

(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7月25日(25.07.2013)



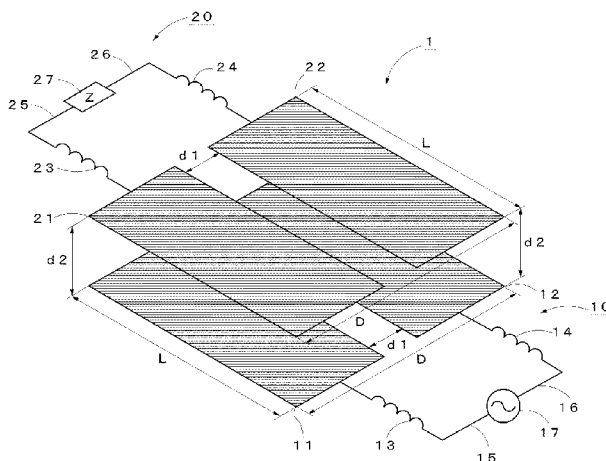
(10) 国際公開番号
WO 2013/108893 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 17/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/050982
- (22) 国際出願日: 2013年1月18日(18.01.2013)
- (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 2012-008037 2012年1月18日(18.01.2012) JP
- (71) 出願人: 古河電気工業株式会社 (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 楠 正弘 (KUSUNOKI Masahiro); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 増田 満 (MASUDA Mitsuru); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 玉岡 弘行 (TAMAOKA Hiroyuki); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 磯 洋一 (ISO Yoichi); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二
- 丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: アインゼル・フェリックス＝ラインハルト, 外 (EINSEL Felix-Reinhard et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内1丁目6番2号 新丸の内センタービルディング ソンデルホフ&アインゼル法律特許事務所 Tokyo (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,

[続葉有]

(54) Title: WIRELESS POWER TRANSMISSION SYSTEM, POWER TRANSMISSION DEVICE, AND POWER RECEPTION DEVICE

(54) 発明の名称: 無線電力伝送システム、送電装置、および、受電装置



(57) Abstract: Provided is a wireless power transmission system that is capable of efficiently transmitting power. A power transmission device comprises: first and second electrodes (11, 12); first and second connection lines (15, 16) connecting the first and second electrodes to an AC power generator; and first inductors (13, 14) inserted into or between at least one of two output terminals of the AC power generator and the first and second electrodes. A power reception device comprises: third and fourth electrodes (21, 22), a total width of which is a length of $\lambda/2\pi$ or less that is a near field; third and fourth connection lines (25, 26) connecting the third and fourth electrodes to a load; and second inductors (23, 24) inserted into or between at least one of two output terminals of the load and the third and fourth electrodes. A resonance frequency of a coupler configured of the first inductors and the first and second electrodes is configured to be approximately the same as a resonance frequency of a coupler configured of the second inductors and the third and fourth electrodes.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2013/108893 A1



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 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

電力を効率良く伝送できる無線電力伝送システムを提供すること。送電装置は、第 1 および第 2 電極 1 1, 1 2 と、第 1 および第 2 電極と交流電力発生部とを接続する第 1 および第 2 接続線 1 5, 1 6 と、第 1 および第 2 電極と交流電力発生部の 2 つの出力端子の少なくとも一方の間に挿入される第 1 インダクタ 1 3, 1 4 とを有し、受電装置は、合計幅が近傍界である $\lambda/2\pi$ 以下の長さを有する第 3 および第 4 電極 2 1, 2 2 と、第 3 および第 4 電極と負荷を接続する第 3 および第 4 接続線 2 5, 2 6 と、第 3 および第 4 電極と負荷の 2 つの入力端子の少なくとも一方の間に挿入される第 2 インダクタ 2 3, 2 4 と、を有し、第 1 および第 2 電極と第 1 インダクタによって構成されるカプラの共振周波数と、第 3 および第 4 電極と第 2 インダクタによって構成されるカプラの共振周波数が略等しくなるように設定される。

明 細 書

発明の名称：

無線電力伝送システム、送電装置、および、受電装置

技術分野

[0001] 本発明は、無線電力伝送システム、送電装置、および、受電装置に関するものである。

背景技術

[0002] 特許文献 1 には、電磁誘導を用いて、非接触の二つの電気回路間で電力の伝送を行う無線電力伝送装置が開示されている。

非特許文献 1 には、磁界共鳴、電界共鳴を用いて、非接触の二つの電気回路間で電力の伝送を行う無線電力伝送装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平 8 - 3 4 0 2 8 5 号公報

非特許文献1：電学誌、1 2 9 巻 7 号、2 0 0 9 年

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 に開示された技術では、電力を伝送するためのコイルにおける電力の損失が大きいため、電力を効率良く伝送できないという問題点がある。また、特許文献 1 に開示された技術では、同文献の段落 (0 0 5 8) などの記載から、電力を伝送できる距離が、数 m m から数 c m の範囲に限られるため、適用用途が限られる。

[0005] また、非特許文献 1 に開示された磁界共鳴を用いる方式では、電力を伝送できる距離を、数十 c m から数 m の範囲に拡大することが可能となるが、磁界を発生させ、共振を得るために導体を巻回したコイルを用いる必要がある。電力を伝送するにあたっては、このコイルに電流を流す必要があることから、導体損失を免れ得ない。また、コイルに用いる導体は一般に金属製の線

材を用いることから、当該コイルを組み込んだ送受電装置の質量増加を招く。

[0006] また、非特許文献 1 に開示された電界共鳴を用いる方式では、共振に磁界ではなく電界を用いる。この方式によれば、共振にコイルは用いないが、共振が得られる電気長を導体線路により得る必要があるため、給電点および受電点からそれぞれ対称に $1/4$ 波長の長さの導体線路をミアンダ状に配置した電界結合用電極を用いる必要がある。このため、例えば共振周波数が低い場合には、共振を得るための電極の導体線路長が長くなる。また、空間的に隣接する導体線路間の干渉、すなわち線間結合による交流抵抗により、磁界共鳴と同様に導体損失を引き起こし、電力の伝送効率が悪くなる。特に、電極サイズを小さくするため電界結合用電極の導体線路間を狭くすると、線間結合による交流抵抗が増大する。

[0007] そこで、本発明は、非接触で電力を伝送できる距離を延長するとともに、電力を効率良く伝送できる無線電力伝送システム、送電装置、および、受電装置を提供することを目的としている。さらに、送電装置、および、受電装置の軽量化を可能とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するために、本発明は、送電装置から受電装置に対して無線で交流電力を伝送する無線電力伝送システムにおいて、前記送電装置は、所定の距離を隔てて配置され、当該所定の距離を含む合計幅が近傍界である $\lambda/2\pi$ 以下の長さを有する第 1 および第 2 電極と、前記第 1 および第 2 電極と交流電力発生部の 2 つの出力端子とをそれぞれ電氣的に接続する第 1 および第 2 接続線と、前記第 1 および第 2 電極と前記交流電力発生部の 2 つの出力端子の少なくとも一方の間に挿入される第 1 インダクタと、を有し、前記受電装置は、所定の距離を隔てて配置され、当該所定の距離を含む合計幅が近傍界である $\lambda/2\pi$ 以下の長さを有する第 3 および第 4 電極と、前記第 3 および第 4 電極と負荷の 2 つの入力端子とをそれぞれ電氣的に接続する第 3 および第 4 接続線と、前記第 3 および第 4 電極と前記負荷の 2 つの入力端

子の少なくとも一方の間に挿入される第2インダクタと、を有し、前記第1および第2電極と前記第1インダクタによって構成されるカプラの共振周波数と、前記第3および第4電極と前記第2インダクタによって構成されるカプラの共振周波数が略等しくなるように設定され、前記第1および第2電極と前記第3および第4電極は近傍界である $\lambda/2\pi$ 以下の距離を隔てて配置される、ことを特徴とする。

このような構成によれば、電力を効率良く伝送することができる。

[0009] また、他の発明は、上記発明に加えて、前記第1乃至第4電極は平板形状を有している。

このような構成によれば、設置スペースを少なくすることができる。

[0010] また、他の発明は、上記発明に加えて、前記第1および第2電極と、前記第3および第4電極はそれぞれ同一平面上に配置されていることを特徴とする。

このような構成によれば、それぞれの電極を一体形成することにより、簡単に製造することができる。

[0011] また、他の発明は、上記発明に加えて、前記第1および第3電極と、前記第2および第4電極は略平行に配置されていることを特徴とする。

このような構成によれば、設置スペースを少なくするとともに、電力の伝送効率を高めることができる。

[0012] また、他の発明は、上記発明に加えて、前記交流電力発生部の周波数は、前記第1および第2電極と前記第1インダクタによって構成されるカプラの共振周波数と略同じ周波数、または、2つの共振周波数のいずれか一方と略同じ周波数に設定されていることを特徴とする。

このような構成によれば、交流の周波数を共振周波数に合わせることで、伝送効率を一層高めることができる。

[0013] また、他の発明は、上記発明に加えて、前記交流電力発生部の周波数は、前記送電装置から前記受電装置への電力の伝送効率が最大となる周波数に設定されていることを特徴とする。

このような構成によれば、伝送効率を最大にすることができる。

- [0014] また、他の発明は、上記発明に加えて、前記第1インダクタは、前記第1電極と前記第1接続線の間に入挿されたインダクタと、前記第2電極と前記第2接続線の間に入挿されたインダクタの2つを有し、前記第2インダクタは、前記第3電極と前記第3接続線の間に入挿されたインダクタと、前記第4電極と前記第4接続線の間に入挿されたインダクタの2つを有する、ことを特徴とする。

このような構成によれば、設計を容易に行うことができる。

- [0015] また、他の発明は、上記発明に加えて、前記第1および第2接続線は、前記第1および第2電極の領域およびこれらによって挟まれた領域を回避するように配置されるとともに、当該領域から遠ざかる方向に伸延されていることを特徴とする。

このような構成によれば、接続線と電極との間の干渉を防ぐことにより、伝送効率を高めることができる。

- [0016] また、他の発明は、上記発明に加えて、前記第3および第4接続線は、前記第3および第4電極の領域およびこれらによって挟まれた領域を回避するように配置されるとともに、当該領域から遠ざかる方向に伸延されていることを特徴とする。

このような構成によれば、接続線と電極との間の干渉を防ぐことにより、伝送効率を高めることができる。

- [0017] また、他の発明は、上記発明に加えて、所定の距離を隔てて配置され、当該所定の距離を含む合計幅が近傍界である $\lambda / 2\pi$ 以下の長さを有する第5および第6電極と、前記第5および第6電極の間に接続された第3インダクタと、を有する中継装置を備え、前記第5および第6電極は、前記送電装置の前記第1および第2電極と、前記受電装置の前記第3および第4電極の間に配置されるとともに、前記第5および第6電極と前記第3インダクタによって構成されるカプラの共振周波数が、前記送電装置および前記受電装置のカプラの共振周波数と略等しくなるように設定されていることを特徴とする

。

このような構成によれば、より遠い距離まで効率良く電力を伝送することができる。

[0018] また、他の発明は、上記発明に加えて、前記第1および第2電極は、湾曲形状を有しており、対向させることで第1の筒状構造をなしており、前記第3および第4電極は、湾曲形状を有しており、対向させることで第2の筒状構造をなしており、前記第1および第2電極を離間するスリットと、前記第3および第4電極を離間するスリットとが対向するように、前記第1および第2の筒状構造が略同心円状に配置されていることを特徴とする。

このような構成によれば、カプラを同軸方向にスライドさせても電力伝送を行うことができる。

[0019] また、他の発明は、上記発明に加えて、前記第1および第2電極の暴露面に絶縁被覆を施し、前記第3および第4電極の暴露面に絶縁被覆を施したことを特徴とする。

このような構成によれば、電極の腐食による電力伝送効率の低下を抑えることができるとともに、電極からの放電を防止することができる。

[0020] また、本発明は、送電装置から受電装置に対して無線で交流電力を伝送する無線電力伝送システムの前記送電装置において、所定の距離を隔てて配置され、当該所定の距離を含む合計幅が近傍界である $\lambda / 2\pi$ 以下の長さを有する第1および第2電極と、前記第1および第2電極と交流電力発生部の2つの出力端子とをそれぞれ電氣的に接続する第1および第2接続線と、前記第1および第2電極と前記交流電力発生部の2つの出力端子の少なくとも一方の間に挿入される第1インダクタと、を有し、前記第1および第2電極と前記第1インダクタによって構成されるカプラの共振周波数は、前記受電装置が有する第3および第4電極と第2インダクタによって構成されるカプラの共振周波数と略等しくなるように設定され、前記第1および第2電極と前記第3および第4電極は近傍界である $\lambda / 2\pi$ 以下の距離を隔てて配置される、ことを特徴とする。

このような構成によれば、電力を効率良く伝送することができる。

[0021] また、本発明は、送電装置から受電装置に対して無線で交流電力を伝送する無線電力伝送システムの前記受電装置において、所定の距離を隔てて配置され、当該所定の距離を含む合計幅が近傍界である $\lambda / 2\pi$ 以下の長さを有する第3および第4電極と、前記第3および第4電極と負荷の2つの入力端子とをそれぞれ電氣的に接続する第3および第4接続線と、前記第3および第4電極と前記負荷の2つの入力端子の少なくとも一方の間に挿入される第2インダクタと、を有し、前記第3および第4電極と前記第2インダクタによって構成されるカプラの共振周波数は、前記送電装置が有する第1および第2電極と第1インダクタによって構成されるカプラの共振周波数と略等しくなるように設定され、前記第1および第2電極と前記第3および第4電極は近傍界である $\lambda / 2\pi$ 以下の距離を隔てて配置される、ことを特徴とする。

このような構成によれば、電力を効率良く伝送することができる。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、電力を効率良く伝送できる無線電力伝送システム、送電装置、および、受電装置を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の実施形態の動作原理を説明するための図である。

[図2] (A) は本発明の電極形状の実施例を示す図であり、略矩形であることを示す図である。(B) は本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、略円形であることを示す図である。(C) は本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、略楕円形であることを示す図である。(D) は本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、4つの内角が等しい略菱形であることを示す図である。(E) は本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、4つの内角が等しくない略菱形であることを示す図である。

[図3] (A) は本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、略直方体であることを示す図である。(B) は本発明の電極形状の別の実施例を示す図で

あり、略直方体で外郭部のみからなる形状であることを示す図である。(C)は本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、略球体であることを示す図である。(D)は本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、略球体で外郭部のみからなる形状であることを示す図である。(E)は本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、略円柱であることを示す図である。

(F)は本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、略円柱で外郭部のみからなる形状であることを示す図である。

[図4] (A)は本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、平板を屈曲させた形状であることを示す斜視図である。(B)は本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、平板を屈曲させた形状であることを示す断面図である。(C)は本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、平板を湾曲させた形状であることを示す正面図である。(D)本発明の電極形状の別の実施例を示す図であり、平板を湾曲させた形状であることを示す断面図である。

[図5]図1に示す実施形態の等価回路である。

[図6]図5に示す等価回路の伝送特性を示す図である。

[図7]本発明の実施形態に係る送電用カプラの構成例を示す図である。

[図8]本発明の実施形態に係る送電用カプラと受電用カプラの構成例を示す図である。

[図9]本発明の実施形態に係る送電用カプラの電極の支持形態の例を示す図である。

[図10] (A)は本発明の実施形態に係る送電用カプラの放熱フィンの設置形態の例を示す斜視図である。(B)は図10Aに示す設置形態の断面図である。(C)は本発明の実施形態に係る送電用カプラの放熱フィンの別の設置形態の例を示す図である。

[図11]本発明の実施形態に係る送電用カプラの絶縁被覆の形態の例を示す図である。

[図12]図8に示す実施形態の伝送効率の周波数特性を示す図である。

[図13]図8に示す実施形態のパラメータ S_{11} 、 S_{21} の絶対値の周波数特性を示す図である。

[図14]図8に示す実施形態の伝送効率の周波数特性を示す図である。

[図15]図8に示す実施形態の送電用カプラの入ラインピーダンスのスミスチャートである。

[図16]図8に示す実施形態の受電用カプラの出ラインピーダンスのスミスチャートである。

[図17]図8に示す実施形態の送電用カプラの入ラインピーダンスの実部と虚部の周波数特性を示す図である。

[図18]図8に示す実施形態の受電用カプラの出ラインピーダンスの実部と虚部の周波数特性を示す図である。

[図19]図8に示す実施形態の送電用カプラのVSWRの周波数特性を示す図である。

[図20]図8に示す実施形態の受電用カプラのVSWRの周波数特性を示す図である。

[図21]接続線を電極間に配置した構成例を示す図である。

[図22]図8に示す実施形態の伝送効率の周波数特性を示す図である。

[図23]図21に示す実施形態の伝送効率の周波数特性を示す図である。

[図24]電極の配置例を示す図である。

[図25]本発明の実施形態に係る中継用カプラの構成例を示す図である。

[図26]図25に示す中継用カプラの配置例である。

[図27]カプラ電極を対向させた、図1の別の実施例を示す図である。

[図28]カプラ電極を対向させた、図1の別の実施例である。

[図29]カプラ電極を筒状構造とした、図1の別の実施例である。

[図30]カプラ電極を筒状構造とした、図1の別の実施例である。

発明を実施するための形態

[0024] 次に、本発明の実施形態について説明する。

[0025] (A) 実施形態の動作原理の説明

図1は、本発明の実施形態に係る無線電力伝送システム1の動作原理を説明するための図である。この図に示すように、無線電力伝送システム1は、送電装置10、および、受電装置20を有している。

[0026] ここで、送電装置10は、電極11、12、インダクタ13、14、接続線15、16、および、交流電力発生部17を有している。また、受電装置20は、電極21、22、インダクタ23、24、接続線25、26、および、負荷27を有している。電極11、12およびインダクタ13、14は送電用カプラを構成する。電極21、22およびインダクタ23、24は受電用カプラを構成する。

[0027] ここで、電極11、12は、導電性を有する部材によって構成され、所定の距離 d_1 を隔てて配置されている。図1の例では、電極11、12、21、22として、略同一のサイズを有する矩形形状を有する平板状の電極が例示されている。また、電極11と電極21は距離 d_2 を隔てて対向するように平行に配置され、電極12と電極22も同じ距離 d_2 を隔てて対向するように平行に配置されている。なお、電極11、12、21、22としては、図1に示す以外の形状の電極であってもよい。例えば、図2Aに示すような平板矩形形状の電極11、12以外にも、例えば、次のような形状の電極を用いることが可能である。すなわち、図2Bに示すような略円形状の電極201、202、図2Cに示すような略楕円形状の電極203、204、図2Dおよび図2Eに示すような略ひし形の平板電極205、206、207、208を用いてもよい。また、図3Aに示すような略角柱状の電極209、210、図3Bに示すような略角柱内部211a、212aがそれぞれ中空であって外郭部211b、212bのみからなる電極211、212、図3Cに示すような略球形の電極213、214、図3Dに示すような略球形内部215a、216aがそれぞれ中空であって外郭部215b、216bのみからなる電極215、216、図3Eに示すような略円柱状の電極217、218、図3Fに示すような略円柱内部219a、220aがそれぞれ中空であって外郭部219b、220bのみからなる電極219、220を用い

てもよい。さらに、図4 Aの斜視図および図4 Bの断面図に示すような屈曲部2 2 1 a、2 2 2 aが形成された平板状の電極2 2 1、2 2 2、図4 Cの斜視図および図4 Dの断面図に示すような湾曲した形状の電極2 2 3、2 2 4を用いてもよい。

[0028] 図1乃至図4 Dに示した構成例のうち、以下では図1に示す形状の電極を用いた構成例について説明する。電極1 1および電極1 2の距離 d_1 を含む合計幅 D は、これらの電極から放射される電界の波長を λ とした場合に、 $\lambda/2\pi$ で示される近傍界よりも狭くなるように設定されている。同様に、電極2 1および電極2 2の距離 d_1 を含む合計幅 D は、 $\lambda/2\pi$ で示される近傍界よりも狭くなるように設定されている。また、電極1 1および電極1 2の長さ L は、 $\lambda/2\pi$ で示される近傍界よりも狭くなるように設定されている。電極2 1および電極2 2の長さ L も、 $\lambda/2\pi$ で示される近傍界よりも狭くなるように設定されている。電極1 1と電極2 1および電極1 2と電極2 2の間の距離 d_2 についても、 $\lambda/2\pi$ で示される近傍界よりも短くなるように設定されている。

[0029] インダクタ1 3、1 4は、例えば、導電性の線材（例えば、銅線）を巻回して構成され、図1の例では、電極1 1、1 2の端部にそれぞれの一端が電氣的に接続されている。接続線1 5はインダクタ1 3の他端と交流電力発生部1 7の出力端子の一端とを接続する導電性の線材（例えば、銅線）によって構成される。接続線1 6はインダクタ1 4の他端と交流電力発生部1 7の出力端子の他端とを接続する導電性の線材によって構成される。なお、接続線1 5、1 6は、同軸ケーブルまたは平衡ケーブルによって構成される。

[0030] 交流電力発生部1 7は、所定の周波数の交流電力を発生し、接続線1 5、1 6を介してインダクタ1 3、1 4に供給する。

[0031] 電極2 1、2 2は、電極1 1、1 2と同様に、導電性を有する部材によって構成され、所定 d_1 の距離を隔てて配置されている。

[0032] インダクタ2 3、2 4は、例えば、導電性の線材を巻回して構成され、図1の例では、電極2 1、2 2の端部にそれぞれの一端が電氣的に接続されて

いる。接続線 25 はインダクタ 23 の他端と負荷 27 の入力端子の一端とを接続する導電性の線材（例えば、銅線）によって構成される。接続線 26 はインダクタ 24 の他端と負荷 27 の入力端子の他端とを接続する導電性の線材によって構成される。なお、接続線 25, 26 は、同軸ケーブルまたは平衡ケーブルによって構成される。

[0033] 負荷 27 は、交流電力発生部 17 から出力され、送電用カプラおよび受電用カプラを介して伝送された電力が供給される。なお、負荷 27 は、例えば、整流装置および二次電池等によって構成されている。もちろん、これ以外であってもよい。

[0034] 図 5 は、図 1 に示す無線電力伝送システム 1 の等価回路を示す図である。この図 5 において、インピーダンス 2 は、接続線 15, 16 および接続線 25, 26 の特性インピーダンスを示し、 Z_0 の値を有している。インダクタ 3 はインダクタ 13, 14 に対応し、 L の素子値を有している。キャパシタ 4 は、電極 11, 12 の間に生じる素子値 C のキャパシタから、電極 11, 12 と電極 21, 22 の間に生じる素子値 C_m のキャパシタを減じた素子値 ($C - C_m$) を有する。キャパシタ 5 は、電極 11, 12 と電極 21, 22 の間に生じるキャパシタを示し、 C_m の素子値を有している。キャパシタ 6 は、電極 21, 22 の間に生じる素子値 C のキャパシタから、電極 11, 12 と電極 21, 22 の間に生じる素子値 C_m のキャパシタを減じた素子値 ($C - C_m$) を有する。インダクタ 7 はインダクタ 23, 24 に対応し、 L の素子値を有している。

[0035] 図 6 は、送電装置 10 と受電装置 20 の間の S パラメータの周波数特性を示している。具体的には、図 6 の横軸は周波数を示し、縦軸は送電装置 10 から受電装置 20 への挿入損失 (S_{21}) を示している。この図 6 に示すように、送電装置 10 から受電装置 20 への挿入損失は、周波数 f_C で反共振点を有し、周波数 f_L および f_H で共振点を有している。ここで、周波数 f_C は、図 5 に示すインダクタ 3, 7 のインダクタンス値 L と、電極 11, 12 または電極 21, 22 によって形成されるキャパシタのキャパシタンス値

Cによって定まる。また、周波数 f_L および f_H は、図5に示すインダクタ3, 7のインダクタンス値 L と、電極11, 12および電極21, 22によって形成されるキャパシタのキャパシタンス値 C_m と、ならびに、電極11, 12の間および電極21, 22の間にそれぞれ生じるキャパシタのキャパシタンス値 C によって定まる。

[0036] 交流電力発生部17が発生する交流電力の周波数は、第1および第2電極11, 12とインダクタ13, 14によって構成される送電用カプラの共振周波数と略等しくなるように設定される。このように、交流電力発生部17の周波数を設定することにより、送電装置10から受電装置20に対して効率よく電力を送電することができる。

[0037] また、上記キャパシタンス値 C は、送電用カプラと受電用カプラとのそれぞれの電極寸法、形状、配置で決まる。キャパシタンス値 C_m は、各カプラの電極寸法、形状、配置に加えて送受電極間の距離 d_2 に依存する。このため、図5の等価回路における交流電力発生部17側からみた入力インピーダンスは、電極寸法、形状、配置、及び送受電極間距離で変化することになる。交流電力発生部17側の特性インピーダンス Z_0 と入力インピーダンスが一致すると整合が取れ、電力伝送効率が最大になるが、その条件は各カプラの電極寸法、形状、配置、及び送受電極間距離に依存することになる。

[0038] したがって、交流電力発生部17が発生する交流電力の周波数は、各カプラの電極寸法、形状、配置、及び送受電極間距離などの諸条件に基づいて、送電用カプラから受電用カプラへの電力の伝送効率が最大となる周波数に設定してもよい。このように周波数を設定することで、伝送効率を最大にすることができる。

[0039] 以上のような構成からなる図1に示す実施形態では、送電装置10の電極11, 12と受電装置20の電極21, 22は、電界共振結合されており、送電装置10の電極11, 12から受電装置20の電極21, 22に対して電界によって交流電力が伝送される。

[0040] つまり、図1に示す実施形態では、送電装置10の電極11, 12と受電

装置 20 の電極 21, 22 は、近傍界である $\lambda / 2\pi$ よりも短い距離 d_2 だけ隔てて配置されているので、電極 11, 12 から放射される電界成分が支配的である領域に電極 21, 22 が配置される。また、電極 11, 12 の間に形成されるキャパシタおよびインダクタ 13, 14 による共振周波数と、電極 21, 22 の間に形成されるキャパシタおよびインダクタ 23, 24 による共振周波数とは略等しくなるように設定されている。このように、送電装置 10 の電極 11, 12 と受電装置 20 の電極 21, 22 は、電界共振結合されていることから、送電装置 10 の電極 11, 12 から受電装置 20 の電極 21, 22 に対して電界によって交流電力が効率よく伝送される。

[0041] (B) 実施形態の構成の説明

図 7, 8 は、本発明の実施形態の構成例を示す斜視図である。ここで、図 7 は、実施形態に係る送電用カプラ 110 の構成例を示している。また、図 8 は送電用カプラ 110 と受電用カプラ 120 とを配置した状態を示す斜視図である。

[0042] 図 7 に示すように、送電用カプラ 110 は、矩形の板状形状を有する絶縁部材によって構成される回路基板 118 の表（おもて）面 118A 上に、矩形形状を有する導電性部材によって構成される電極 111, 112 が配置されて構成される。回路基板 118 の裏面 118B には、この図 7 の例では、電極等は配置されていない。具体的な構成例としては、例えば、ガラスエポキシ基板やガラスコンポジット基板等によって構成される回路基板 118 上に、銅等の導電性の薄膜によって電極 111, 112 が形成される。電極 111, 112 は、所定の距離 d_1 だけ離れた位置に平行に配置されている。また、距離 d_1 を含む電極 111, 112 の幅 D は、これらの電極から放射される電界の波長を λ とした場合に、 $\lambda / 2\pi$ で示される近傍界よりも狭くなるように設定されている。

[0043] 回路基板 118 の電極 111, 112 の短手方向の端部には、インダクタ 113, 114 の一端がそれぞれ接続されている。また、インダクタ 113, 114 の他端は、接続線 115, 116 の一端にそれぞれ接続されている

。接続線 115, 116 は、電極 111, 112 の領域およびこれらに挟まれる領域を回避するように配置されるとともに、これらの領域から遠ざかる方向（図 7 の右下方向）に伸延するように配置されている。より詳細には、電極 111, 112 のそれぞれの矩形領域と、これら 2 つの電極 111, 112 によって挟まれた領域を回避して配置されるとともに、これらの領域から遠ざかる方向に伸延するように配置されている。このように配置することで、電極 111, 112 と接続線 115, 116 の間の干渉を少なくすることができるので、伝送効率の低下を防止できる。接続線 115, 116 は、例えば、同軸ケーブルまたは平衡ケーブルによって構成されている。なお、接続線 115, 116 の他端は、図示しない交流電力発生部の出力端子にそれぞれ接続されている。接続線 115, 116 によって送電用カプラ 110 に交流電力発生部が接続されることにより、送電装置が構成される。

[0044] なお、回路基板 118 は剛体である必要は無く、たとえばポリイミドなどの誘電体フィルムであってもよい。このような誘電体フィルムは可撓性を有するので、未使用時に電極部を巻き上げる、あるいはじゃばら状に折りたたむことが可能となり、電極部の搬送性および収納性を高めることが可能となる。

[0045] また、電極に剛性を持たせ、回路基板 118 などの支持基板無しで筐体に固定することも可能である。図 9 は送電用カプラ 110 の構成例であり、電極 111, 112 は誘電体支柱 141 にねじ 142 により固定されている。誘電体支柱 141 は図示しないカプラ設置筐体にねじ等で固定される構成である。このような図 9 に示す構成では、電極 111, 112 が安定して筐体に固定可能な数の誘電体支柱 141 を設置すればよい。同様の構成を受電側カプラにも適用することができる。

[0046] また、電力伝送時の放熱対策として、電極 111, 112 に放熱用のフィンを設置してもよい。図 10A の斜視図と図 10B の断面図は、図 7 の構成において、電極 111, 112 の表面 111a, 112a に、面方向に凹凸形状が連続的に形成することで表面積を広げた放熱フィン 151 を設置した

例を示している。電力伝送時において主にコイル113、114の交流抵抗に起因して熱が発生するが、発生した熱を電極111、112の表面111a、112aに設置された放熱フィン151から逃がすことができる。この構成はカプラの熱破壊防止に効果がある。図10Cは図9の構成において、電極111、112の表面111a、112aに放熱フィン151を設置し、誘電体支柱141に電極111、112をねじ142により固定した例であり、図10Aの構成と同様の効果を得ることができる。図10Aおよび図10Cの構成において、放熱フィン151は電極111、112の表面111a、112aと反対の裏面に設置することも可能である。

[0047] さらに別の放熱対策として、電極111、112の内部に冷却材を封入しても良い。例えば、上述した図3B、図3D、図3F等に示したような外郭部のみからなる立体構造の電極211、212、215、216、219、220の内部に冷却材を封入することで、電力伝送時において主にコイル113、114の交流抵抗に起因して熱が発生するが、その熱を冷却材の対流により電極211、212、215、216、219、220の暴露面に分散させ、暴露面から熱を逃がすことができる。

[0048] また腐食対策として、電極111、112は誘電体皮膜にて表面111a、112aを保護するのが望ましい。図7および図9に示す送電側カプラにおいて、電極部111、112の暴露面にレジスト材料等により絶縁被覆を施せば、電極111、112の腐食による電力伝送効率の低下を防ぐことができる。図11は、図7に示した構成において電極111、112の暴露面である表面111a、112aに被覆を施した場合の例であり、回路基板118及び電極111、112の断面を示している。すなわち、電極111、112の暴露面である表面111a、112aが絶縁膜161で覆われている。同様の被覆は、図9に示したような誘電体基板が存在しない構成においても適用可能であり、この場合には電極111、112の暴露面全てを絶縁膜で被覆すればよい。また、図10Aおよび図10Cに示す放熱フィン151が電極111、112に設置された場合においても、電極111、112

が放熱フィン151から外れて暴露している箇所を絶縁膜で被覆する、あるいは電極111、112及び放熱フィン151丸ごと絶縁膜で被覆することで、電極111、112の腐食による電力伝送効率の低下を抑えることができる。また、電極111、112を絶縁膜161で被覆することで、電極111、112との間に大きな電圧が印加されても、電極111、112の表面からの放電の発生を抑えることができる。なお、図3A乃至図3Fに示したように電極が立体構造となる場合においても絶縁膜で被覆することは可能である。

[0049] 送電用カプラ110は、電極111、112が所定の距離 d_1 を隔てて配置されることによって形成されるキャパシタのキャパシタンス C と、インダクタ1を13、114のインダクタンス L による直列共振回路を構成するので、これらによる固有の共振周波数 f_C を有している。

[0050] 受電用カプラ120は、送電用カプラ110と同様の構成とされ、回路基板128の表面128A上に、矩形形状を有する導電性部材によって構成される電極121、122およびインダクタ123、124が配置され、インダクタ123、124の他端に接続線125、126が接続されて構成される。電極121、122によって形成されるキャパシタのキャパシタンス C と、インダクタ123、124のインダクタンス L による直列共振回路の共振周波数 f_C は送電用カプラ110と略同じに設定される。接続線125、126は、例えば、同軸ケーブルまたは平衡ケーブルによって構成されている。受電用カプラ120の接続線125、126の他端には、図示しない負荷が接続される。接続線125、126によって受電用カプラ120に負荷が接続されることにより、受電装置が構成される。

[0051] 図8は、送電用カプラ110と受電用カプラ120を対向配置した状態を示す図である。この図に示すように、送電用カプラ110と受電用カプラ120は、回路基板118、128の表面118A、128Aが対向するように距離 d_2 を隔て、回路基板118、128が平行になるように配置される。

[0052] つぎに、図8に示す実施形態の動作について説明する。図12は、図8に示す実施形態の送電用カプラ110と受電用カプラ120を14cm隔てて対向配置した場合（ $d_2 = 14\text{ cm}$ の場合）における送電用カプラ110から受電用カプラ120への伝送効率 η_{21} （ $= |S_{21}|^2$ ）の周波数特性を示す図である。この図において横軸は伝送する交流電力の周波数（MHz）を示し、縦軸は伝送効率を示している。図12に示す例では、25MHz周辺において、伝送効率80%以上を達成していることが分かる。

[0053] 図13は、送電用カプラ110と受電用カプラ120を17cm隔てて対向配置した場合（ $d_2 = 17\text{ cm}$ の場合）における送電用カプラ110と受電用カプラ120の間のSパラメータの周波数特性を示す図である。この図において、実線はパラメータ S_{21} の絶対値の周波数特性を示し、破線はパラメータ S_{11} の絶対値の周波数特性を示している。ここで、パラメータ S_{11} は送電用カプラ110から入力した信号の反射を示し、パラメータ S_{21} は送電用カプラ110から受電用カプラ120への信号の通過を示す。この図13に示すように、27MHz付近では、パラメータ S_{21} の値は0.9程度であり、また、パラメータ S_{11} の値は0.1程度である。したがって、本実施形態によれば、27MHz付近では、送電用カプラ110から入力した信号は、少ない反射で受電用カプラ120に伝送されることが分かる。

[0054] 図14は、送電用カプラ110と受電用カプラ120を17cm隔てて対向配置した場合（ $d_2 = 17\text{ cm}$ の場合）における送電用カプラ110から受電用カプラ120への伝送効率 η_{21} （ $= |S_{21}|^2$ ）の周波数特性を示す図である。この図に示すように、周波数が27MHz付近では80%程度の伝送効率を有していることが分かる。

[0055] 図15、16は、送電用カプラ110と受電用カプラ120を17cm隔てて対向配置した場合（ $d_2 = 17\text{ cm}$ の場合）における送電用カプラ110のインピーダンス S_{11} と、受電用カプラ120のインピーダンス S_{22} のスミスチャートを示している。この場合、測定器のポートインピーダンス

は接続線路の特性インピーダンス Z_0 （実数値）と等しい値に設定している。これらの図に示すように、本実施形態では、送電用カプラ110および受電用カプラ120のインピーダンスの軌跡は、スミスチャートの円の中心付近を通過することから、この付近において伝送を行うように設定することにより反射を抑えて効率良く電力を伝送することができる。

[0056] 図17, 18は、送電用カプラ110と受電用カプラ120を17cm隔てて対向配置した場合（ $d_2 = 17\text{ cm}$ の場合）における送電用カプラ110のインピーダンスの実部（ $\text{Re}[Z_{in1}]$ ）と虚部（ $\text{Im}[Z_{in1}]$ ）と、受電用カプラ120のインピーダンスの実部（ $\text{Re}[Z_{in2}]$ ）と虚部（ $\text{Im}[Z_{in2}]$ ）のそれぞれの周波数特性を示す図である。これらの図に示すように、それぞれのインピーダンスの虚部は、共振周波数である27MHz付近において略0となっていることから、送電用カプラ110から受電用カプラ120へ少ない損失で電力を伝送できることが分かる。

[0057] 図19, 20は、送電用カプラ110と受電用カプラ120を17cm隔てて対向配置した場合（ $d_2 = 17\text{ cm}$ の場合）における送電用カプラ110と受電用カプラ120の電圧定在波比（VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)）をそれぞれ示している。これらの図に示すように、送電用カプラ110と受電用カプラ120の電圧定在波比は、共振周波数である27MHz付近において略1となっていることから、送電用カプラ110から受電用カプラ120、または、受電用カプラ120から受電用カプラ120へはインピーダンスの整合が取れており、反射なく電力を伝送することができることが分かる。

[0058] 以上に説明したように、本実施形態では、送電用カプラ110と受電用カプラ120を、例えば、17cm程度離して配置した場合、80%程度の伝送効率を達成することができることから、効率よく電力を伝送することができる。また、共振周波数においては、インピーダンスの抵抗成分が略0となり、また、反射も少ないことが分かる。

[0059] なお、図8に示す実施形態では、接続線115, 116および接続線12

5, 126を、電極111, 112および電極121, 122の領域およびこれらによって挟まれた領域を回避するように配置したが、例えば、図21に示すように、当該領域（図21の例では電極111, 112および電極121, 122に挟まれた領域）を回避せずに、当該領域を通過するように配置した場合、伝送特性が図22から図23に示すように劣化する。すなわち、図21に示すように接続線115, 116を電極111, 112に挟まれた領域に配置するとともに、接続線125, 126を電極121, 122に挟まれた領域に配置した場合、図22に示す特性（図8に示すように配置した場合の特性）が、図23に示すように劣化し、ピークの伝送特性が0.8から0.7程度に低下する。

[0060] なお、接続線115, 116を電極111, 112の直上または近傍を通過するように配置した場合も、図21の場合と同様に伝送特性が劣化する。したがって、接続線115, 116については、電極111, 112から離れた位置に配置するとともに、これらから離れる方向に伸延するように配置することが望ましい。もちろん、接続線125, 126についても同様である。

[0061] すなわち、本実施形態では、電極111, 112および電極121, 122の相互に近接する端部にインダクタ113, 114およびインダクタ123, 124の一端を接続するようにしたので、接続線115, 116および接続線125, 126の接続を容易にすることができる。また、このような配置により、接続線115, 116および接続線125, 126を電極111, 112および電極121, 122から離れた位置に配置することが可能になるので、伝送効率の低下を防止できる。なお、電極111, 112および電極121, 122に挟まれた領域にインダクタ123, 124を配置するとともに、回路基板118および回路基板128の法線方向に接続線115, 116および接続線125, 126を伸延するようにしてもよい。

[0062] (C) 変形実施形態の説明

以上の実施形態は一例であって、本発明が上述したような場合のみに限定

されるものでないことはいうまでもない。例えば、以上の実施形態では、電極 1 1 1, 1 1 2 および電極 1 2 1, 1 2 2 は同じサイズを有するようにしたが、これらが異なるサイズを有するようにしてもよい。具体的には、電極 1 2 1, 1 2 2 が電極 1 1 1, 1 1 2 よりも小さいサイズになるようにしてもよい。もちろん、その逆の構成でもよい。

[0063] また、以上の実施形態では、電極 1 1 1, 1 1 2 および電極 1 2 1, 1 2 2 を対向配置するようにしたが、例えば、これらが図 8 に示す X 方向または Y 方向にずれた状態で配置されるようにしてもよい。あるいは、送電用カプラ 1 1 0 と受電用カプラ 1 2 0 が所定の角度だけ相対的に回転するように配置してもよい。なお、その場合において、図 2 4 に示すように、送電用カプラ 1 1 0 と受電用カプラ 1 2 0 が相互に 90 度または 270 度回転配置された場合には、送電用カプラ 1 1 0 から受電用カプラ 1 2 0 に電力が伝送されなくなる。すなわち、電極 2 1 と電極 1 1 の間の容量と、電極 2 1 と電極 1 2 の間の容量が等しいか、または、電極 2 2 と電極 1 1 の間の容量と、電極 2 2 と電極 1 2 の間の容量が等しい場合には、受電用カプラ 1 2 0 に励起された電圧が相殺されるので、このような状態にならないように電極同士の位置関係を調整することが望ましい。例えば、相互の回転角度が ±15 度以内に収まれば、回転に伴う伝送効率の相対的な低下を 10% 未満に抑えることができる。

[0064] 以上の構成において、電極 1 1 1, 1 1 2 および電極 1 2 1, 1 2 2 の形状は、矩形形状ではなくてもよい。例えば、電極 1 1 1, 1 1 2 及び電極 1 2 1, 1 2 2 の形状が図 2 A - 図 2 E に示すような円形または楕円形状またはひし形の平板電極であったり、図 3 A - 図 3 F に示すような角柱、球、円柱、あるいはそれらの外郭部だけからなる立体形状であってもよい、また、図 4 A - 図 4 D に示すような単なる平板ではなく平板が湾曲した形状または屈曲した形状の電極であったりしてもよい。2 つの電極が一定の距離を有してキャパシタを形成する形態であれば、図 1 に示す電極構造の場合と電力伝送時の動作原理において本質的に差は生じないため、本発明に適用可能であ

る。

[0065] また、インダクタ 113, 114 およびインダクタ 123, 124 については、電極 111, 112 および電極 121, 122 と接続線 115, 116 および接続線 125, 126 の間に挿入するようにしたが、これ以外の場所（例えば、交流電力発生部の近傍または負荷の近傍）に挿入することも可能である。また、以上の実施形態では、送電用カプラ 110 および受電用カプラ 120 に対してそれぞれ 2 つずつのインダクタ 113, 114 およびインダクタ 123, 124 を設けるようにしたが、インダクタを 1 つずつ設けるようにしてもよい。

[0066] また、以上の実施形態では、インダクタとしては、導体線を円柱状に巻回して構成するようにしたが、例えば、マイクロストリップラインで使用されるような、平面上を蛇行する形状を有するものや、平面上で螺旋形状を有するものによって構成するようにしてもよい。

[0067] また、インダクタは、回路基板 118、又はフィルム上に電極 111, 112 と一体形成されたものでもよい。この場合、コネクタ接続部分を除き、カプラを未使用時に巻き上げる、あるいはじゃばら状に折りたたむことが可能となり、カプラの搬送性および収納性を高めることが可能となる。

[0068] また、以上の実施形態では、送電用カプラ 110 と受電用カプラ 120 による構成としたが、図 25 に示すような、中継用カプラ 130 を有する構成としてもよい。図 25 に示す中継用カプラ 130 は、図 7 と同様の構成を有するカプラのインダクタ 133, 134 の他端同士が接続線 135 によって接続されて構成されている。もちろん、これらのインダクタ 133, 134 を 1 つの構成としてもよい。なお、この中継用カプラ 130 の共振周波数 f_C は、送電用カプラ 110 および受電用カプラ 120 と略同じになるように設定される。図 26 は、このような中継用カプラ 130 を用いた無線電力伝送システムの構成例を示している。この例では、送電用カプラ 110 と受電用カプラ 120 の間に中継用カプラ 130 が 2 つのカプラと平行に配置されている。このような構成によれば、中継用カプラ 130 を用いない場合に比

較して、より遠くまで効率よく電力を伝送することができる。

[0069] また、以上の実施形態では送電側および受電側でそれぞれの電極が略平行もしくはそれに順ずる配置となっている場合について説明したが、図1に示すような送電側の電極11、12と受電側の電極21、22がそれぞれ面方向で対向する配置以外にも、例えば、送電側、及び受電側でそれぞれの電極のエッジを対向させても、上記と同様の電力伝送機能を実現することができる。例えば、図27では、図1に示した構成において、送電側の電極11、12を対向させ、受電側の電極21、22を対向させ、さらに、電極11のエッジ11aと電極21のエッジ21aとが距離d2を隔てて対向するように配置し、電極12のエッジ12aと電極22のエッジ22aとが同じ距離d2を隔てて対向するように配置した構成を示している。また、図28は、図1に示した構成において、全ての電極11、12、21、22の順番で空間的に重畳させながら各電極を対向させた構成を示している。このような図27および図28に示すような構成においても、図1で示した構成と同様に電極間に生じる電界を通じて、送電側から受電側に電力を伝送することが可能である。

[0070] 上記図27および図28に示す構成以外にも、例えば、図29および図30に示すような構成を採用しても、電極間に生じる電界を通じて、送電側から受電側に電力を伝送することが可能である。

[0071] すなわち、図29には、図1に示した構成において、湾曲形状の電極11、12を対向させることで筒状構造体230をなしており、同様に、湾曲形状の電極21、22を対向させることで筒状構造体240をなしており、筒状構造体240の内側に筒状構造体230を挿入することで、これらの構造体を略同心円状に配置した構成を示している。また、図29に示す構成は、電界の結合を確保する観点から、送電側カプラの電極11、12を離間するスリット231と、受電側カプラの電極21、22を離間するスリット241とを対向させている。このような図29に示す構成では、カプラを同軸方向にスライドさせても電力伝送を行うことができるので、ロボットのアーム

や関節などの用途に適用することができる。

[0072] 特に図29に示した構成では、筒状構造体230に対して筒状構造体240を同軸方向にスライドさせることで、カップラ間の結合容量が変化し、入力インピーダンスの調整を行うことができる。また、送電側カップラの筒状構造体230および受電側カップラの筒状構造体240の一方の軸方向の長さを小さくすれば、長さを小さくしたカップラが軸方向に相対的にスライドしても、カップラ間の結合容量が変化しないので、スライドする機構系において一定量の電力伝送を行う等の用途に適用可能となる。なお、図29に示した構成に限定されず、送電側と受電側の両方の筒状構造体が略同心円状に配置されていればよく、たとえば送電側の筒状構造体の内側に受電側の筒状構造体を挿入してもよい。

[0073] また、図30には、図1に示した構成において、筒形状を有する電極11、12の中に、それぞれ電極11、12よりも径が小さい筒形状を有する電極21、22を、同心円状となるように配置した構成を示している。また、図30に示す構成は、電界の結合を確保する観点から、送電側カップラの電極11、12を離間するスリット231と受電側カップラの電極21、22を離間するスリット241を対向させている。さらに、図30に示した構成では、電極11と電極12とが軸対称の配置となっており、同様に電極21と電極22とが軸対象の配置となっているため、送電側カップラと受電側カップラが相対的に回転しても、カップラ間の結合容量が変化しないので、回転する機構系において一定量の電力伝送を行う用途に適用可能となる。また、図30に示した構成では、各電極が、スリット231、241側に向けて、ラップ状に開口部が広がる、あるいは狭くなる構成も適用可能である。

[0074] なお、図30に示した構成では、送電側の電極11、12に対して受電側の電極21、22の径が小さいが、これに限定されず、受電側の電極に対して送電側の電極の径を小さくして、受電側の電極の中に送電側の電極を同心円状となるように配置してもよい。

[0075] 上述した図27乃至図30に例示される電極構成は、送電側の電極11、

1 2と受電側の電極2 1、2 2のそれぞれが一定の距離を有してキャパシタを形成する形態であり、図1に示した電極構成と電力伝送時の動作原理において本質的に差は生じない。また、図2 7乃至図3 0に例示されるいずれの構成においても、図1に示した電極構成と同様に、送電側と受電側の電極寸法を異なる条件とすることが可能である。

符号の説明

- [0076] 1 無線電力伝送システム
- 1 0 送電装置
 - 1 1, 1 2 電極
 - 1 3, 1 4 インダクタ
 - 1 5, 1 6 接続線
 - 1 7 交流電力発生部
 - 2 0 受電装置
 - 2 1, 2 2 電極
 - 2 3, 2 4 インダクタ
 - 2 5, 2 6 接続線
 - 2 7 負荷
 - 1 1 0 送電用カプラ
 - 1 1 1, 1 1 2 電極
 - 1 1 1 a, 1 1 2 a 表面
 - 1 1 3, 1 1 4 インダクタ
 - 1 1 5, 1 1 6 接続線
 - 1 1 8 回路基板
 - 1 2 0 受電用カプラ
 - 1 2 1, 1 2 2 電極
 - 1 2 3, 1 2 4 インダクタ
 - 1 2 5, 1 2 6 接続線
 - 1 2 8 回路基板

- 1 3 0 中継用カプラ
- 1 3 1, 1 3 2 電極
- 1 3 3, 1 3 4 インダクタ
- 1 3 5 接続線
- 1 3 8 回路基板
- 1 4 1 誘電体支柱
- 1 4 2 ねじ
- 1 5 1 放熱フィン
- 1 6 1 絶縁膜
- 2 3 0, 2 4 0 筒状構造体

請求の範囲

- [請求項1] 送電装置から受電装置に対して無線で交流電力を伝送する無線電力伝送システムにおいて、
- 前記送電装置は、
- 所定の距離を隔てて配置され、当該所定の距離を含む合計幅が近傍界である $\lambda / 2\pi$ 以下の長さを有する第1および第2電極と、
- 前記第1および第2電極と交流電力発生部の2つの出力端子とをそれぞれ電氣的に接続する第1および第2接続線と、
- 前記第1および第2電極と前記交流電力発生部の2つの出力端子の少なくとも一方の間に挿入される第1インダクタと、を有し、
- 前記受電装置は、所定の距離を隔てて配置され、当該所定の距離を含む合計幅が近傍界である $\lambda / 2\pi$ 以下の長さを有する第3および第4電極と、
- 前記第3および第4電極と負荷の2つの入力端子とをそれぞれ電氣的に接続する第3および第4接続線と、
- 前記第3および第4電極と前記負荷の2つの入力端子の少なくとも一方の間に挿入される第2インダクタと、を有し、
- 前記第1および第2電極と前記第1インダクタによって構成されるカプラの共振周波数と、前記第3および第4電極と前記第2インダクタによって構成されるカプラの共振周波数が略等しくなるように設定され、前記第1および第2電極と前記第3および第4電極は近傍界である $\lambda / 2\pi$ 以下の距離を隔てて配置される、
- ことを特徴とする無線電力伝送システム。
- [請求項2] 前記第1乃至第4電極は平板形状を有していることを特徴とする請求項1に記載の無線電力伝送システム。
- [請求項3] 前記第1および第2電極と、前記第3および第4電極はそれぞれ同一平面上に配置されていることを特徴とする請求項2に記載の無線電力伝送システム。

- [請求項4] 前記第1および第3電極と、前記第2および第4電極は略平行に配置されていることを特徴とする請求項3に記載の無線電力伝送システム。
- [請求項5] 前記交流電力発生部の周波数は、前記第1および第2電極と前記第1インダクタによって構成されるカプラの共振周波数と略同じ周波数に設定されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の無線電力伝送システム。
- [請求項6] 前記交流電力発生部の周波数は、前記送電装置から前記受電装置への電力の伝送効率が最大となる周波数に設定されていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の無線電力伝送システム。
- [請求項7] 前記第1インダクタは、前記第1電極と前記第1接続線の間に入挿されたインダクタと、前記第2電極と前記第2接続線の間に入挿されたインダクタの2つを有し、
前記第2インダクタは、前記第3電極と前記第3接続線の間に入挿されたインダクタと、前記第4電極と前記第4接続線の間に入挿されたインダクタの2つを有する、ことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の無線電力伝送システム。
- [請求項8] 前記第1および第2接続線は、前記第1および第2電極の領域およびこれらによって挟まれた領域を回避するように配置されるとともに、当該領域から遠ざかる方向に伸延されていることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の無線電力伝送システム。
- [請求項9] 前記第3および第4接続線は、前記第3および第4電極の領域およびこれらによって挟まれた領域を回避するように配置されるとともに、当該領域から遠ざかる方向に伸延されていることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の無線電力伝送システム。
- [請求項10] 所定の距離を隔てて配置され、当該所定の距離を含む合計幅が近傍界である $\lambda / 2\pi$ 以下の長さを有する第5および第6電極と、
前記第5および第6電極の間に接続された第3インダクタと、を有

する中継装置を備え、

前記第5および第6電極は、前記送電装置の前記第1および第2電極と、前記受電装置の前記第3および第4電極の間に配置されるとともに、

前記第5および第6電極と前記第3インダクタによって構成されるカプラの共振周波数が、前記送電装置および前記受電装置のカプラの共振周波数と略等しくなるように設定されていることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載の無線電力伝送システム。

[請求項11]

前記第1および第2電極は、湾曲形状を有しており、対向させることで第1の筒状構造をなしており、

前記第3および第4電極は、湾曲形状を有しており、対向させることで第2の筒状構造をなしており、

前記第1および第2電極を離間するスリットと、前記第3および第4電極を離間するスリットとが対向するように、前記第1および第2の筒状構造が略同心円状に配置されていることを特徴とする請求項1、5乃至7のいずれか1項に記載の無線電力伝送システム。

[請求項12]

前記第1および第2電極の暴露面に絶縁被覆を施し、

前記第3および第4電極の暴露面に絶縁被覆を施したことを特徴とする請求項1乃至12のいずれか1項に記載の無線電力伝送システム。

[請求項13]

送電装置から受電装置に対して無線で交流電力を伝送する無線電力伝送システムの前記送電装置において、

所定の距離を隔てて配置され、当該所定の距離を含む合計幅が近傍界である $\lambda / 2\pi$ 以下の長さを有する第1および第2電極と、

前記第1および第2電極と交流電力発生部の2つの出力端子とをそれぞれ電氣的に接続する第1および第2接続線と、

前記第1および第2電極と前記交流電力発生部の2つの出力端子の少なくとも一方の間に挿入される第1インダクタと、を有し、

前記第1および第2電極と前記第1インダクタによって構成されるカプラの共振周波数は、前記受電装置が有する第3および第4電極と第2インダクタによって構成されるカプラの共振周波数と略等しくなるように設定され、前記第1および第2電極と前記第3および第4電極は近傍界である $\lambda/2\pi$ 以下の距離を隔てて配置される、

ことを特徴とする送電装置。

[請求項14]

送電装置から受電装置に対して無線で交流電力を伝送する無線電力伝送システムの前記受電装置において、

所定の距離を隔てて配置され、当該所定の距離を含む合計幅が近傍界である $\lambda/2\pi$ 以下の長さを有する第3および第4電極と、

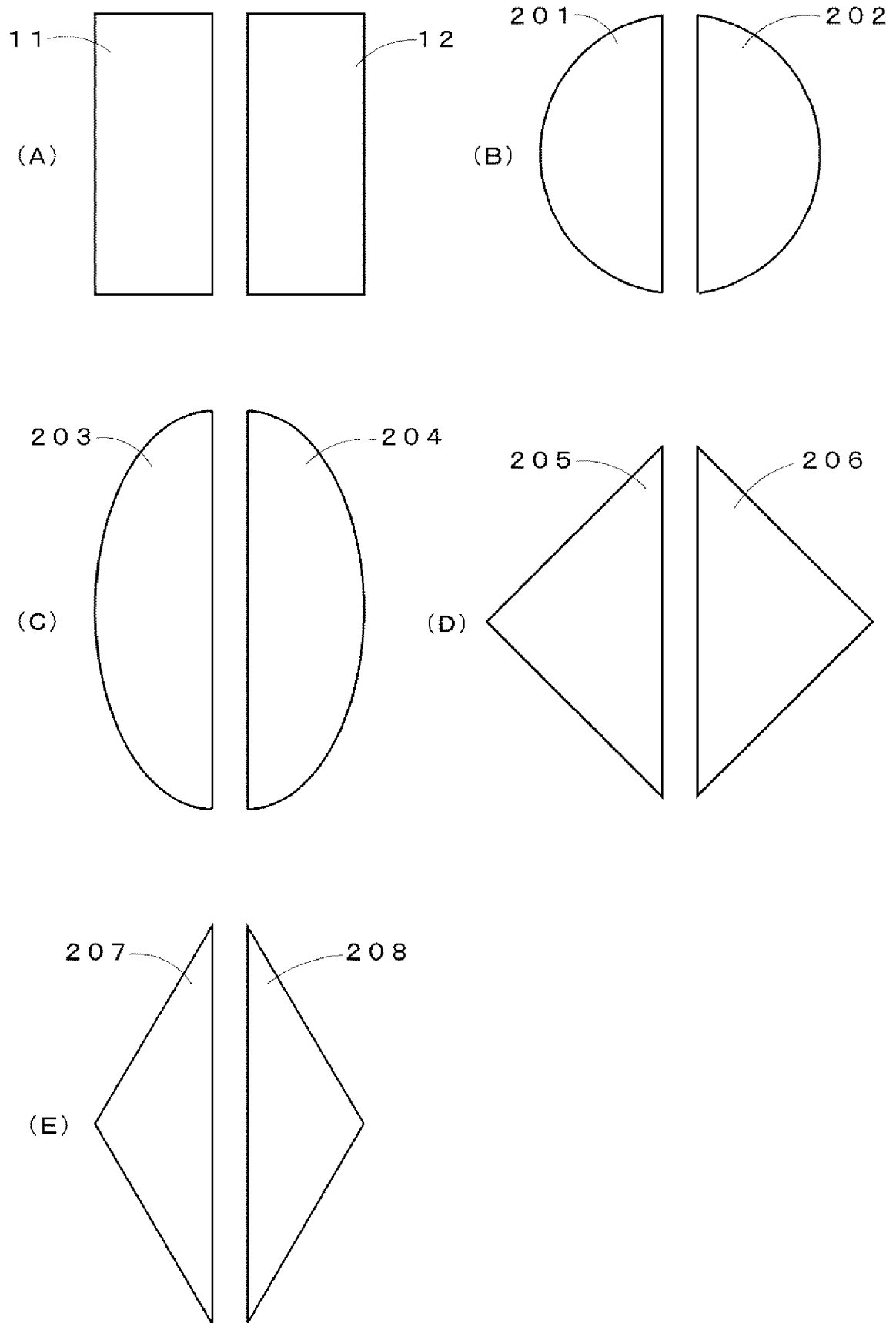
前記第3および第4電極と負荷の2つの入力端子とをそれぞれ電氣的に接続する第3および第4接続線と、

前記第3および第4電極と前記負荷の2つの入力端子の少なくとも一方の間に挿入される第2インダクタと、を有し、

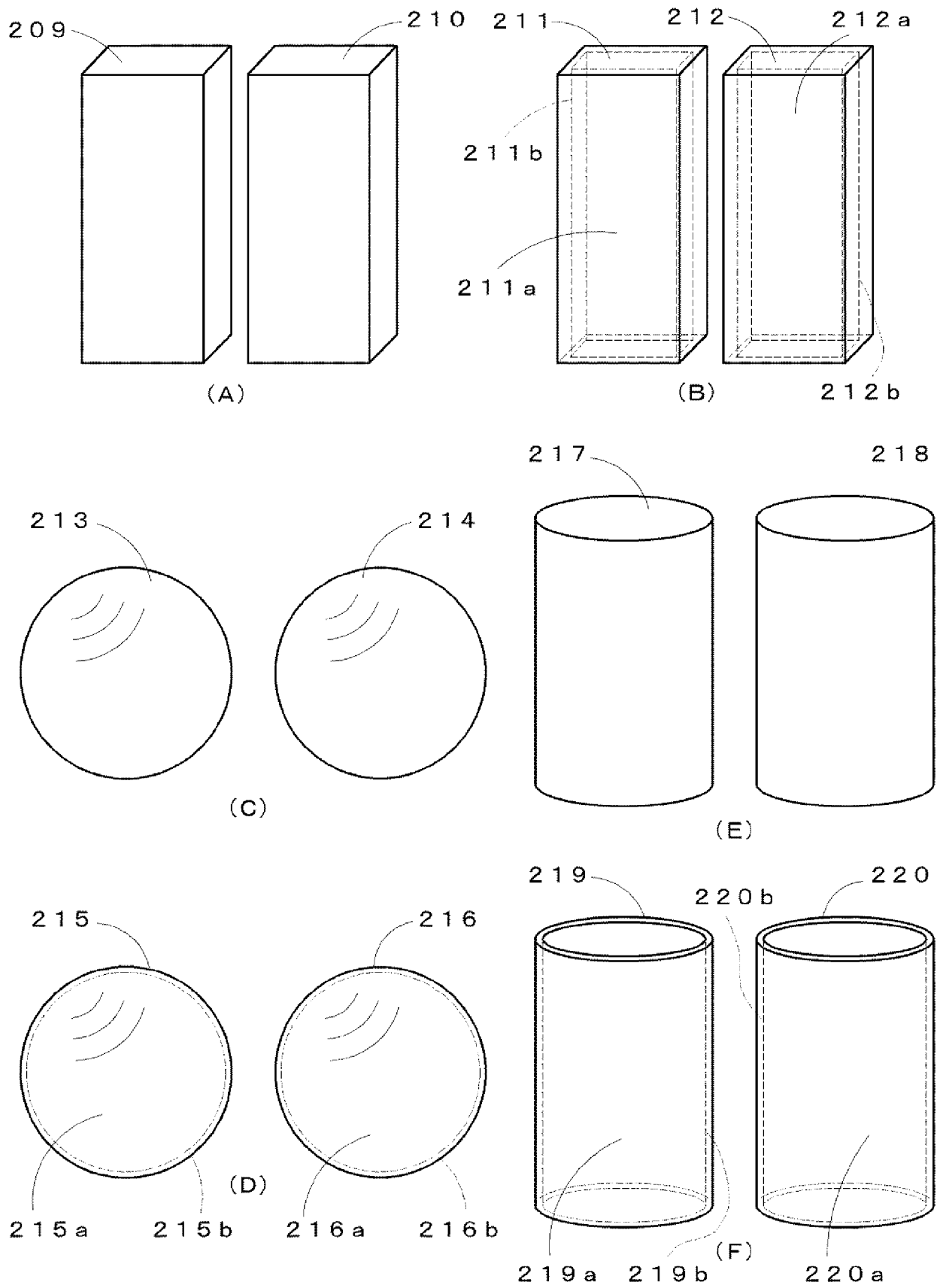
前記第3および第4電極と前記第2インダクタによって構成されるカプラの共振周波数は、前記送電装置が有する第1および第2電極と第1インダクタによって構成されるカプラの共振周波数と略等しくなるように設定され、前記第1および第2電極と前記第3および第4電極は近傍界である $\lambda/2\pi$ 以下の距離を隔てて配置される、

ことを特徴とする受電装置。

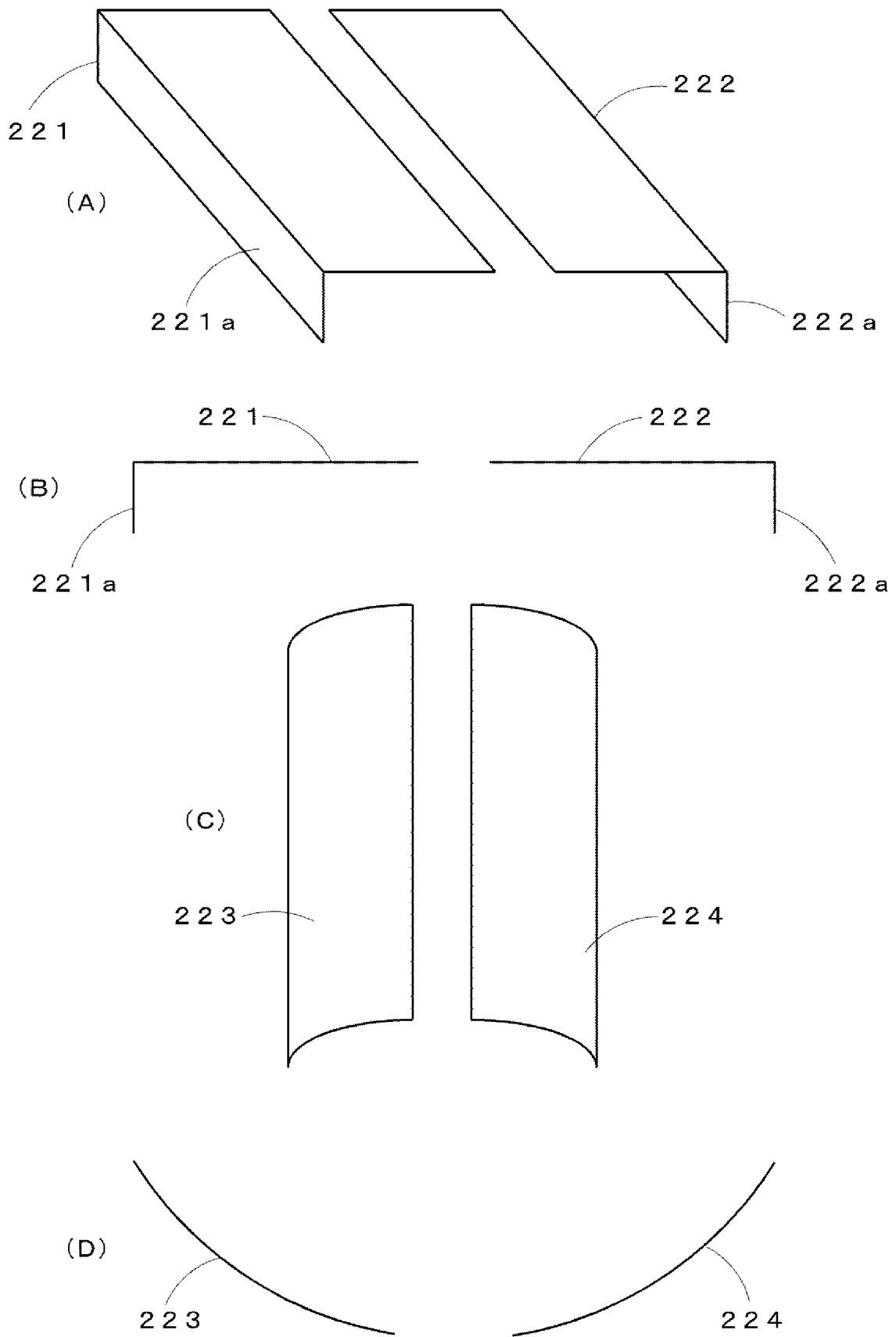
[図2]



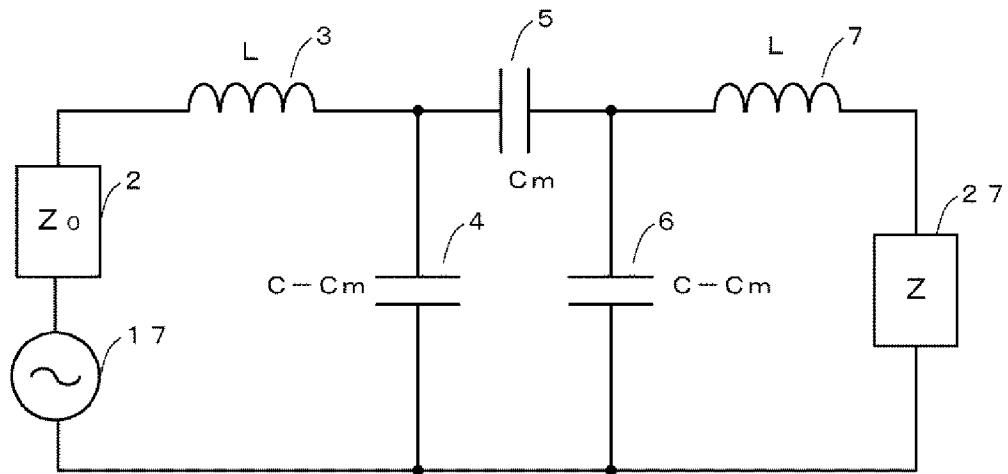
[図3]



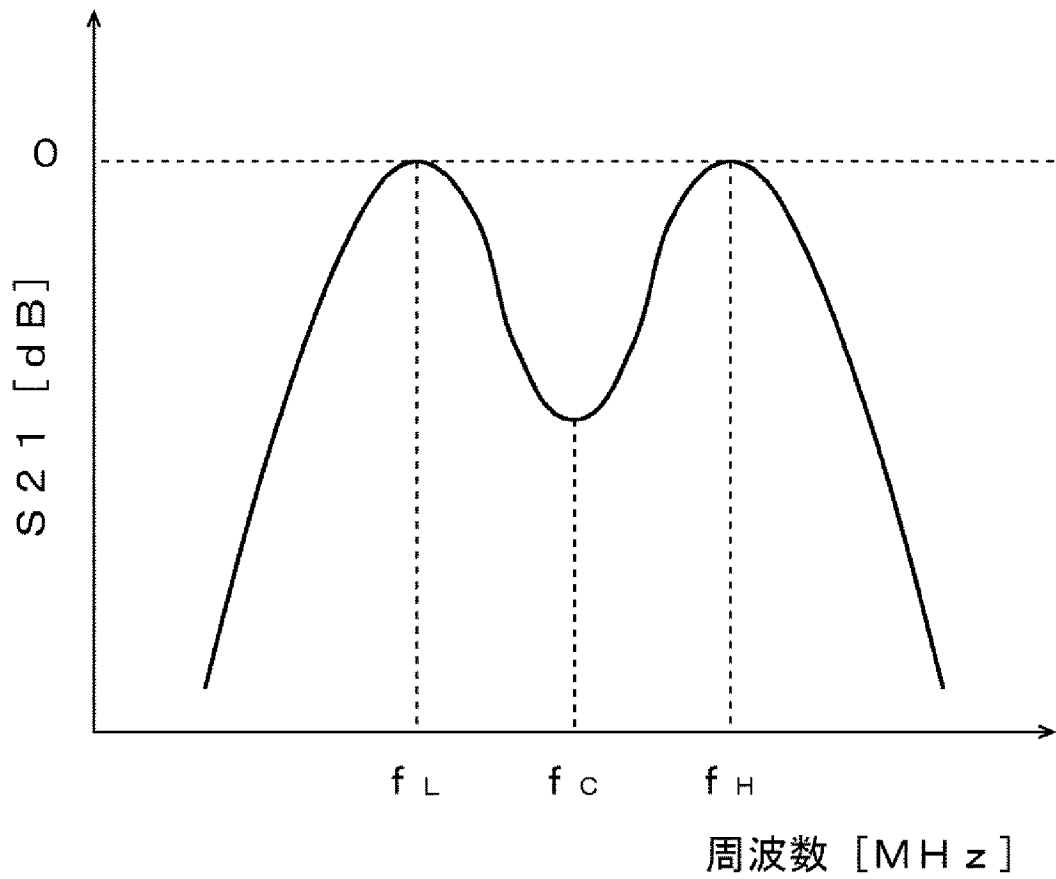
[図4]



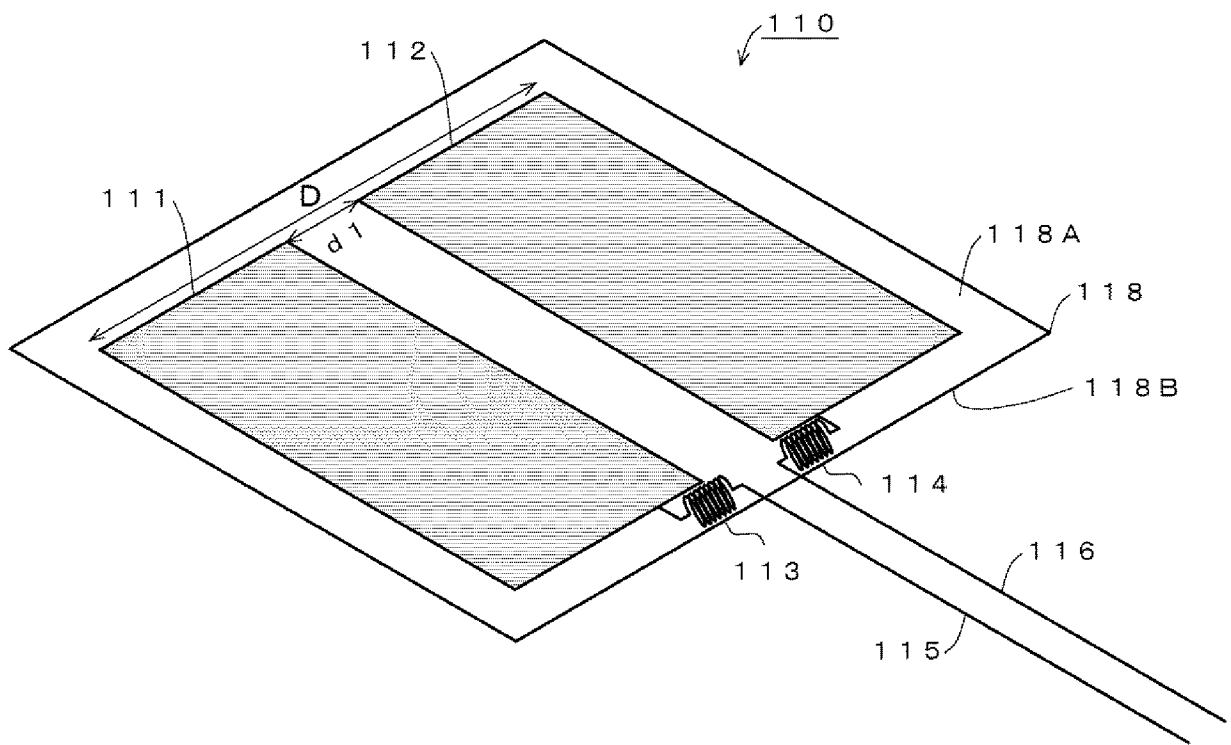
[図5]



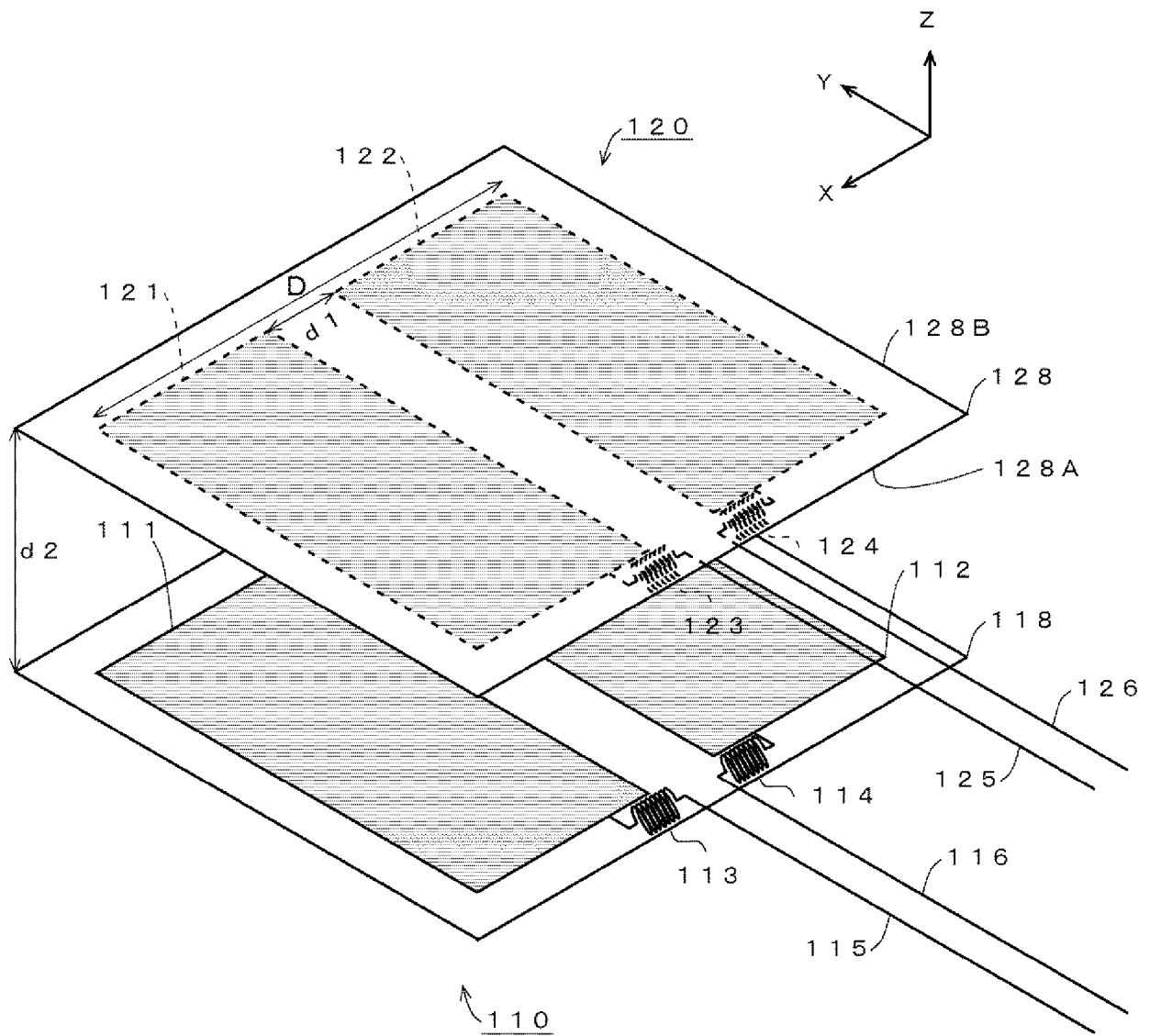
[図6]



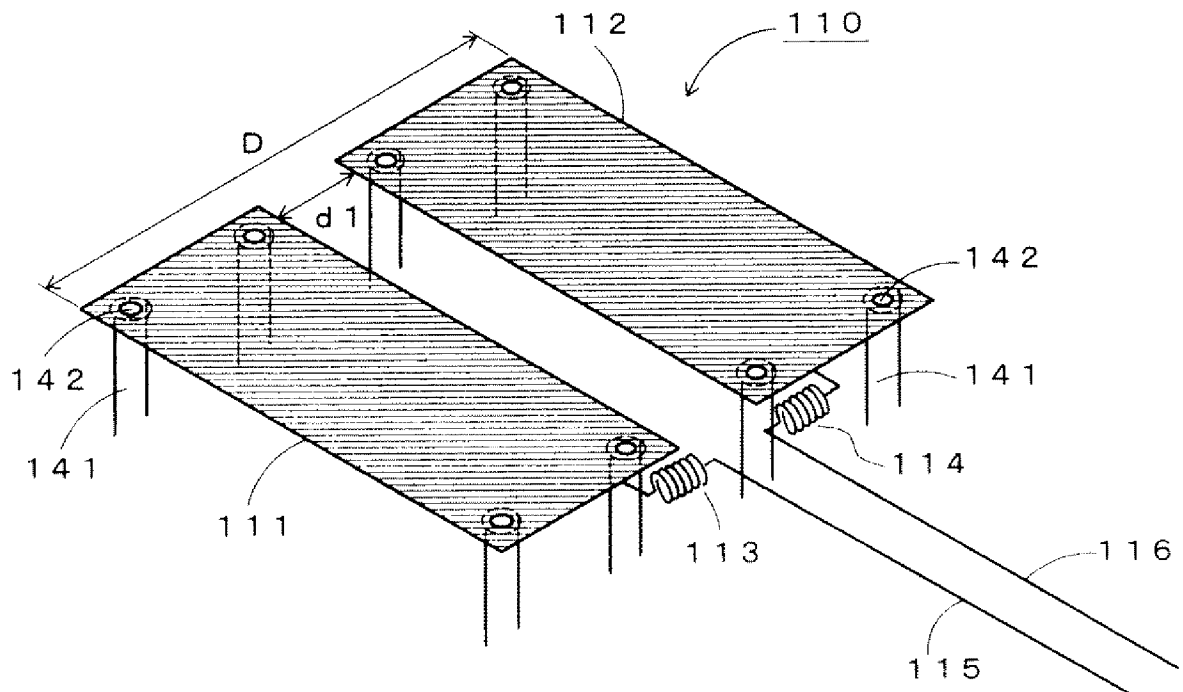
[図7]



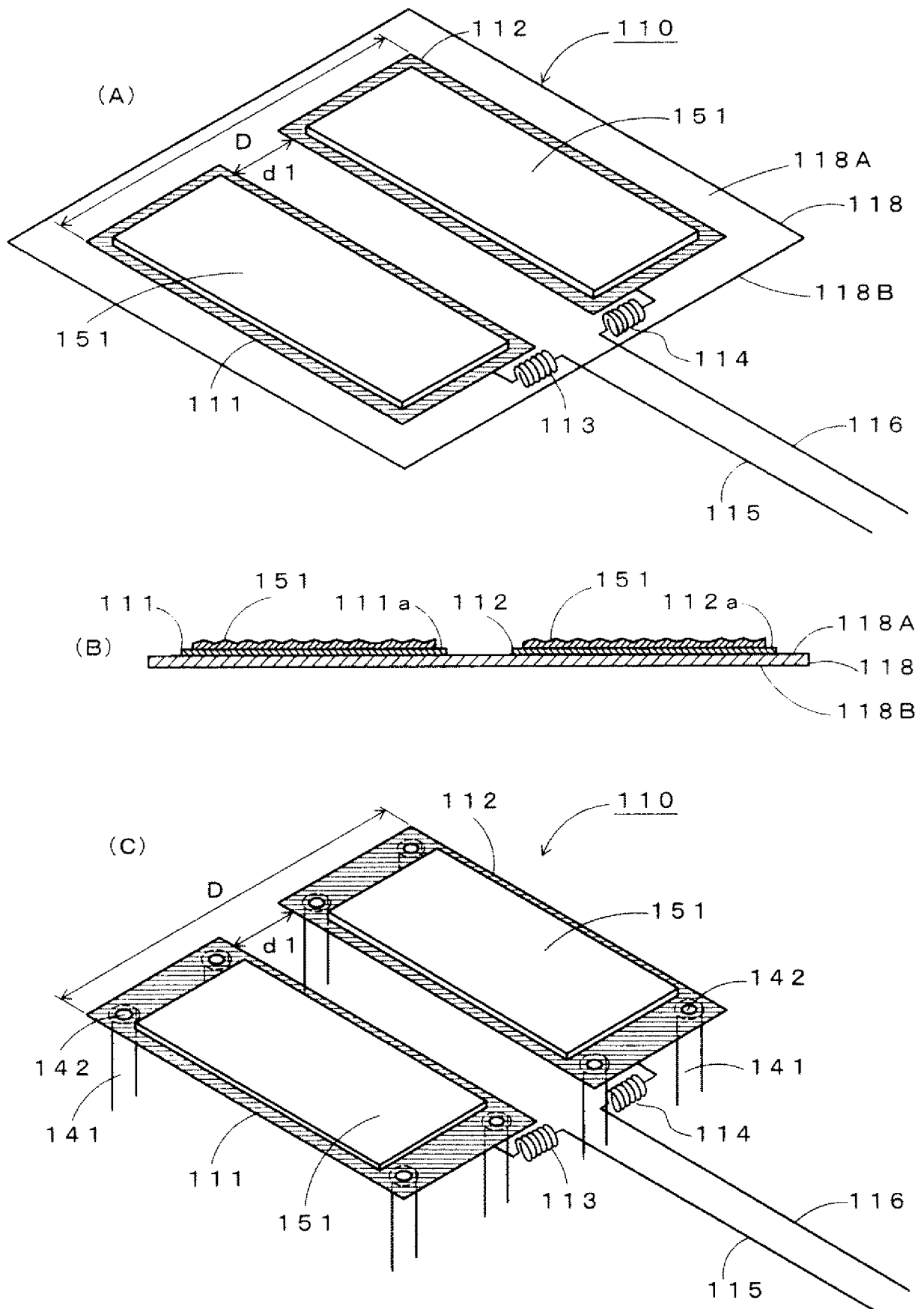
[図8]



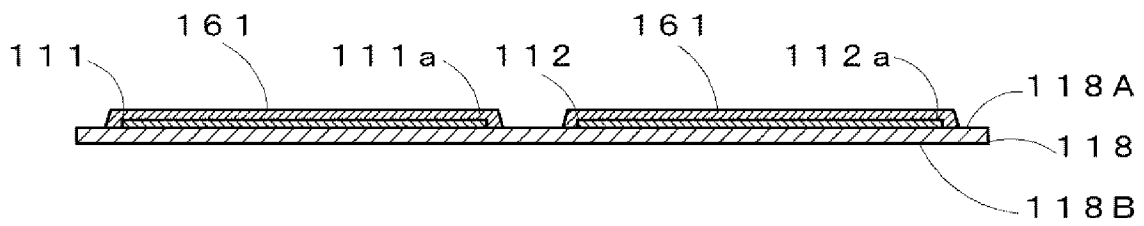
[図9]



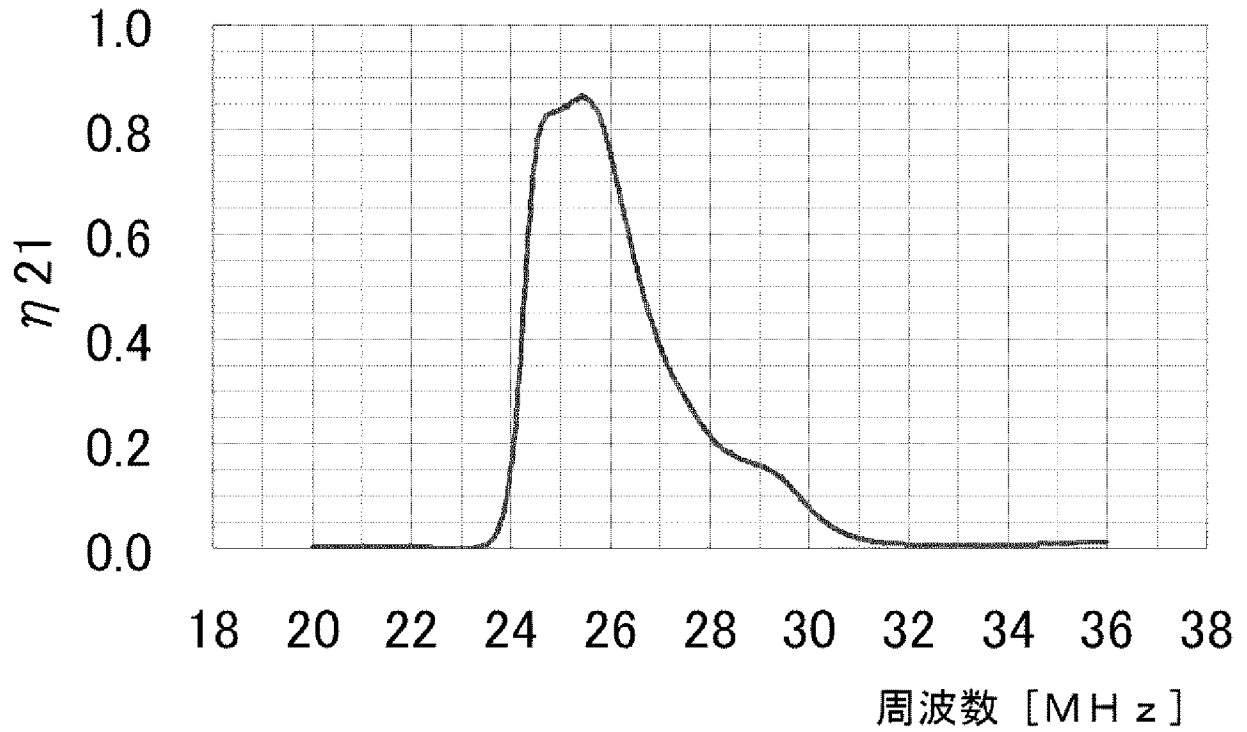
[図10]



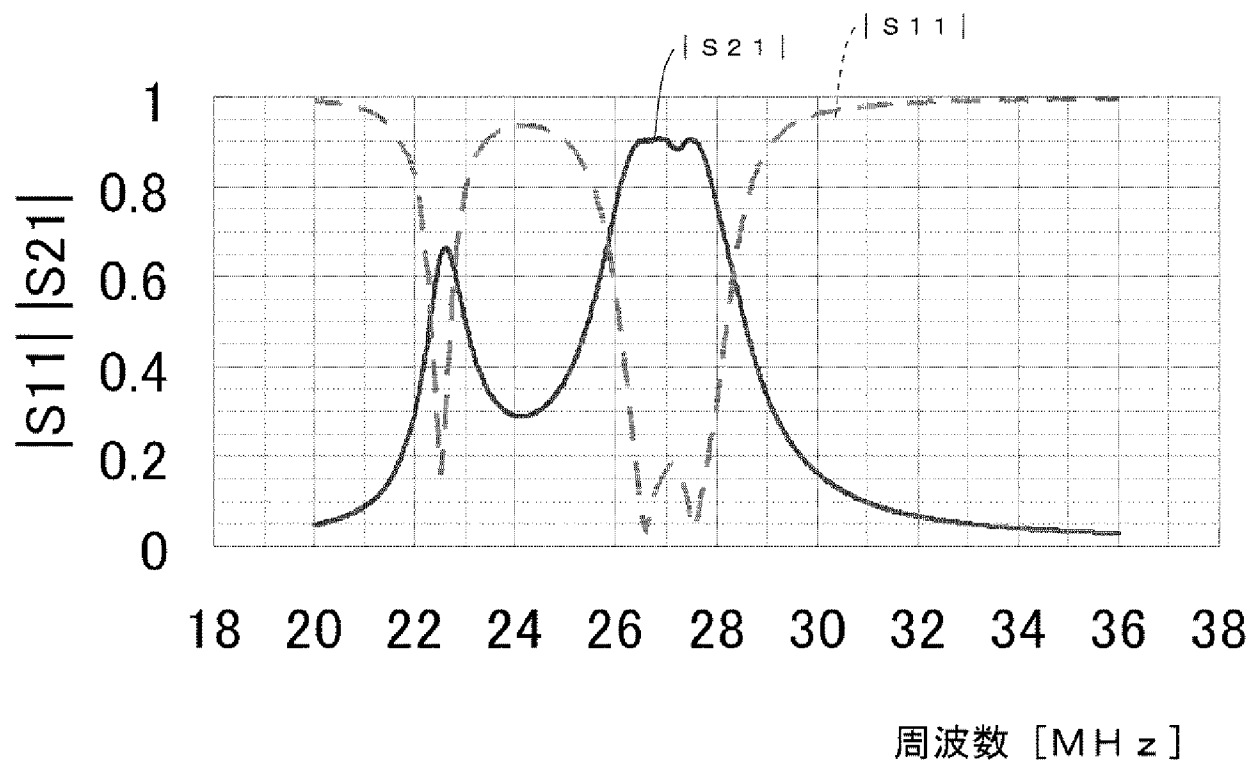
[図11]



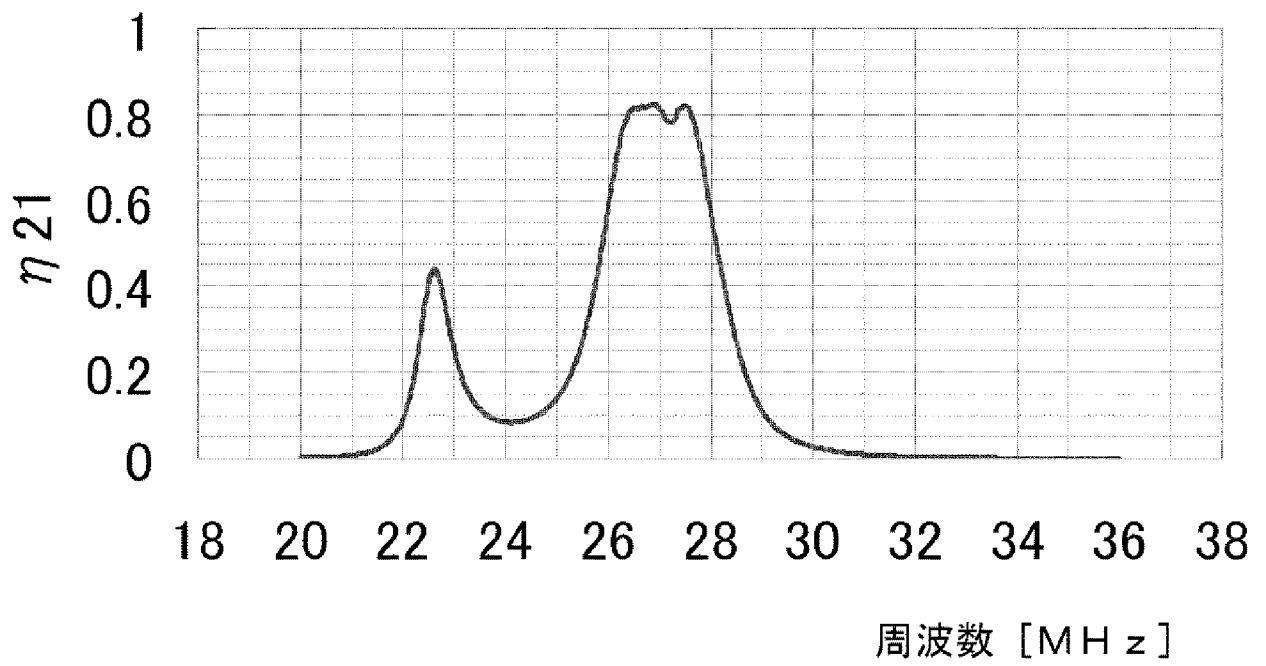
[図12]



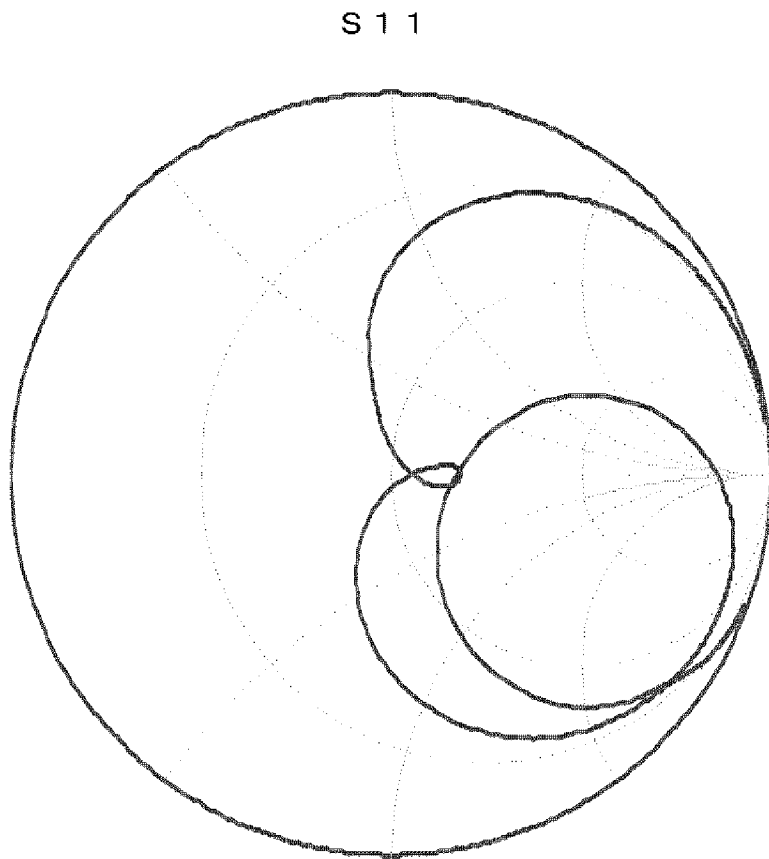
[図13]



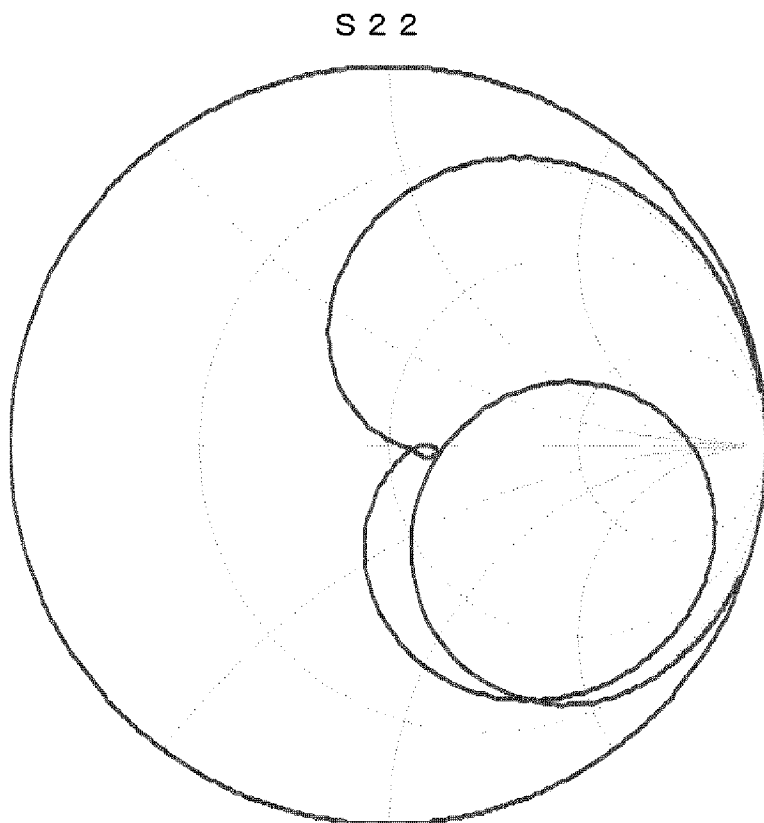
[图14]



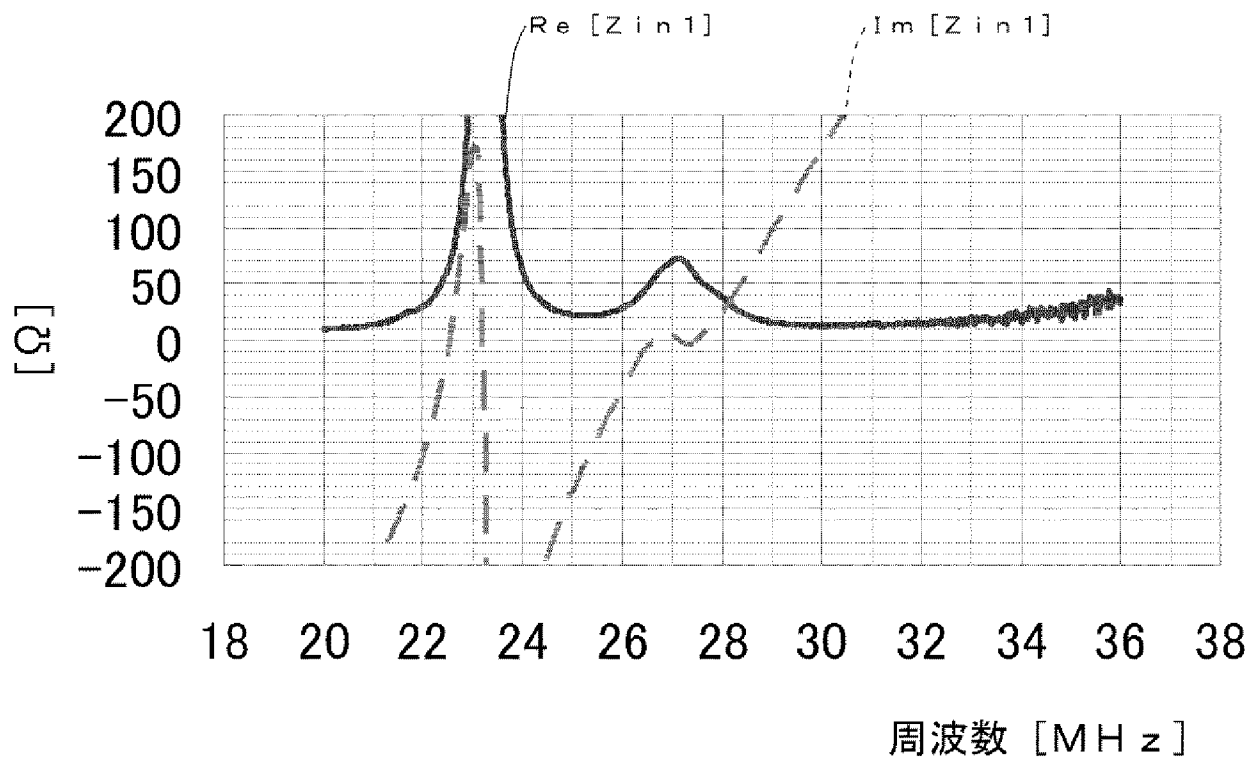
[图15]



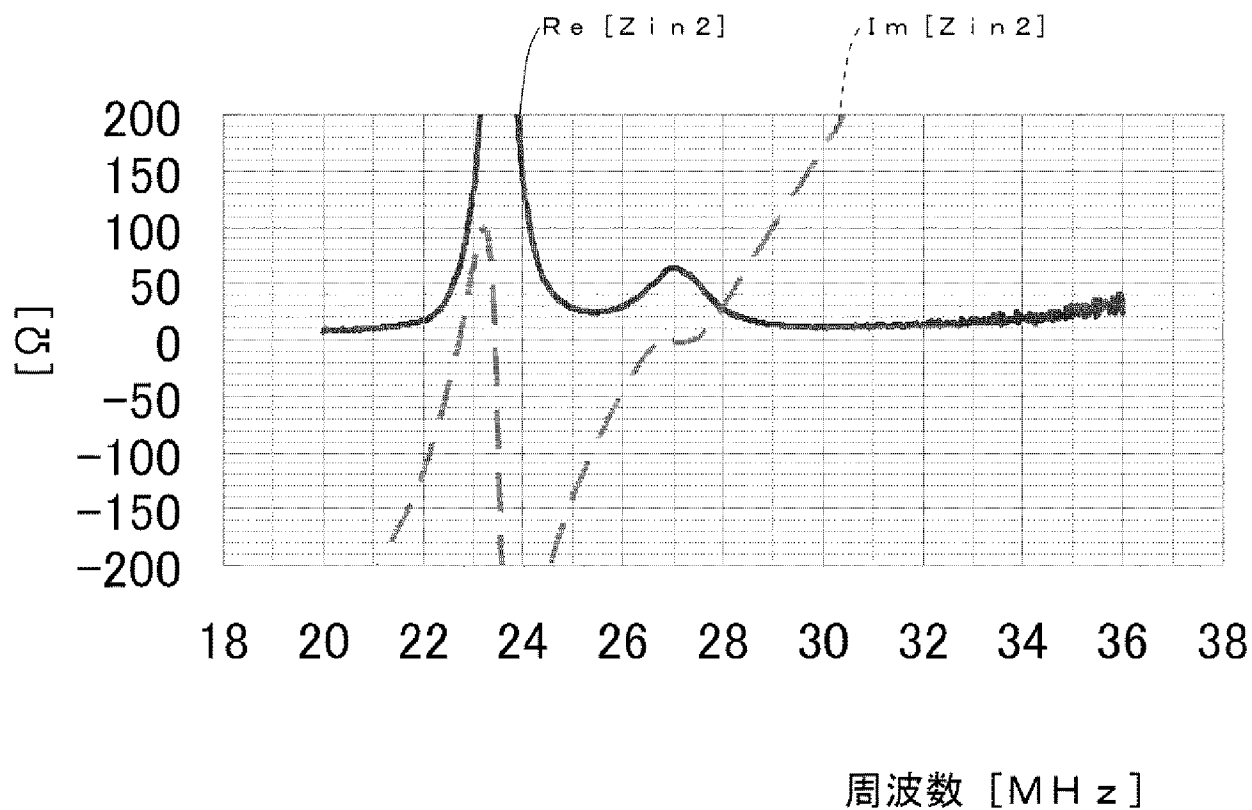
[図16]



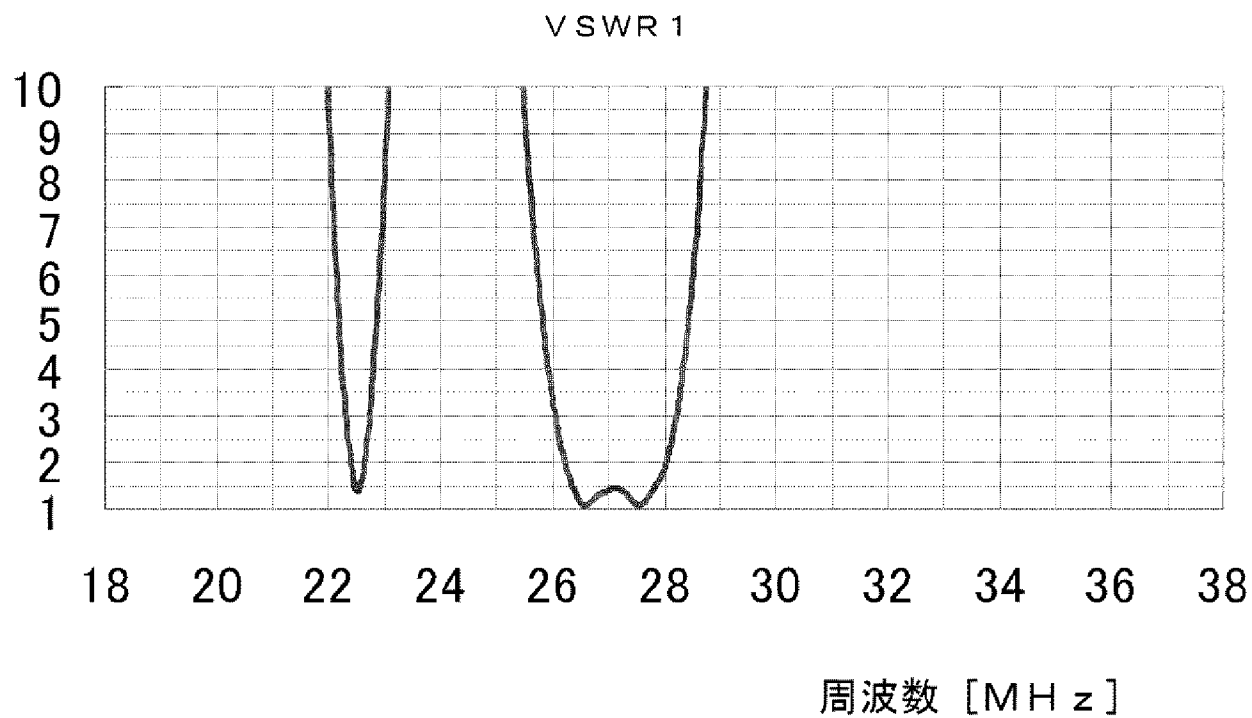
[図17]



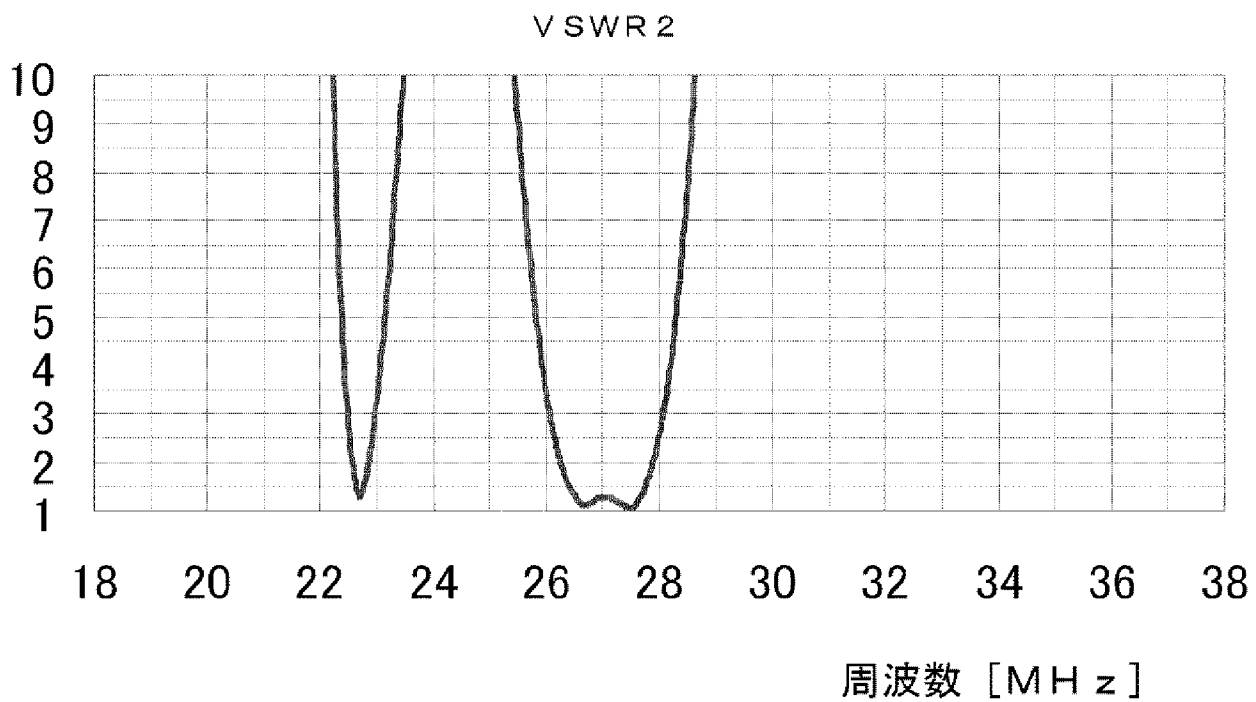
[図18]



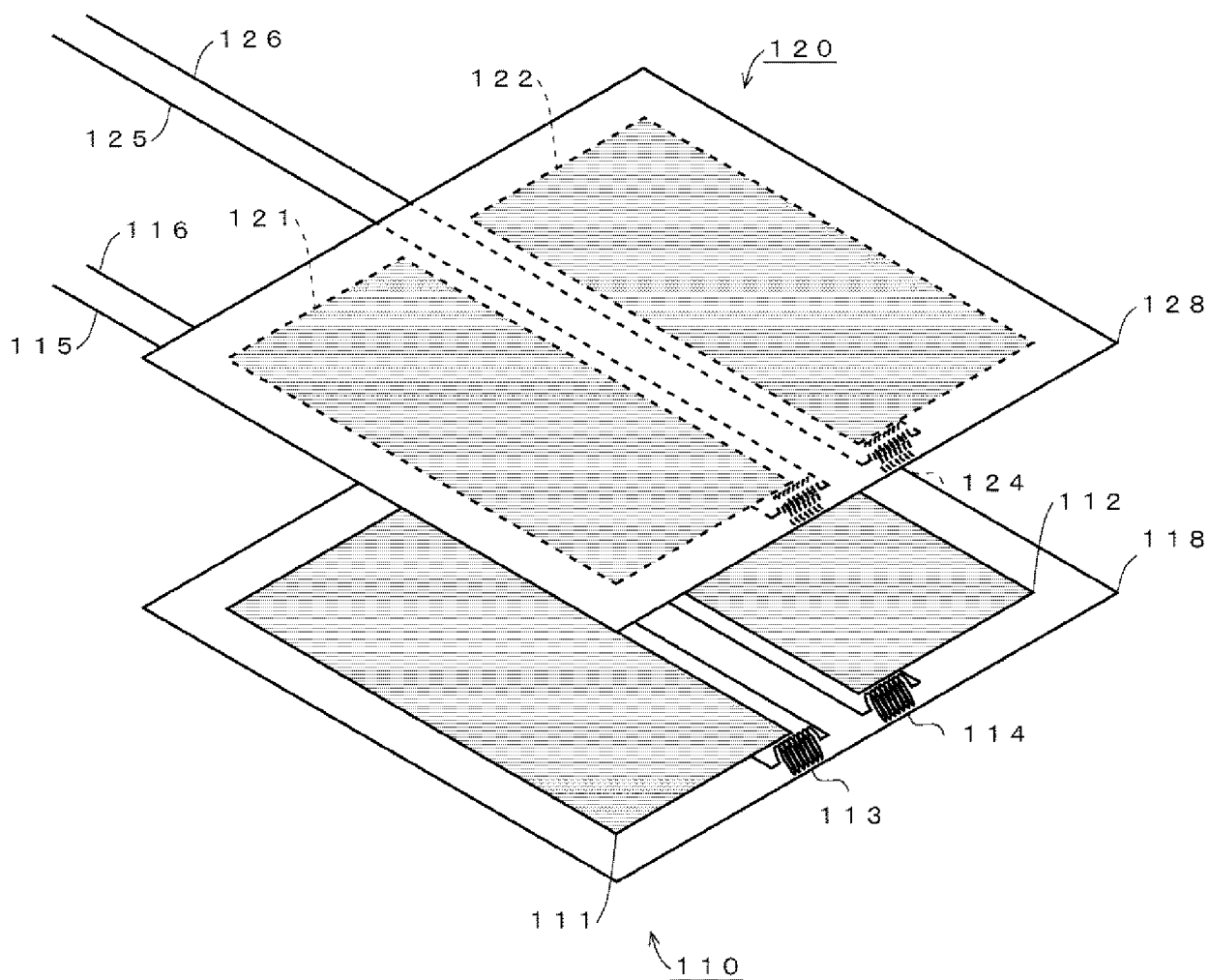
[図19]



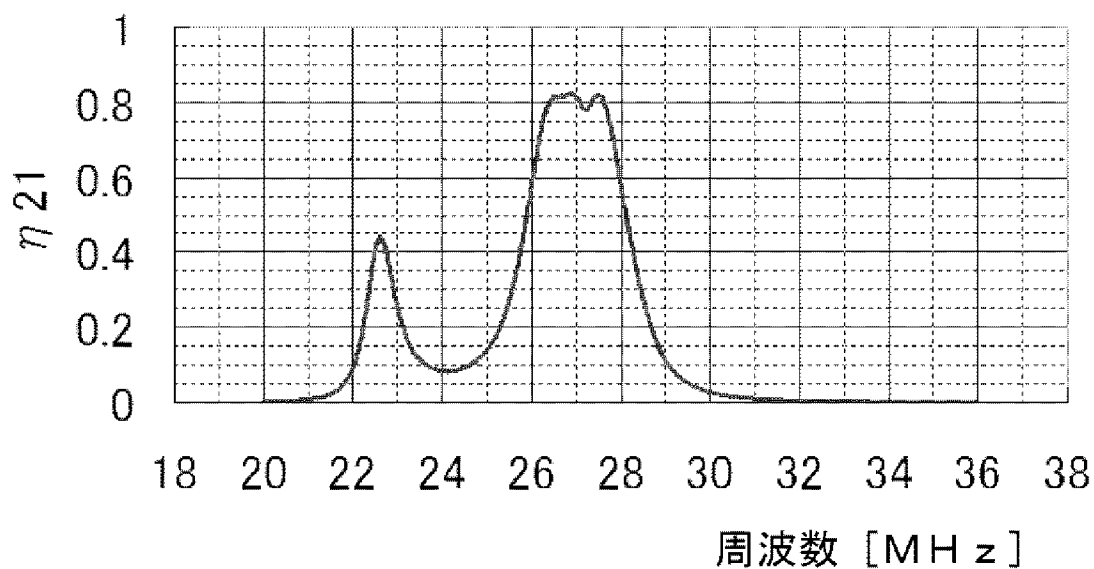
[図20]



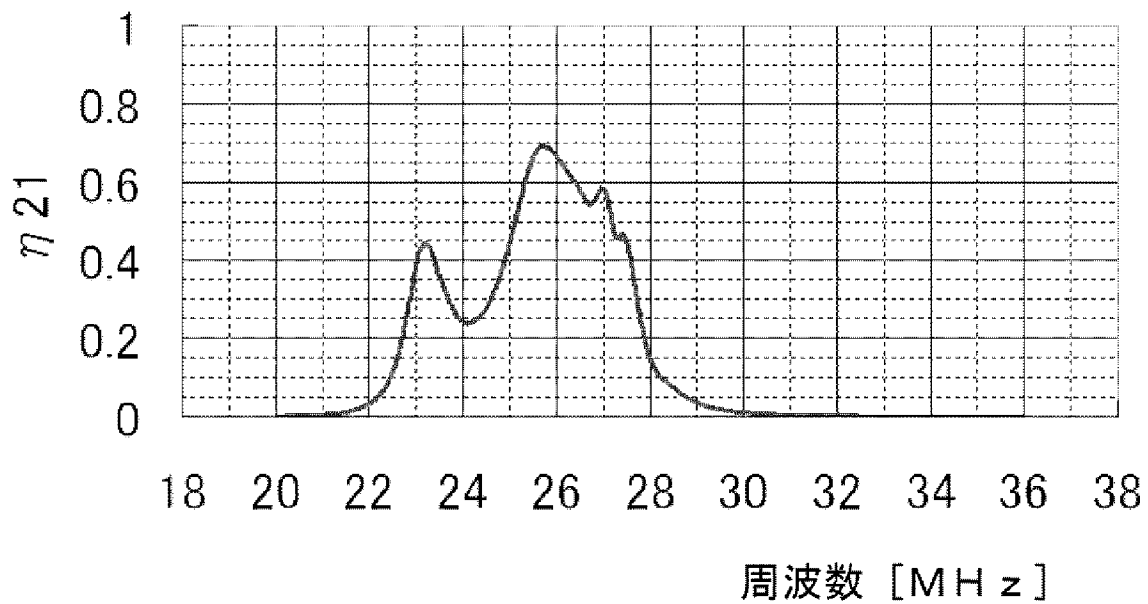
[図21]



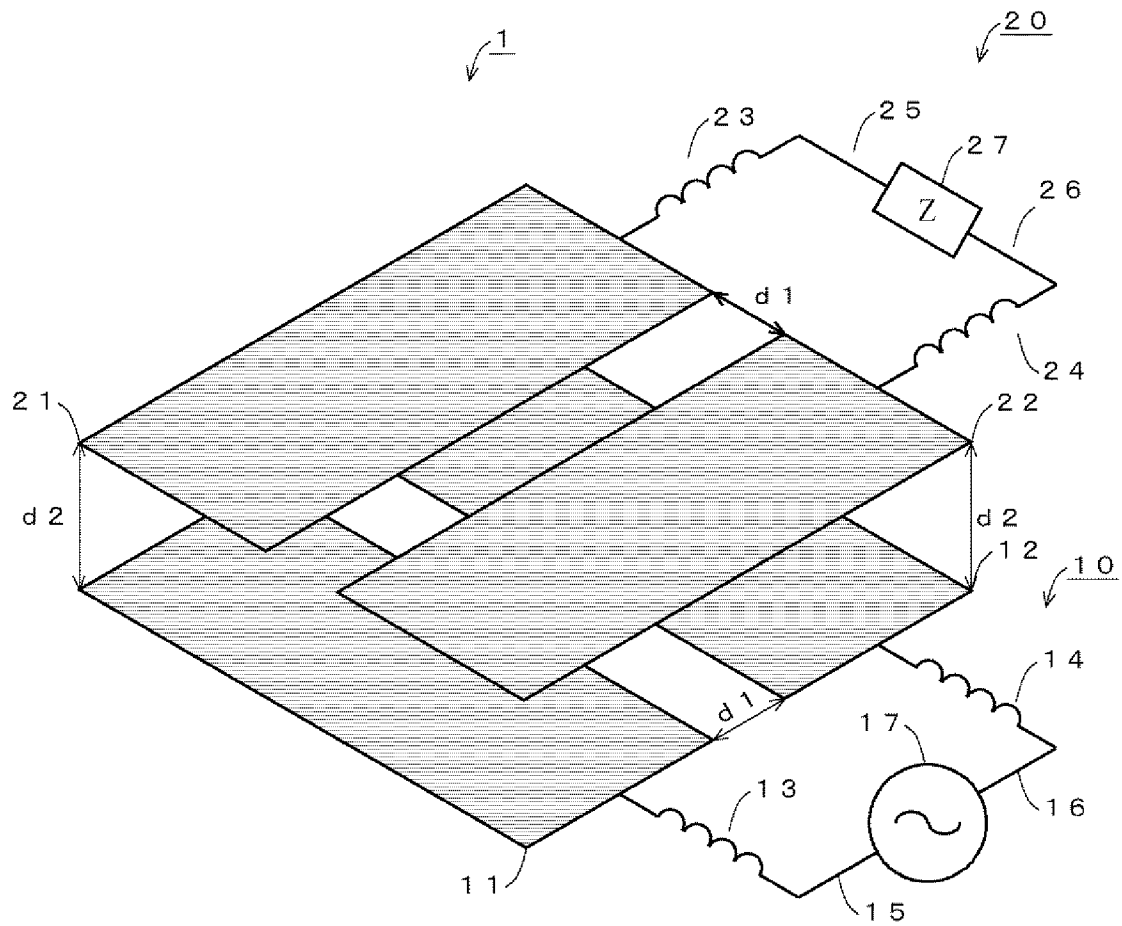
[図22]



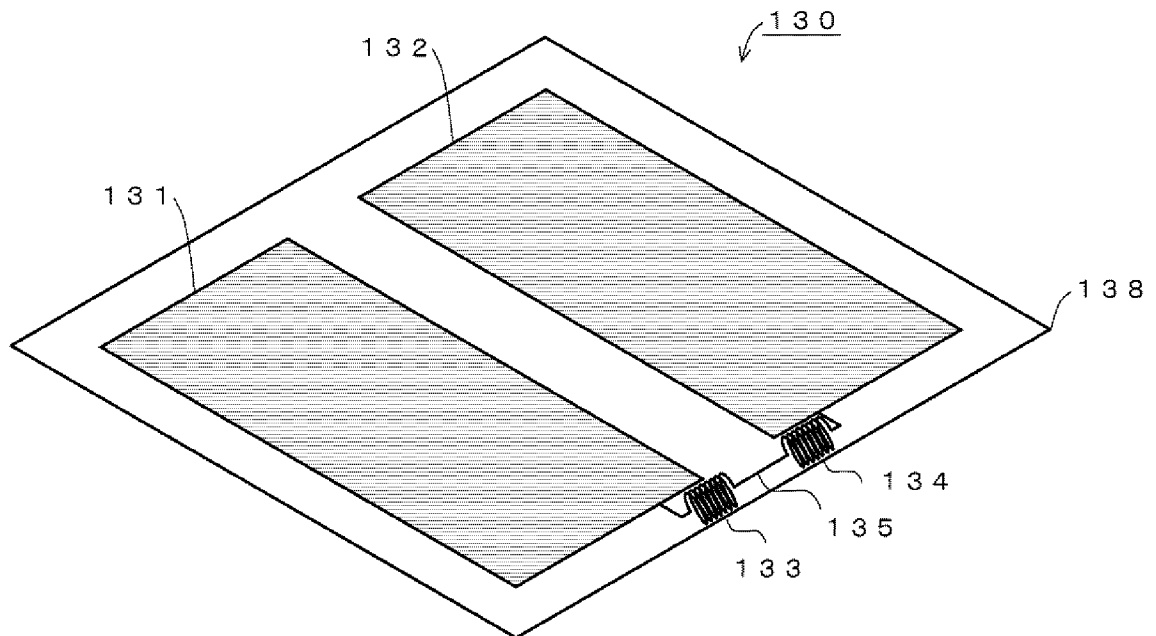
[図23]



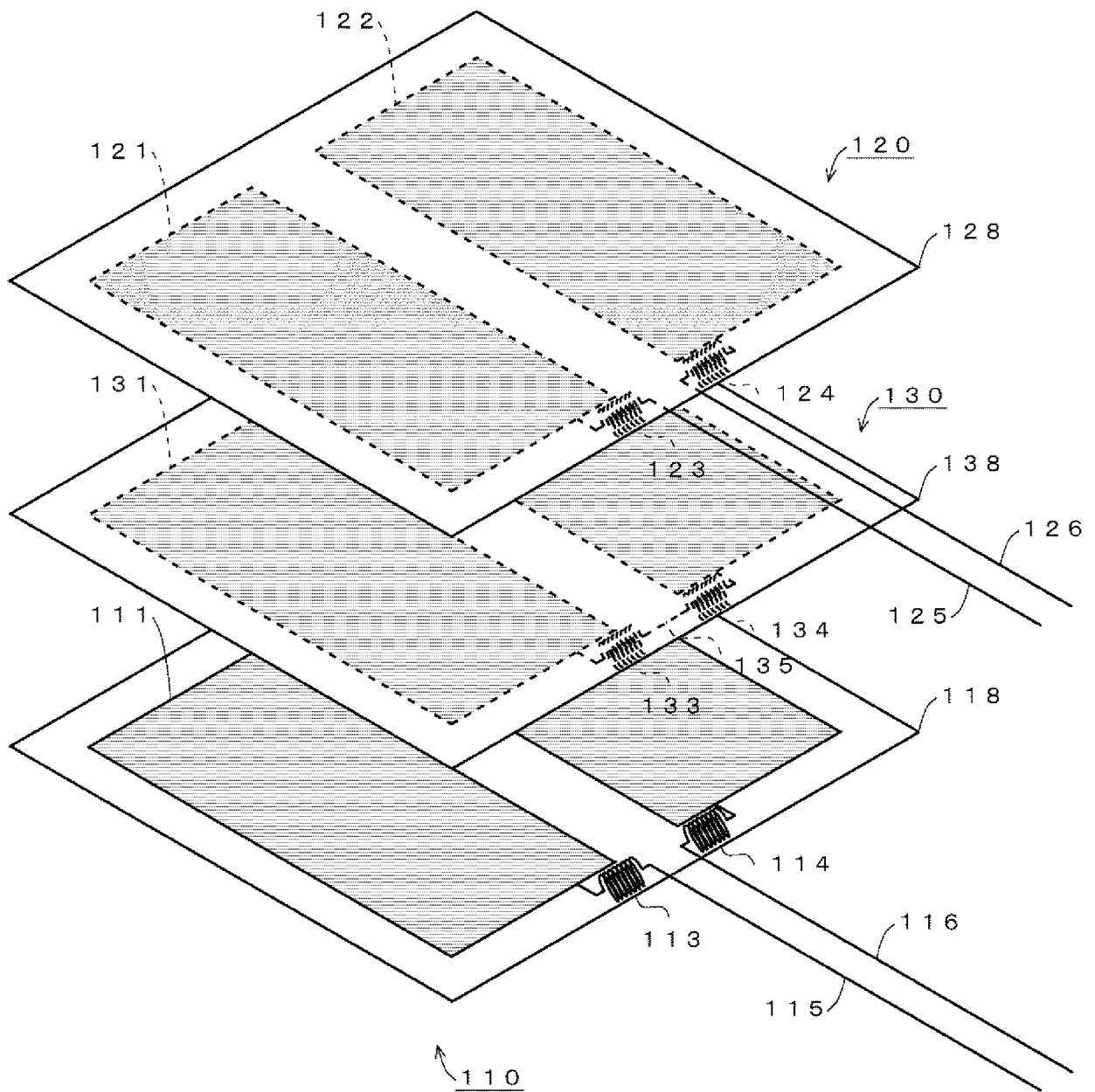
[図24]



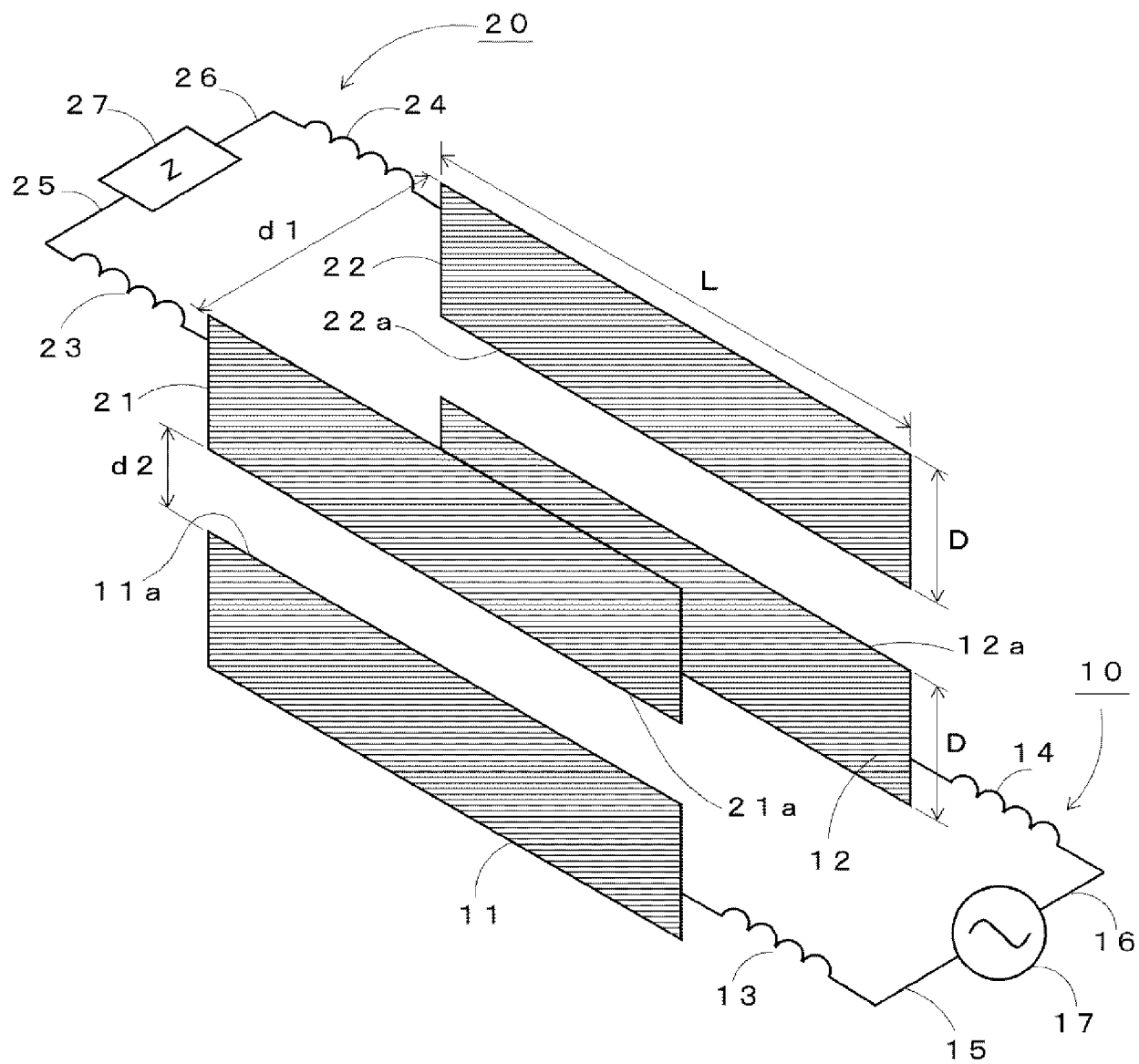
[図25]



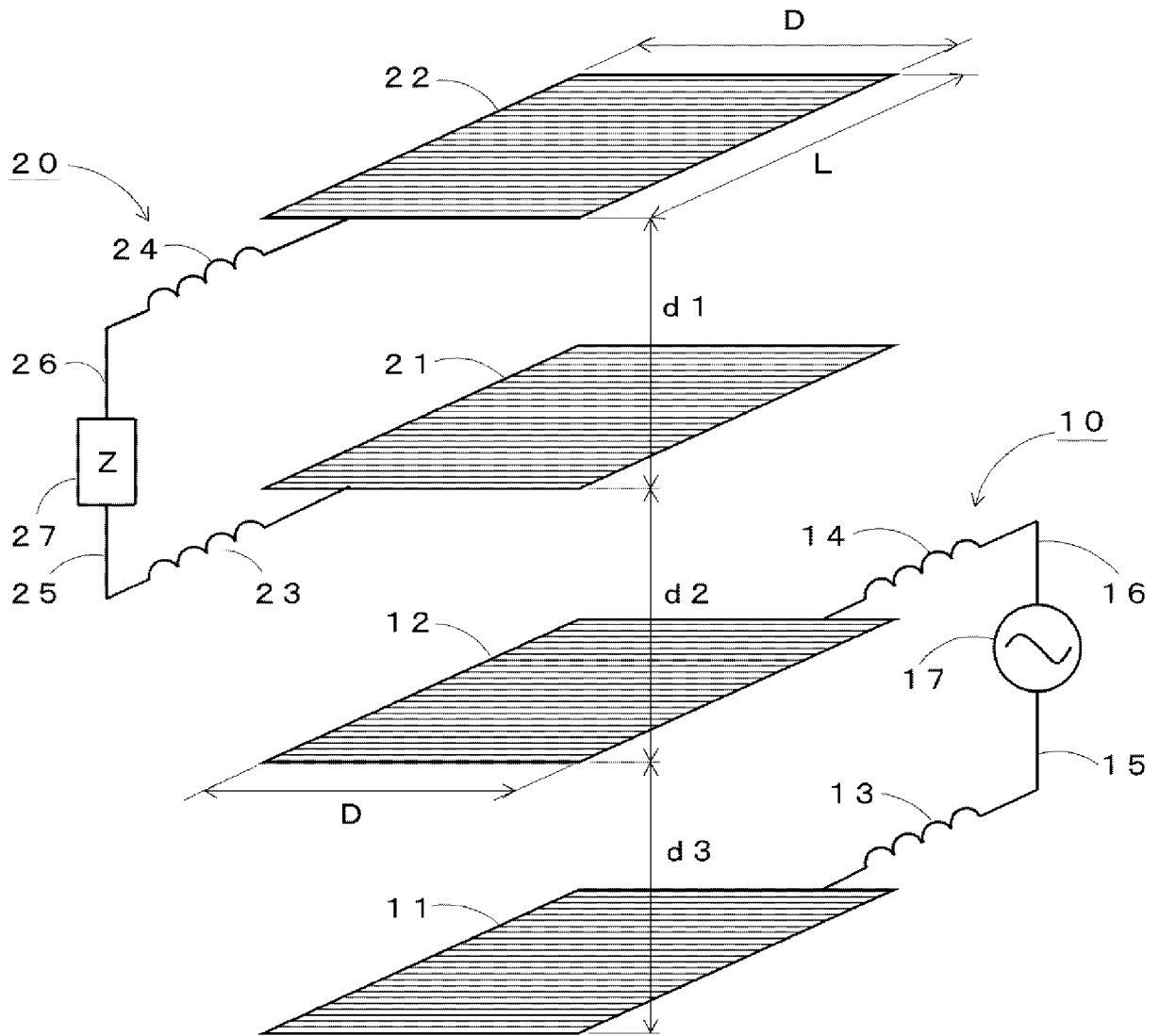
[図26]



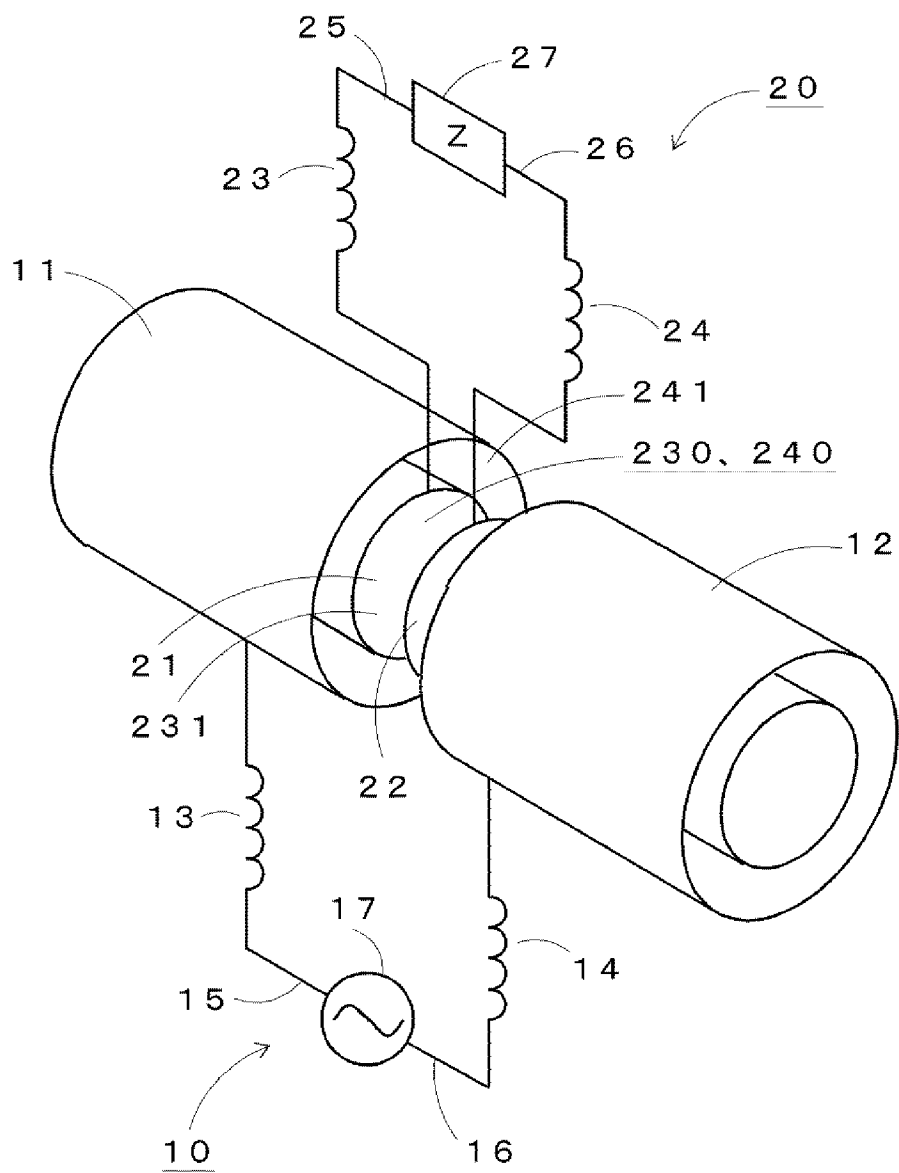
[図27]



[図28]



[図30]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/050982

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.
Y A	JP 2009-296857 A (Sony Corp.), 17 December 2009 (17.12.2009), paragraphs [0001], [0002], [0053], [0054], [0063]; fig. 6, 8 & US 2009/0302690 A1	1-9, 12-14 10, 11
Y	WO 2010/014634 A2 (QUALCOMM INC.), 04 February 2010 (04.02.2010), paragraphs [0028], [0029] & JP 2012-503959 A & US 2010/0109443 A1 & US 2012/0262004 A1 & EP 2321886 A & CN 102113195 A & KR 10-2011-0036639 A	1-9, 12-14
A	JP 2004-348496 A (Hitachi, Ltd.), 09 December 2004 (09.12.2004), paragraph [0010] & US 2004/0233043 A1 & CN 1572885 A	1-14

 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
08 April, 2013 (08.04.13)Date of mailing of the international search report
16 April, 2013 (16.04.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/050982

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 2004-38254 A (Canon Inc.), 05 February 2004 (05.02.2004), paragraph [0085] & US 2004/0005889 A1 & EP 1376955 A1 & DE 60327826 D & KR 10-2004-0002801 A & CN 1472888 A & TWB 00I295530	1-14
A	JP 2005-79786 A (Sony Corp.), 24 March 2005 (24.03.2005), paragraphs [0001], [0009]; fig. 2, 4, 6 to 9 (Family: none)	1-14

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
Y	JP 2009-296857 A (ソニー株式会社) 2009.12.17, 段落【0001】, 【0002】, 【0053】, 【0054】, 【0063】, 第6,8図 & US 2009/0302690	1-9, 12-14
A	A1	10, 11
Y	WO 2010/014634 A2 (QUALCOMM INCORPORATED) 2010.02.04, 段落 [0028], [0029] & JP 2012-503959 A & US 2010/0109443 A1 & US 2012/0262004 A1 & EP 2321886 A & CN 102113195 A & KR 10-2011-0036639 A	1-9, 12-14

C欄の続きにも文献が列挙されている。

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

の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
08.04.2013

国際調査報告の発送日
16.04.2013

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)	5 T	2 9 5 4
坂本 聡生		
電話番号 03-3581-1101 内線 3568		

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
A	JP 2004-348496 A (株式会社日立製作所) 2004. 12. 09, 段落【0010】 & US 2004/0233043 A1 & CN 1572885 A	1-14
A	JP 2004-38254 A (キヤノン株式会社) 2004. 02. 05, 段落【0085】 & US 2004/0005889 A1 & EP 1376955 A1 & DE 60327826 D & KR 10-2004-0002801 A & CN 1472888 A & TWB 00I295530	1-14
A	JP 2005-79786 A (ソニー株式会社) 2005. 03. 24, 段落【0001】 , 【0009】 , 第 2, 4, 6-9 図 (ファミリーなし)	1-14