

(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
2018年5月11日(11.05.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/083907 A1

(51) 国際特許分類:
H03H 7/01 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/034127

(22) 国際出願日: 2017年9月21日(21.09.2017)

(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 2016-214639 2016年11月1日(01.11.2016) JP

(71) 出願人: C K D株式会社(CKD CORPORATION)
[JP/JP]; 〒4858551 愛知県小牧市応時二丁目250番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 伊藤 彰浩(ITO, Akihiro); 〒4858551 愛知県小牧市応時二丁目250番地 C K D株式会社内 Aichi (JP). 瀬瀬 雅之(KOUKETSU,

Masayuki); 〒4858551 愛知県小牧市応時二丁目250番地 C K D株式会社内 Aichi (JP). 伊藤 正齋(ITO, Masatoki); 〒4858551 愛知県小牧市応時二丁目250番地 C K D株式会社内 Aichi (JP). 細野 剛史(HOSONO, Takashi); 〒4858551 愛知県小牧市応時二丁目250番地 C K D株式会社内 Aichi (JP).

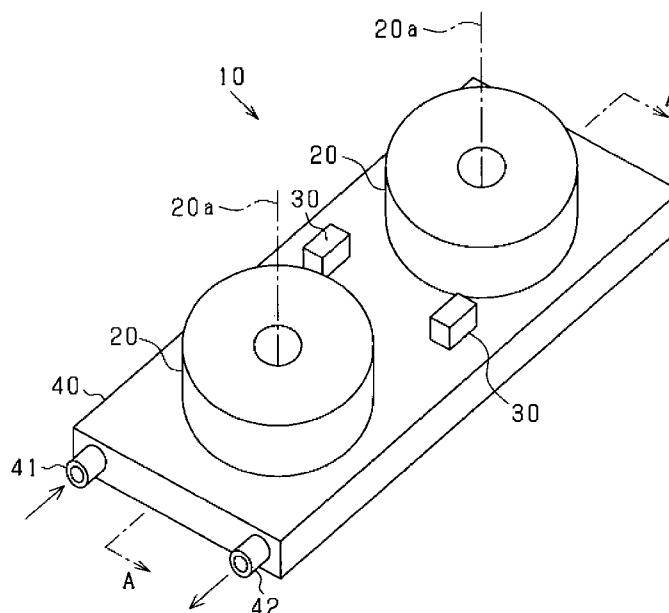
(74) 代理人: 山田 強 (YAMADA, Tsuyoshi); 〒4500002 愛知県名古屋市市中村区名駅三丁目13番24号 第一はせ川ビル6階 Aichi (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: LOW PASS FILTER

(54) 発明の名称: ローパスフィルタ

[図1]



(57) **Abstract:** A low pass filter, provided with: a coil 20 for which a band shaped conductor 22 is wound a plurality of times around a prescribed axis line 20a; a capacitor 30 for which one terminal is connected to the conductor 22, and the other terminal is connected to a ground contact part 33; and a cooling member abutting the end surface side of the prescribed axis line 20a direction of the coil 20.

[続葉有]



WO 2018/083907 A1

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：ローパスフィルタであって、帯状の導体 22 が所定軸線 20 a 周りに複数回巻かれたコイル 20 と、一方の端子が導体 22 に接続されており、他方の端子が接地部位 33 に接続されるコンデンサ 30 と、コイル 20 の所定軸線 20 a 方向の端面側に当接している冷却部材と、を備える。

明 細 書

発明の名称：ローパスフィルタ

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2016年11月1日に出願された日本出願番号2016-214639号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、高周波のノイズを除去するローパスフィルタに関する。

背景技術

[0003] 従来、電気回路中に生じた高周波ノイズを除去すべく、回路中にローパスフィルタを設けることが広く一般的に行われている。

[0004] このようなローパスフィルタが設けられる機器として、例えば、特許文献1に記載されたプラズマ発生装置がある。特許文献1に記載のプラズマ発生装置では、装置の内部に設けられた電熱機器が高周波ノイズを受信するため、その機器から電源等への高周波ノイズの侵入を抑制すべく、機器と電源との間にローパスフィルタを設けて高周波ノイズを除去している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2010-10214号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ローパスフィルタは、除去すべき周波数である除去対象周波数に対して、十分に大きなインピーダンスを有することが必要となる。このインピーダンスがピーク値をとる周波数は、コイルのインダクタンスが大きくなるほど低周波数側へと遷移し、コイルのインダクタンスが小さくなるほど高い周波数側へと遷移する。すなわち、除去対象周波数が小さいほどコイルのインダクタンスを大きくする必要がある。コイルのインダクタンスを大きくするには、コイルの巻数を多くしたり、銅損を少なくすべくコイルの断面積を大きく

したりする必要があるため、ローパスフィルタ全体の大型化が問題となる。
また、コイルを大きくするほど、そのコイルに生じた熱の除去が必要になる。
。

[0007] 本開示は、上記課題を解決するためになされたものであり、その主たる目的は、銅損が少なく、且つ、小型化が可能なローパスフィルタを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 第1の構成は、ローパスフィルタであって、帯状の導体が所定軸線周りに複数回巻かれたコイルと、一方の端子が前記導体に接続されており、他方の端子が接地部位に接続されるコンデンサと、前記コイルの前記所定軸線方向の端面側に当接している冷却部材と、を備える。

[0009] 上記構成では、コイルとして帯状の導体を所定軸線周りに巻いたものを用いているため、所定軸線方向では、導体どうしの間に絶縁部材などが設けられていない。そして、コイルを構成する導体に生じた熱を所定軸線方向の端部まで伝達して、所定軸線方向の端面側に設けられた冷却部材により、効率よく除熱することができる。加えて、導体どうしの絶縁は、コイルの径方向の絶縁のみでよいいため、コイル全体の体積に対する導体の体積の割合を示す占積率が大きくなる。したがって、単位体積当たりのコイルの抵抗値が下がり、より小さな体積で規定の電流を流すことができるため、コイル全体の体積をより小さくすることができる。

[0010] その結果、抜熱性が良好であり、且つ、小型化が可能なローパスフィルタを提供することができる。

[0011] 第2の構成では、第1の構成に加えて、前記コイルは、前記導体、絶縁部材、接着部材の順に積層された積層体が前記所定軸線周りに複数回巻かれている。

[0012] 導体同士を絶縁する構造が予め定められている一般的なコイルでは、導体の線径や巻数を変えることでしか、コイルのインダクタンスとインピーダンス特性を変化させることができない。この点、上記構成では、絶縁部材の厚

みによりコイルのインピーダンス特性を変化させることができるため、除去対象周波数に応じて適切なインピーダンスのコイルを提供することができる。ひいては、除去対象周波数におけるコイルのインピーダンスを高くすることが可能となる。

[0013] 第3の構成では、第2の構成に加えて、前記コイルのインピーダンスと周波数との関係を示す周波数特性が、前記コイルの巻数、前記導体の幅、及び前記絶縁部材の厚みにより調整されている。

[0014] 上記構成では、コイルの大きさを決定する複数の要因を調節することでインピーダンスの周波数特性を設定しているため、除去対象周波数に対して適切な大きさのコイルを提供することができる。特に、コイルの巻数や導体の幅等に制約があったとしても、絶縁部材の厚みの調節によりインピーダンスの周波数特性を設定することができるため、除去対象周波数に応じて適切なインピーダンスのコイルを提供することができる。

[0015] 第4の構成では、第1～第3のいずれか構成に加えて、除去対象のノイズの周波数が除去対象周波数として予め定められており、前記コイルのインピーダンスが最大となる周波数が前記除去対象周波数から所定周波数ずれている。

[0016] コイルのインピーダンスの周波数特性は、実際には個体差が生ずるものであるため、コイルのインピーダンスが最大となる周波数が除去対象周波数に一致するように設計したとしても、実際には、コイルのインピーダンスが除去対象周波数において最大値とならない場合がある。この点、上記構成では、コイルのインピーダンスが最大となる周波数を除去対象周波数からずれるように設定しているため、コイルのインピーダンスの周波数特性に個体差が生じていたとしても、周波数特性の傾向に変化が生じにくい。したがって、コイルのインピーダンスの周波数特性に個体差が生じたとしても、ローパスフィルタ全体の、ノイズ除去性能を担保することができる。

[0017] 第5の構成では、第4の構成に加えて、前記コイルのインピーダンスが最大となる周波数は、前記除去対象周波数よりも前記所定周波数大きい。

- [0018] コイルのインピーダンスが最大となる周波数を除去対象周波数よりも小さくするには、コイルの内径を大きくしたり、コイルの巻数を増やしたりする必要があるため、コイルがより大型化する。この点、上記構成では、コイルのインピーダンスが最大となる周波数を除去対象周波数よりも大きくしているため、コイルの大型化を抑制することができる。
- [0019] 第6の構成では、第4の構成に加えて、前記コイルのインピーダンスが最大となる周波数は、前記除去対象周波数よりも前記所定周波数小さい。
- [0020] コイルのインピーダンスが最大となる周波数を除去対象周波数よりも大きくするには、コイルの絶縁部材の厚みをより厚くする必要があるため、コイルがより大型化する。この点、上記構成では、コイルのインピーダンスが最大となる周波数を除去対象周波数よりも小さくしているため、コイルの大型化を抑制することができる。
- [0021] 第7の構成では、第4～第6のいずれかの構成に加えて、前記除去対象周波数は、100kHz～20MHzである。
- [0022] 上記構成では、ノイズの除去を行ううえでより大きなインダクタンスが必要となる周波数を除去対象周波数としているため、冷却効率にすぐれ、且つ小型化が可能なローパスフィルタをより好適に用いることができる。
- [0023] 第8の構成では、第1～第7のいずれかの構成に加えて、前記コンデンサを複数備え、複数の前記コンデンサが並列接続されている。
- [0024] 上記構成では、コンデンサ単体でのインピーダンスの最小値及びその最小値をとる周波数を維持しつつ、コンデンサ全体のインピーダンスをより小さくすることができる。したがって、よりノイズ除去性能にすぐれたローパスフィルタを提供することができる。
- [0025] 第9の構成では、第1～第8のいずれかの構成に加えて、前記コイルは、前記所定軸線方向の端面に、表面が平坦なセラミック層を有し、前記セラミック層の前記表面が前記冷却部材に接触している。
- [0026] コイルを所定軸線周りに複数回巻く場合、所定軸線方向の端面では、導体同士の間へこみが形成されたり、一部の導体が突出したりする。このため

、コイルの軸線方向端面に冷却板を当てた場合に、コイルから冷却板への熱伝達性が低下することとなる。この点、上記構成では、コイルが所定軸線方向の端面に表面が平坦なセラミック層を有するものとしているため、そのセラミック層の平坦な面と冷却部材との密着性が増す。したがって、冷却部材による放熱効率を向上させることができる。

[0027] 第10の構成では、第1～9のいずれかの構成に加えて、前記冷却部材は、内部に流路が設けられている。

[0028] 上記構成では、冷却部材に形成された流路に水や空気等の冷媒を流すことができるため、より冷却効果を向上させることができる。

[0029] 第11の構成では、第1～10のいずれかの構成に加えて、ひとつの前記冷却部材に複数の前記コイルが当接している。

[0030] 高周波ノイズを受信しやすい機器を複数設ける場合、近傍に位置する機器に対して設けられたコイルをひとつの冷却部材に纏めて当接させることができるため、ローパスフィルタ全体の形状の小型化が可能となる。また、高周波ノイズを受信しやすい機器と、電源や制御回路等とを接続する場合、機器の正極側及び負極側のそれぞれの回路中にコイル及びコンデンサの組を設ける必要がある。この点、上記構成では、機器の正極側に設けられるコイルと負極側に設けられるコイルとを共通の冷却部材に当接させることができ、ローパスフィルタ全体の形状の小型化が可能となる。

[0031] 第12の構成では、第11の構成に加えて、前記冷却部材の形状は板状であり、その表裏のそれぞれに少なくともひとつの前記コイルが当接している。

[0032] 上記構成では、冷却部材の両面にコイルを当接させるものとしているため、ローパスフィルタ全体の大きさをより小型化することができる。また、高周波ノイズを受信しやすい機器と、電源や制御回路等とを接続する場合、機器の正極側及び負極側のそれぞれの回路中にコイル及びコンデンサの組を設ける必要がある。この点、上記構成では、一方のコイルを冷却部材の第1側に当接させ、他方のコイルを冷却部材の第2側に当接させることができる。

[0033] 第 1 3 の構成では、第 1 ～ 1 2 のいずれかの構成に加えて、前記コイルは、前記帯状の導体が積層するように複数回巻かれて筒状に形成されている。

図面の簡単な説明

[0034] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。

[図1]ローパスフィルタの外観を示す図。

[図2]図 1 の A - A 断面図。

[図3]図 2 の領域 B の拡大図。

[図4]コイルとコンデンサとの電氣的な接続状態を示す図。

[図5]ローパスフィルタの回路図。

[図6]コイル及びコンデンサのインピーダンスの周波数特性を示す図。

[図7]コイルの巻数を変化させた場合の、インピーダンスの周波数特性を示す図。

[図8]コイルの巻数を変化させた場合の、ローパスフィルタのゲインを示す図。

[図9]コイルの内径を変化させた場合の、インピーダンスの周波数特性を示す図。

[図10]コイルの層間を変化させた場合の、インピーダンスの周波数特性を示す図。

[図11]コンデンサを複数設ける場合の、インピーダンスの周波数特性を示す図。

発明を実施するための形態

[0035] <第 1 実施形態>

まず、図 1 及び図 2 を参照してローパスフィルタ 1 0 の構造について説明する。ローパスフィルタ 1 0 は、帯状の導体を含む積層体 2 1 が所定軸線 2 0 a 周りに積層するように複数回巻かれたコイル 2 0 と、このコイル 2 0 に接続されるコンデンサ 3 0 と、を備えている。コイル 2 0 は、隣り合う積層体 2 1 が互いに密着するように積層されて形成されており、その中心に孔が

設けられた円筒状になっている。なお、コイル 20 の形状は、円筒状には限らず、角筒状等の筒状であってもよい。

[0036] これらコイル 20 及びコンデンサ 30 は、板状の冷却部材 40 に取り付けられている。具体的には、冷却部材 40 の表裏のそれぞれにおいて、2つのコイル 20 が冷却部材 40 の長手方向に間隔を開けて設けられており、コイル 20 の所定軸線 20a 方向の端面側が冷却部材 40 に当接している。また、冷却部材 40 の表裏のそれぞれにおいて、2つのコンデンサ 30 が、コイル 20 の間で幅方向に間隔を開けて設けられている。

[0037] 冷却部材 40 は、例えば酸化アルミニウム（アルミナ）で形成されており、その内部に液体又は気体である冷媒を流通可能な流路が形成されている。冷却部材 40 の長手方向の側面には、冷媒の入口である流路入口 41、及び、冷媒の出口である流路出口 42 が設けられている。なお本実施形態では、冷媒として水を用いるものとしている。

[0038] 図 3 の拡大断面図に示すように、積層体 21 は、帯状（細長いフィルム状）の導体 22、帯状の絶縁部材 23 及び帯状の接着部材 24 を含んで構成されており、導体 22、絶縁部材 23、接着部材 24 の順に積層されている。導体 22 は銅で形成されている。絶縁部材 23 は例えばポリイミドで形成されている。接着部材 24 は例えばシリコン系接着剤で形成されている。

[0039] このようにコイル 20 を形成するうえで、コイル 20 の所定軸線 20a 方向の端面には、一部の導体 22 や絶縁部材 23 が突出して、導体 22 どうしの間に凹みが生ずる。そこで、図 3 の拡大断面図に示すように、コイル 20 の軸線方向の端面には、導体 22 どうしの間の凹みを埋めるように、アルミナの溶射によりセラミック層 25 が形成されている。これにより、コイル 20 の軸線方向端面は、セラミック層 25 により覆われている。アルミナは絶縁体であるため、導体 22 にアルミナを溶射したとしても、導体 22 どうしが短絡することを防ぐことができる。セラミック層 25 の所定軸線方向の表面は、研削により平坦化されており、所定の平滑度に仕上げられている。

[0040] このセラミック層 25 の所定軸線方向の表面と冷却部材 40 とは、熱伝導

性を有する接着部材 26 で接着されている。この接着部材 26 は、例えばシリコン系接着剤であり、冷却部材 40 とは線膨張係数が概ね等しくされている。

[0041] 続いて、ローパスフィルタ 10 におけるコイル 20 とコンデンサ 30 との電気的な接続について、図 4 及び図 5 を参照して説明する。なお、図 4 では、電気機器 60 及び直流電源 50 の負極側に設けられるローパスフィルタ 10 については図示を省略している。コイル 20 を構成する導体 22 の長手方向の端部の両端のそれぞれには、第 1 端子 27、第 2 端子 28 が設けられている。上述した通り、コイル 20 は導体 22 を所定軸線 20a 周りに巻いたものであるため、第 1 端子 27 はコイル 20 の最外周に設けられることとなり、第 2 端子 28 はコイル 20 の最内周に設けられることとなる。また、コンデンサ 30 には、第 1 端子 31 及び第 2 端子 32 が設けられている。

[0042] コイル 20 の第 1 端子 27 には、コンデンサ 30 の第 1 端子 31 及び直流電源 50 が接続されている。コイル 20 の第 2 端子 28 には、電気機器 60 が接続されている。また、コンデンサ 30 の第 2 端子 32 は、接地部位 33 に接続されている。このようにローパスフィルタ 10 と直流電源 50 及び電気機器 60 とが接続されているため、電気機器 60 において生じた電気ノイズ、又は電気機器 60 が受信した電気ノイズを、ローパスフィルタ 10 により除去することができる。

[0043] なお、図 5 で示したように、ローパスフィルタ 10 では、直流電源 50 の正極側及び負極側のそれぞれにコイル 20 とコンデンサ 30 の対を設けるものとしている。したがって、図 1 ～図 3 で示したローパスフィルタ 10 の構成において、冷却部材 40 の一方の面に直流電源 50 の正極側に設けられるコイル 20 及びコンデンサ 30 を設けるものとし、他方の面に直流電源の負極側に設けられるコイル 20 及びコンデンサ 30 を設けるものとすればよい。また、冷却部材 40 の一方の面に、直流電源 50 の正極側及び負極側に設けられるコイル 20 及びコンデンサ 30 を設けるものとしてもよい。

[0044] 以上のように構成されるローパスフィルタ 10 では、除去すべき周波数で

ある除去対象周波数のノイズの利得（G a i n）を大きくすべく、コイル 20 のインピーダンス特性、及びコンデンサ 30 のインピーダンス特性を設定する必要がある。

[0045] ローパスフィルタ 10 に入力される電圧を V_{in} 、ローパスフィルタ 10 から出力される電圧を V_{out} 、コイル 20 のインピーダンスを Z_L 、コンデンサ 30 のインピーダンスを Z_C とすれば、次式（1）が成立する。

[0046] [数1]

$$V_{out} = \frac{Z_C}{Z_L + Z_C} \cdot V_{in} \dots (1)$$

すなわち、コイル 20 のインピーダンスである Z_L が大きくなるほど、出力される電圧である V_{out} は小さくなるし、コンデンサ 30 のインピーダンスが小さくなるほど、出力される電圧である V_{out} は小さくなる。

[0047] コイル 20 のインピーダンスと周波数との関係を示す周波数特性と、コンデンサ 30 の周波数特性について、図 6 を参照して説明する。コンデンサ 30 のインピーダンスの周波数特性は、周波数が大きくなるほどインピーダンスが小さくなり、ある周波数でインピーダンスの最小値をとった後、周波数が大きくなるほど、インピーダンスが大きくなる。

[0048] 一方、コイル 20 のインピーダンスの周波数特性は、周波数が大きくなるほどインピーダンスが大きくなり、ある周波数でインピーダンスの最大値をとった後、周波数が大きくなるほど、インピーダンスが小さくなる。

[0049] 上述した通り、除去対象周波数のノイズを十分に減衰させるには、コイル 20 のインピーダンスをより大きくし、コンデンサ 30 のインピーダンスをより小さくする必要がある。すなわち、除去対象周波数の近傍でコイル 20 のインピーダンスが最大値をとるようにし、除去対象周波数近傍で、コンデンサ 30 のインピーダンスが最小値をとるようにすれば、除去対象周波数を好適に除去することができる。例えば、図 6 に示すように、除去対象周波数を 13.6 MHz とすれば、コンデンサ 30 のインピーダンスが最小値とな

る周波数を除去対象周波数よりも高い周波数に設定し、コイル 20 のインピーダンスが最大値となる周波数を除去対象周波数よりも低い周波数に設定することにより、除去対象周波数のノイズを好適に除去することができる。

[0050] ところで、本実施形態では、コンデンサ 30 としては、インピーダンスの周波数特性が予め定められたものとしている。そこで、本実施形態に係るローパスフィルタ 10 では、コイル 20 のインピーダンスが最大値をとる周波数を除去対象周波数に近づけるべく、コイル 20 を設計する。具体的には、図 6 で示すように、コンデンサ 30 のインピーダンスが最小値をとる周波数が、除去対象周波数よりも第 1 所定値だけ大きいものであるならば、コイル 20 のインピーダンスが最大値をとる周波数を除去対象周波数よりも第 2 所定値だけ小さい周波数となるように、コイル 20 を設計する。

[0051] 図 7 は、コイル 20 のインピーダンスの周波数特性と、コイル 20 の巻数との関係を示している。図 7 では、コイル 20 の巻数が a (T)、 b (T)、 c (T) (ただし、 $a > b > c$) である場合の周波数特性を示している。図 7 に示されるとおり、巻数が多くなるほどインピーダンスが最大値をとる周波数が低周波数側へとシフトし、巻数が少なくなるほどインピーダンスが最大値をとる周波数が高周波数側へとシフトする。すなわち、除去対象周波数が小さくなるほど、巻数を多くする必要が生ずる。

[0052] 図 8 は、コンデンサ 30 の静電容量を一定とし、コイル 20 の巻数を変化させた場合の、ローパスフィルタ 10 の利得 (Gain) を示している。図 8 では、ローパスフィルタ 10 で十分なノイズの除去が可能な利得を閾値 G_{th} として定めている。

[0053] 図 8 に示すように、除去対象周波数が 13.5 MHz であれば、巻数が b (T) である場合、及び巻数が c (T) である場合には、利得が閾値 G_{th} よりも小さくなり、巻数が a (T) であれば、利得が閾値 G_{th} よりも大きくなる。一方、除去対象周波数が 6 MHz であれば、巻数が a (T) である場合には、利得が閾値 G_{th} よりも小さくなるが、巻数が b (T) である場合、及び巻数が c (T) である場合には、利得が閾値 G_{th} よりも大きくな

る。

[0054] このように、除去対象周波数における利得を閾値 G_{th} よりも小さくするうえで、コイル 20 の巻数を変化させる代わりに、コイル 20 の内径を変化させてもよい。

[0055] 図 9 は、コイル 20 のインピーダンスの周波数特性と、コイル 20 の内径との関係を示している。図 9 では、コイル 20 の内径が d (mm)、 e (mm) (ただし、 $d > e$) である場合の周波数特性を示している。図 9 に示されるとおり、内径が大きくなるほどインピーダンスが最大値をとる周波数が低周波数側へとシフトし、内径が小さくなるほどインピーダンスが最大値をとる周波数が高周波数側へとシフトする。すなわち、除去対象周波数が小さくなるほど、内径を大きくする必要がある。

[0056] 以上のように、コイル 20 のインピーダンスの周波数特性は、コイル 20 の巻数、及びコイル 20 の内径を変化させることにより、コイル 20 のインピーダンスが最大値をとる周波数を除去対象周波数に近づけることができる。

[0057] ところが、除去対象周波数が小さくなるほど、コイル 20 の巻数をより大きくする必要があるし、コイル 20 の内径をより大きくする必要がある。この場合には、コイル 20 を構成する導体 22 がより長くなり、これにより、コイル 20 の抵抗値が上昇する。すなわち、コイル 20 の銅損が増加する。そこで、本実施形態では、コイル 20 の巻数及び内径に加えて、絶縁部材 23 の厚みを変化させることにより、インピーダンスの周波数特性を変化させる。

[0058] コイル 20 のインピーダンスの周波数特性と導体 22 の層間との関係について、図 10 を参照して説明する。上述した通り、導体 22 の層間には絶縁部材 23 及び接着部材 24 が設けられているため、この層間を変化させるには、絶縁部材 23 の厚みを変化させればよい。図 10 では、層間が f (μm)、 g (μm)、 h (μm) (ただし、 $f < g < h$) である場合の周波数特性を示している。図 10 に示されるとおり、層間が大きくなるほどインピー

ダンスが最大値をとる周波数が高周波数側へとシフトし、層間が小さくなるほどインピーダンスが最大値をとる周波数が低周波数側へとシフトする。すなわち、絶縁部材 23 を厚くすることで、インピーダンスが最大値をとる周波数が高周波数側へとシフトさせることができ、絶縁部材 23 を薄くすることで、インピーダンスが最大値をとる周波数が低周波数側へとシフトさせることができる。

[0059] 上記構成により、本実施形態に係るローパスフィルタ 10 は以下の効果を奏する。

[0060] ・コイル 20 として帯状の導体 22 を所定軸線周りに巻いたものを用いているため、所定軸線方向では、導体 22 どうしの間に絶縁部材 23 などが設けられていない。そして、コイル 20 を構成する導体 22 に生じた熱を所定軸線方向の端部まで伝達して、所定軸線方向の端面側に設けられた冷却部材 40 により、効率よく除熱することができる。加えて、導体 22 どうしの絶縁は、コイル 20 の径方向の絶縁のみでよいから、コイル 20 全体の体積に対する導体 22 の体積の割合を示す占積率が大きくなる。したがって、単位体積当たりのコイル 20 の抵抗値が下がり、より小さな体積で規定の電流を流すことができるため、コイル 20 全体の体積をより小さくすることができる。その結果、抜熱性が良好であり、且つ、小型化が可能なローパスフィルタ 10 を提供することができる。

[0061] ・導体 22 どうしを絶縁する構造が予め定められている一般的なコイル 20 では、導体 22 の線径や巻数を変えることでしか、コイル 20 のインダクタンスとインピーダンス特性を変化させることができない。この点、本実施形態では、絶縁部材 23 の厚みによりコイル 20 のインピーダンス特性を変化させることができるため、除去対象周波数に応じて適切なインピーダンスのコイル 20 を提供することができる。ひいては、除去対象周波数におけるコイル 20 のインピーダンスを高くすることが可能となる。

[0062] ・除去対象周波数が小さくなるほど、コイル 20 の巻数を多くしたり、コイル 20 の内径を大きくしたりする必要が生じ、これにより銅損が大きくな

る。この点、本実施形態では、コイル 20 の巻数及びコイル 20 の内径の調整に加えて、導体間に設けられる絶縁部材 23 の厚みも調節することで、インピーダンスの最大値を除去対象周波数に近づけている。これにより、コイル 20 の銅損を抑制しつつ、インピーダンスの最大値を除去対象周波数に近づけることができる。

[0063] ・コイル 20 のインピーダンスの周波数特性は、実際には個体差が生ずるものであるため、コイル 20 のインピーダンスが最大となる周波数が除去対象周波数に一致するように設計したとしても、実際には、コイル 20 のインピーダンスが除去対象周波数において最大値とならない場合がある。この点、本実施形態は、コイル 20 のインピーダンスが最大となる周波数を除去対象周波数からずれるように設定しているため、コイル 20 のインピーダンスの周波数特性に個体差が生じていたとしても、周波数特性の傾向に変化が生じにくい。したがって、コイル 20 のインピーダンスの周波数特性に個体差が生じたとしても、ローパスフィルタ 10 全体の、ノイズ除去性能を担保することができる。

[0064] ・コイル 20 の大きさを決定する複数の要因を調節することでインピーダンスの周波数特性を設定しているため、除去対象周波数に対して適切な大きさのコイル 20 を提供することができる。特に、コイル 20 の巻数や内径等に制約があったとしても、絶縁部材 23 の厚みの調節によりインピーダンスの周波数特性を設定することができるため、除去対象周波数に応じて適切なインピーダンスのコイル 20 を提供することができる。

[0065] ・コイル 20 を所定軸線周りに複数回巻く場合、所定軸線方向の端面では、導体 22 どうしの間にへこみが形成されたり、一部の導体 22 が突出したりする。このため、コイル 20 の軸線方向端面に冷却板を当てた場合に、コイル 20 から冷却板への熱伝達性が低下することとなる。この点、本実施形態では、コイル 20 が所定軸線方向の端面に表面が平坦なセラミック層 25 を有するものとしているため、そのセラミック層 25 の平坦な面と冷却部材 40 との密着性が増す。したがって、冷却部材 40 による放熱効率を向上さ

せることができる。

[0066] ・冷却部材40に形成された流路に水を流す構造としているため、より冷却効果を向上させることができる。

[0067] ・高周波ノイズを受信しやすい電気機器60と、直流電源50とを接続する場合、機器の正極側及び負極側のそれぞれの回路中にコイル及びコンデンサ30の組を設ける必要がある。この点、本実施形態では、機器の正極側に設けられるコイル20と負極側に設けられるコイル20とを共通の冷却部材40に当接させているため、ローパスフィルタ10全体の形状の小型化が可能となる。

[0068] <第2実施形態>

第1実施形態では、ひとつのコイル20に対してひとつのコンデンサ30を接続するものとした。この点、本実施形態では、ひとつのコイル20に対して複数、具体的には2つのコンデンサ30を接続している。

[0069] コンデンサ30のインピーダンスの周波数特性について、図11を参照して説明する。図11は、静電容量が α pFであるコンデンサ30をひとつ用いる場合、静電容量が α pFであるコンデンサ30を2つ並列接続する場合、静電容量が β pFであるコンデンサ30をひとつ用いる場合、及び、静電容量が β pFであるコンデンサ30を2つ並列接続する場合を示している。なお、 β は α のおよそ2倍の数である。

[0070] 図11に示すように、静電容量が α pFであるコンデンサ30をひとつ用いる場合と、静電容量が α pFであるコンデンサ30を2つ並列接続する場合とは、インピーダンスが最小値をとる周波数は概ね等しくなる。一方で、静電容量が α pFであるコンデンサ30を2つ並列接続する場合のインピーダンスは、静電容量が β pFであるコンデンサ30をひとつ用いる場合のインピーダンスと概ね等しくなる。すなわち、静電容量が α pFであるコンデンサ30をひとつ用いる場合よりも、インピーダンスが小さくなる。

[0071] したがって、コンデンサ30を複数並列に接続して用いることで、コンデンサ30単体でのインピーダンスが最小値をとる周波数を維持しつつ、コン

デンサ30全体のインピーダンスをより小さくすることができ、よりノイズ除去性能にすぐれたローパスフィルタ10を提供することができる。

[0072] <変形例>

・第1実施形態では、コンデンサ30のインピーダンスが最小値をとる周波数を、除去対象周波数よりも大きくしたが、コンデンサ30のインピーダンスが最小値をとる周波数を、除去対象周波数よりも小さくしてもよい。この場合には、コイル20のインピーダンスが最大値をとる周波数を、除去対象周波数よりも大きくすればよい。すなわち、コイル20のインピーダンスが最大値をとる周波数を、より大きくしてもよい。第1実施形態で説明したように、コイル20のインピーダンスが最大値をとる周波数を大きくするには、巻数を少なくしたり、内径を小さくしたりすればよい。したがって、コイル20をより小型化でき、銅損を小さくすることができる。

[0073] ・第1実施形態では、除去対象周波数として、6MHzと13.5MHzを例示したが、除去対象周波数として選択される周波数はこの周波数に限られない。各実施形態に係るローパスフィルタ10の除去対象周波数の下限としては、100kHzが好ましい。また、除去対象周波数の上限としては、20MHzが好ましい。これは、第1実施形態で示したように、除去対象周波数が大きくなるほどコイル20が小型化し、発熱の問題が小さくなるため、冷却部材40によりコイル20の熱を除去する必要が小さくなるからである。

[0074] ・実施形態では、冷却部材40の表裏のそれぞれにコイル20を当接させるものとしたが、表裏のいずれか1面のみにコイル及びコンデンサ30を設けるものとしてもよい。

[0075] ・実施形態では、冷却部材40に複数のコイル20を当接させるものとしたが、1つのコイル20のみを当接させるものとしてもよい。

[0076] ・実施形態では、除去対象周波数がひとつである場合を例示したが、除去対象周波数が複数ある場合についても同様に適用可能である。例えば、数MHzのノイズと数百kHzのノイズを除去する必要がある場合には、それぞ

れのノイズの周波数を除去対象周波数として、コイル 20 の巻数、内径、及び絶縁部材 23 の厚みを設計すればよい。

[0077] ・実施形態では、冷却部材 40 に設けられた流路に水を流すものとしたが、水以外の液体や、空気などの気体を冷媒として流すものとしてもよい。

[0078] ・実施形態では、冷却部材 40 に水を流す流路を設けるものとしたが、流路を設けなくてもよい。

[0079] ・第 2 実施形態では、コンデンサ 30 を 2 つ並列接続するものとしたが、3 つ以上並列接続するものとしてもよい。

[0080] ・ローパスフィルタ 10 を構成する各部材の材料は、実施形態で示したものに限られず、変更が可能である。

[0081] 本開示は、実施形態に準拠して記述されたが、本開示は当該実施形態や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

符号の説明

[0082] 10…ローパスフィルタ、20…コイル、20a…所定軸線、22…導体、23…絶縁部材、25…セラミック層、30…コンデンサ、33…接地部位、40…冷却部材。

請求の範囲

- [請求項1] 帯状の導体が所定軸線周りに複数回巻かれたコイルと、
一方の端子が前記導体に接続されており、他方の端子が接地部位に接続されるコンデンサと、
前記コイルの前記所定軸線方向の端面側に当接している冷却部材と、
、
を備えるローパスフィルタ。
- [請求項2] 前記コイルは、前記導体、絶縁部材、接着部材の順に積層された積層体が前記所定軸線周りに複数回巻かれている、請求項1に記載のローパスフィルタ。
- [請求項3] 前記コイルのインピーダンスと周波数との関係を示す周波数特性が、前記コイルの巻数、前記導体の幅、及び前記絶縁部材の厚みにより調整されている、請求項2に記載のローパスフィルタ。
- [請求項4] 除去対象のノイズの周波数が除去対象周波数として予め定められており、
前記コイルのインピーダンスが最大となる周波数が前記除去対象周波数から所定周波数ずれている、請求項1～3のいずれか1項に記載のローパスフィルタ。
- [請求項5] 前記コイルのインピーダンスが最大となる周波数は、前記除去対象周波数よりも前記所定周波数大きい、請求項4に記載のローパスフィルタ。
- [請求項6] 前記コイルのインピーダンスが最大となる周波数は、前記除去対象周波数よりも前記所定周波数小さい、請求項4に記載のローパスフィルタ。
- [請求項7] 前記除去対象周波数は、100kHz～20MHzである、請求項4～6のいずれか1項に記載のローパスフィルタ。
- [請求項8] 前記コンデンサを複数備え、
複数の前記コンデンサが並列接続されている、請求項1～7のいづ

れか 1 項に記載のローパスフィルタ。

[請求項9] 前記コイルは、前記所定軸線方向の端面に、表面が平坦なセラミック層を有し、

前記セラミック層の前記表面側が前記冷却部材に当接している、請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載のローパスフィルタ。

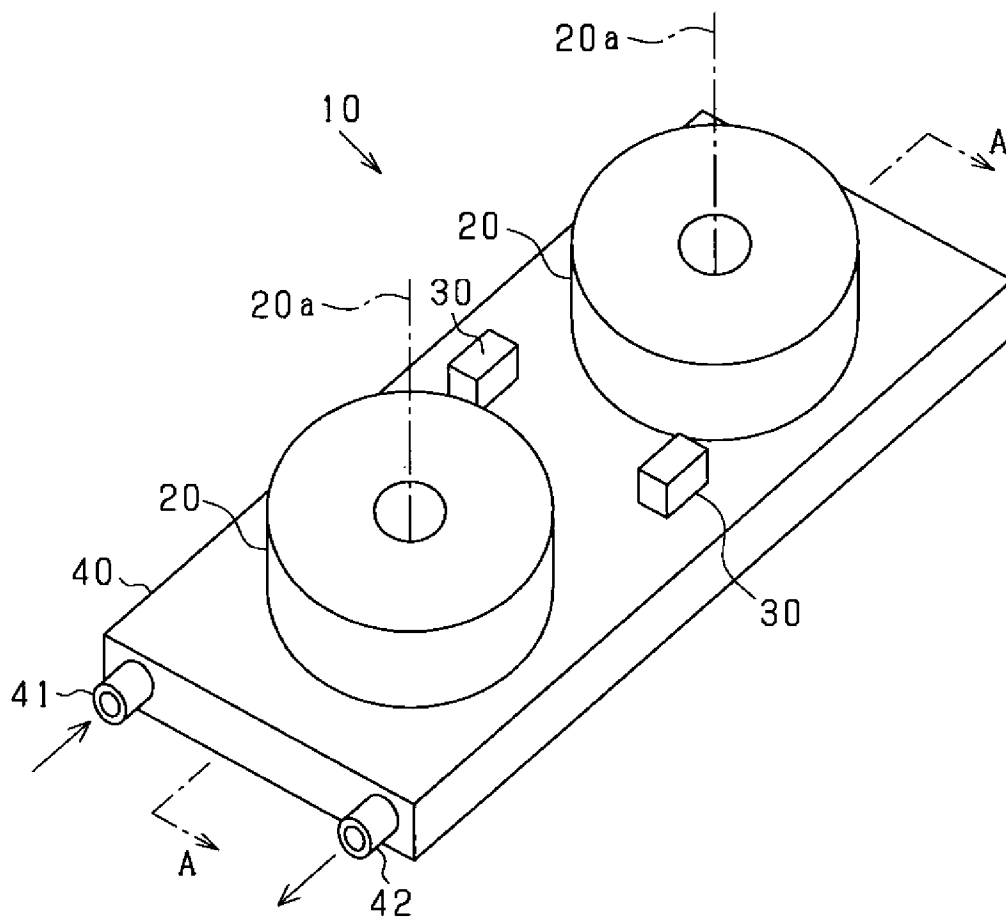
[請求項10] 前記冷却部材は、内部に流路が設けられている、請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載のローパスフィルタ。

[請求項11] 前記コイルを複数備え、
ひとつの前記冷却部材に複数の前記コイルが当接している、請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載のローパスフィルタ。

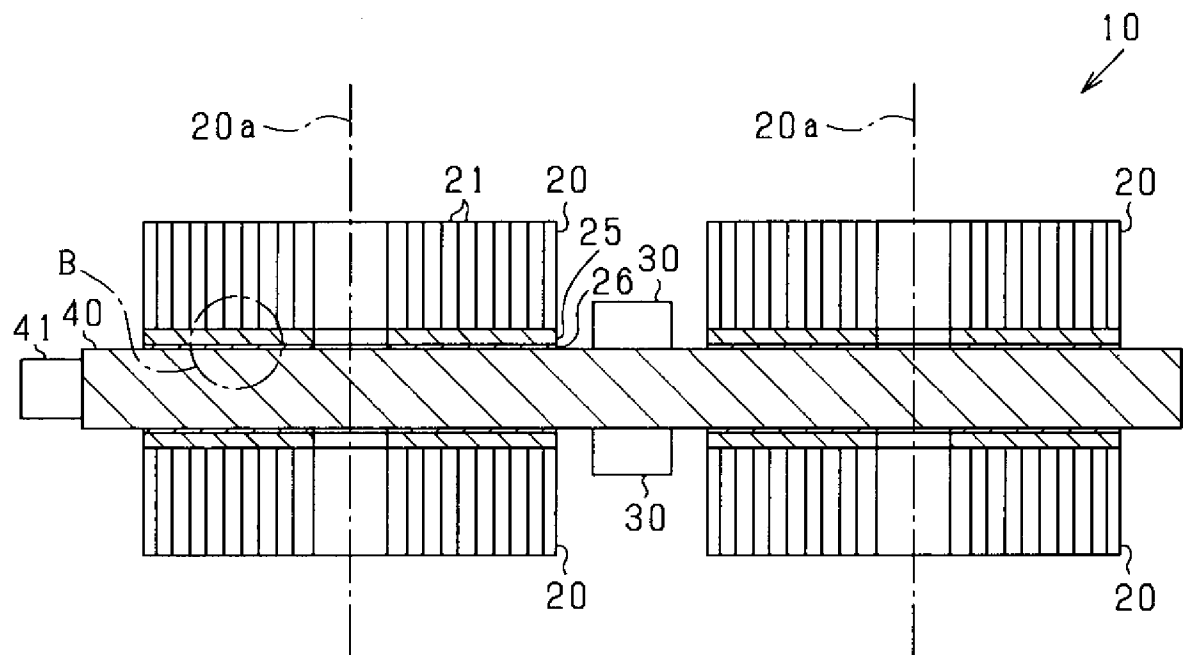
[請求項12] 前記冷却部材の形状は板状であり、その表裏のそれぞれに少なくともひとつの前記コイルが当接している、請求項 11 に記載のローパスフィルタ。

[請求項13] 前記コイルは、前記帯状の導体が積層するように複数回巻かれて筒状に形成されている、請求項 1 ～ 12 のいずれか 1 項に記載のローパスフィルタ。

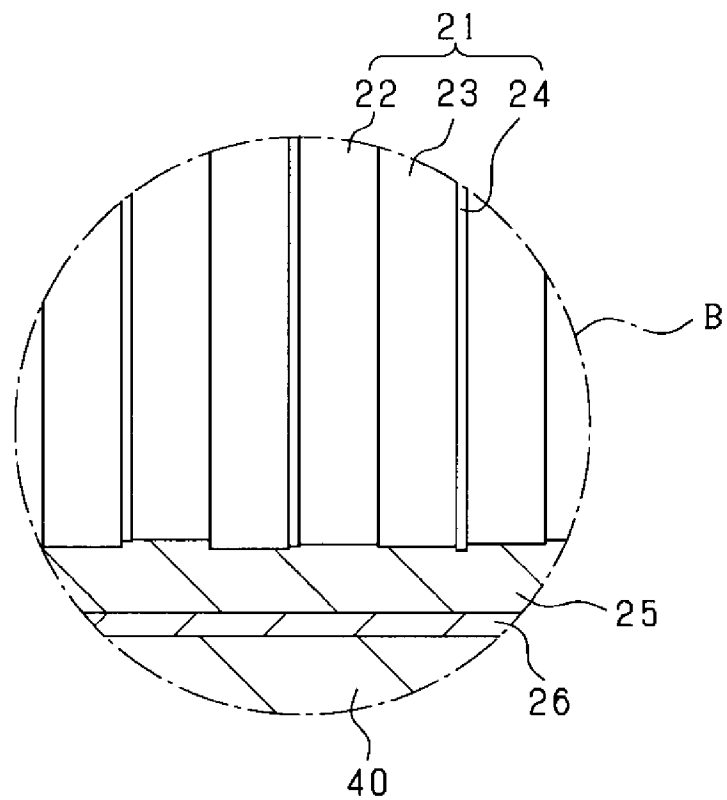
[図1]



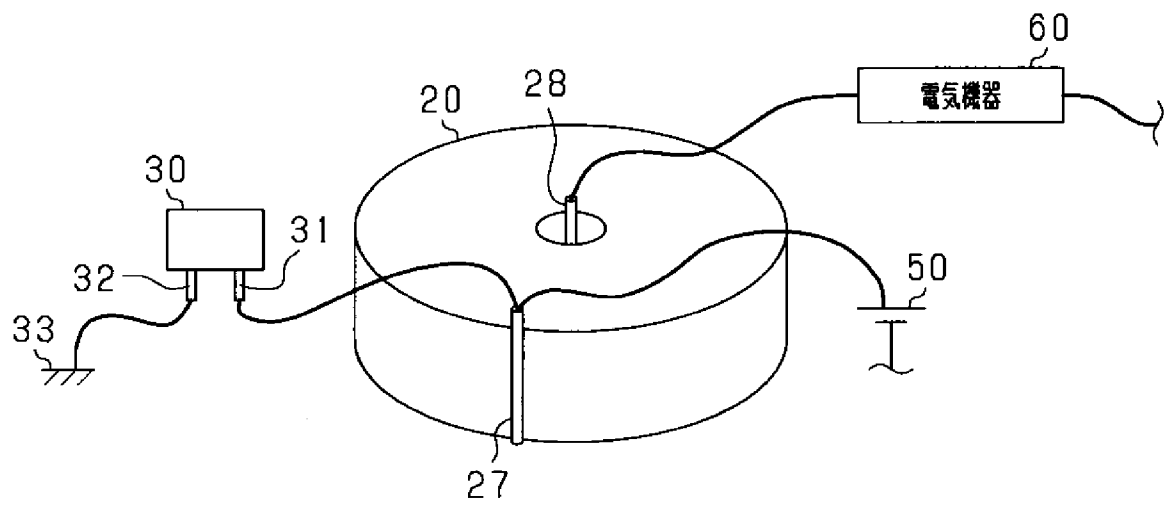
[図2]



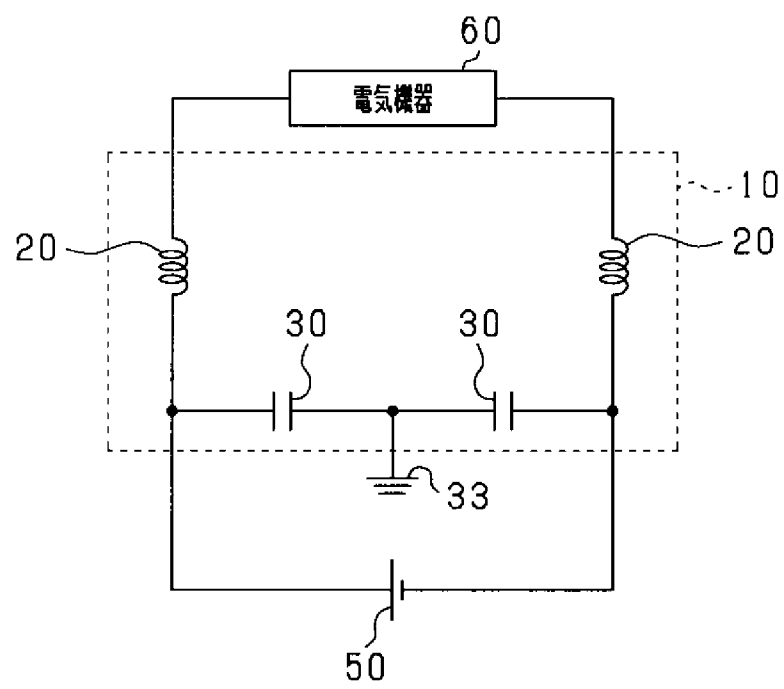
[図3]



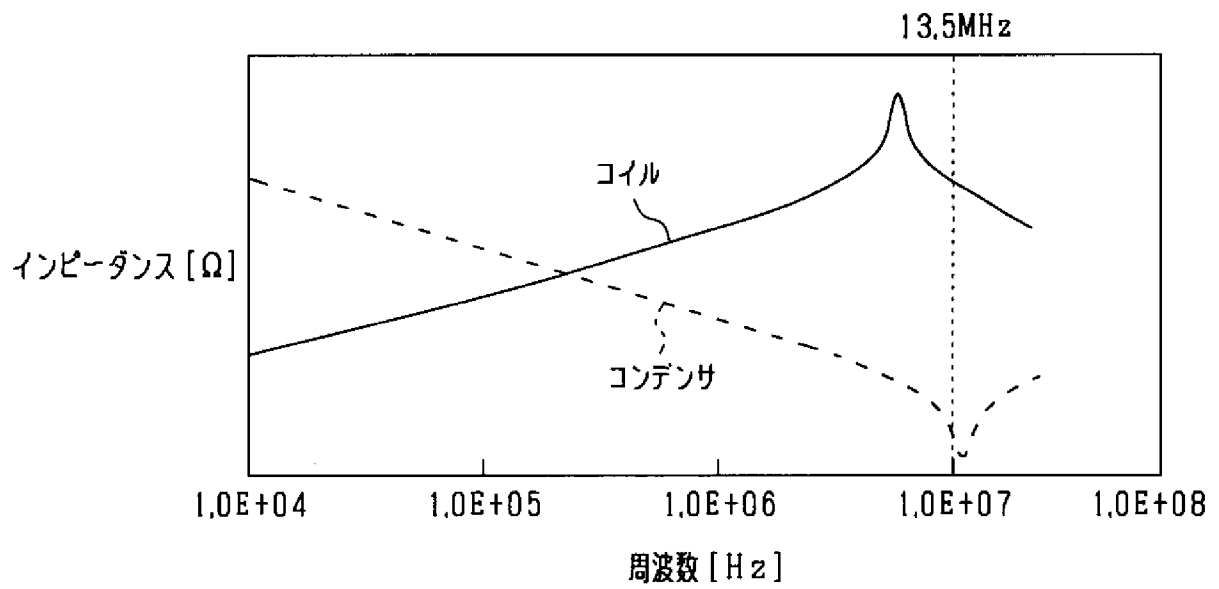
[図4]



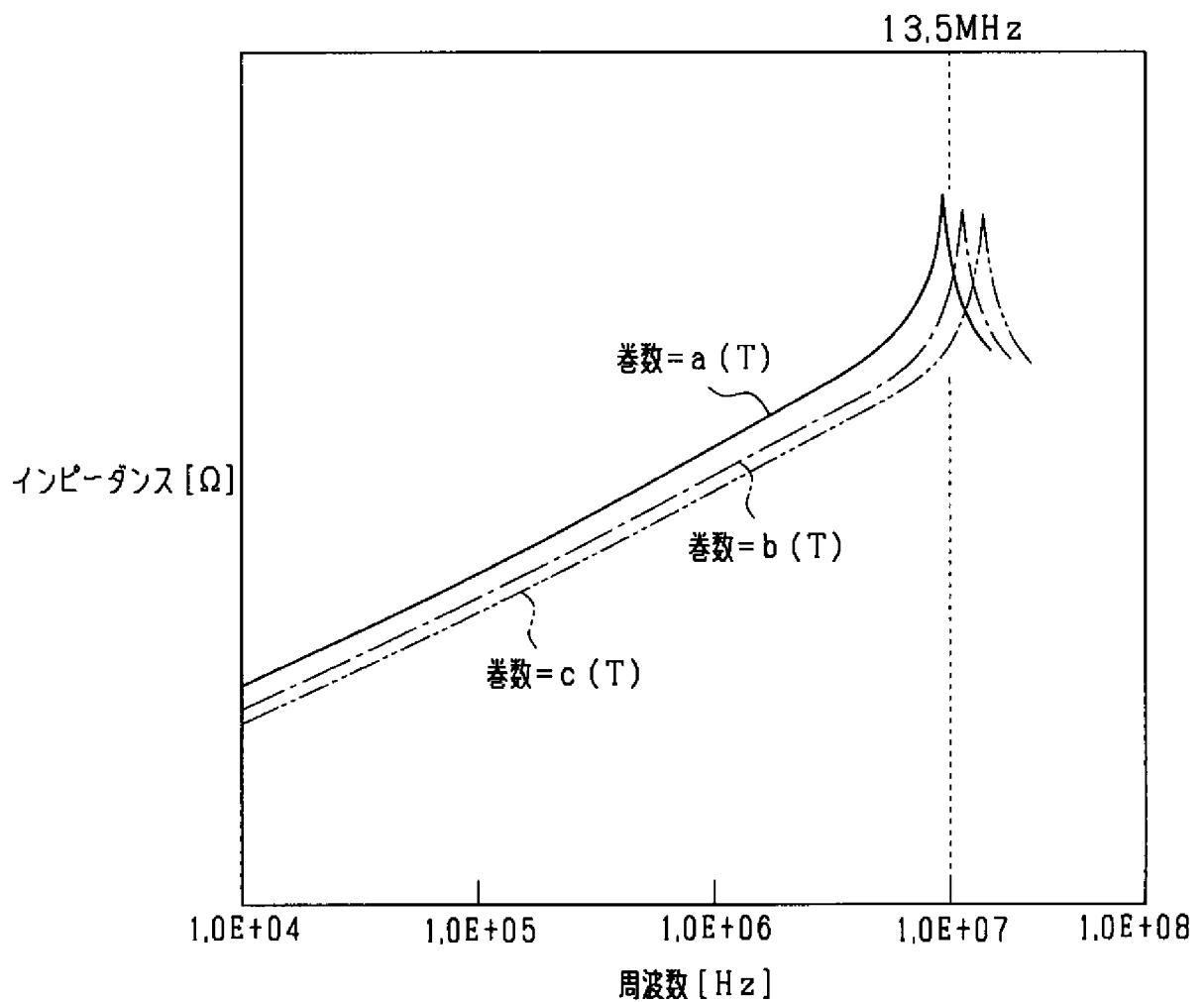
[図5]



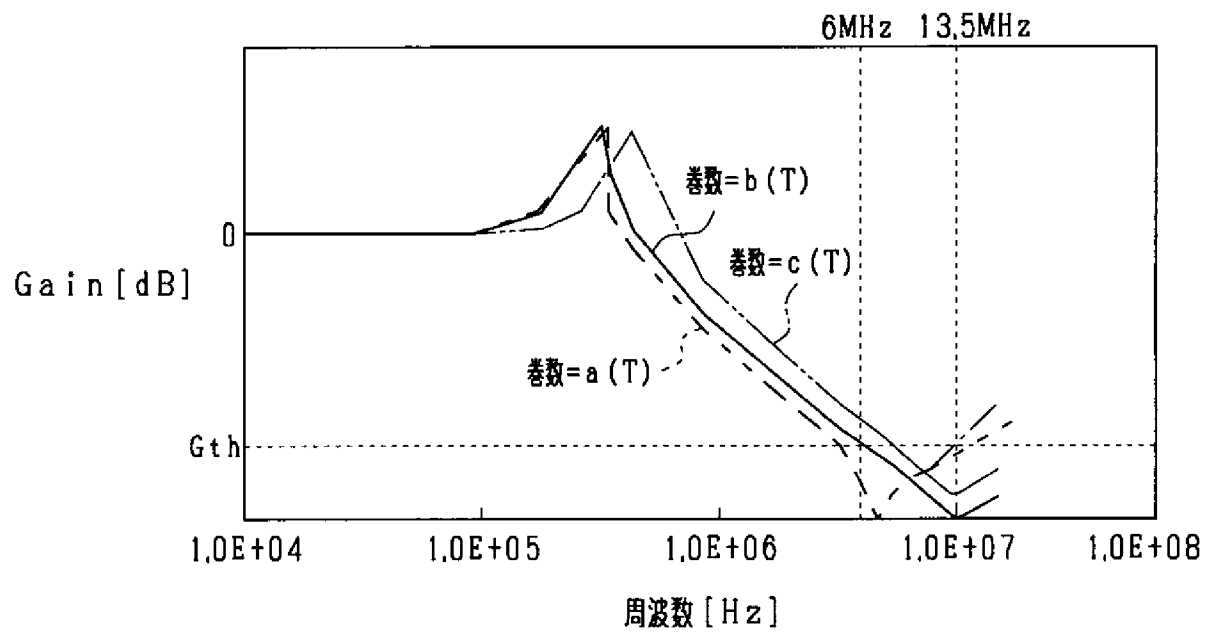
[図6]



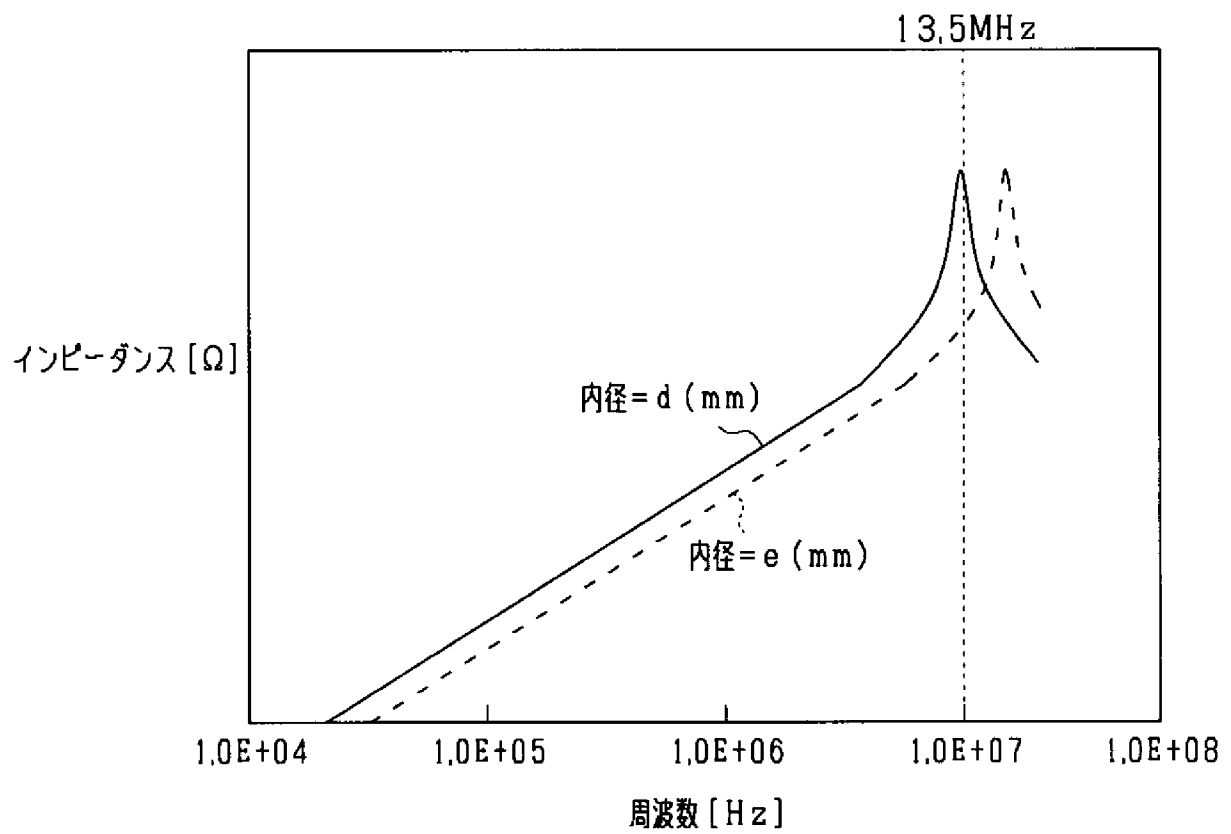
[図7]



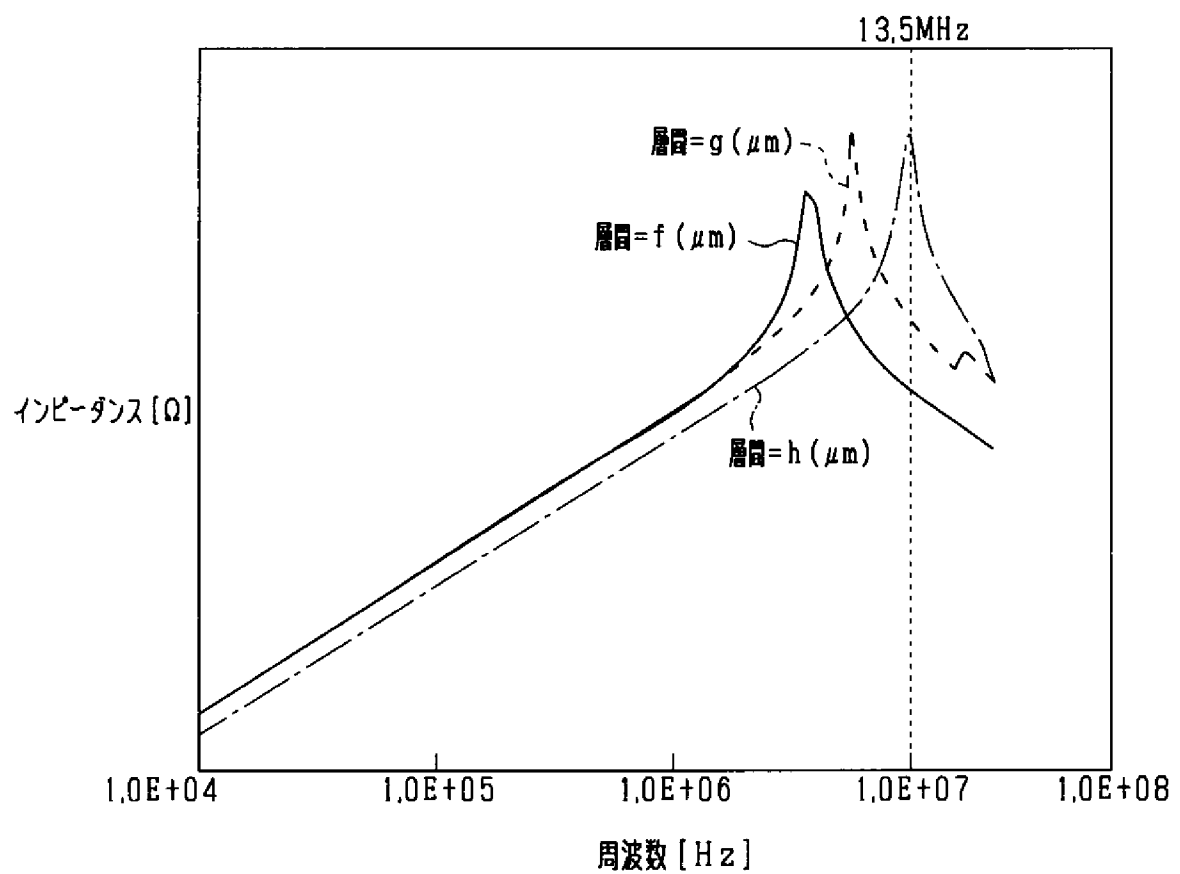
[図8]



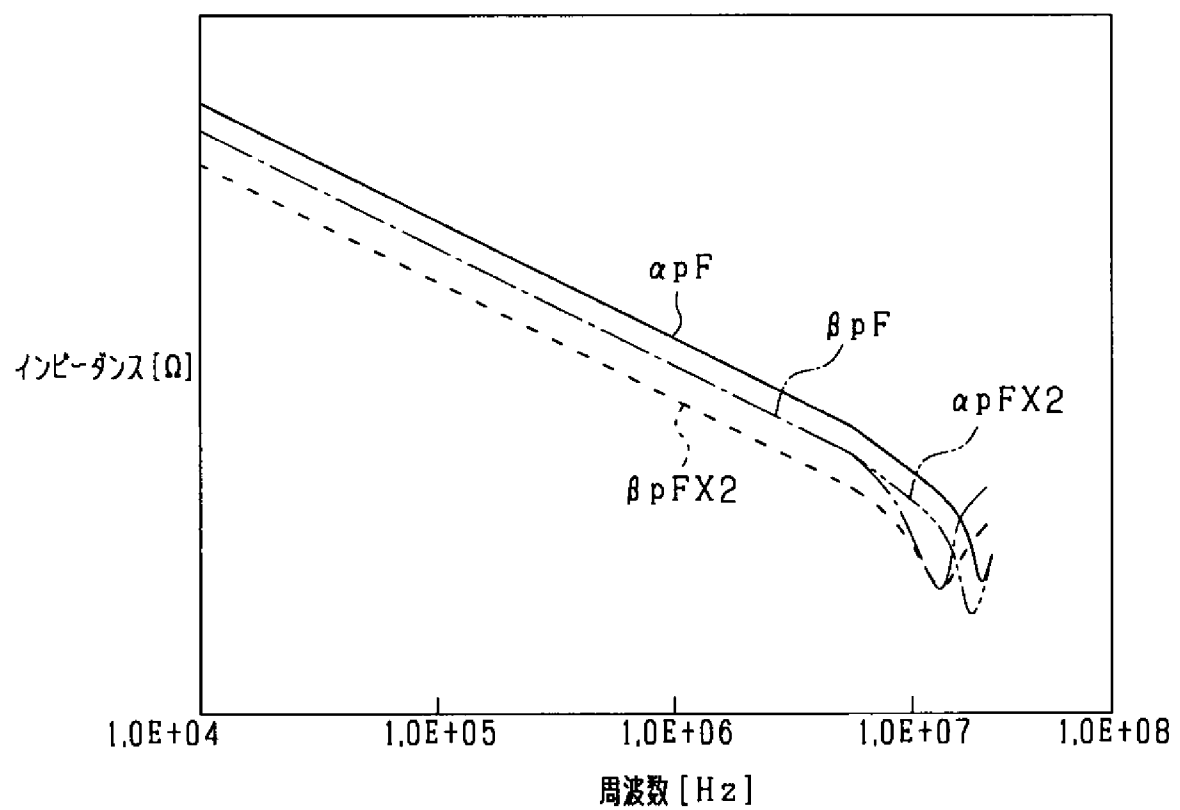
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/034127

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H7/01(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)

H03H7/01

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2015-228726 A (Fanuc Ltd.), 17 December 2015 (17.12.2015), paragraphs [0004] to [0007], [0016] to [0025]; fig. 1 to 2 & US 2015/0351278 A1 paragraphs [0005] to [0008], [0022] to [0031]; fig. 1 to 2 & DE 102015108104 A & CN 105281543 A	1-13
Y	JP 2016-115709 A (CKD Corp.), 23 June 2016 (23.06.2016), paragraphs [0026] to [0030], [0035] to [0036]; fig. 1 & WO 2016/093319 A1 & KR 10-2017-0083098 A & CN 107112119 A	1-8, 10-13

☒ 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
31 October 2017 (31.10.17)

Date of mailing of the international search report
07 November 2017 (07.11.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/034127

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2015-032693 A (CKD Corp.), 16 February 2015 (16.02.2015), paragraphs [0007] to [0009] & US 2015/0332828 A1 paragraphs [0009] to [0011] & WO 2015/016198 A1 & KR 10-2015-0028369 A & CN 104919547 A	1, 4-9, 11
Y	WO 2014/181755 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 13 November 2014 (13.11.2014), paragraph [0051] & US 2016/0042862 A1 paragraph [0056]	3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H03H7/01 (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. H03H7/01

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 2015-228726 A (ファナック株式会社) 2015.12.17, 段落 [0004] - [0007], [0016] - [0025], 図1-2 & US 2015/0351278 A1, 段落 [0005] - [0008], [0022] - [0031], 図1-2 & DE 102015108104 A & CN 105281543 A	1-13
Y	JP 2016-115709 A (CKD株式会社) 2016.06.23, 段落 [0026] - [0030], [0035] - [0036], 図1 & WO 2016/093319 A1 & KR 10-2017-0083098 A & CN 107112119 A	1-8, 10-13

☒ 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

31.10.2017

国際調査報告の発送日

07.11.2017

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)

石川 雄太郎

5W

5090

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

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 2015-032693 A (C K D株式会社) 2015. 02. 16, 段落 [0 0 0 7] - [0 0 0 9] & US 2015/0332828 A1, 段落 [0 0 0 9] - [0 0 1 1] & WO 2015/016198 A1 & KR 10-2015-0028369 A & CN 104919547 A	1, 4-9, 11
Y	WO 2014/181755 A1 (株式会社村田製作所) 2014. 11. 13, 段落 [0 0 5 1] & US 2016/0042862 A1, 段落 [0 0 5 6]	3