

(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  
2012年12月20日(20.12.2012)

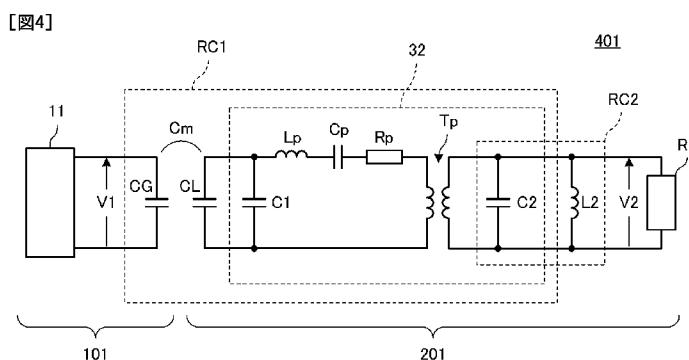


(10) 国際公開番号  
WO 2012/172929 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02J 17/00 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/062902
  - (22) 国際出願日: 2012年5月21日(21.05.2012)
  - (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 2011-131094 2011年6月13日(13.06.2011) JP
  - (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所(Murata Manufacturing Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
  - (72) 発明者; および
  - (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 市川敬一(ICHIKAWA, Keiichi) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
  - (74) 代理人: 特許業務法人 楓国際特許事務所(Kaede Patent Attorneys' Office); 〒5400011 大阪府大阪市中央区農人橋1丁目4番34号 Osaka (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, 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, 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 (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))

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

(54) 発明の名称: 電力伝送システムおよび受電装置



(57) Abstract: A piezoelectric transformer (32) is configured of capacitance elements (C1, C2), an inductance element (Lp), a capacitance element (Cp), a resistor (Rp) and an ideal transformer (Tp). A first resonant circuit (RC1) is configured of the piezoelectric transformer (32), the capacitance of a capacitance element (CL) in a connection electrode part of a power reception device (201), and the capacitance of a capacitance element (CG) in a connection electrode part of a power transmission device (101). Meanwhile, a second resonant circuit (RC2) is configured of the equivalent output capacitor (C2) of the piezoelectric transformer (32) and an inductance element (L2). The high-frequency high-voltage frequency generated by a high-frequency high-voltage generator circuit (11) is set between two resonance frequencies by the complex resonance of the first resonant circuit (RC1) and the second resonant circuit (RC2).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/172929 A1



---

圧電トランス (32) は、キャパシタンス素子 (C1, C2)、インダクタンス素子 (Lp)、キャパシタンス素子 (Cp)、抵抗 (Rp) および理想変圧器 (Tp) で表される。圧電トランス (32) と受電装置 (201) の結合電極部のキャパシタンス素子 (CL) のキャパシタンスおよび送電装置 (101) の結合電極部のキャパシタンス素子 (CG) のキャパシタンスによって第1の共振回路 (RC1) が構成されている。一方、圧電トランス (32) の等価出力容量 (C2) とインダクタンス素子 (L2) とによって第2の共振回路 (RC2) が構成されている。そして、高周波高電圧発生回路 (11) の発生する高周波高電圧の周波数は、第1の共振回路 (RC1) と第2の共振回路 (RC2) の複合共振による二つの共振周波数の間に定められている。

## 明 細 書

**発明の名称**：電力伝送システムおよび受電装置

### 技術分野

[0001] 本発明は電界結合型のワイヤレスで電力を伝送する電力伝送システムおよび受電装置に関するものである。

### 背景技術

[0002] 代表的なワイヤレス電力伝送システムとして、送電装置の一次コイルから受電装置の二次コイルに磁界を利用して電力を伝送する磁界結合方式の電力伝送システムが知られている。しかし、磁界結合で電力を伝送する場合、各コイルを通る磁束の大きさが起電力に大きく影響するため、一次コイルと二次コイルとの相対位置関係に高い精度が要求される。また、コイルを利用するため、装置の小型化が難しい。

[0003] 一方、特許文献1に開示されているような電界結合方式のワイヤレス電力伝送システムも知られている。このシステムでは、送電装置の結合電極から受電装置の結合電極に電界を介して電力が伝送される。この方式は、結合電極の相対位置精度が比較的緩く、また、結合電極の小型・薄型化が可能である。

[0004] 図1は特許文献1の電力伝送システムの基本構成を示す図である。この電力伝送システムは、送電装置と受電装置とで構成される。送電装置には、高周波高電圧発生回路1、パッシブ電極2およびアクティブ電極3を備えている。受電装置には、高周波高電圧負荷回路5、パッシブ電極7およびアクティブ電極6を備えている。そして、送電装置のアクティブ電極3と受電装置のアクティブ電極6とが高電圧電界領域4を介して近接することにより、この二つの電極同士が電界結合する。

[0005] このように、電界結合方式のワイヤレス電力伝送では送電装置側、受電装置側ともにアクティブ電極とパッシブ電極を配置し、送電装置と受電装置のアクティブ電極同士、およびパッシブ電極同士を結合させる必要がある。伝

送電力および伝送効率は電極間結合の強さに依存する。電極間の結合を強くするためには、電極間距離を短くする、電極面積を大きくすることが考えられる。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0006] 特許文献1：特表2009-531009号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0007] 一般に電力伝送系の伝送効率を高める手法として、低損失な共振回路を組み込むことが有効である。この共振回路は、送電装置と受電装置の結合部の静電容量とインダクタで構成する。一般にインダクタのQ値は容量のQ値よりも低いため、共振回路として組み合わせた場合、インダクタのQ値で共振回路のQ値が制約されてしまう。また、小型且つ低損失なインダクタの実現が課題になる。その課題を解決する一つの方法として、インダクタに、圧電デバイス（圧電共振子、圧電トランス）を用いることが有効である。ところが、圧電デバイスは、小型低損失であるものの、周波数特性が急峻であり、且つ負荷変動時に出力電圧（受電装置側電圧 $V_2$ と送電装置側電圧 $V_1$ との比 $V_2/V_1$ ）が大きく変動するという課題があった。

[0008] また、圧電デバイスを用いない場合でも、負荷変動や駆動周波数の変動に対して出力電圧が変動する課題があった。

[0009] そこで、本発明は、受電装置の負荷変動や駆動周波数変動が生じる場合の受電装置側電圧 $V_2$ と送電装置側電圧 $V_1$ の比 $V_2/V_1$ を安定化させた電力伝送システムおよび受電装置を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0010] (1) 本発明の電力伝送システムは、

アクティブ電極およびパッシブ電極で構成される送電装置側結合電極、この送電装置側結合電極に高周波高電圧を印加する高周波高電圧発生回路を備

えた送電装置と、

前記送電装置側結合電極に結合する、アクティブ電極およびパッシブ電極で構成される受電装置側結合電極および前記受電装置側結合電極に接続された受電回路を備えた受電装置と、を有し、

前記送電装置側結合電極および前記受電装置側結合電極が電界結合することにより前記送電装置から前記受電装置へ電力が伝送される。

[0011] そして、前記受電回路は、前記受電装置側結合電極のアクティブ電極とパッシブ電極との間に直列接続された、インダクタンス成分およびキャパシタンス成分を含む第1の共振回路と、前記キャパシタンス成分とこのキャパシタンス成分に対して並列接続されたインダクタンス成分を含む第2の共振回路と、この第2の共振回路に並列接続された負荷回路とを備え、

前記高周波高電圧発生回路の発生する高周波高電圧の周波数は、第1の共振回路と第2の共振回路の複合共振による二つの共振周波数の間に設定されたことを特徴とする。

[0012] (2) 前記送電装置は、前記高周波高電圧発生回路の発生電圧を検出する電圧検出回路と、この電圧検出回路の検出電圧が一定となるように前記高周波高電圧発生回路の発生電圧を制御する電圧安定化回路とを備えていることが好ましい。

[0013] (3) 前記受電回路は、前記受電装置側結合電極のアクティブ電極に接続された入力端子と、前記受電装置側結合電極のパッシブ電極に接続された出力端子と、基準電位端子とを有して、前記入力端子に印加される電圧を降圧して前記出力端子へ出力する圧電トランスを備え、

前記キャパシタンス成分は前記圧電トランスの等価出力容量であることが好ましい。

[0014] (4) 前記第1の共振回路は、前記送電装置側結合電極および前記受電装置側結合電極に生じるキャパシタンス成分を含むことが好ましい。

[0015] (5) 前記高周波高電圧発生回路は、前記送電装置側結合電極に印加される前記高周波高電圧に共振する第3の共振回路を備えることが好ましい。

[0016] (6) 本発明の受電装置は、

アクティブ電極およびパッシブ電極で構成される送電装置側結合電極およびこの送電装置側結合電極に高周波高電圧を印加する高周波高電圧発生回路を備えた送電装置に対して対をなす受電装置であって、

前記送電装置側結合電極に結合する、アクティブ電極およびパッシブ電極で構成される受電装置側結合電極および前記受電装置側結合電極に接続された受電回路、を有し、

前記受電回路は、前記受電装置側結合電極のアクティブ電極とパッシブ電極との間に直列接続された、インダクタンス成分およびキャパシタンス成分を含む第1の共振回路と、前記キャパシタンス成分とこのキャパシタンス成分に対して並列接続されたインダクタンス成分を含む第2の共振回路と、この第2の共振回路に並列接続された負荷回路とを備え、

前記高周波高電圧発生回路の発生する高周波高電圧の周波数は、第1の共振回路と第2の共振回路の複合共振による二つの共振周波数の間に設定されたことを特徴とする。

### 発明の効果

[0017] 第1の共振器と第2の共振回路が結合する複合共振系を構成するので、送電装置と受電装置との整合が改善され、第1の共振回路内の定在波が低減し、電気振動エネルギーが負荷へスムーズに伝送されることにより、負荷が変動した場合の負荷側電圧 $V_2$ と送電装置側電圧 $V_1$ の比 $V_2/V_1$ を安定化できる。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1] 図1は特許文献1の電力伝送システムの基本構成を示す図である。

[図2] 図2は第1の実施形態の電力伝送システムの構成図である。

[図3] 図3は第1の実施形態の電力伝送システム401の回路図である。

[図4] 図4は第1の実施形態の電力伝送システム401の等価回路図である。

[図5] 図5(A)は送電装置101の高周波高電圧発生回路のブロック構成図である。図5(B)はスイッチング回路56の構成と駆動制御回路55との

関係を示す図である。

[図6]図6は第1の実施形態の電力伝送システム401の別の等価回路図である。

[図7]図7(A)は第1の実施形態の電力伝送システムの送電装置101の結合電極に印加される電圧 $V_1$ に対する受電装置201の結合電極に印加される電圧 $V_2$ の比率(電圧変換比)の周波数依存性を示す図である。図7(B)は比較対照用の電力伝送システム( )の電圧変換比の周波数依存性の例を示す図である。

[図8]図8は第2の実施形態の電力伝送システムの構成図である。

[図9]図9は第2の実施形態の電力伝送システム402の等価回路図である。

[図10]図10は第2の実施形態の電力伝送システム402の等価回路図である。

[図11]図11は第2の実施形態の電力伝送システムの送電装置102の結合電極に印加される電圧 $V_1$ に対する受電装置202の結合電極に印加される電圧 $V_2$ の比率(電圧変換比)の周波数依存性を示す。

[図12]図12は第3の実施形態の電力伝送システム403の等価回路図である。

## 発明を実施するための形態

### [0019] 《第1の実施形態》

図2は第1の実施形態の電力伝送システムの構成図である。ここでは、特に送電装置101に受電装置201を装着した状態を表している。送電装置101には送電装置側のアクティブ電極13およびパッシブ電極12で構成される送電装置側結合電極が設けられている。受電装置201には受電装置側のアクティブ電極16およびパッシブ電極17で構成される受電装置側結合電極が設けられている。

[0020] 受電装置201には受電回路15が設けられている。この受電回路15は圧電トランス32、インダクタンス素子L2および負荷回路RLを備えている。受電装置側のパッシブ電極17に圧電トランス32の基準電位端子E1

2が接続され、パッシブ電極17と出力端子E11との間にインダクタンス素子L2および負荷回路RLが接続されている。後に詳述するように、圧電トランス32で降圧された電圧は負荷回路RLに供給される。負荷回路RLは整流平滑回路およびこの整流平滑回路から出力される直流電圧で動作する負荷で構成されている。

[0021] このように送電装置101に受電装置201を装着した状態で、送電装置101から受電装置201へ高電圧電界領域4を介して電力伝送がなされる。

[0022] 本発明の電力伝送システムは、電界結合（準静的な電場）を用いた短距離エネルギー伝送を基本原理とする。波長 $\lambda$ が電場発振源のサイズや動作範囲（距離 $d$ ）に対して十分長い場合、すなわち $d/\lambda \ll 1$ の関係であれば、準静的な電場は電場発生源の近傍に留まり（束縛され）、遠方への放射量は無視できる程度に小さい。すなわち、電磁波としてエネルギーが放射されることが殆どない。

[0023] なお、電磁波はトランスバースモード（電界と磁界の両方が伝播方向に対して垂直）であるのに対し、本発明のように準静的な電場を使用した電力伝送では、エネルギーが電界と同じ方向に伝送される。準静電場を取り扱う低周波数帯では、すなわち、“ $Z = V/I$ ”（ $Z$ ：インピーダンス、 $V$ ：電圧、 $I$ ：電流）の公式が当てはまる。

[0024] 前記負荷は例えば受電装置201の電源用の二次電池を備え、受電装置201を送電装置101に装着することにより、受電装置201内の二次電池が充電される。

[0025] 図3は第1の実施形態の電力伝送システム401の回路図である。送電装置101の高周波高電圧発生回路11は例えば100kHz～数10MHzの高周波電圧を発生する。この高周波高電圧発生回路11の発生する電圧がパッシブ電極12とアクティブ電極13との間に印加される。キャパシタンス素子CGは主にパッシブ電極12とアクティブ電極13とによる容量である。

- [0026] 受電装置201のパッシブ電極17とアクティブ電極16との間には、圧電トランス32及びインダクタンス素子L2による降圧回路が接続されている。キャパシタンス素子CLは主にパッシブ電極17とアクティブ電極16とによる容量である。
- [0027] 圧電トランス32は基準電位端子E12と入力端子E20との間に印加される電圧を降圧して出力端子E11へ出力する。
- [0028] 送電装置101のパッシブ電極とアクティブ電極とによる結合電極と受電装置201のパッシブ電極とアクティブ電極とによる結合電極との結合は相互容量Cmを介して結合しているものと表すことができる。
- [0029] 例えば、高周波高電圧発生回路11は100～3kVの高周波高電圧を発生し、圧電トランス32はキャパシタンス素子CLに誘起される電圧100～3kVを5～12Vに降圧して負荷回路RLへ出力する。
- [0030] なお、受電装置201のパッシブ電極17に圧電トランス32の出力端子E11が接続され、パッシブ電極17と基準電位端子E12との間にインダクタンス素子L2および負荷回路RLが接続されてもよい。すなわち、基準電位端子E12と出力端子E11とは入れ替えてもよい。
- [0031] 図4は第1の実施形態の電力伝送システム401の等価回路図である。圧電トランス32は、図4に示すように、キャパシタンス素子C1、C2、インダクタンス素子Lp、キャパシタンス素子Cp、抵抗Rpおよび理想変圧器Tpで表される。
- [0032] キャパシタンス素子C2は圧電トランスの等価出力容量であり、キャパシタンス素子Cpおよびインダクタンス素子Lpは電気機械的なパラメータである。圧電トランス32の共振周波数は主にキャパシタンス素子Cpとインダクタンス素子Lpによる共振回路の共振で定まる。電気エネルギー変換は弾性振動を介するため、圧電体セラミックスの弾性波伝搬速度と寸法で決まる固有共振周波数を有する。この圧電トランス32と受電装置201の結合電極部のキャパシタンス素子CLのキャパシタンスおよび送電装置101の結合電極部のキャパシタンス素子CGによって第1の共振回路RC1が構成

されている。この第1の共振回路RC1の回路定数によって第1の共振回路RC1の共振周波数が定まる。

[0033] なお、送電装置と受電装置の結合を強くすると伝送電力の向上が図れるが、そのために相互容量 $C_m$ を大きくすると、相手側（＝送電装置側）の容量の影響が無視できなくなるので、その場合には第1の共振回路RC1のキャパシタンス成分に、送電装置側結合電極および受電装置側結合電極に生じるキャパシタンス成分 $C_G$ を含めて設計することが好ましい。

[0034] 一方、圧電トランス32の等価出力容量であるキャパシタンス素子（キャパシタンス成分） $C_2$ とインダクタンス素子 $L_2$ とによって第2の共振回路RC2が構成されていて、このキャパシタンス素子 $C_2$ のキャパシタンスとインダクタンス素子 $L_2$ のインダクタンスとによって第2の共振回路RC2の共振周波数が定まる。

[0035] 高周波高電圧発生回路11の発生する高周波高電圧の周波数は、第1の共振回路RC1と第2の共振回路RC2の複合共振（結合共振）による二つの共振周波数の間に定められている。

[0036] 圧電トランス32は容量性デバイスであるので、前記インダクタンス素子 $L_2$ は負荷回路 $R_L$ と圧電トランス32とのインピーダンス整合回路としても作用している。そのため、第1の共振回路RC1内の定在波が低減し、圧電トランス32に不要なエネルギーが蓄積されず、負荷回路 $R_L$ へスムーズにエネルギーが流れる。これにより圧電トランス32の過熱が防止される。

[0037] また、降圧回路に容量性デバイスである圧電トランスを用いることにより、巻線トランスを用いる場合に比べて電力送電装置を小型化できるとともに漏れ磁界を抑制することができる。

[0038] 図5（A）は送電装置101の高周波高電圧発生回路のブロック構成図である。ここで駆動電源回路51は商用電源を入力して一定の直流電圧（例えばDC5V）を発生する電源回路である。制御回路52は次に述べる各部との間で信号を入出力して各部の制御を行う。

[0039] 駆動制御回路55は制御回路52から出力されるON/OFF信号に従っ

てスイッチング回路56のスイッチ素子をスイッチングする。スイッチング回路56は後に示すように昇圧回路37の入力部を交番駆動する。

[0040] ACV検出回路58は、パッシブ電極12を基準とするアクティブ電極13への印加電圧を容量分圧し、分圧された交流電圧を整流した直流電圧を検出信号V(ACV)として生成する。このACV検出回路58は本発明に係る「電圧検出回路」に相当する。制御回路52はこの検出信号V(ACV)を読み取って、この検出信号V(ACV)が一定となるように高周波高電圧発生回路の発生電圧を帰還制御する。この帰還制御を行う制御回路52が本発明に係る「電圧安定化回路」に相当する。

[0041] 図5(B)は前記スイッチング回路56の構成と駆動制御回路55との関係を示す図である。スイッチング回路56はハイサイドのスイッチ素子とローサイドのスイッチ素子のON/OFFによってプッシュプル動作を行い、昇圧回路37を交番駆動する。

[0042] 図6は第1の実施形態の電力伝送システム401の別の等価回路図である。この等価回路は、前記第1の共振回路と第2の共振回路を複合させた等価回路である。ここでキャパシタC<sub>0</sub>は送電装置および受電装置の結合電極部に生じるキャパシタンス成分、キャパシタCは図4に示したキャパシタC<sub>p</sub>に相当し、インダクタLは図4に示したインダクタL<sub>p</sub>に相当する。

[0043] 図7(A)は第1の実施形態の電力伝送システムの送電装置101の結合電極に印加される電圧V<sub>1</sub>に対する受電装置201の負荷に印加される電圧V<sub>2</sub>の比率(電圧変換比)の周波数依存性を示す図である。ここで、送電装置101のパッシブ電極とアクティブ電極とによる結合電極と受電装置201のパッシブ電極とアクティブ電極とによる結合電極との結合度を一定とし、負荷を変動させた場合について表している。

[0044] 図7(A)において、共振周波数f<sub>0</sub>の角周波数ω<sub>0</sub>(=2πf<sub>0</sub>)は次式で表される。

[0045] [数1]

$$\omega_0^2 = \left(1 + \frac{C}{C_1 + C_0}\right) \frac{1}{LC} \quad \dots (1)$$

[0046] また、共振周波数  $f_1$  の角周波数  $\omega_1 (= 2\pi f_1)$  は次式で表される。

[0047] [数2]

$$\omega_1^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{L_2 C_2} + \frac{1}{LC_2} + \left( 1 + \frac{C}{C_1 + C_0} \right) \frac{1}{LC} \right) - \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{1}{L_2 C_2} + \frac{1}{LC_2} + \left( 1 + \frac{C}{C_1 + C_0} \right) \frac{1}{LC} \right)^2 - \left( 1 + \frac{C}{C_1 + C_0} \right) \frac{1}{(LC)(L_2 C_2)}} \quad \dots (2)$$

[0048] さらに、共振周波数  $f_2$  の角周波数  $\omega_2 (= 2\pi f_2)$  は次式で表される。

。

[0049] [数3]

$$\omega_2^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{L_2 C_2} + \frac{1}{LC_2} + \left( 1 + \frac{C}{C_1 + C_0} \right) \frac{1}{LC} \right) + \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{1}{L_2 C_2} + \frac{1}{LC_2} + \left( 1 + \frac{C}{C_1 + C_0} \right) \frac{1}{LC} \right)^2 - \left( 1 + \frac{C}{C_1 + C_0} \right) \frac{1}{(LC)(L_2 C_2)}} \quad \dots (3)$$

[0050] 図7(B)は比較対照用電力伝送システムの前記電圧変換比の周波数依存性の例を示す図である。この比較対照用電力伝送システムを受電装置は、図3、図4に示したインダクタンス素子  $L_2$  を設けていない構成である。したがって、比較対照用電力伝送システムを受電装置は第2の共振回路(図4中の  $RC_2$ )は存在しない。

[0051] 図7(A)、図7(B)において、特性曲線(1)~(10)は負荷  $R$  の抵抗値を  $10\Omega \sim 10k\Omega$  の範囲で変化させたときの各抵抗値での特性を示している。括弧内の数字が大きいほど負荷抵抗の値は大きい。図7(B)においては(5)以上の高抵抗負荷での電圧変換比  $V_2/V_1$  のピークが図のレンジから大きくはみ出ている。

[0052] 第2の共振回路を備えない受電装置を用いると、図7(B)から明らかのように、負荷抵抗を高くするにしたがい電圧変換比  $V_2/V_1$  が増大し、無負荷では過大になることがわかる。図7(B)中のマーカー  $m_{17}$  は定格負荷での電圧変換比  $V_2/V_1$  であるが、この定格負荷で電圧変換比  $V_2/V_1$  が確保できる周波数(約  $305kHz$ )と、電圧変換比  $V_2/V_1$  が過大になる周波数(約  $309kHz$ )が非常に近接しているため、負荷変動にともなう周波数変動によって電圧変換比  $V_2/V_1$  が変化し、受電装置側電圧

$V_2$ が大きく変動することになる。そのため、負荷変動に対して精密・敏感な制御が要求される。

[0053] これに対し、本発明の第1の実施形態によれば、図7(A)に表れているように、電圧変換比 $V_2/V_1$ が過大になる周波数は、280kHzおよび330kHzであり、共に駆動周波数(約305kHz)から大きく離れており、負荷変動等によって駆動周波数が変動しても電圧変換比 $V_2/V_1$ はほぼ一定に保たれる。

[0054] 送電装置の結合電極と受電装置の結合電極の結合度を一定とし、負荷を変動させた場合に電圧変換比 $V_2/V_1$ が極大もしくは極小を示す周波数 $f_0$ を駆動周波数とするのが最良である。負荷Rの抵抗値を低抵抗側から10k $\Omega$ に近づけた場合の極小となる周波数と負荷Rの抵抗値を高抵抗側から10 $\Omega$ に近づけた場合の極大となる周波数とを一致させるように、図6の等価回路定数を設定し、 $f_1$ および $f_2$ から $f_0$ を離せば、電圧変換比 $V_2/V_1$ の変動を小さくすることができる。

[0055] 図7(A)の特性曲線(3)、(4)を示す負荷Rの抵抗値を定格負荷として設定すれば、電圧変換比 $V_2/V_1$ の周波数に対する傾きが急峻ではなく、安定な回路になる。また、高抵抗側から10 $\Omega$ に近づけた場合の極大となる周波数を探す追従制御回路も比較的簡易に構成できる。

[0056] このように、駆動周波数 $f_d$ を第1の共振回路RC1および第2の共振回路RC2の複合共振による二つの共振周波数の間に定めれば、周波数変化に対する電圧変換比 $V_2/V_1$ の変化が小さい関係となるので、負荷が変動した場合の負荷側電圧 $V_2$ と送電装置側電圧 $V_1$ の比 $V_2/V_1$ を安定化できる。

[0057] 特に、駆動周波数 $f_d$ を図7(A)のマーカーm17(定格負荷での電圧変換比 $V_2/V_1$ がピークを示す周波数)の周波数に定めれば、負荷が変動した場合でも、電圧変換比 $V_2/V_1$ をより安定化できる。

[0058] このように、電圧変換比 $V_2/V_1$ が一定となるように送電装置の高周波高電圧発生回路11の駆動周波数を定めておけば、送電装置側の電圧 $V_1$ が

一定になるように高周波高電圧発生回路 11 を制御すればよい。すなわち、受電装置側の電圧 V2 を直接モニタリングすることなく、送電装置側の電圧 V1 を検出してフィードバック制御することで、受電装置側の電圧 V2 を一定にできる。

[0059] なお、駆動周波数は一定にする必要があるので、周波数制御による発生電圧制御を行うことはできない。そのため、図 5 (A) に示した制御回路 52 は駆動制御回路 55 を介してスイッチング回路 56 のデューティを制御すればよい。または駆動電源回路 51 が発生する電圧を制御してもよい。

[0060] 送電装置の結合電極と受電装置の結合電極との位置関係が変位すると、それに応じて結合度が変動する。このように結合度が変動するような場合には電圧変換比  $V2/V1$  が変化してしまうため、その結合度に応じて高周波高電圧発生回路 11 の発生する電圧を変化させればよい。結合度は、受電装置側との連携や共振周波数の測定によって推定できる。

[0061] なお、受電装置側に電圧検出部を備え、送電装置側にその情報をフィードバックさせれば、受電装置側の電圧 V2 をより安定化させることができる。

[0062] 第 1 の実施形態によれば、周波数特性が急峻な圧電トランスを用いる場合でも、周波数変動に対する特性変動の影響を効果的に軽減できる。また、圧電トランスを第 1 の共振回路として用いた場合、圧電トランスにエネルギーを無駄に蓄積しない構成が実現でき、圧電トランスの発熱を抑え、効率よく負荷に取り出すことができる。

[0063] 《第 2 の実施形態》

図 8 は第 2 の実施形態の電力伝送システム 402 の構成図である。ここでは、特に送電装置 102 に受電装置 202 を装着した状態での断面を表している。送電装置 102 は台座部 10D と、それに直交する背もたれ部 10B を備えている。送電装置 102 の筐体内部で台座部 10D に沿って送電装置側パッシブ電極 12 が設けられている。背もたれ部 10B には送電装置側アクティブ電極 13 が設けられている。受電装置 202 の筐体内部で下部に受電装置側パッシブ電極 17 が設けられている。背面付近には受電装置側アク

ティブ電極 16 が設けられている。

[0064] このように送電装置 102 に受電装置 202 を装着した状態で、送電装置 102 から受電装置 202 へ電力伝送がなされる。

[0065] 図 9 は第 2 の実施形態の電力伝送システム 402 の等価回路図である。図 9 において、送電装置 102 の高周波電圧発生回路 OSC は所定の駆動周波数の高周波電圧を発生する。昇圧トランス TG による昇圧回路 37 は、高周波電圧発生回路 OSC の発生する電圧を昇圧してパッシブ電極 12 とアクティブ電極 13 との間（図 8 参照）に印加する。キャパシタンス素子 CG は主にパッシブ電極 12 とアクティブ電極 13 とによる容量である。

[0066] 受電装置 201 のパッシブ電極 17 とアクティブ電極 16 との間（図 8 参照）には、降圧トランス TL による降圧トランス 45 が接続されている。キャパシタンス素子 CL は主にパッシブ電極 17 とアクティブ電極 16 とによる容量である。降圧トランス TL の二次側には負荷回路 RL が接続されている。この負荷回路 RL は、ダイオードとコンデンサによる整流平滑回路及び二次電池で構成されている。送電装置 102 の結合電極と受電装置 202 の結合電極との結合は図 9 中に示すように、相互容量 Cm を介して結合しているものと表すことができる。

[0067] 図 10 は第 2 の実施形態の電力伝送システム 402 の等価回路図である。前記降圧トランス 45 は、図 10 に示すように、キャパシタンス素子 C2、インダクタンス素子 Ls、抵抗 Rs および理想変圧器 T で表される。

[0068] インダクタンス素子 Ls はトランスのインダクタンス成分、キャパシタンス素子 C2 は浮遊容量、抵抗 Rs は巻線の抵抗成分である。この降圧トランス 45 と受電装置 202 の結合電極部のキャパシタンス素子 CL のキャパシタンスおよび送電装置 102 の結合電極部のキャパシタンス素子 CG のキャパシタンスによって第 1 の共振回路 RC1 が構成されている。この第 1 の共振回路 RC1 の回路定数によって、その共振周波数が定まる。

[0069] 一方、前記浮遊容量であるキャパシタンス素子 C2 とインダクタンス素子 L2 とによって第 2 の共振回路 RC2 が構成されていて、このキャパシタン

ス素子C 2のキャパシタンスとインダクタンス素子L 2のインダクタンスとによって第2の共振回路RC 2の共振周波数が定まる。

[0070] 高周波高電圧発生回路3 1の発生する高周波高電圧の周波数は、第1の共振回路RC 1と第2の共振回路RC 2の複合共振による二つの共振周波数の間に定められている。

[0071] 図1 1は第2の実施形態の電力伝送システムの送電装置1 0 2の結合電極に印加される電圧V 1に対する受電装置2 0 2の負荷に印加される電圧V 2の比率（電圧変換比）の周波数依存性を示す。ここで、送電装置1 0 2のパッシブ電極とアクティブ電極とによる結合電極と受電装置2 0 2のパッシブ電極とアクティブ電極とによる結合電極との結合度を一定とし、負荷を変動させた場合について表している。

[0072] 図1 1において、特性曲線(1)～(10)は負荷回路RLの抵抗値を1 0 Ω～1 0 k Ωの範囲で変化させたときの各抵抗値での特性を示している。括弧内の数字が大きいほど負荷抵抗の値は大きい。

[0073] 本発明の第2の実施形態によれば、電圧変換比 $V 2 / V 1$ が過大になる周波数は、0. 2 MHzおよび0. 4 5 MHzであり、駆動周波数（約0. 3 MHz）から大きく離れている。そのため、負荷変動等によって駆動周波数が変動しても電圧変換比 $V 2 / V 1$ はほぼ一定に保たれる。

[0074] このように巻線型のトランスを用いた受電装置を備えた電源伝送システムについても、電圧変換比 $V 2 / V 1$ が一定となるように送電装置の高周波高電圧発生回路3 1の駆動周波数を定めておけば、送電装置側の電圧V 1が一定になるように高周波高電圧発生回路3 1を制御すればよい。そのことで受電装置側の電圧V 2を一定にできる。

[0075] 《第3の実施形態》

図1 2は第3の実施形態の電力伝送システム4 0 3の等価回路図である。この電力伝送システム4 0 3は送電装置1 0 3および受電装置2 0 3を備えている。受電装置2 0 3の構成は第2の実施形態で示した受電装置2 0 2と同じである。送電装置1 0 3は昇圧トランスを備えている。この昇圧トラン

スは図12における理想変圧器 $T_r$ 、抵抗 $R_r$ およびインダクタンス素子 $L_r$ で表される。この理想変圧器 $T_r$ 、抵抗 $R_r$ 、インダクタンス素子 $L_r$ および結合電極部のキャパシタンス素子 $C_G$ 、 $C_L$ によって第3の共振回路 $RC_3$ が構成されている。そしてインダクタンス素子 $L_r$ および結合電極部のキャパシタンス素子 $C_G$ 、 $C_L$ のキャパシタンスによって第3の共振回路 $RC_3$ の共振周波数が定まる。

[0076] 第3の共振回路 $RC_3$ は、高周波電圧発生回路OSCが発生する高周波電圧の周波数で共振するように共振周波数が定められている。

[0077] 第3の実施形態によれば、送電装置側結合電極に印加される高周波高電圧に第3の共振回路 $RC_3$ が共振することにより、昇圧比を上げることができるとともに共振させているので高調波を抑制することができる。また、リアクタンス成分をキャンセルすることができるので、インピーダンス整合がなされて送電装置から受電装置への電力伝送効率を高めることができる。

### 符号の説明

- [0078]  $C_1$ 、 $C_2$ …キャパシタンス素子  
 $C_G$ 、 $C_L$ …キャパシタンス素子  
 $C_m$ …相互容量  
 $C_p$ …キャパシタンス素子  
 $E_{11}$ …出力端子  
 $E_{12}$ …基準電位端子  
 $E_{20}$ …入力端子  
 $L_2$ …インダクタンス素子  
 $L_p$ …インダクタンス素子  
 $L_r$ …インダクタンス素子  
 $L_s$ …インダクタンス素子  
OSC…高周波電圧発生回路  
 $RC_1$ …第1の共振回路  
 $RC_2$ …第2の共振回路

- RC3…第3の共振回路
- RL…負荷回路
- R<sub>p</sub>, R<sub>r</sub>, R<sub>s</sub>…抵抗
- TG…昇圧トランス
- TL…降圧トランス
- T, T<sub>p</sub>, T<sub>r</sub>…理想変圧器
- V…検出信号
- V<sub>1</sub>…送電装置側電圧
- V<sub>2</sub>…受電装置側電圧
- 11…高周波高電圧発生回路
- 12…送電装置側パッシブ電極
- 13…送電装置側アクティブ電極
- 15…受電回路
- 16…受電装置側アクティブ電極
- 17…受電装置側パッシブ電極
- 31…高周波高電圧発生回路
- 32…圧電トランス
- 37…昇圧回路
- 45…降圧トランス
- 51…駆動電源回路
- 52…制御回路
- 55…駆動制御回路
- 56…スイッチング回路
- 58…ACV検出回路
- 101～103…送電装置
- 201～203…受電装置
- 401～403…電力伝送システム

## 請求の範囲

[請求項1] アクティブ電極およびパッシブ電極で構成される送電装置側結合電極、この送電装置側結合電極に高周波高電圧を印加する高周波高電圧発生回路を備えた送電装置と、

前記送電装置側結合電極に結合する、アクティブ電極およびパッシブ電極で構成される受電装置側結合電極および前記受電装置側結合電極に接続された受電回路を備えた受電装置と、を有し、

前記送電装置側結合電極および前記受電装置側結合電極が電界結合することにより前記送電装置から前記受電装置へ電力が伝送される電力伝送システムにおいて、

前記受電回路は、前記受電装置側結合電極のアクティブ電極とパッシブ電極との間に直列接続された、インダクタンス成分およびキャパシタンス成分を含む第1の共振回路と、前記キャパシタンス成分とこのキャパシタンス成分に対して並列接続されたインダクタンス成分を含む第2の共振回路と、この第2の共振回路に並列接続された負荷回路とを備え、

前記高周波高電圧発生回路の発生する高周波高電圧の周波数は、第1の共振回路と第2の共振回路の複合共振による二つの共振周波数の間に設定されたことを特徴とする電力伝送システム。

[請求項2] 前記送電装置は、前記高周波高電圧発生回路の発生電圧を検出する電圧検出回路と、この電圧検出回路の検出電圧が一定となるように前記高周波高電圧発生回路の発生電圧を制御する電圧安定化回路とを備えた、請求項1に記載の電力伝送システム。

[請求項3] 前記受電回路は、前記受電装置側結合電極のアクティブ電極に接続された入力端子と、前記受電装置側結合電極のパッシブ電極に接続された出力端子と、基準電位端子とを有して、前記入力端子に印加される電圧を降圧して前記出力端子へ出力する圧電トランスを備え、

前記キャパシタンス成分は前記圧電トランスの等価出力容量である

、請求項 1 または 2 に記載の電力伝送システム。

[請求項4] 前記第 1 の共振回路は、前記送電装置側結合電極および前記受電装置側結合電極に生じるキャパシタンス成分を含む、請求項 1～3 にいずれかに記載の電力伝送システム。

[請求項5] 前記高周波高電圧発生回路は、前記送電装置側結合電極に印加される前記高周波高電圧に共振する第 3 の共振回路を備える、請求項 1～4 にいずれかに記載の電力伝送システム。

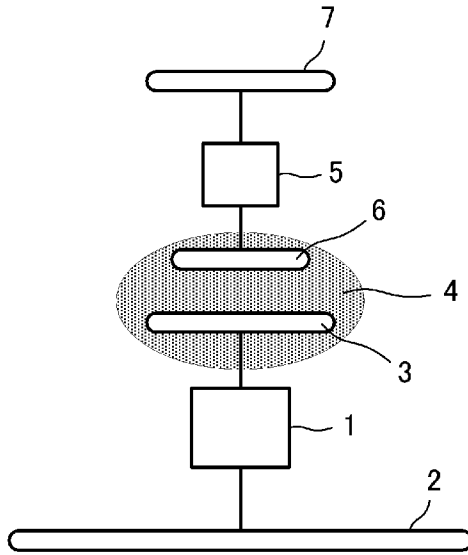
[請求項6] アクティブ電極およびパッシブ電極で構成される送電装置側結合電極およびこの送電装置側結合電極に高周波高電圧を印加する高周波高電圧発生回路を備えた送電装置に対して対をなす受電装置であって、

前記送電装置側結合電極に結合する、アクティブ電極およびパッシブ電極で構成される受電装置側結合電極および前記受電装置側結合電極に接続された受電回路、を有し、

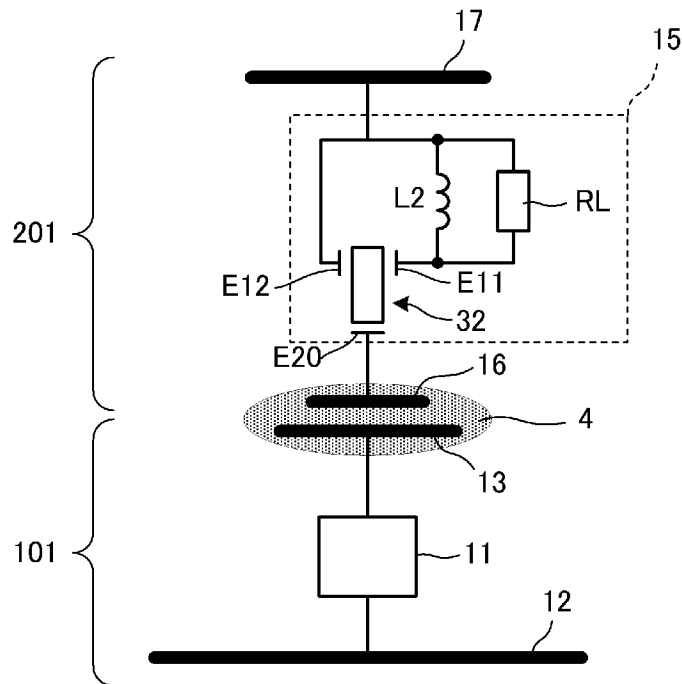
前記受電回路は、前記受電装置側結合電極のアクティブ電極とパッシブ電極との間に直列接続された、インダクタンス成分およびキャパシタンス成分を含む第 1 の共振回路と、前記キャパシタンス成分とこのキャパシタンス成分に対して並列接続されたインダクタンス成分を含む第 2 の共振回路と、この第 2 の共振回路に並列接続された負荷回路とを備え、

前記高周波高電圧発生回路の発生する高周波高電圧の周波数は、第 1 の共振回路と第 2 の共振回路の複合共振による二つの共振周波数の間に設定されたことを特徴とする受電装置。

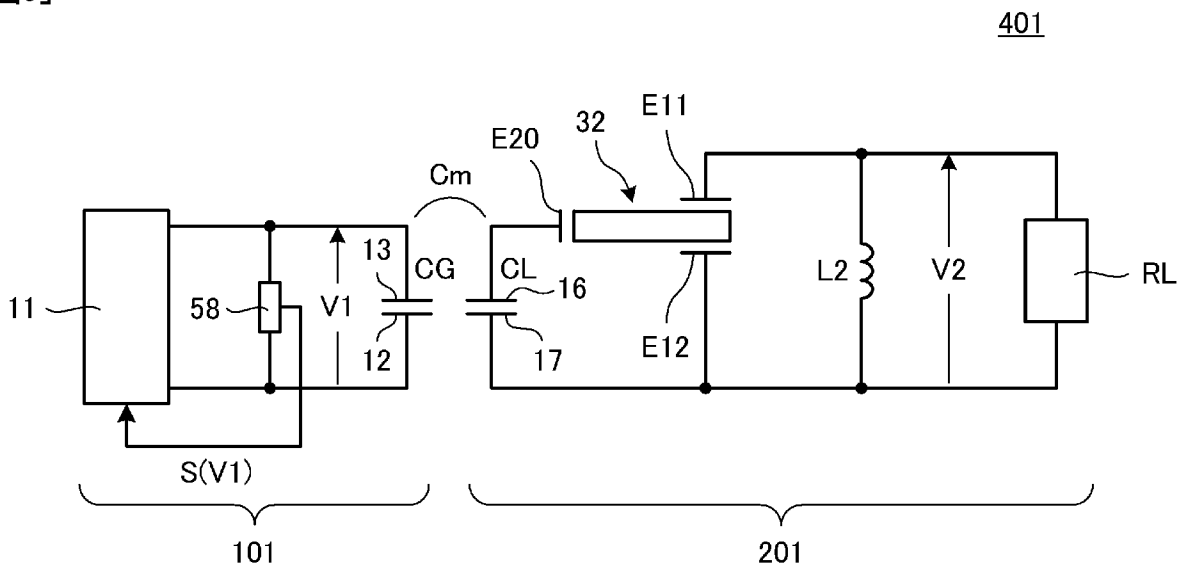
[図1]



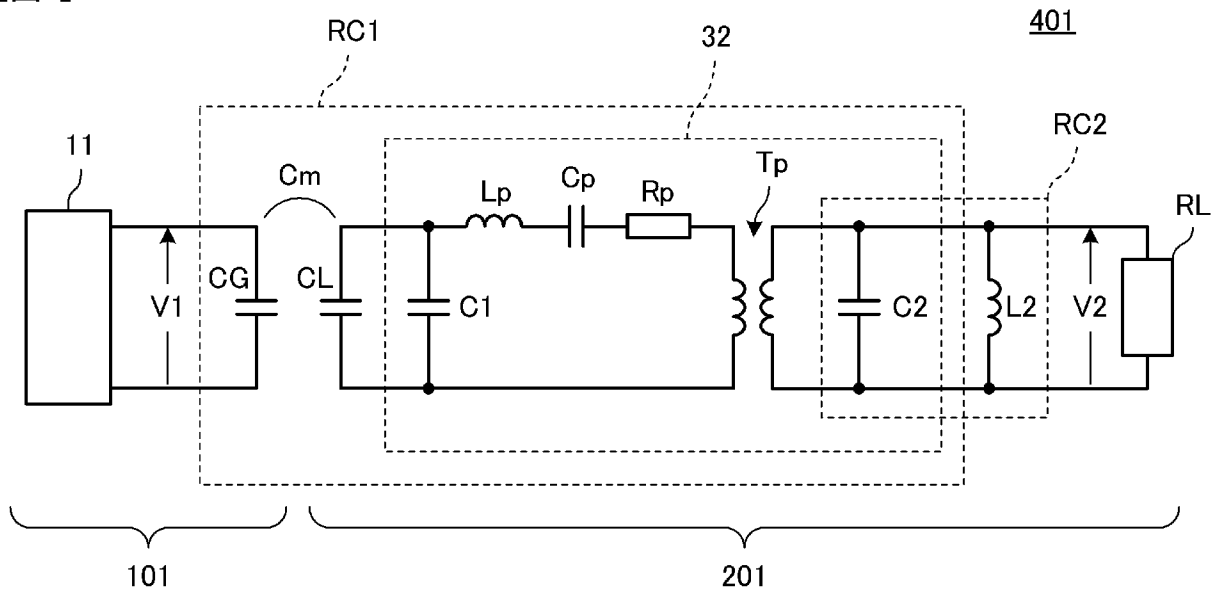
[図2]



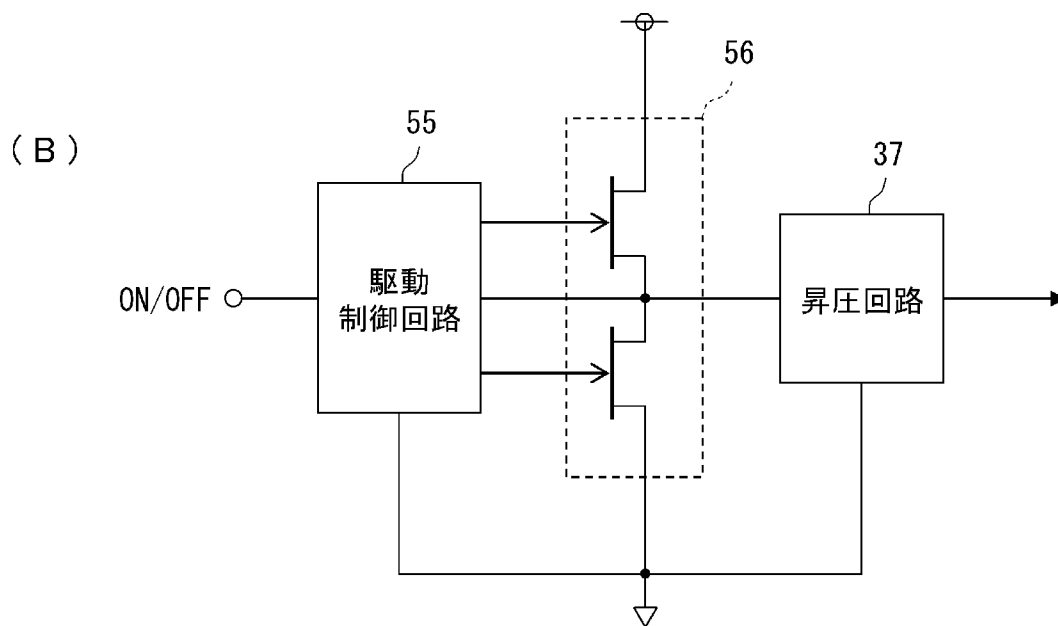
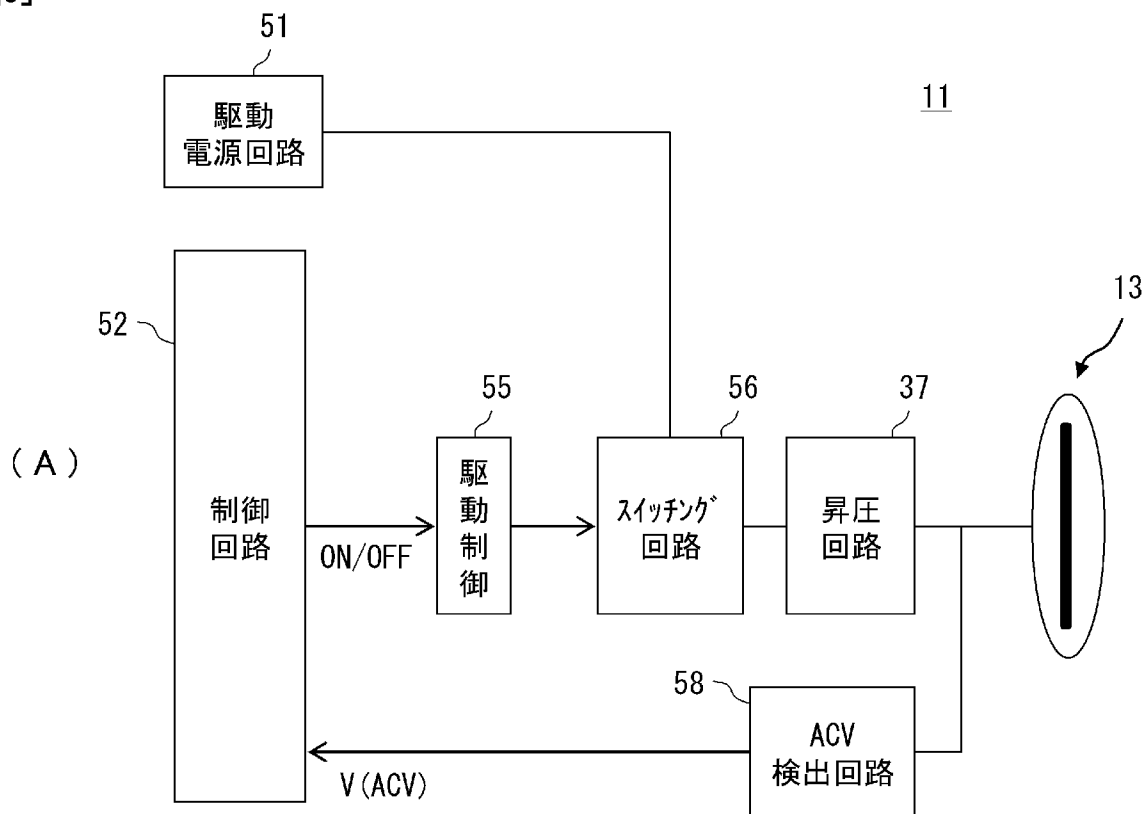
[図3]



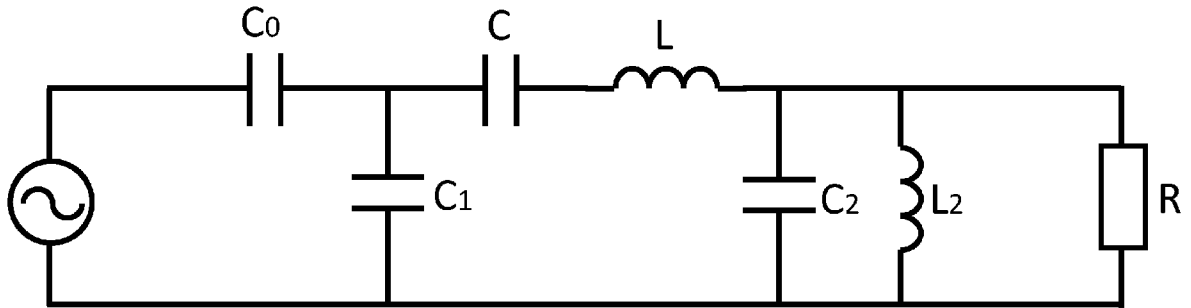
[図4]



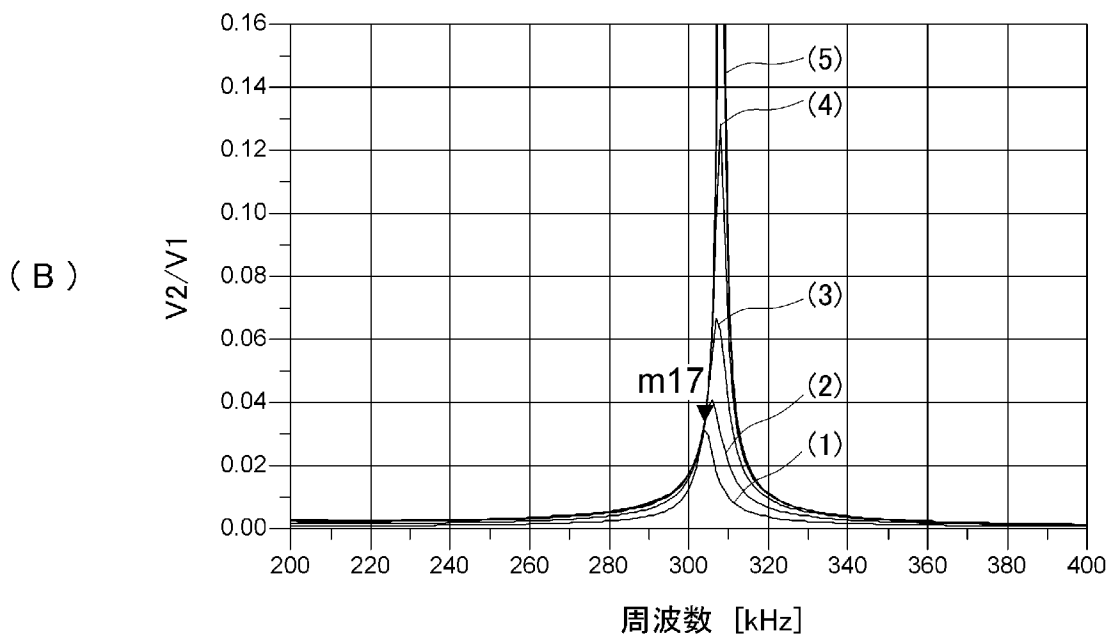
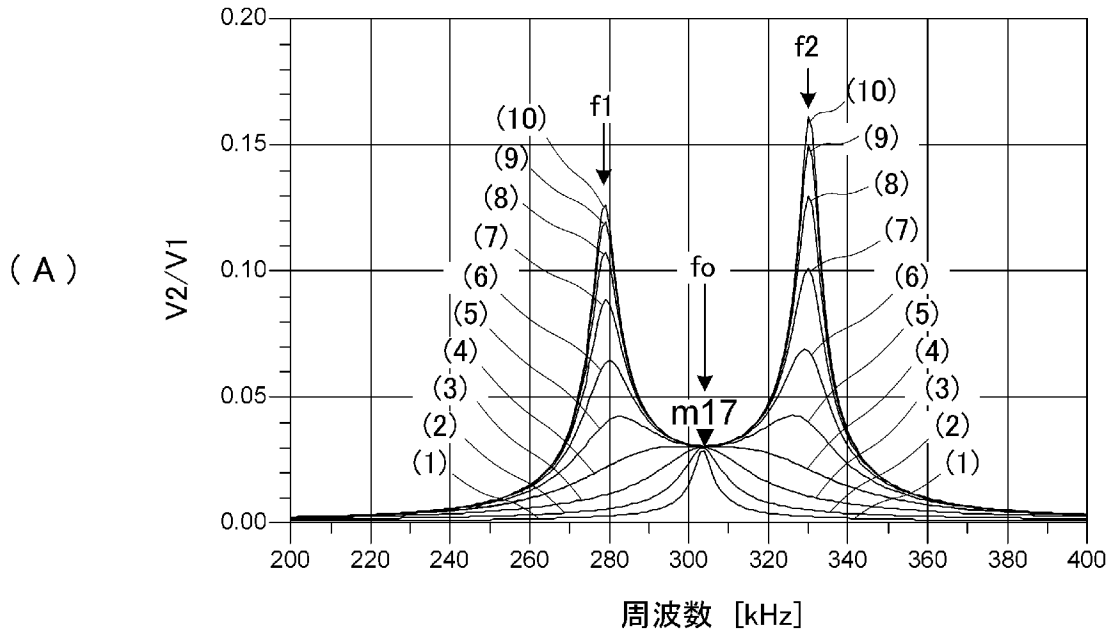
[図5]



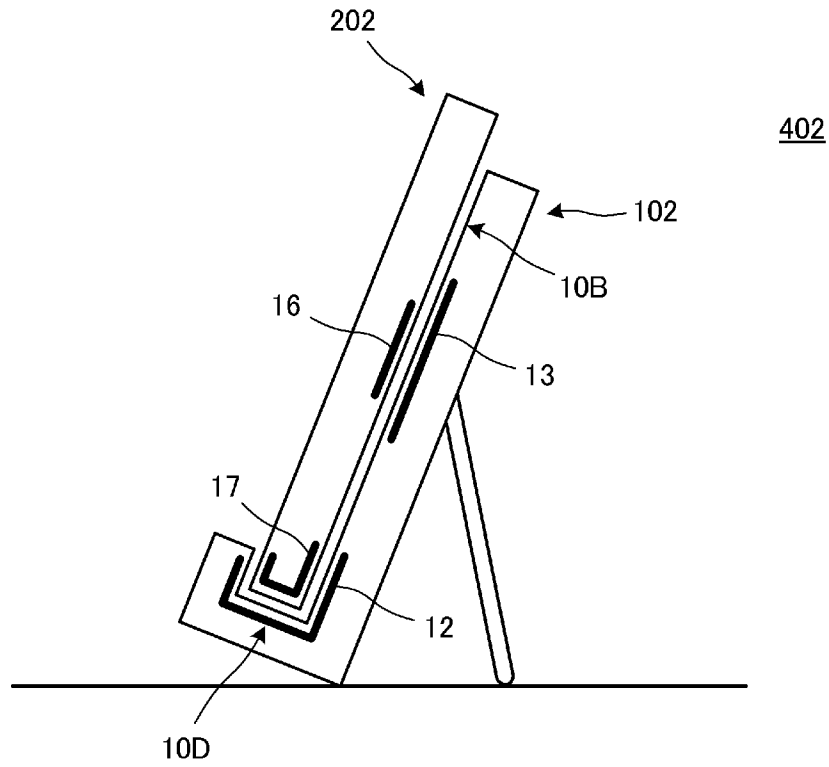
[図6]



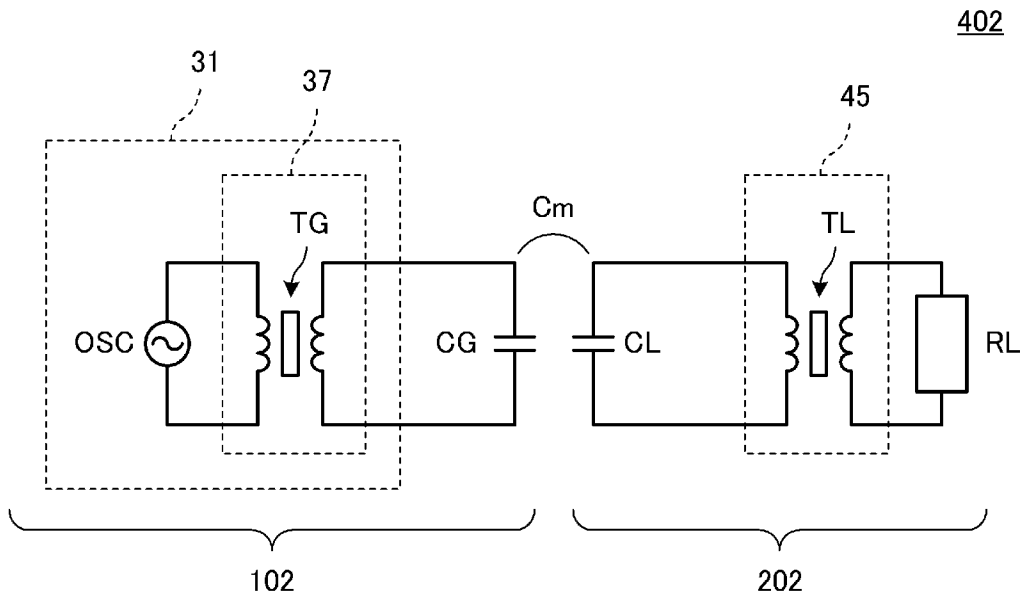
[図7]



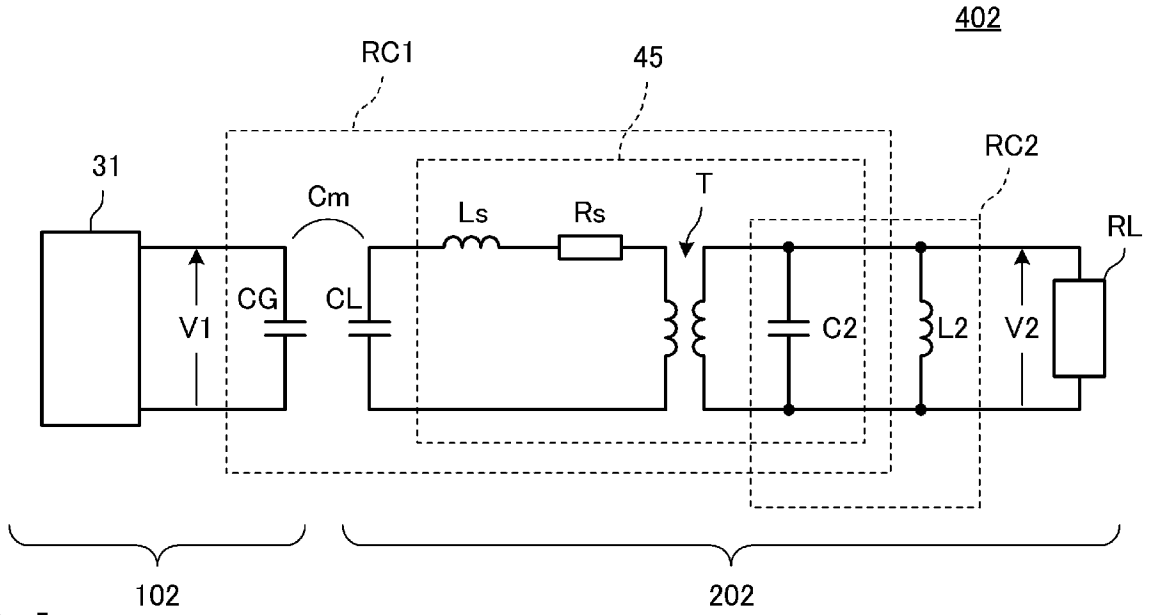
[図8]



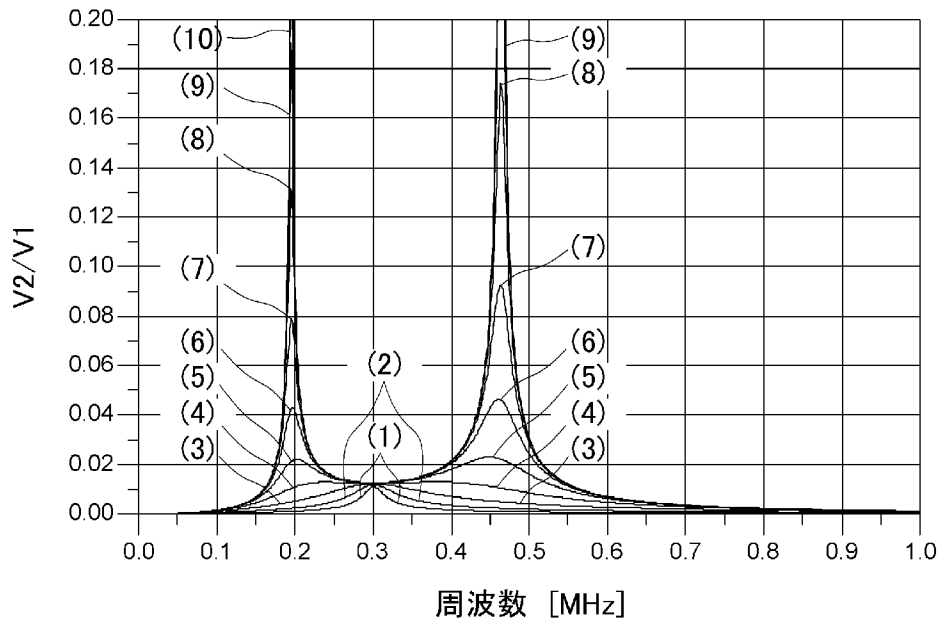
[図9]



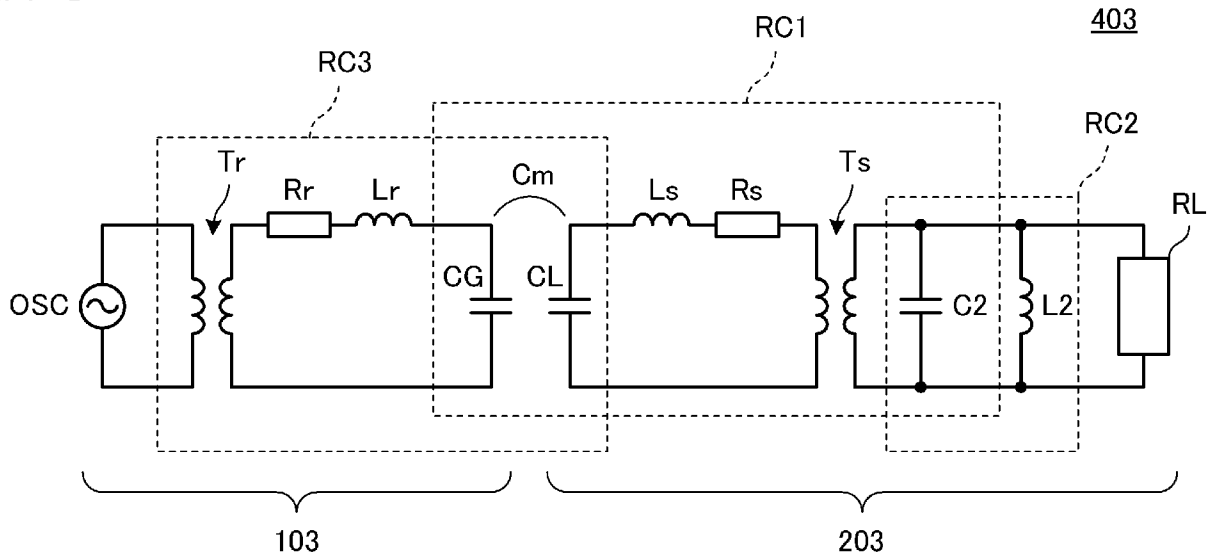
[図10]



[図11]



[図12]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/062902

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 1996-2012 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012		
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.
A	JP 2010-537613 A (TMMS Co., Ltd.), 02 December 2010 (02.12.2010), entire text; fig. 1 to 7 & US 2011/0234019 A1 & EP 2179513 A & WO 2009/024731 A2 & FR 2920061 A & FR 2920061 A1 & CN 101803222 A	1-6
A	JP 2009-296857 A (Sony Corp.), 17 December 2009 (17.12.2009), paragraphs [0049] to [0121]; fig. 6 to 17 & US 2009/0302690 A1	1-6
A	JP 9-312942 A (Hitachi, Ltd.), 02 December 1997 (02.12.1997), paragraphs [0016] to [0021]; fig. 3 to 5 (Family: none)	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 02 August, 2012 (02.08.12)		Date of mailing of the international search report 14 August, 2012 (14.08.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/062902

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 95675/1991 (Laid-open No. 38232/1993) (Tokai Rika Co., Ltd.), 25 May 1993 (25.05.1993), paragraphs [0021] to [0029]; fig. 3, 4 (Family: none)	1-6
A	Tomofumi YAMASHITA, "Novel Power-Saving Type Inverter with Piezo-Electric Transformer for Back Light of Liquid Crystal Panel", [online], Ricoh Technical Report, 2005.12, no.31, pages 59 to 66, [retrieval date: 02 August 2012 (02.08.2012)], Internet <URL:http://www.ricoh.co.jp/about/Co./technology/techreport/31/pdf/A3108.pdf>	1-6

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 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012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
A	JP 2010-537613 A (TMMS株式会社) 2010.12.02, 全文, 第1-7図 & US 2011/0234019 A1 & EP 2179513 A & WO 2009/024731 A2 & FR 2920061 A & FR 2920061 A1 & CN 101803222 A	1-6
A	JP 2009-296857 A (ソニー株式会社) 2009.12.17, 段落【0049】-【0121】, 第6-17図 & US 2009/0302690 A1	1-6
A	JP 9-312942 A (株式会社日立製作所) 1997.12.02, 段落【0016】-【0021】, 第3-5図 (ファミリーなし)	1-6
<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 02.08.2012	国際調査報告の発送日 14.08.2012	
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) 早川 卓哉 電話番号 03-3581-1101 内線 3568	5 T 9295

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	日本国実用新案登録出願 3-95675 号(日本国実用新案登録出願公開 5-38232 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録した CD-ROM (株式会社東海理化電機製作所) 1993.05.25, 段落【0021】－【0029】, 第3, 4図 (ファミリーなし)	1-6
A	山下友文, “圧電トランスを採用した省電力液晶バックライトインバータ”, [online], リコーテクニカルレポート, 2005.12, No.31, 第59-66頁, [検索日: 2012.08.02], インターネット <URL:http://www.ricoh.co.jp/about/company/technology/techreport/31/pdf/A3108.pdf>	1-6