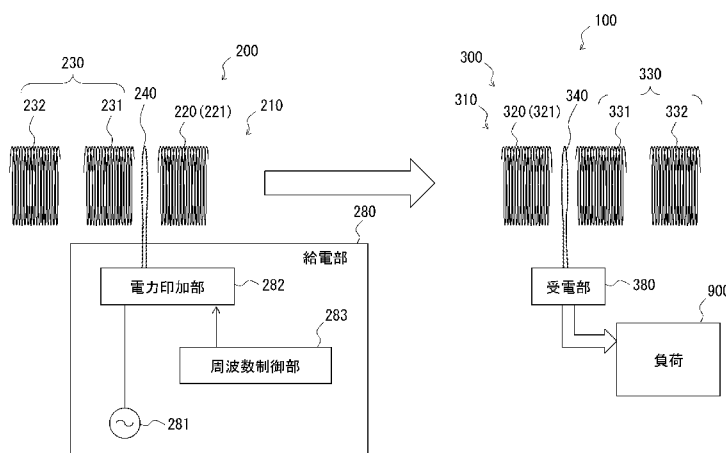
(10) 国際公開番号  
WO 2013/128518 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02J 17/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/007312
- (22) 国際出願日: 2012年11月14日(14.11.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2012-043772 2012年2月29日(29.02.2012) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社(NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (71) 出願人(米国についてのみ): 小林 直樹(KOBAYASHI, Naoki) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 塚越 常雄(TSUKAGOSHI, Tsuneo) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 福田 浩司(FUKUDA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 鳥屋尾博(TOYAO, Hiroshi) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 家入 健(IEIRI, Takeshi); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目33番8アサヒビルディング10階響国際特許事務所 Kanagawa (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: POWER TRANSMITTING DEVICE, POWER RECEIVING DEVICE, POWER SUPPLY SYSTEM, AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: 送電装置、受電装置、電力供給システム及び電子機器



- 280 Power supply unit
- 282 Power applying unit
- 283 Frequency control unit
- 380 Power receiving unit
- 900 Load

(57) Abstract: The invention addresses the problem of providing, in wireless power supply, a power supply system capable of maintaining a relatively high power transmission efficiency even when a power transmission distance is long. A power transmitting coil unit (210) has a plurality of resonance coils (221) arranged so as to form a periodical structure. The resonance coils (221) form a transmission line for an electromagnetic wave, and a standing wave of an electromagnetic propagating wave occurs in the power transmitting coil unit (210). Similarly, a power receiving coil unit (310) has a plurality of resonance coils (321) arranged so as to form a periodical structure. The power transmission efficiency is maintained relatively high even if the distance between a power transmitting device (200) and a power receiving device (300) exceeds twice.

(57) 要約: 無線給電において、送電距離が長い場合でも比較的高い送電効率を維持できる電力供給システムを提供することを課題とする。送電コイル部(210)は、周期構造を

なすように配列された複数の共鳴コイル(221)を有する。この複数の共鳴コイル(221)が電磁波の伝送線路となり、送電コイル部(210)に電磁伝搬波の定在波が生じる。同じく、受電コイル部(310)は、周期構造をなすように配列された複数の共鳴コイル(321)を有する。送電装置(200)と受電装置(300)との距離が二倍を超えても送電効率が比較的高く維持される。

WO 2013/128518 A1

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 國際調查報告 (條約第 21 條(3))

## 明 細 書

発明の名称：

送電装置、受電装置、電力供給システム及び電子機器

### 技術分野

[0001] 本発明は、電力送受信システムに関し、具体的には、送電線を介さずに非接触で受電装置に電力を供給するシステムに関する。

### 背景技術

[0002] 離間した受電装置に対し無線で電力を供給する方法が知られている。

例えば、特開2008-66841号公報（特許文献1）では、電磁波伝送シートのなかを電磁波を伝搬させ、シートから漏出する電磁界を受電装置に供給するという構成が開示されている（他に、特開2007-281678号公報（特許文献2））。

[0003] あるいは、特開2008-259392号公報（特許文献3）には、マイクロ波ビームを利用した送電方法が開示されている。これは、例えば、衛星軌道上で太陽光発電を行い、そのエネルギーをマイクロ波ビームで地上に送る。そして、地上の受電システムでマイクロ波を電力に再変換するというものである。

[0004] また、例えば、特開平7-322534号公報（特許文献4）にあるように、電源側の一次コイルから負荷側の二次コイルに電磁誘導で電力を伝送する方式がある。これは、家庭用の小型電子機器、例えば、シェーバーや電動歯ブラシなどの充電によく使用されている。

[0005] また、電磁誘導では給電元と給電先（受電側）とが極めて接近していなくてはならないが、この欠点を解消すべく電磁共鳴現象を利用した電力伝送も提案されている（特開2011-147271号公報（特許文献5）、US 7825543B2（特許文献6））。

### 先行技術文献

### 特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2008-66841号公報  
特許文献2：特開2007-281678号公報  
特許文献3：特開2008-259392号公報  
特許文献4：特開平7-322534号公報  
特許文献5：特開2011-147271号公報  
特許文献6：米国特許7825543号明細書

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

- [0007] 上記特許文献5、6のように電磁共鳴を利用する方法は、電磁誘導方式に比べれば送電距離を延ばせるという利点がある。

しかし、上記特許文献5の方法でも、送電距離が送電コイルの直径の2倍ないしは3倍程度を超えてくると、極端に送電効率が下がってしまうという問題があった。

- [0008] そこで、本発明の目的は、無線給電において、送電距離が長い場合でも比較的高い送電効率を維持できる送電装置、受電装置、および電力供給システムを提供することにある。

### 課題を解決するための手段

- [0009] 本発明の送電装置は、  
一次元的に周期構造をなすように配列された複数の共鳴コイルを有し、受電装置と磁界共鳴することによって前記受電装置に電力を送電する送電コイル部と、  
前記送電コイル部に電力を供給する給電部と、を備え、  
前記送電コイル部を電磁伝搬波の伝送路とし、この送電コイル部に電磁伝搬波の定在波を発生させる  
ことを特徴とする。

- [0010] 本発明の受電装置は、  
一次元的に周期構造をなすように配列された複数の共鳴コイルを有し、送電装置と磁界共鳴することによって前記送電装置から電力を受電する受電コ

イル部と、

前記受電コイル部から電力を受電する受電部と、を備え、

前記受電コイル部が電磁伝搬波の伝送路となり、前記送電装置との磁界共鳴によってこの受電コイル部に電磁伝搬波の定在波が生じる

ことを特徴とする。

[0011] 本発明の電力供給システムは、前記送電装置と、前記受電装置と、を備えることを特徴とする。

### 発明の効果

[0012] このような構成によれば、送電距離が比較的長くても送電効率を高く保つことができるという効果を奏することができる。

### 図面の簡単な説明

[0013] [図1]第1実施形態に係る電力供給システムの構成図。

[図2]背景技術としての電力供給システムの構成図。

[図3]第1実施形態と背景技術とで、距離を変えて送電効率を測定した結果を示す図。

[図4]複数の共鳴コイルを配列した構造の例を示す図。

[図5]分散曲線を示す図。

[図6]複数の共鳴コイルが並んだコイル周期構造の等価回路を示す図。

[図7]図6の回路の等価回路を示す図。

[図8]図7の回路の等価回路を示す図。

[図9]周期構造の一単位の等価回路図。

[図10]三つの共鳴コイルに定在波が生じている状態を示す図。

[図11]三つの共鳴コイルに定在波が生じている状態を示す図。

[図12]三つの共鳴コイルに定在波が生じている状態を示す図。

[図13]送電コイル部と受電コイル部とに生じる磁界ループを示す図。

[図14]送電コイル部と受電コイル部とに生じる磁界ループを示す図。

[図15]変形例1を示す図。

[図16]床面からの距離を変えた場合における送電効率の違いを示す実験結果

の図。

[図17]給電コイルを配置する位置の変形例を示す図。

[図18]分散曲線をシフトさせる様子を示す図。

[図19]変形例4を示す図。

[図20A]平面スパイラル状のコイルの一例を示す図。

[図20B]プリント基板の裏面に実装されるコイルの一例を示す図。

[図21]送電コイル部を2次元配列した構成の例を示す図。

### 発明を実施するための形態

[0014] (第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係る電力供給システムの構成図である。

電力供給システム100は、送電装置200と、受電装置300と、を備えている。

ここで、説明が分かりやすいように、送電装置200と受電装置300とのそれぞれに前後方向の向きを定める。

本明細書では、送電装置200と受電装置300とは距離を隔てて配置されているところ、送電装置200において受電装置300の側を前側とする。送電装置200において受電装置300から遠い側を後ろ側とする。

同様に、受電装置300において送電装置200の側を前側とする。受電装置300において送電装置200から遠い側を後ろ側とする。

[0015] 送電装置200は、送電コイル部210と、給電部280と、を備える。

送電コイル部210は、前段コイル部220と、後段コイル部230と、給電コイル240と、を備えている。

前段コイル部220は一つの共鳴コイルで構成されている。この共鳴コイルを前段コイル221とする。前段コイル221は、スプリング型のコイルであって、給電コイル240よりも前側（すなわち受電装置300側）に配置されている。

後段コイル部230は、二つのスプリング型コイルを有し、給電コイル240よりも後ろ側（すなわち受電装置300から遠い側）に配置されている

。

ここでは、給電コイル240に近い方から、第1後段コイル231、第2後段コイル232、とする。すなわち、給電コイル240は、前段コイル221と第1後段コイル231との間に挟まれるように配置されている。

[0016] 前段コイル221、第1後段コイル231および第2後段コイル232は、一定ピッチで配列されている。

このように複数の共鳴コイルが周期配列されることで構成される構造を本明細書では、「コイル周期構造」と称する。

[0017] 図1においては、前段コイル221の軸と、給電コイル240の軸と、第1後段コイル231の軸と、第2後段コイル232の軸と、はほぼ同軸であるが、互いの軸線が交差するように角度がついていてもよい。

図1においては、前段コイル221と、第1後段コイル231と、第2後段コイル232と、はほぼ一定のピッチで配置されているが、後の説明で明らかになるように、電磁伝搬波を伝搬できる範囲で配列ピッチが多少ずれていてもよい。

前段コイル221と、第1後段コイル231と、第2後段コイル232とは、コイル特性としては同じであり、共鳴（共振）周波数も同じになる。すなわち、異なる特性の共鳴コイルを並べているのではなく、同じ特性をもつ複数の共鳴コイルを配列している、ということである。

[0018] ただし、同じコイル特性といっても、電磁伝搬波を伝搬できる範囲で共鳴周波数がずれていても良い。例えば、同じ特性を持つコイルでも、厳密には共鳴周波数は製造誤差によるばらつきがある。

なお、誤差が小さいほど、望ましい電磁伝搬特性を得ることができる。例えば、8.6MHz近辺に共鳴周波数を有する複数のコイルを使用する場合、共鳴周波数のバラツキが100kHz程度であるよりも、共鳴周波数のバラツキが10kHz程度かそれ以内に収まっている方が、望ましい電磁伝搬特性を得ることができる。

[0019] この点、特開2011-147271号公報では、複数の周波数に対応可

能なように共鳴周波数が異なる複数の共鳴コイルを備えるだけである。

本実施形態のごとく複数の共鳴コイルを配列してこれを伝送線路とすることや、近傍磁界分布を制御して伝送効率を向上させようとする事については、特開2011-147271号公報には開示されていない。

[0020] 給電部280は、電源281と、電力印加部282と、周波数制御部283と、を備える。

電力印加部282は、給電コイル240に電力を印加する。

ここでは、電力印加部282は、制御された周波数の交流電流を給電コイル240に流す。

周波数制御部283は、給電コイル240に印加する電流の周波数を例えばスイッチングなどによって制御する。

明示的に図示しないが、周波数制御部283には、ユーザが手動で周波数を調整するための調整手段が付設されていてもよい。

[0021] 受電装置300の構成は、基本的には送電装置200と同じであり、受電コイル部310と、受電部380と、を備える。

受電コイル部310は、前段コイル部320と、後段コイル部330と、受電コイル340と、を備える。

前段コイル部320は、一つの共鳴コイルで構成され、これを前段コイル321と称する。

後段コイル部330は、第1後段コイル331と、第2後段コイル332と、を有する。

前段コイル321と第1後段コイル331との間に受電コイル340が挟まれるように配置されている。

受電部380は、受電コイル340で受電した電力を整流したり、電圧変換するなどの処理をした後、受電した電力を負荷900に供給する。

[0022] このような構成において、電力印加部282から給電コイル240に電力を印加すると、送電コイル部210から電磁波が送電される。

送電された電磁波を受電コイル部310で受信し、この電力を受電コイル

340から取り出す。

[0023] 本実施形態の構成を背景技術と対比する。

図2は、電磁共鳴現象を利用した背景技術としての電力供給システム10の構成図である。

給電コイル20の前段に送電用の前段コイル30が配置されているが、給電コイル20の後段にはコイルが配置されていない。

同様に、受電コイル40の前段に前段コイル50が配置されているが、受電コイル40の後段にはコイルが配置されていない。

図2の背景技術を本第1実施形態の構成と比べると、送電コイル部210および受電コイル部310が複数の共鳴コイルを有するか否かに違いがある。

[0024] 図1の本実施形態と図2の背景技術とで送電効率を比較する。

図3は、第1実施形態(図1)と背景技術(図2)とで、距離を変えて送電効率を測定した結果である。

図3のグラフにおいて、横軸は距離[m]であり、縦軸は送電効率[%]の対数である。

なお、各コイルの直径を20cm、高さを10cm、巻き数を19とした。

尚、各コイルの共振周波数は8.64MHz近辺で、バラツキが10kHz以内となるようにコイル端部の銅線を切断して調整した。

すなわち、給電コイル20、240に給電する電力の周波数を8.64MHzに調整した。

[0025] 図3を見ると、距離が50cmあたりまでは第1実施形態と背景技術とで送電効率にほとんど差がないか、むしろ背景技術の送電効率の方が高い。しかし、距離が50cmを超えたあたりから第1実施形態の送電効率が高くなる。そして、背景技術では、距離が長くなるほど送電効率は下がっていくのに対し、本第1実施形態の構成によれば距離が長くなっても送電効率が落ちず、見方によってはやや上昇しているようにも見える。

一のコイルの直径が20cmであることから、本実施形態は、送電距離がコイル直径の2倍から3倍を超える距離になったときにより効果を発揮するといえる。

このように、本実施形態によれば、送電効率を高く保ったまま送電距離を長くできる効果があることがわかる。

[0026] (原理説明)

上記のように本実施形態の作用効果が生じる理由は必ずしも定かではないが、本発明者らの着想を以下に簡単に説明する。

なお、仮に現時点での原理説明が誤りを含んでいたとしても、本発明の構成はもちろん、作用、効果が否定されるものではない。

本発明者らは、鋭意研究の末、複数の共鳴コイルを配列して周期構造となし、これを電磁界の伝送線路とみなすことに着想した。さらに、この周期構造を特定の周波数帯域で共鳴させたとき、この構造自体がメタマテリアルとして扱えることに着想した。そこで、この周期構造（伝送線路）に生じる電磁界分布を解析的に取り扱う方法を追求し、これをなし得た。つまり、共鳴コイルの周期構造に波のどのような伝搬モードが生じるかを解析的に求める方法を開発した。

[0027] これによって、例えば、図4のように複数の共鳴コイル401を配列した時に、そこにどのようなモードの電磁波が発生するかを求めることができるようになった。

以後、この波を”電磁伝搬波”と称することにする。

すなわち、本発明者らは、コイルの周期構造に発生しうる電磁伝搬波の周波数（ $f$ ）と波数（ $k$ ）との関係を図5のような分散曲線として表した。

$d$ は、周期構造の一周期長を表し、例えば、隣接するコイル同士の間隔距離である。したがって、図5のグラフの横軸である「波数（ $k$ ）×一周期長（ $d$ ）」は、一周期長あたりの位相変化を意味する。

[0028] 図5の分散曲線で、 $f_{max}$ と $f_{min}$ との間の周波数 $f$ において、コイル周期構造は、この構造をメタマテリアルとみたてた場合の電磁波の伝播領域、す

なわち伝送線路として扱えるということがわかる。そして、この周期構造（伝送線路）に随意的電界分布を生じさせる構成に想到した。

[0029] （電磁伝搬波の分散曲線を求める理論）

共鳴コイル401を周期的に配列した共鳴コイル周期構造をメタマテリアルとして扱い、そこに生じる電磁伝搬波の分散曲線を求める方法を説明する。

ここでは、共鳴コイル401としては、スプリング型コイルを例にする。

図1の送電コイル部210のように、同軸に複数のコイル401が並んだ配列構造を図6の等価回路に置き換える。

ここで、Mは隣接するコイル401同士の相互インダクタンスである。

また、容量成分Cを明示的に取り出し、抵抗成分は無視している。

また、図中の黒丸は、巻線の極性を示す。

[0030] さらに、図6の回路は図7のように等価変換できる。

図7では、一つのコイル401を二つのコイル成分401h、401hに分けたように描いている。

従って、一方のコイル成分401hのインダクタンスはL/2である。

[0031] さらに、図7の回路は、コイルの極性に注意しつつ、図8のように等価変換できる。

[0032] さらに、この周期構造の一単位（一ユニット）は、図9の等価回路に描き直すことができる。

[0033] すると、周期構造の一単位（一ユニット）を、Tマトリクスによって次のように表すことができる。

[0034] [数1]

$$\begin{bmatrix} V_{in} \\ I_{in} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{L}{2M} + \frac{1}{2\omega^2 CM} & j\omega(L-2M) + \frac{1}{j\omega C} \\ \frac{L}{4j\omega M^2} - \frac{1}{4j\omega^2 CM^2} - \frac{1}{2j\omega M} & -\frac{L}{2M} + \frac{1}{2\omega^2 CM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{out} \\ I_{out} \end{bmatrix}$$

[0035] この周期構造の周期間隔（コイルの中心間距離）をdとする。

また、周期構造をメタマテリアルとしたとき、このメタマテリアルを進行する電磁伝搬波の進行方向の波数を  $k_x$  とする。

すると、 $k_x \times d$  は、一周期ごとの波の位相を表し、次の式が成立する。

[0036] [数2]

$$\cos(k_x d) = -\frac{L}{2M} + \frac{1}{2\omega^2 CM}$$

[0037] 上記の式を用いて、位相 ( $k_x \times d$ ) と周波数  $f$  ( $= \omega / 2\pi$ ) との関係をプロットすることにより分散関係が求まる。

これにより、メタマテリアルに生じる（電磁界の）波の周波数帯域 ( $f_{min} < f < f_{max}$ ) が求まる。すなわち、周波数帯域 ( $f_{min} < f < f_{max}$ ) において図3の分散曲線を描くことができる。

[0038] ここまででコイル周期構造をメタマテリアルとした場合の分散曲線が求められた。

このコイル周期構造になんらかの給電を行った場合、電磁界が隣接する共鳴コイルに伝わっていき、コイル周期構造が電磁伝搬波の伝送線路となる。さらに、伝送線路の損失が小さければ、伝送線路上の電磁界分布は、いわゆる定在波分布となる。

[0039] コイル周期構造を伝送線路とし、これに定在波を発生させることができることがわかった。さらに、コイル周期構造の共振条件を満たすような波を発生させれば、定在波（電磁伝搬波）の腹の数をコントロールできることになる。

コイル数を  $n$ 、コイル間隔を  $d$ 、隣接コイル間の位相（分散曲線におけるある周波数  $f$  に対する位相）を  $X$  ( $= k_x \times d$ ) [radian] とする。

共振条件を満たすとすると次の式が成立することになる。

[0040]  $(n-1)X = m\pi$  ( $m$  は整数)

[0041] ここで、位相  $X$  は、 $0 \leq X \leq \pi$  であるので、上記式を満たす  $m$  は、 $m=0$ 、 $1$ 、 $\dots$ 、 $n-1$ 、の  $n$  個である。

例えば、コイルの個数が9個である場合 ( $n=9$ )、 $m=0$ 、 $1$ 、 $\dots$

8、の9個の共振状態を満たす位相 $\times$ があることになる。

給電電力の周波数（例えば交流電流の周波数）を制御して共振状態とすることにより、コイル周期構造に電磁伝搬波の定在波を発生させることができる（例えば図4参照）。

[0042] なお、 $m=0$ とは、図10のように、すべてのコイルが同相であるということであり、磁界ベクトルがすべてのコイルで同位相になっているということである。

この場合、節の数は0、腹の数は1である。

[0043] また、例えば、 $m=1$ とは、節の数が1、腹の数が2、ということである。

$n=3$ の場合でいうと、図11のように、磁界ベクトルは両端のコイルで互いに逆向きになっており、中央は節になる。

[0044] また、例えば、 $m=2$ とは、節の数が2、腹の数が3、ということである。

$n=3$ の場合でいうと、図12のように、磁界ベクトルは一周期ごとに $180^\circ$ ずれる。

[0045] このような現象を利用し、送電コイル部210と受電コイル部310とに生じる磁界共鳴を制御することができると考えられる。

図13のように、送電コイル部210も受電コイル部310も3つのコイルで構成するとする。

そして、 $m=1$ の共振モードを選択するように給電コイル240に印加する電流の周波数を選択するとする。すると、送電コイル部210の3つのコイル（221、231、232）には安定した定在波が発生し、磁界ループを図示すると、図13のように送電コイル部210の前段コイル221と受電コイル部310の前段コイル321とで一つの磁界ループを共有し（共振し）、それぞれの後段コイル部230、330でそれぞれの磁界ループを作るようにできる。

このことは、複数の共鳴コイルを配置することによって近傍の磁界を制御

したと捉えることができる。

その結果として、送電コイル部210から受電コイル部310への送電効率を背景技術よりも高めることができる。

[0046] 一方、送電コイル部210も受電コイル部310も3つの共鳴コイルで構成し、単純に、送電コイル部210と受電コイル部310とを近づけ過ぎると、6つの共鳴コイルによる定在波が生じ、結果として6個の共振状態が生じる。

そのため、先にあげた、3つの共鳴コイルにおける $m=1$ の共振モードが綺麗に生じなくなる。

この場合、必ずしも送電効率を高める構成ではなくなる。

送電コイル部210と受電コイル部310を離していき、各々のコイル部が独立した電磁伝搬構造と見なせる距離になると、3つの共鳴コイルにおける $m=1$ の共振モードが明らかに生じ、その結果、送電効率が向上する。

[0047] 図14のように送受電コイル部210、310をそれぞれ3つの共鳴コイルで構成した場合、送受電コイルともに、3つの共鳴コイルにおける $m=0$ の共振状態が発生し、すべてのコイルが同位相で電力伝送が行われる磁界共鳴が生じる周波数もある。

しかし、実験によると、先にあげた $m=1$ の共振モードほどの効果は得られていない。

[0048] なお、共鳴コイルの数や共鳴コイルの特性が変更されたり、送電コイル部210と受電コイル部310との距離が変わってきたりすれば、最適な磁界共鳴状態が図13の例とは違ってくるのはもちろんである。

しかし、複数の共鳴コイルによって構成される送電コイル部210（または受電コイル部310）に共振状態を作ることによって安定した定在波を作り出せること、および、これによって送電コイル部210から受電コイル部310への送電効率を高められることは変わりがない。

[0049] （変形例1）

上記第1実施形態の構成と床面との距離を適切に調整することにより、送電

効率のさらなる向上を図ることができる。

図15、図16はそのことを示す測定系説明図と測定結果である。

図15に示すように、コイル周期構造（送電コイル部210、受電コイル部310）と床面800との距離を20cm、もしくは、60cmとする。

図16は、上記二つの場合で送電効率を測定した結果である。

図16より、床面800からの距離を60cmとするよりも、床面800との距離を20cmとした方が、送電距離がある程度離れたところで送電効率が向上していることがわかる。

すなわち、床面800とコイル周期構造（送電コイル部210、受電コイル部310）との距離を巧みに利用することにより、送電効率のさらなる向上を望める。

さらに、床面に限らず、金属板など、電磁波を反射させるか遮蔽する物質を送電効率の向上に巧みに利用してもよい。

[0050] （変形例2）

上記第1実施形態においては、送電コイル部210および受電コイル部310は、それぞれ3つの共鳴コイルで構成されている場合を例示した。

これに対し、例えば、送電コイル部210を構成する共鳴コイルの数を4つ、5つなど、増やしてもよい。

同じように、受電コイル部を構成する共鳴コイルの数を4つ、5つなど、増やしてもよい。

[0051] （変形例3）

上記実施形態においては、送電コイル部210においても受電コイル部310においても、給電コイル240（受電コイル340）は前段コイル221（321）のすぐ後ろに配置されていた。

これに対し、給電コイル240（受電コイル340）は、複数並ぶ共鳴コイルの間のどこに配置されていてもよい。

例えば、図17のように7つ以上のコイルが並ぶなかで、前（右）から二つ目と三つ目との間に給電コイル（または受電コイル）を配置してもよい。

この場合、前段コイル部（220）が二つの共鳴コイル221、222で構成され、後段コイル部が3番目以降のコイルで構成されている、と解釈してもよい。

[0052] （変形例4）

共鳴コイルのインピーダンスが可変であってもよい。

共鳴コイルのインピーダンスを可変にすることにより、図18のように分散曲線をシフトさせることができる。

共鳴コイルのインピーダンスを制御するにあたっては、コイルコアの誘電率または透磁率を制御してもよく、共鳴コイルに可変容量を付加して可変容量の容量値を変化させてもよい。

図19に示すように、給電部にインピーダンス制御部284を設けておく。

このように送電コイル部210の側でコイルインピーダンスを可変とすれば、固定された周波数に対して送電コイル部210に所望の共振状態を作ることができる。

また、図示しないが、受電コイル部310の側でコイルインピーダンスを可変とすれば、受信する周波数に対して受電コイル部310に所望の共振状態を作ることができる。

コイルインピーダンスを変化させるにあたっては、送電コイル部を構成するすべてのコイルのインピーダンスを一斉に同じように変化させてもよく、あるいは、個々のコイルのインピーダンスを個別に変更調整できるようになっていてもよい。

同じように、受電装置についても、すべてのコイルのインピーダンスを一斉に変更してもよく、あるいは、個々のコイルのインピーダンスを個別に変更調整できるようになっていてもよい。

[0053] （変形例5）

上記実施形態においては、共鳴コイルとしてスプリング型のコイルを例示した。

共鳴コイルとしては、例えば、図20Aに示す平面スパイラル状のコイルを用いてもよい。

平面スパイラル状のコイル501は、プリント回路基板に実装できるという利点がある。

すなわち、プリント基板のおもて面または裏面にスパイラルコイル501を一つ実装しておいてもよい。

または、平面スパイラル状のコイルをプリント基板の両面に実装してもよい。

例えば、図20Aの平面スパイラル状のコイル501をプリント基板の表側に実装する。

そして、図20Bのコイル502をプリント基板の裏面に実装する。

図20Bは、プリント基板の裏面に実装されるコイル501を表面側から透視したものである。

このとき、接合点503で表面側コイル501と裏面側コイル502とを導体接続することにより、両面実装として一続きのスパイラル形状を構成することができる。

ここでは表面実装と両面実装との場合を説明したが、多層基板においても各々の層のスパイラル導体と層間を接続する導体とにより、多層基板上で様々なスパイラル導体実装が可能となる。

また、図20A、図20Bでは、矩形であって矩形の各辺が直線的形状であるスパイラルコイルを例示したが、曲線のスパイラルであっても良いことは言うまでもない。

[0054] また、スパイラル状コイルが高誘電体基板に実装されていてもよい。

または、スパイラル状コイルが磁性体上に実装されていてもよい。

これにより、磁束密度を高め、共鳴体（コイル）の小型化を図ることができる。

[0055] 送電装置と受電装置との間は一般的には空気であるが、送電装置と受電装置との間に、水、海水、土、壁があってもよい。

[0056] 複数の送電コイル部（または受電コイル部）を２次元的に配列してもよい。

さらに、例えば図２１に示すように、２次元的に配列した複数の送電コイル部（または受電コイル部）を剛性を有する二枚の基板６１１、６１２で挟んで、送電コイル部（または受電コイル部）が曲がらないように剛性を持たせてもよい。

または、柔軟性を有する二枚のシートで共鳴コイルを挟んで、送電コイル部または受電コイル部が柔軟に曲がるようにしておいてもよい。

[0057] 本明細書において”周期構造”の用語を用い、送電コイル部（または受電コイル部）が複数の共鳴コイルによる周期構造で構成されている、と表現した。

ここで、周期構造とは、厳密な一定ピッチの配列構造だけに限定解釈されるべきではない。

厳密に一定周期でなくてもよく、本発明の全趣旨からみて送電コイル部（または受電コイル部）をメタマテリアルとして扱える範囲で共鳴コイルの配列ピッチがずれることは許容される。

また、実際の製品とする場合にあっては、製造上の制約も考慮したうえで共鳴コイルの配列ピッチが設計されるので、製造条件に応じて配列周期がずれることは許容される。

[0058] 受電装置から電力の供給を受ける負荷としては、各種のセンサ、家庭用の電化製品、携帯端末、電気自動車、など、様々な応用製品が挙げられる。

[0059] 上記実施形態において、一つの送電コイル部は一つのコイル周期構造を備えていた。

同様に、一つの受電コイル部は一つのコイル周期構造を備えていた。

これは、送電コイル部と受電コイル部とで磁界共鳴する周波数が一つであったためであるが、送電コイル部も受電コイル部もそれぞれ複数のコイル周期構造を備えていてもよい。

例えば、一つの送電コイル部（または受電コイル部）に複数のコイル周期

構造を持たせるにあたっては、第1コイル周期構造の内側に第2コイル周期構造を設けるようにしてもよい。

このような構成によれば、一の周波数で電力を電送し、他の周波数で信号を電送することができる。

[0060] なお、本発明は上記実施形態に限られるものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することができる。

[0061] 以上、実施の形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記によって限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、発明のScope内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

[0062] この出願は、2012年2月29日に提出された日本出願特願2012-043772を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

### 符号の説明

[0063] 100・・・電力供給システム、200・・・送電装置、210・・・送電コイル部、220・・・前段コイル部、221・・・前段コイル、230・・・後段コイル部、231・・・第1後段コイル、232・・・第2後段コイル、240・・・給電コイル、280・・・給電部、281・・・電源、282・・・電力印加部、283・・・周波数制御部、284・・・インピーダンス制御部、300・・・受電装置、310・・・受電コイル部、320・・・前段コイル部、321・・・前段コイル、330・・・後段コイル部、331・・・第1後段コイル、332・・・第2後段コイル、340・・・受電コイル、380・・・受電部、401・・・共鳴コイル、401h・・・コイル成分、501・・・コイル、502・・・コイル、503・・・接合点、611・・・基板、900・・・負荷。

## 請求の範囲

- [請求項1] 一次元的に周期構造をなすように配列された複数の共鳴コイルを有し、受電装置と磁界共鳴することによって前記受電装置に電力を送電する送電コイル部と、  
前記送電コイル部に電力を供給する給電手段と、を備え、  
前記送電コイル部を電磁伝搬波の伝送路とし、この送電コイル手段に電磁伝搬波の定在波を発生させる  
ことを特徴とする送電装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の送電装置において、  
前記送電コイル部は、さらに、前記給電手段から給電を受ける給電用ループコイルを有し、  
前記給電用ループコイルは、前記共鳴コイル同士の間隙に介在配置されている  
ことを特徴とする送電装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の送電装置において、  
前記給電用ループコイルは、前記受電装置に最も近い位置にある共鳴コイルと、前記受電装置に二番目に近い位置にある共鳴コイルと、  
の間に配置されている  
ことを特徴とする送電装置。
- [請求項4] 請求項1から請求項3のいずれかに記載の送電装置において、  
前記共鳴コイルの数は3である  
ことを特徴とする送電装置。
- [請求項5] 請求項1から請求項4のいずれかに記載の送電装置において、  
前記複数の共鳴コイルは、同軸になるように配置されている  
ことを特徴とする送電装置。
- [請求項6] 請求項1から請求項5のいずれかに記載の送電装置において、  
前記送電コイル部の近傍に電磁波遮蔽物質を配置した  
ことを特徴とする送電装置。

- [請求項7] 請求項1から請求項6のいずれかに記載の送電装置において、前記複数の共鳴コイルのうちの一つ以上は、インピーダンスが可変である  
ことを特徴とする送電装置。
- [請求項8] 一次元的に周期構造をなすように配列された複数の共鳴コイルを有し、送電装置と磁界共鳴することによって前記送電装置から電力を受電する受電コイル部と、  
前記受電コイル部から電力を受電する受電手段と、を備え、  
前記受電コイル部が電磁伝搬波の伝送路となり、前記送電装置との磁界共鳴によってこの受電コイル部に電磁伝搬波の定在波が生じる  
ことを特徴とする受電装置。
- [請求項9] 請求項8に記載の受電装置において、  
前記受電コイル部は、さらに、受電用ループコイルを有し、  
前記受電用ループコイルは、前記共鳴コイル同士の間隙に介在配置されている  
ことを特徴とする受電装置。
- [請求項10] 請求項9に記載の受電装置において、  
前記受電用ループコイルは、前記送電装置に最も近い位置にある共鳴コイルと、前記送電装置に二番目に近い位置にある共鳴コイルと、  
の間に配置されている  
ことを特徴とする受電装置。
- [請求項11] 請求項8から請求項10のいずれかに記載の受電装置において、  
前記共鳴コイルの数は3である  
ことを特徴とする受電装置。
- [請求項12] 請求項8から請求項11のいずれかに記載の受電装置において、  
前記複数の共鳴コイルは、同軸になるように配置されている  
ことを特徴とする受電装置。
- [請求項13] 請求項8から請求項12のいずれかに記載の受電装置において、

前記受電コイル部の近傍に電磁遮蔽物質を配置したことを特徴とする受電装置。

[請求項14] 請求項8から請求項13のいずれかに記載の受電装置において、前記複数の共鳴コイルのうちの一つ以上は、インピーダンスが可変である

ことを特徴とする受電装置。

[請求項15] 請求項1から請求項7のいずれかに記載の送電装置と、請求項8から請求項14のいずれかに記載の受電装置と、を備えた電力供給システム。

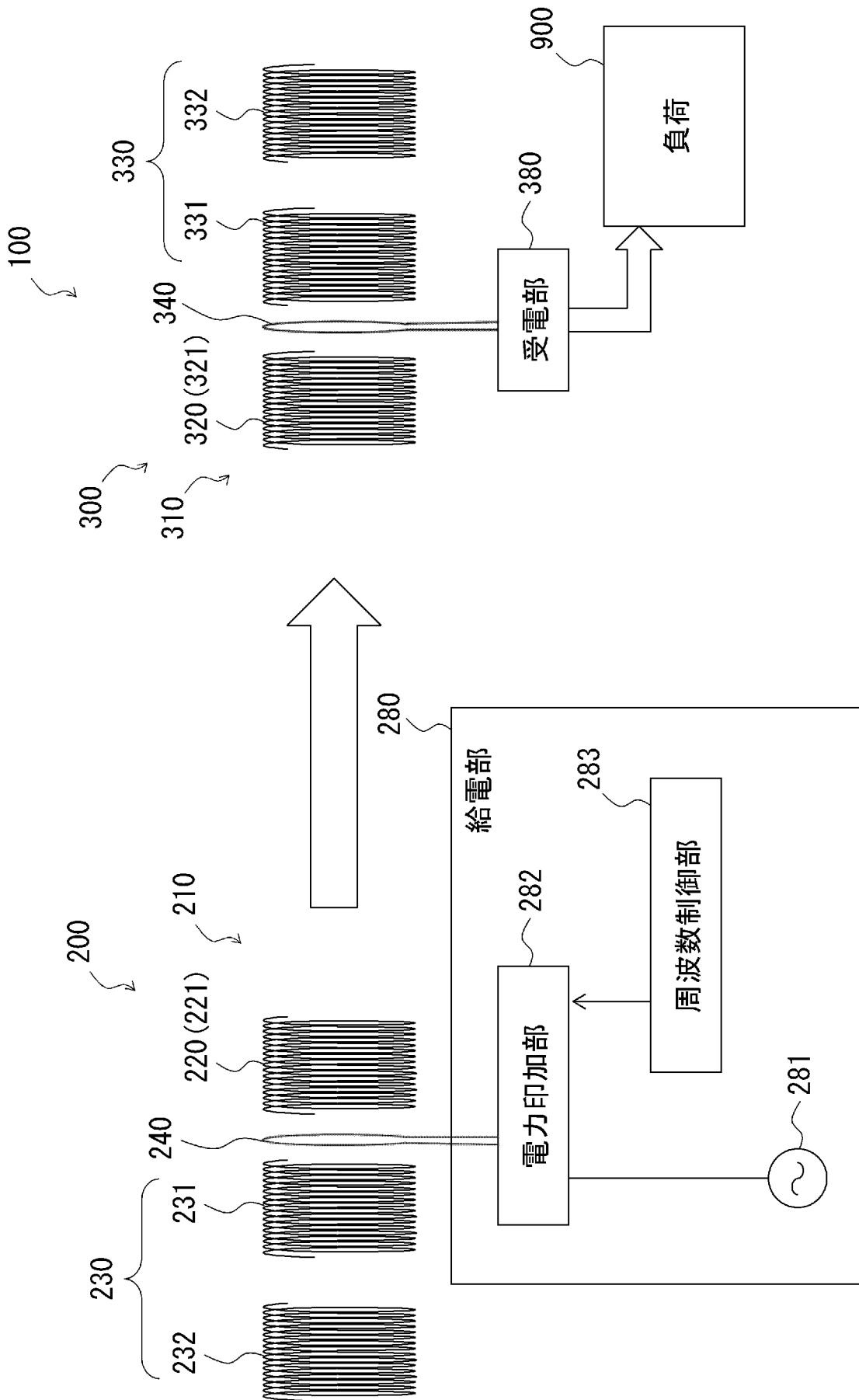
[請求項16] 請求項15に記載の電力供給システムにおいて、前記送電装置と前記受電装置との距離は、前記共鳴コイルの直径の2倍以上である

ことを特徴とする電力供給システム。

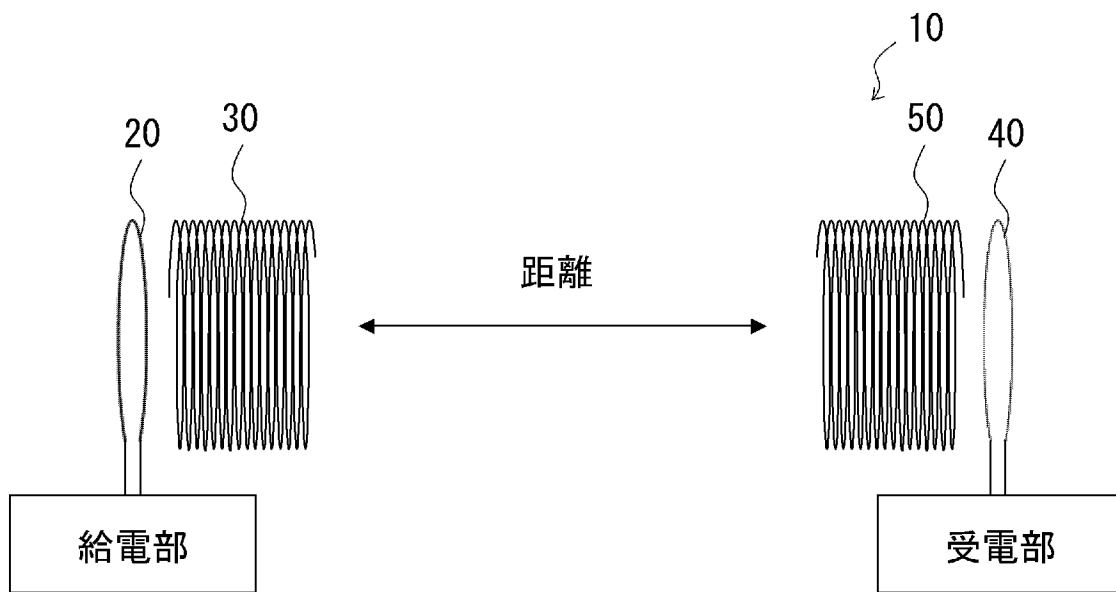
[請求項17] 請求項1から請求項7のいずれかに記載の送電装置を備える電子機器。

[請求項18] 請求項8から請求項14のいずれかに記載の受電装置を備えた電子機器。

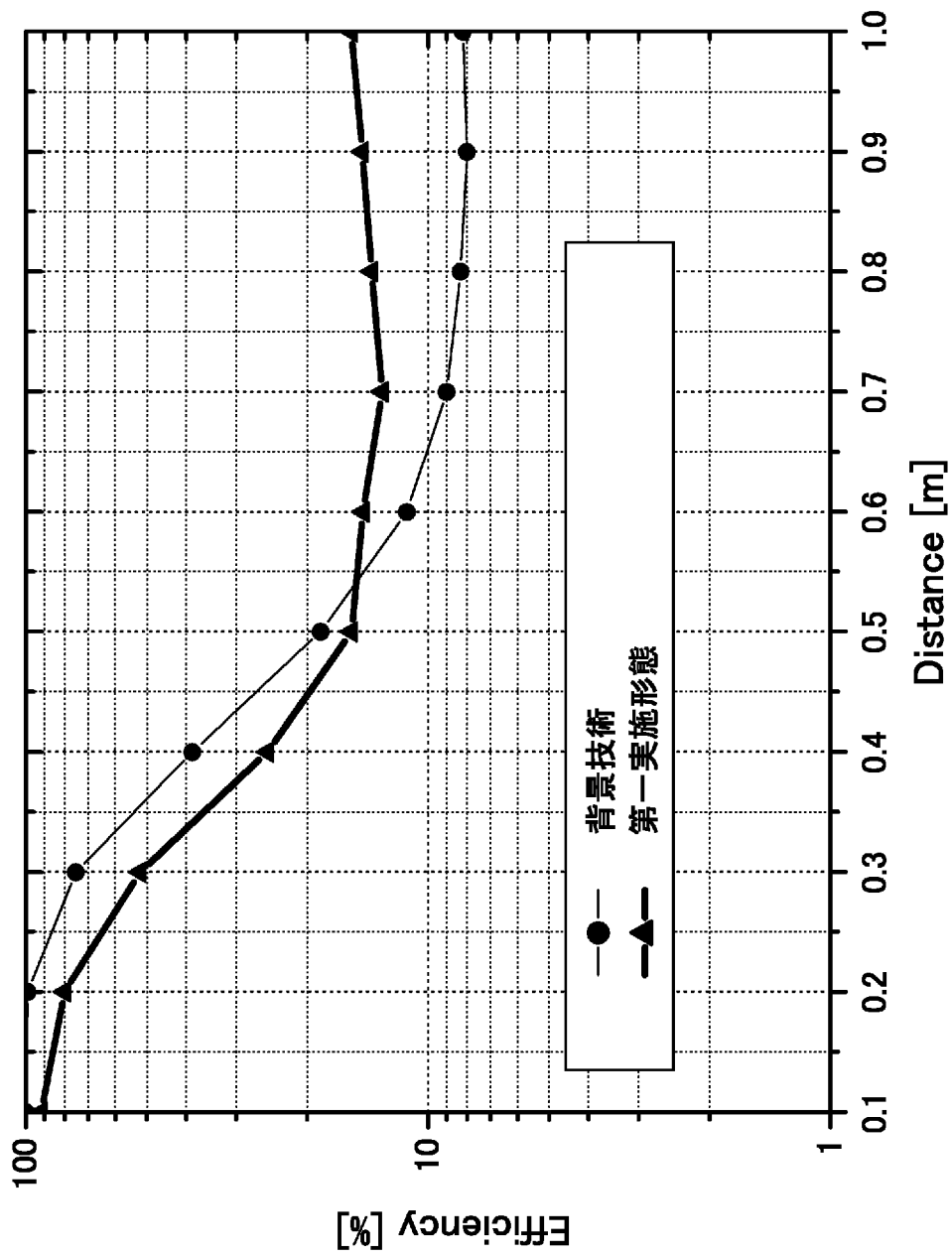
[図1]



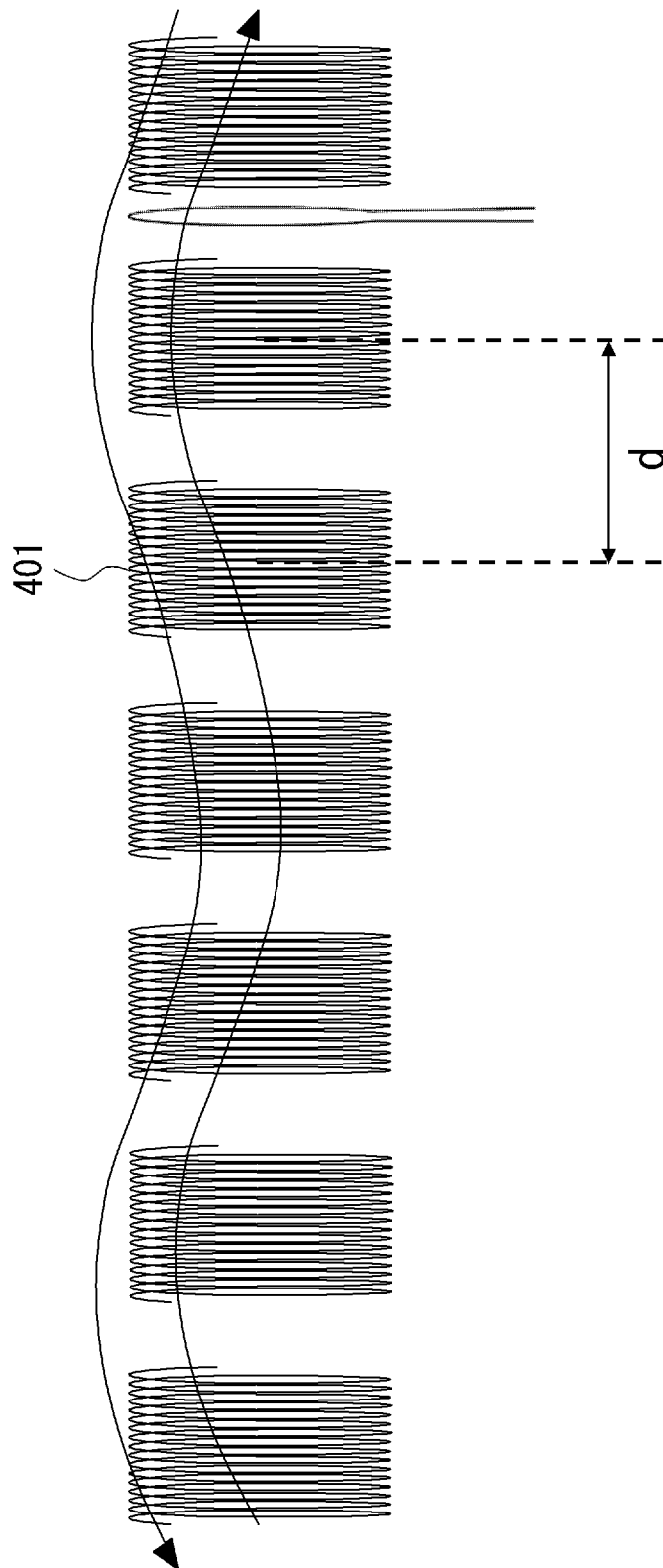
[図2]



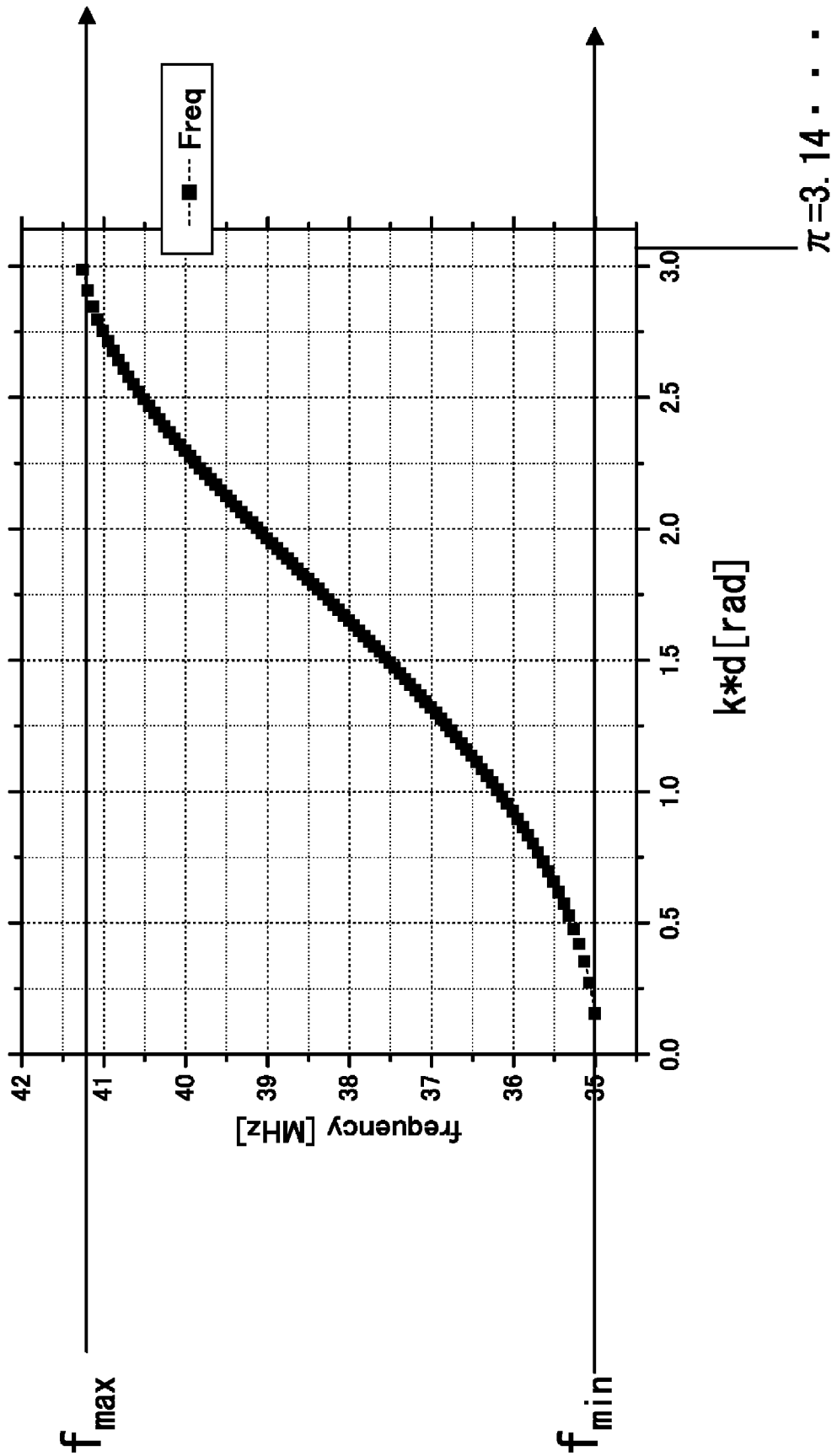
[図3]



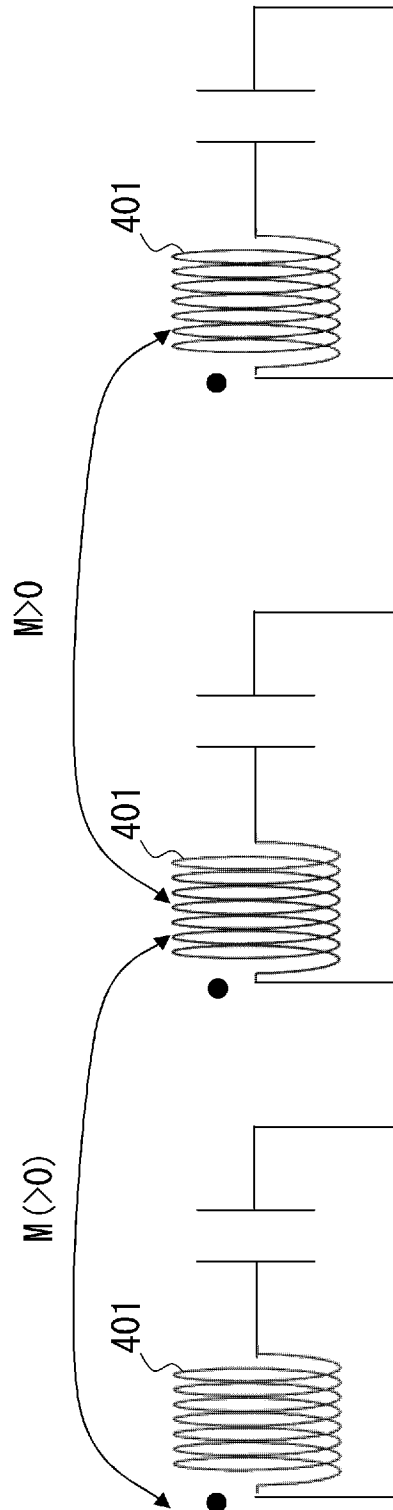
[図4]



[図5]

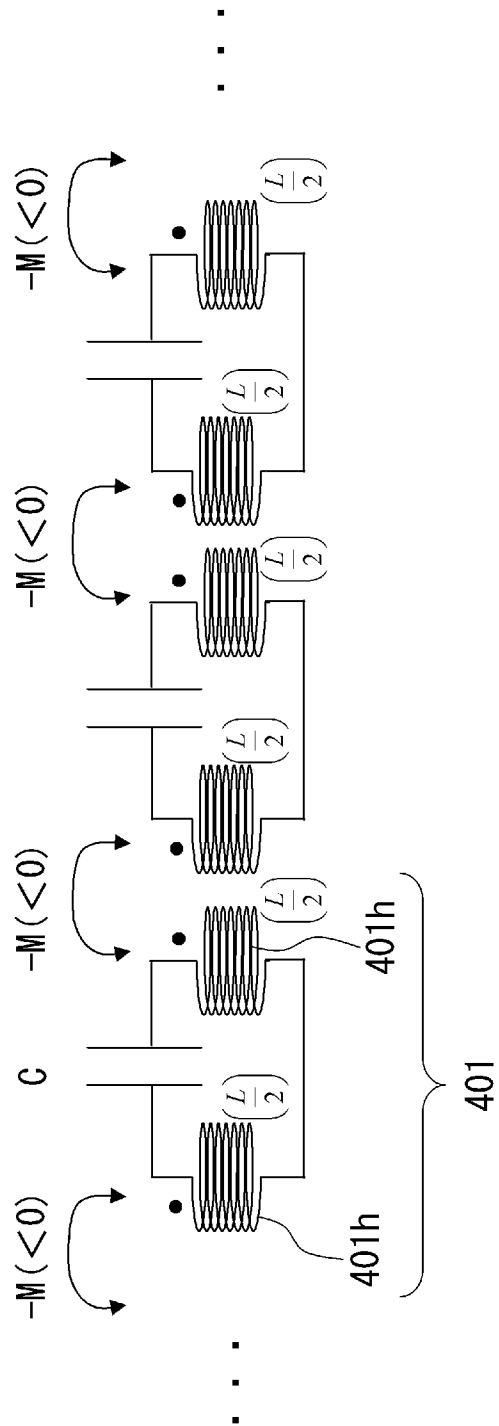


[図6]

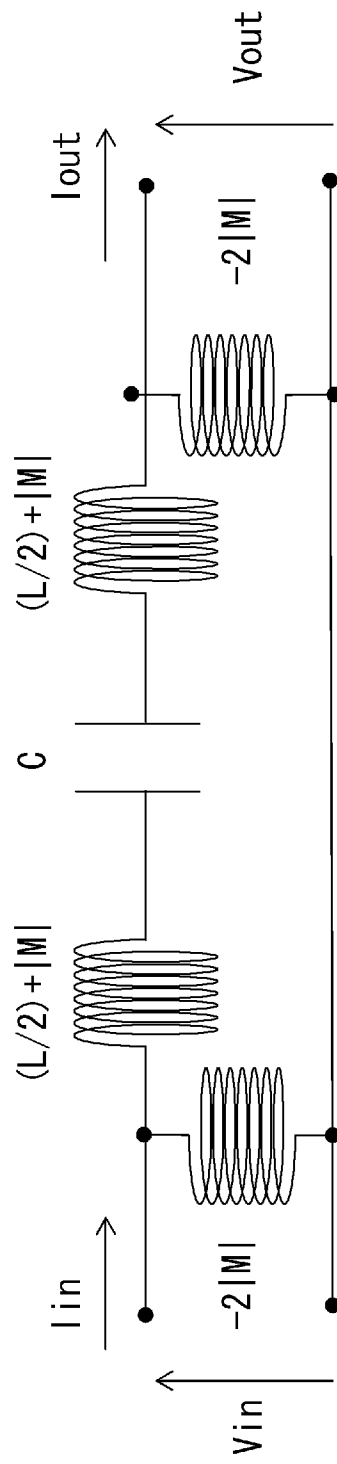




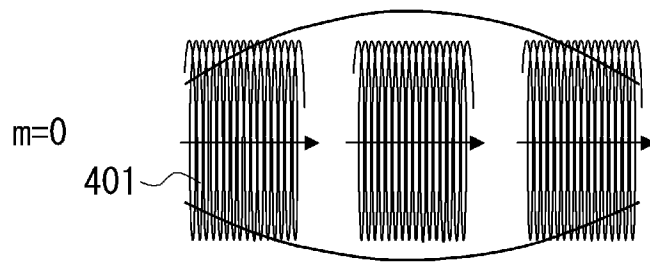
[図8]



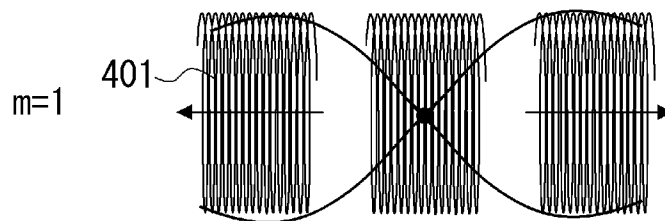
[図9]



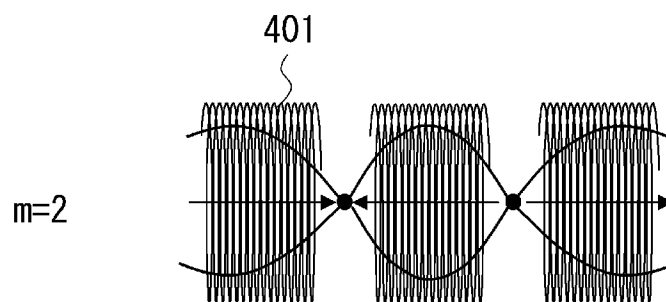
[図10]



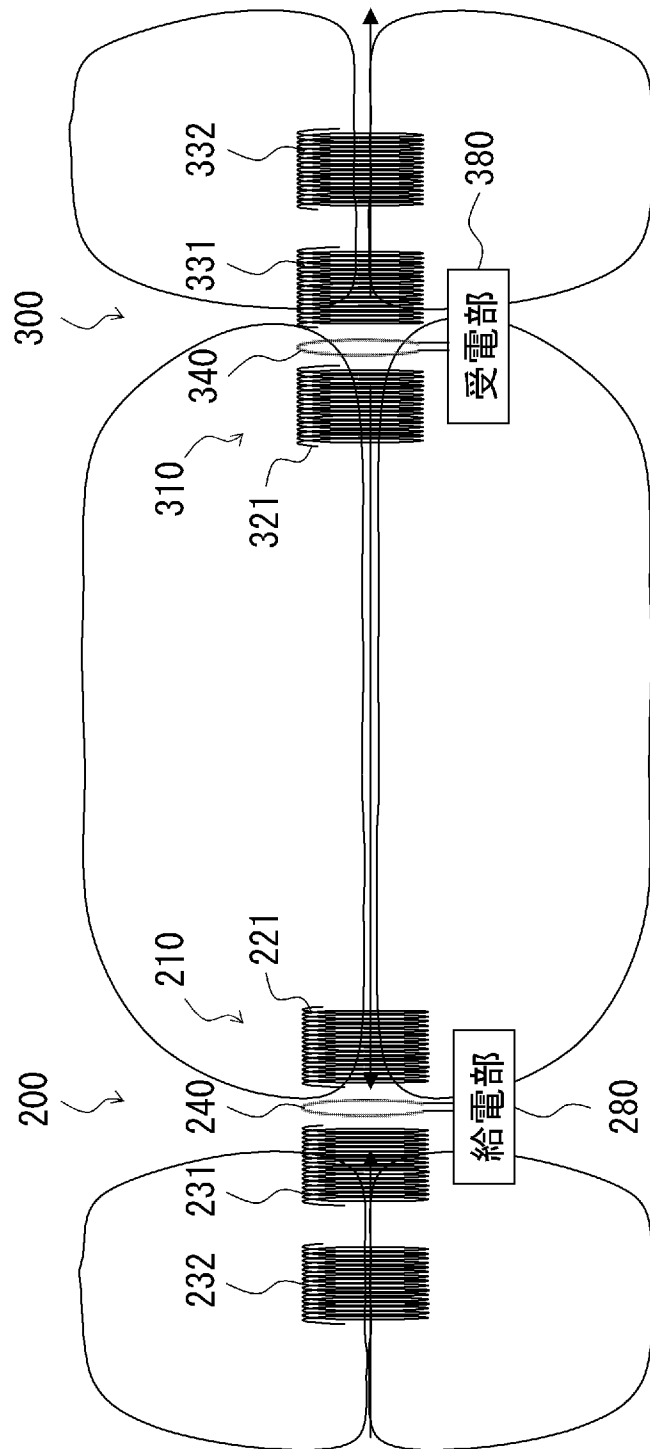
[図11]



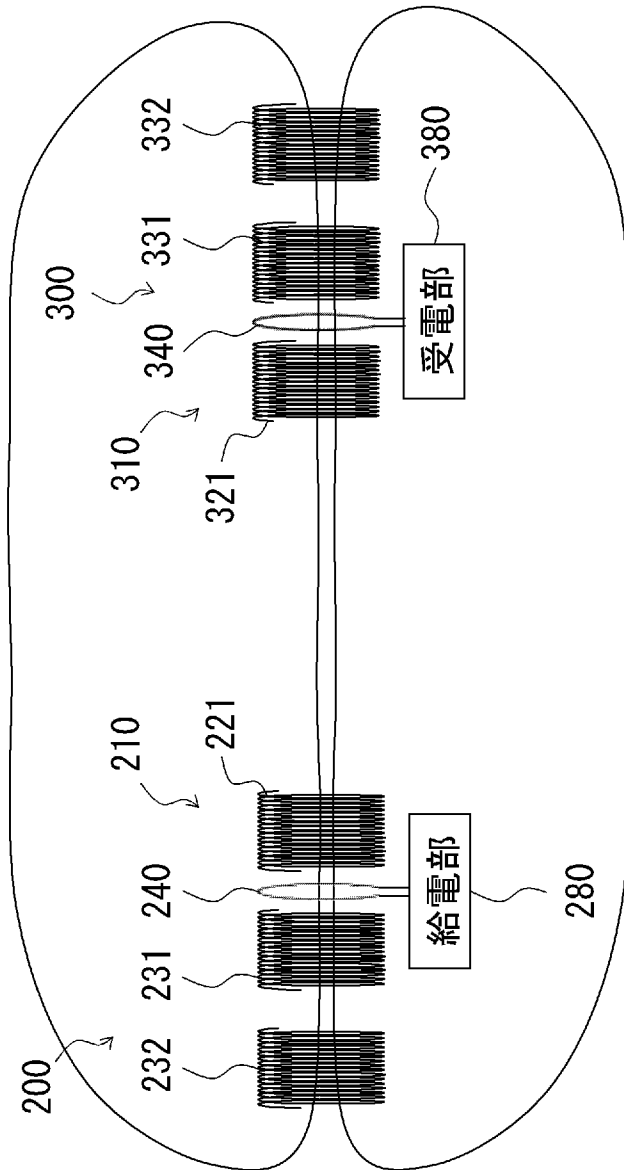
[図12]



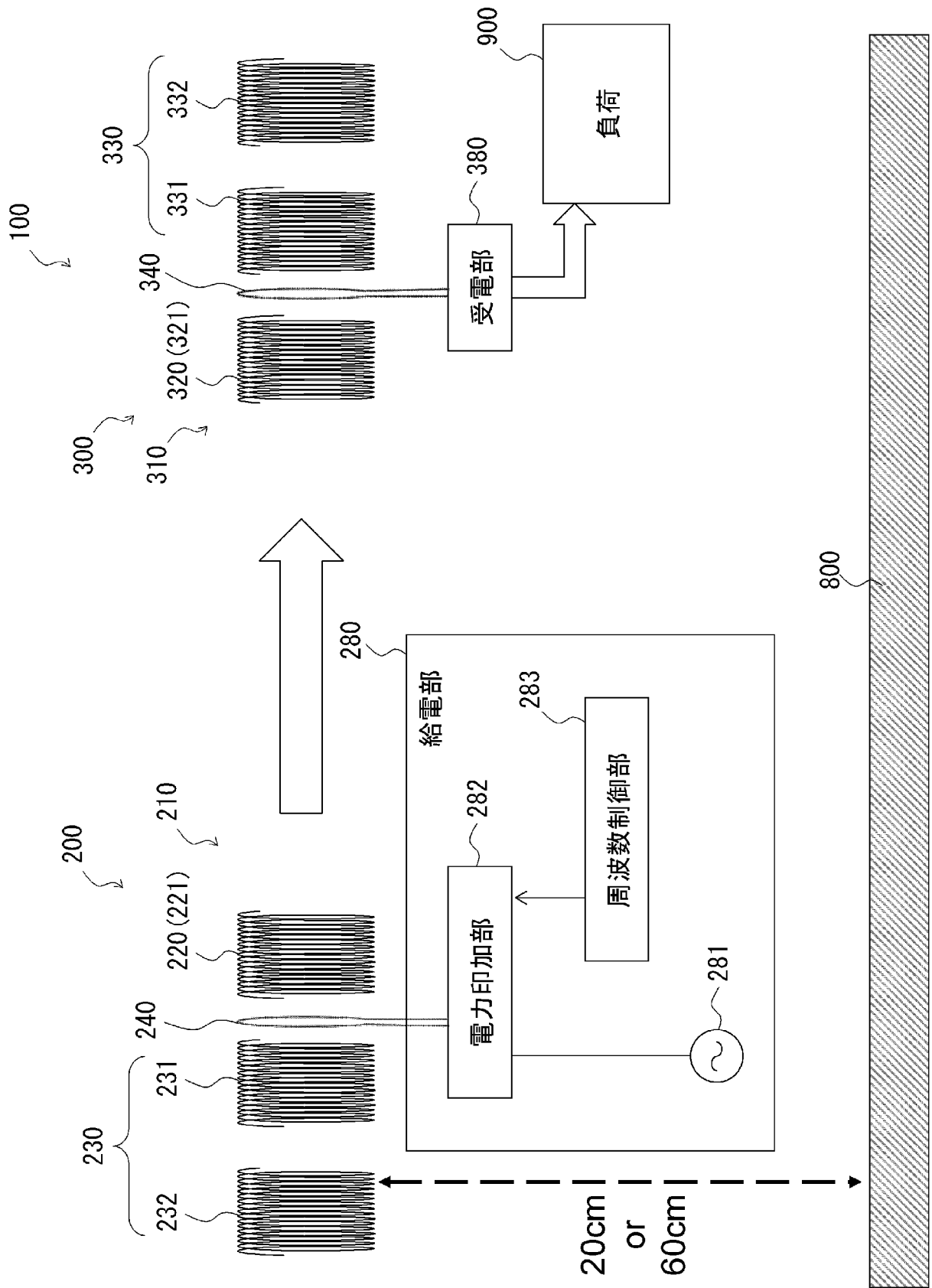
[図13]



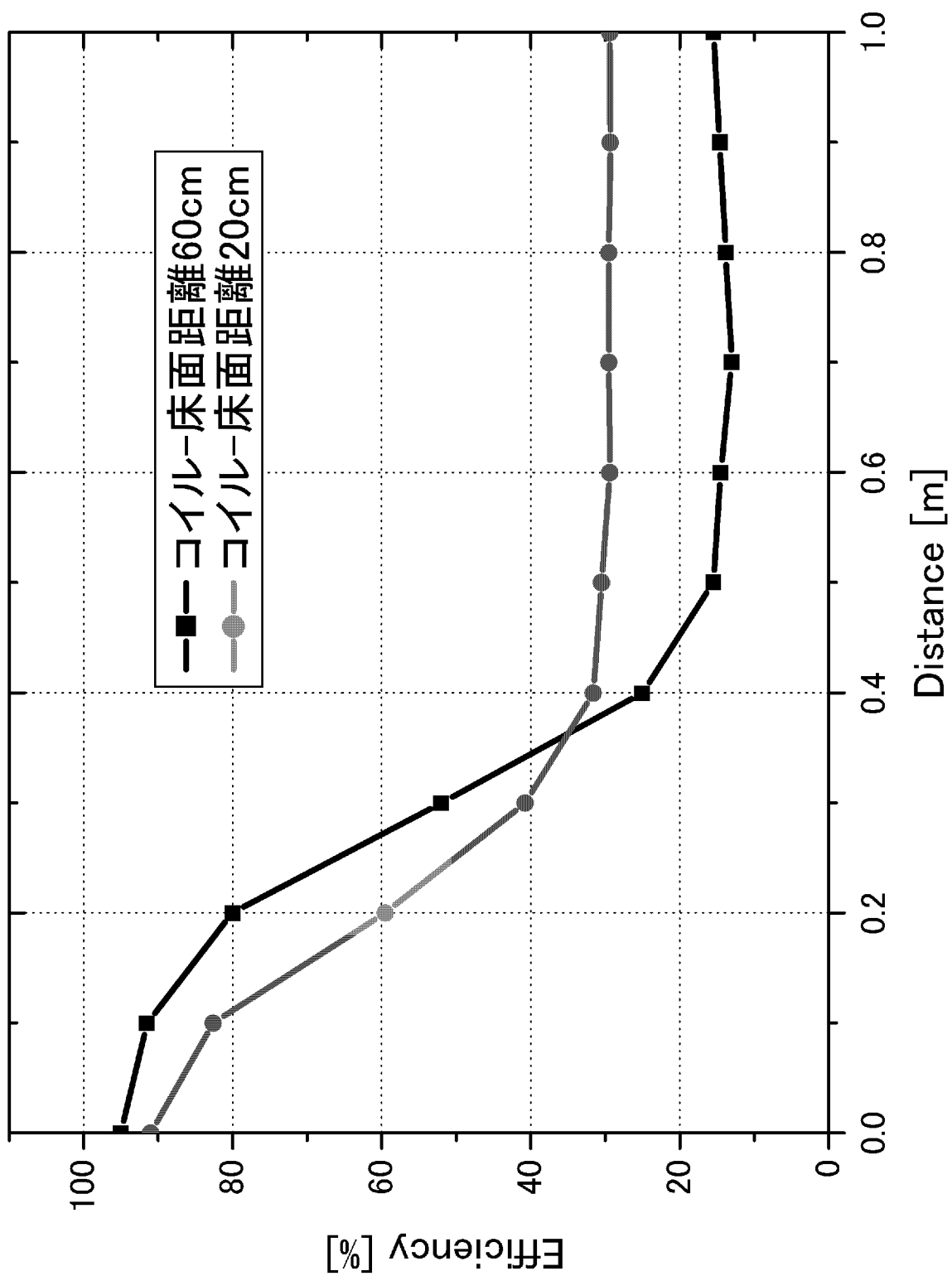
[図14]



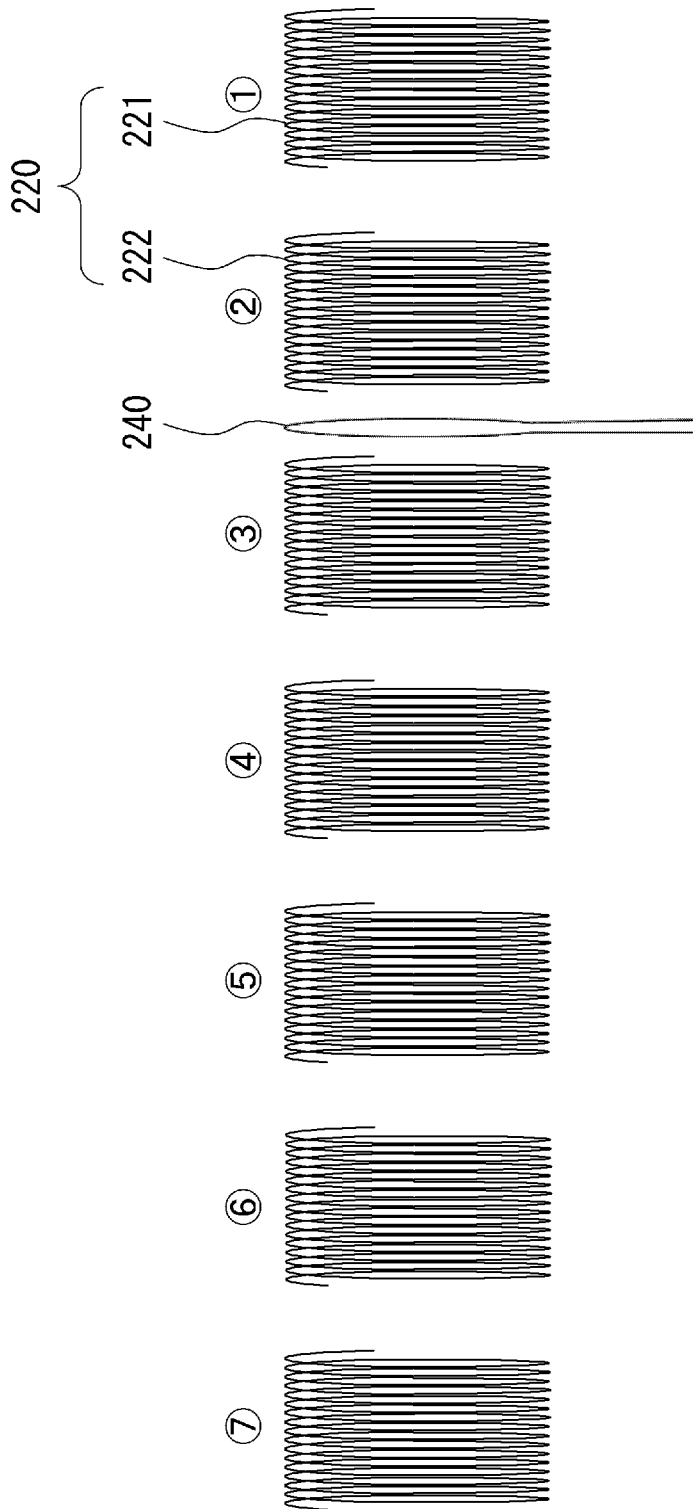
[図15]



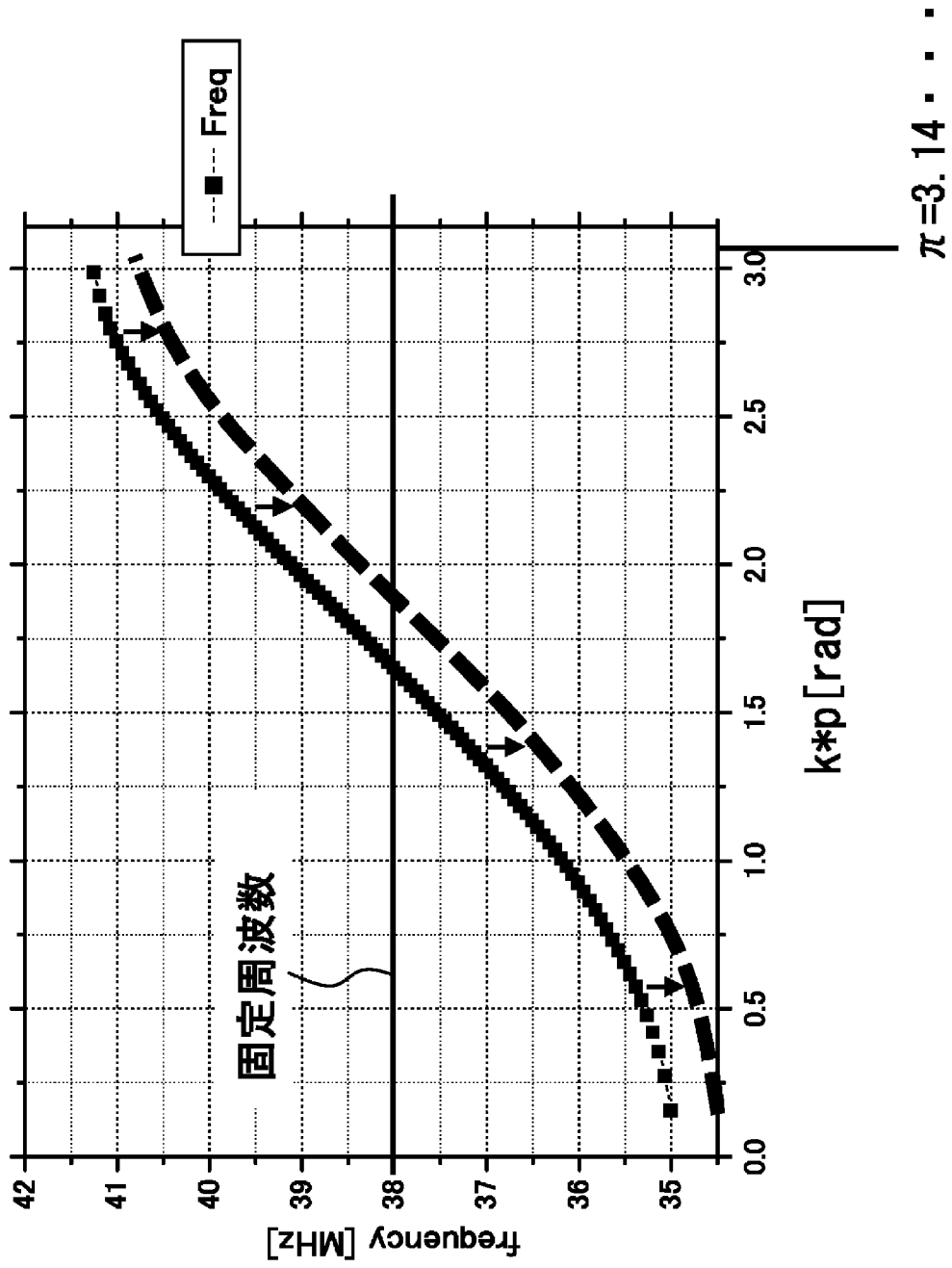
[図16]



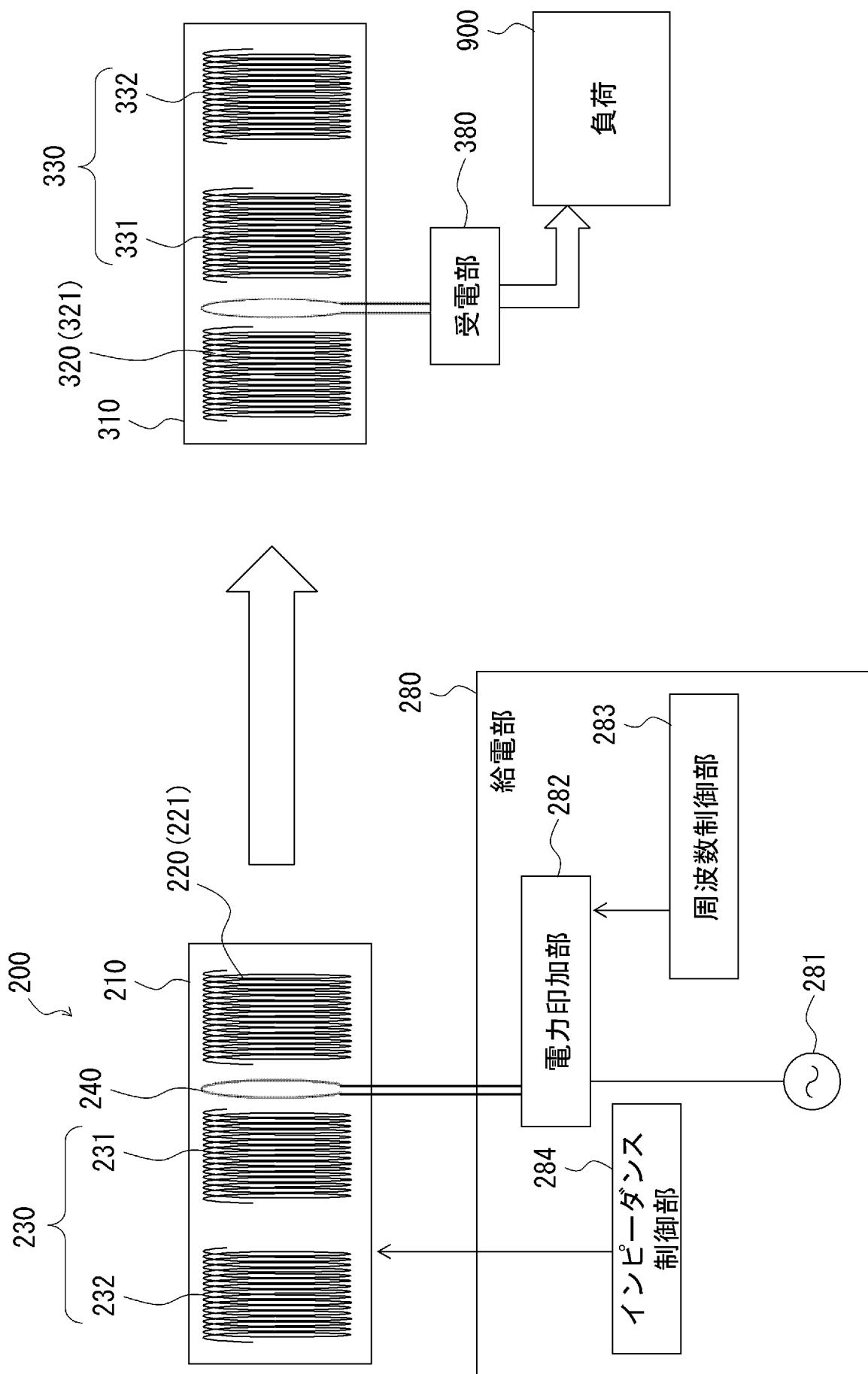
[図17]



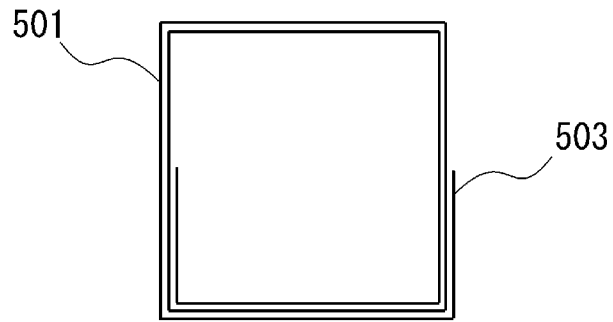
[図18]



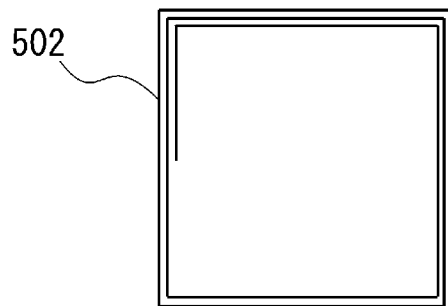
[図19]



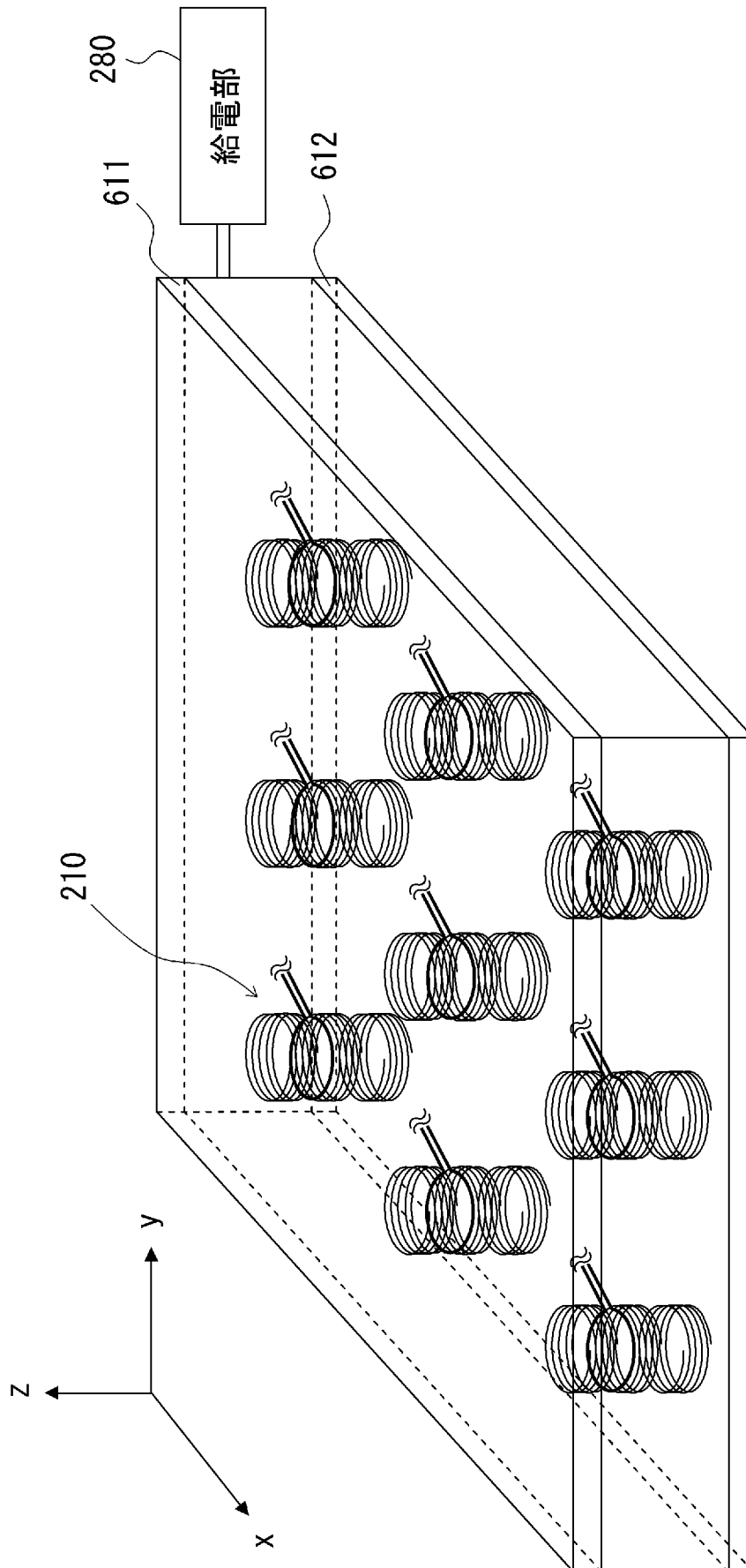
[図20A]



[図20B]



[図21]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2012/007312

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H02J17/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02J17/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2011-160634 A (Casio Computer Co., Ltd.), 18 August 2011 (18.08.2011), paragraphs [0019] to [0026], [0051] to [0058]; fig. 1, 5 (Family: none)	1, 4, 5, 8, 11, 12
Y	JP 2011-151989 A (Sony Corp.), 04 August 2011 (04.08.2011), paragraph [0054]; fig. 14 (Family: none)	2, 3, 6, 7, 9, 10, 13-18
Y	JP 2010-130878 A (Toyota Industries Corp.), 10 June 2010 (10.06.2010), paragraph [0011]; fig. 1 & EP 2372870 A1 & WO 2010/064584 A1 & CN 102227860 A & KR 10-2011-0091569 A	7, 14-18

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
16 January, 2013 (16.01.13)

Date of mailing of the international search report  
29 January, 2013 (29.01.13)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2012/007312

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-147271 A (Sony Corp.), 28 July 2011 (28.07.2011), entire text; all drawings & US 2011/0169338 A1 & CN 102130513 A	1-18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02J17/00(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H02J17/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2013年 日本国実用新案登録公報 1996-2013年 日本国登録実用新案公報 1994-2013年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2011-160634 A (カシオ計算機株式会社) 2011.08.18, 【0019】 - 【0026】【0051】 - 【0058】【図1】【図5】 (ファミリーなし)	1, 4, 5, 8, 11, 12
Y		2, 3, 6, 7, 9, 10, 13-18
Y	JP 2011-151989 A (ソニー株式会社) 2011.08.04, 【0054】【図14】 (ファミリーなし)	2, 3, 6, 7, 9, 10, 13-18
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 16.01.2013	国際調査報告の発送日 29.01.2013	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 高野 誠治 電話番号 03-3581-1101 内線 3568	5 T   3 5 6 7

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2010-130878 A (株式会社豊田自動織機) 2010.06.10, 【0011】 【図1】 & EP 2372870 A1 & WO 2010/064584 A1 & CN 102227860 A & KR 10-2011-0091569 A	7, 14-18
A	JP 2011-147271 A (ソニー株式会社) 2011.07.28, 全文, 全図 & US 2011/0169338 A1 & CN 102130513 A	1-18