

(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
2023年8月31日(31.08.2023)



(10) 国際公開番号
WO 2023/163032 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 1/02 (2006.01) *G02F 1/01* (2006.01)
G01N 21/3586 (2014.01) *H01Q 15/14* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/006430
- (22) 国際出願日: 2023年2月22日(22.02.2023)
- (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 2022-027276 2022年2月24日(24.02.2022) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人大阪大学 (OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP).

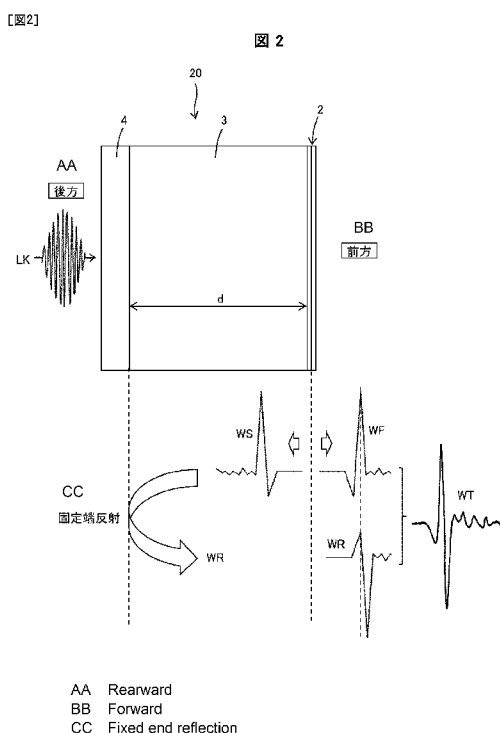
〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). マグ ウサラ バリン カトリン ペンダン(MAG-USARA, Valynn Katrine Pendang); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). アグルート バーダッド カニーラ(AGULTO, Verdad Canila); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人 H A R A K E N Z O W O R L D P A T E N T & T R A D E M A R K (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号 大和南森町ビル Osaka (JP).

(72) 発明者: 中嶋 誠 (NAKAJIMA, Makoto); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 西谷 幹彦 (NISHITANI, Mikihiko); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 松永 大陽 (MATSUNAGA, Taiyo);

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP,

(54) Title: TERAHERTZ WAVE OUTPUT APPARATUS AND METHOD FOR OUTPUTTING TERAHERTZ WAVE
(54) 発明の名称: テラヘルツ波出力装置およびテラヘルツ波出力方法



(57) Abstract: A terahertz wave output apparatus (20) comprises: a radiation layer (2) that radiates electromagnetic waves of a terahertz band; a reflection layer (4) that is disposed behind the radiation layer to reflect the electromagnetic waves of the terahertz band; and an intermediate layer (3) which is positioned between the radiation layer and the reflection layer and is transmissive to the electromagnetic waves of the terahertz band. The terahertz wave output apparatus (20) causes the radiation layer to radiate a first wave (WF), which is an electromagnetic wave of the terahertz band, forwardly of the radiation layer, and to radiate a second wave (WS), which is an electromagnetic wave of the terahertz band, rearwardly of the radiation layer, the terahertz wave output apparatus (20) outputting a terahertz wave (WT) in which a reflection wave (WR) obtained by forward reflection of the second wave is superimposed with the first wave. In the terahertz wave output apparatus, the intensity of the terahertz wave (output wave) can be increased by setting the characteristics of the intermediate layer so that the reflection wave and the first wave are positively superimposed.

WO 2023/163032 A1

KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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: テラヘルツ波出力装置 (20) は、テラヘルツ帯の電磁波を放射する放射層 (2) と、放射層の後方に配され、テラヘルツ帯の電磁波を反射する反射層 (4) と、放射層及び反射層の間に位置し、テラヘルツ帯の電磁波を透過させる中間層 (3) とを備え、放射層からその前方にテラヘルツ帯の電磁波である第1波 (WF) を放射させるとともに、放射層の後方にテラヘルツ帯の電磁波である第2波 (WS) を放射させ、第2波を前方反射させた反射波 (WR) と第1波とを重ね合わせたテラヘルツ波 (WT) を出力する。テラヘルツ波出力装置においては、反射波及び第1波がポジティブに重ね合わされるように中間層の特性を設定することで、テラヘルツ波 (出力波) の強度を高めることができる。

明 細 書

発明の名称： テラヘルツ波出力装置およびテラヘルツ波出力方法

技術分野

[0001] 本開示は、テラヘルツ波出力装置に関する。

背景技術

[0002] テラヘルツ波は、例えば第6世代移動通信システム（6G）での利用等、次世代の要素技術として期待されている。特許文献1には、2つのテラヘルツ波の照射領域を重ねることで強度を高める技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開2022-889号」公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に開示の技術は、テラヘルツ波の強度を効率的に高められないという問題がある。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様に係るテラヘルツ波出力装置は、テラヘルツ帯の電磁波を放射する放射層と、前記放射層の後方に配され、テラヘルツ帯の電磁波を反射する反射層と、前記放射層および反射層の間に位置し、テラヘルツ帯の電磁波を透過させる中間層とを備える。

[0006] 本開示の一態様に係るテラヘルツ波出力方法は、放射層からその前方にテラヘルツ帯の電磁波である第1波を放射させるとともに、前記放射層の後方にテラヘルツ帯の電磁波である第2波を放射させ、前記第2波を前方反射させた反射光と前記第1波とを重ね合わせたテラヘルツ波を出力する。

発明の効果

[0007] 本開示の一態様によれば、テラヘルツ波の強度が効率的に高められる。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]本実施形態のテラヘルツ波出力装置の構成例を示す斜視図である。
- [図2]本実施形態のテラヘルツ波出力装置の作用を示す模式図である。
- [図3]放射層2の構成例および作用を示す斜視図である。
- [図4]本実施形態のテラヘルツ波出力装置の構成例を示す模式図である。
- [図5]放射層からの第1波の一例を示すグラフである。
- [図6]反射光の一例を示すグラフである。
- [図7]第1波および反射波が強め合う場合を示すグラフである。
- [図8]第1波および反射波が強め合う場合に出力されるテラヘルツ波を示すグラフである。
- [図9]本実施形態に係るテラヘルツ波出力装置と比較例との出力強度の差異を示すグラフである。
- [図10]テラヘルツ波出力装置を用いたセンシング装置の構成を示すブロック図である。
- [図11]本実施形態のテラヘルツ波出力装置の別構成例を示す斜視図である。
- [図12]本実施形態のテラヘルツ波出力装置の別構成を示す断面図である。
- [図13]本実施形態のテラヘルツ波出力装置の別構成を示す断面図である。
- [図14]本実施形態のテラヘルツ波出力装置の別構成を示す断面図である。
- [図15]本実施形態の放射層の別構成を示す断面図である。
- [図16]本実施形態の放射層の別構成を示す断面図である。
- [図17]本実施形態の放射層の別構成を示す断面図である。

発明を実施するための形態

- [0009] 図1は、本実施形態のテラヘルツ波出力装置の構成例を示す斜視図である。図2は、本実施形態のテラヘルツ波出力装置の作用を示す模式図である。図1および図2に示すように、テラヘルツ波出力装置20は、テラヘルツ帯の電磁波を放射する放射層2と、放射層2の後方に配され、テラヘルツ帯の電磁波を反射する反射層4と、放射層2および反射層4の間に位置し、テラヘルツ帯の電磁波を透過させる中間層3とを備える。

[0010] 本実施形態のテラヘルツ波出力方法は、放射層2からその前方にテラヘルツ帯の電磁波である第1波WFを放射させるとともに、前記放射層の後方にテラヘルツ帯の電磁波である第2波WSを放射させ、第2波を前方反射させた反射光WRと第1波WFとを重ね合わせたテラヘルツ波WTを出力する。

[0011] テラヘルツ帯とは、例えば、0.05～50〔THz〕であり、出力されるテラヘルツ波WTは、この周波数帯の電磁波である。前方とは、テラヘルツ波WTが出力される向きを意味する。放射層2は放射部（電磁波生成部）2であってもよく、中間層3が中間部3であってもよく、反射層4が反射部4であってもよい。

[0012] 放射層2は、前方に向けてテラヘルツ帯の第1波WFを放射し、後方に向けてテラヘルツ帯の第2波WSを放射し、第2波WSが反射層4で反射されて生じる反射波WRと、第1波WFとが重ね合わされて生じるテラヘルツ波WTを前方に出力する。テラヘルツ波出力装置20においては、例えば、反射波WRおよび第1波WFがポジティブに重ね合わされるように中間層3の特性を設定することで、テラヘルツ波WT（出力波）の強度を高めることができる。

[0013] （放射層）

図3は、放射層2の構成例および作用を示す斜視図である。図3に示すように、放射層2は、磁性金属を含む磁性層である第1層11と、非磁性金属を含む非磁性層である第2層12とを有し、STE（スピントロニックテラヘルツエミッタ）とも呼ばれる。第1および第2層11・12は、第1層11が前方となるように積層されているが、これに限定されない。第1層11が後方となるように積層されていてもよい。

[0014] 第1層11に含まれる磁性金属は強磁性金属であってもよい。第1層11は、Fe（鉄）、Co（コバルト）、Ni（ニッケル）およびGd（ガドリニウム）の少なくとも1つを含む単体あるいは化合物で構成されていてもよい。一例としては、Feである。第1層11が、CoFeBおよびGdFeの少なくとも1つを含んでいてもよい。第1層11の厚みは、1～20〔n

m] とすることができる。一例としては、5 [nm] である。

[0015] 第2層12は、Pt (白金)、Au (金)、Ru (ルテニウム)、Cu (銅)、Ta (タンタル)、Pd (鉛)、W (タングステン)、およびAl (アルミニウム) の少なくとも1つを含む単体あるいは化合物で構成されていてもよい。一例としては、Pt である。第2層12を構成する非磁性金属として、スピン軌道相互作用の大きな金属を用いることができる。第2層12の厚みは、1~20 [nm] とすることができる。一例としては、5 [nm] である。

[0016] STEである放射層2は、励起光LKを受けてテラヘルツ帯の電磁波を放射する。励起光LKは、例えば、波長800nm程度の非連続発振レーザー光(赤外パルスレーザー光)である。図3のように、例えばフェムト秒パルスレーザー光が放射層2に照射されると、第1および第2層11・12の界面にスピン偏極が発現し、第1層11および第2層12間を流れるスピン流 J_s が、第1および第2層11・12の界面と平行な方向に流れる実電流 J_c に変換される(逆スピンホール効果)。これにより、実電流 J_c に相当するテラヘルツ帯の電磁波が第1および第2層11・12の界面と交差する方向に放射される。第1層11に外部磁場を印加してもよい。STEである放射層2は、高強度、大面積、広帯域、安価、高いダメージ閾値等の複数のメリットをもち合わせている。

[0017] (反射層)

反射層4は、テラヘルツ帯の電磁波である第2波WSを反射する層であり、例えば、導電体あるいは誘電体で構成することができる。導電体の一例としては、厚み50 [nm] ~ 2.0 [μ m] のインジウムスズ酸化物(ITO)である。シート抵抗の一例としては $6\Omega/\text{sq}$ である。図2のように励起光LKを後方から放射層2に入射させる場合には、ITOのような光透過性材料が好ましい。ITO以外にも、インジウム亜鉛酸化物(IZO)、AgMg合金(光透過性のある金属極薄膜)等を用いてもよい。誘電体としては屈折率の大きな絶縁材を用いることができる。なお、励起光LKを前方か

ら放射層 2 に入射させる場合（後述）には、反射層 4 の光透過性は問わない。

[0018] （中間層）

中間層 3 は、テラヘルツ帯の電磁波を透過させる層であり、例えば、誘電体で構成することができる。誘電体として、厚み 1.0~500 [μm] 程度の、酸化珪素、窒化珪素、サファイア等の無機絶縁体あるいは樹脂等の有機絶縁体を用いることができる。一例としては、10~100 μm のガラス（例えば、マイクロシートガラス）あるいは透明樹脂である。中間層 3 は、反射層 4 と比較して、テラヘルツ帯の電磁波の屈折率を小さくすることが望ましい。中間層 3 は、第 2 波 WS および反射波 WR の位相を制御する位相制御層であり、テラヘルツ波 WT の所望の（出力すべき）周波数に応じて（テラヘルツ帯の電磁波の）屈折率および厚みの少なくとも一方が設定される（後に詳述）。中間層 3 が、第 1 波 WF および反射波 WR の位相を揃える（すなわち、第 1 波 WF および反射波 WR がコヒーレントに結合され電磁波強度が増強となる）位相制御を行ってもよい。図 2 のように励起光 LK を後方から放射層 2 に入射させる場合は、中間層 3 が光透過性を有することが望ましいが、励起光 LK を前方から放射層 2 に入射させる場合（後述）には、中間層 3 の光透過性は問わない。

[0019] 放射層 2、中間層 3 および反射層 4 はこの順に積層される。中間層 3 は、放射層 2 が成膜された基板と、反射層 4 が成膜された基板との間に挟持されていてもよい。また、反射層 4 が成膜された中間層 3 の上に、放射層 2 が成膜された基板を配してもよい。中間層 3 の一方の面に放射層 2 を成膜し、他方の面に反射層 4 を成膜してもよい。

[0020] 図 4 は、本実施形態のテラヘルツ波出力装置の構成例を示す模式図である。図 1 および図 2 では、テラヘルツ波出力装置 20 の後方から励起光 LK を照射し、反射層 4 および中間層 3 を透過した励起光 LK を放射層 2（第 2 層 12）に入射させているが、これに限定されない。図 4 に示すように、テラヘルツ波出力装置 20 の前方から励起光 LK を照射し、励起光 LK を直接放

射層 2（第 1 層 1 1）に入射させてもよい。

[0021] （第 1 および第 2 波の重畳）

図 5 は、放射層からの第 1 波の一例を示すグラフである。図 6 は、想定される反射光の一例を示すグラフである。ここでは、第 1 層 1 1 として 3 [nm] の Fe 膜、第 2 層 1 2 として 3 [nm] の Pt 膜、放射層 4 として 500 [nm] の ITO 膜、中間層 3 として厚み 30 [μm] のシートガラスを用い、フェムト秒パルスレーザー光（波長：800 nm）である励起光 LK を、後方から放射層 2 に照射している。図 5 では、第 1 波 WF はパルス波である。図 6 では、反射光 WR は、第 1 波 WF に対して、振幅が 30% 程度小さくなり、パルス位置（時間軸）が 0.32 [ピコ秒] 遅れるものと想定される。これは、テラヘルツ帯の電磁波が放射層 2 を約 70% 透過し、中間層 3 を往復するのに要する時間が 0.32 [ピコ秒] であることに相当する。

[0022] テラヘルツ帯の電磁波が中間層 3 を進む速さは、光速 c/n （ n は、テラヘルツ帯の電磁波に対する中間層の屈折率）であるから、中間層 3 の厚みを d とすれば、 $2d = \text{光速 } c \times 0.32 \times 10^{-12} / n$ に対応する。ここで、固定端反射によって第 1 波 WF および反射波 WR の位相が $0.9\pi \sim 1.1\pi$ （例えば、実質的に π ）ずれることを考慮すると、第 1 波 WF および反射波 WR がコヒーレントに強め合う条件は、第 1 および第 2 波 WF・WS 並びに反射波 WR の周波数を f 、これらの波長を λ （ $= \text{光速 } c / f$ ）、 N を自然数として、 $2nd = (N + 1/2)\lambda$ となる。 $N = 0$ とすれば、 $f = 1.56$ [THz] であるから、この場合のテラヘルツ波出力装置 20 は、1.56 [THz] のテラヘルツ波を出力するのに好適である。なお、第 1 波 WF および反射波 WR が弱め合う条件は、 $2nd = N\lambda$ であるから、 $N = 1$ とすれば、 $f = 3.13$ [THz] である。テラヘルツ波（出力波）の周波数に応じて中間層 3 の厚みを設定することで、第 1 波 WF および反射波 WR をポジティブに重ね合わせることができる。

[0023] このように、中間層 3 は、中間層 3 および放射層 4 を通過した反射波 WR と第 1 波 WF とがコヒーレントとなるような位相制御を行ってもよく、第 1

波WFおよび反射波WRがパルス波である場合は、第1波WFのパルスと反射波WRのパルスとが放射層2の前方でポジティブに重ね合わされる。第2波WSに対する中間層3の屈折率nと中間層3の厚みdとの積は、第2波WSの $1/4$ 波長($\lambda/4$)以上となる。

[0024] (本実施形態の効果)

図7は、第1波および反射波が強め合う場合を示すグラフである。図8は、第1波および反射波が強め合う場合に出力されるテラヘルツ波を示すグラフである。図7および図8によれば、第1波WFの振幅AFに対して出力されるテラヘルツ波WTの振幅ATが1.4倍程度になっていることがわかる。図9は、本実施形態に係るテラヘルツ波出力装置と比較例との出力強度の差異を示すグラフである。図9から、テラヘルツ波出力装置20によれば、比較例(放射層のみの場合の出力強度)に対して2.4倍程度の出力強度が得られることがわかる。

[0025] (適用例および変形例)

図10は、テラヘルツ波出力装置を用いたセンシング装置の構成を示すブロック図である。図10に示すように、センシング装置70は、励起光LKの光源10と、テラヘルツ波出力装置20と、検出装置30と、検出装置30からの光出力を感知する撮像装置40(光フォトダイオード、CMOSカメラ等)と、撮像装置40からの映像データを表示する表示装置50とを含む。センシング装置70では、テラヘルツ波出力装置20からのテラヘルツ波WTをターゲットTGに照射し、ターゲットTGを透過したテラヘルツ波を検出装置30に入力することで、表示装置50にターゲットTGの透視イメージが表示される。テラヘルツ波出力装置20と励起光LKの光源10とを一体化する(1つの装置とする)こともできる。また、放射層2に外部磁場を印加する磁場装置とテラヘルツ波出力装置20とを一体化する(1つの装置とする)こともできる。

[0026] 図11は、本実施形態のテラヘルツ波出力装置の別構成例を示す斜視図である。図11の放射層2は、磁性金属を含む磁性層である第1層11と、非

磁性金属を含む非磁性層である第2層12と、非磁性金属を含む非磁性層である第3層13とを有し、第3層13は、第1層11よりも前方に位置している。すなわち、第3層13、第1層11、第2層12の順に積層されている。こうすれば、第3層13および第1層11の界面と、第2層12および第1層11の界面とでテラヘルツ帯の電磁波が放射されるため、テラヘルツ波出力装置の出力（テラヘルツ波の強度）をより高めることができる。第3層13は、Pt（白金）、Au（金）、Ru（ルテニウム）、Cu（銅）、Ta（タンタル）、Pd（鉛）、W（タングステン）、およびAl（アルミニウム）の少なくとも1つを含む単体あるいは化合物で構成されていてもよい。

[0027] 図12は、本実施形態のテラヘルツ波出力装置の別構成を示す断面図である。図12に示すように、基板6上に、放射層2、中間層3および反射層4をこの順にモノリシックに形成し、テラヘルツ波出力装置20を構成してもよい。例えば、基板6にガラス基板、放射層2としてSTE、中間層3として樹脂（例えば、塗布可能な透明樹脂）、反射層4に透光性導電膜（例えば、ITO、IZO等）あるいは高屈折率絶縁膜を用いることができる。

[0028] 図13は、本実施形態のテラヘルツ波出力装置の別構成を示す断面図である。図13に示すように、基板機能をもつ中間層3の一方の面に放射層2を形成し、中間層3の他方の面に反射層4を形成してもよい。例えば、放射層2としてSTE、基板を兼ねる中間層3としてガラスあるいは樹脂（例えば、ポリイミド）、反射層4に透光性導電膜（例えば、ITO、IZO等）あるいは高屈折率絶縁膜を用いることができる。

[0029] 図14は、本実施形態のテラヘルツ波出力装置の別構成を示す断面図である。図14に示すように、凸面7Sおよび平面7Fを有する平凸レンズ7を基板とし、平面7F上に、放射層2、中間層3および反射層4をこの順にモノリシックに形成してもよい。こうすれば、平凸レンズ7によって収束されたテラヘルツ波を得ることができる。凸面7S上に放射層2（STE）を設けてもよい。

[0030] 図15は、本実施形態の放射層の別構成を示す断面図である。放射層2は上述のSTEに限定されない。図15に示すように、放射層2に光伝導アンテナ構造を用いてもよい。光伝導アンテナ構造の放射層2は、基板8上に形成される光電層（半導体層）14と、光電層14上に形成された電極D1・D2と、電極D1と電氣的に接続され、光電層14に接するアンテナA1と、電極D2と電氣的に接続され、光電層14に接するアンテナA2とを備え、対向するアンテナA1・A2の間隙に励起光LK（例えば、パルスレーザー光）を受けることで、テラヘルツ帯の電磁波を放射する。中間層3は、基板8側あるいは基板8の反対側に設けることができる。基板8を中間層3として用いてもよい。光伝導アンテナ構造の放射層2は、高効率、広帯域といったメリットがある。

[0031] 図16は、本実施形態の放射層の別構成を示す断面図である。図16に示すように、放射層2に非線形光学結晶16を用いてもよい。LiNbO₃（ニオブ酸リチウム結晶）等の非線形光学結晶16は、励起光LKを受けてテラヘルツ帯の電磁波を放射する。中間層3は、非線形光学結晶16の一方の側あるいは他方の側に設けることができる。非線形光学結晶16を用いた放射層2は、高コヒーレンス、高出力、広帯域といったメリットがある。

[0032] 図17は、本実施形態の放射層の別構成を示す断面図である。図17に示すように、放射層2に共鳴トンネルダイオード（RTD）構造を用いてもよい。RTD構造の放射層2は、基板9上に形成される絶縁層17と、絶縁層17に形成されたホール内に位置する量子井戸半導体層18とを備え、量子井戸半導体層18に電圧を印可することで、テラヘルツ帯の電磁波を放射する。複数の量子井戸半導体層18をアレイ状に形成してもよい。例えば、InPを含む基板9を用いた場合、量子井戸半導体層18として、n-InP/n-InGaAs、InGaAs/InAlAsを用いることができる。中間層3は、基板9側あるいは基板9の反対側に設けることができる。基板9を中間層3として用いてもよい。放射層2にRTD構造を用いる場合は、励起光を照射しなくてもよい。

[0033] <まとめ>

以上のように、本開示は以下の態様を包含する。

[0034] 本開示の態様 1 におけるテラヘルツ波出力装置は、テラヘルツ帯の電磁波を放射する放射層と、前記放射層の後方に配され、テラヘルツ帯の電磁波を反射する反射層と、前記放射層および反射層の間に位置し、テラヘルツ帯の電磁波を透過させる中間層とを備える。

[0035] 前記構成によれば、放射層から前方に放射されたテラヘルツ帯の電磁波と、放射層から後方に放射され、反射層で反射されたテラヘルツ帯の電磁波とが重ね合わされたテラヘルツ波を出力することができる。

[0036] 本開示の態様 2 におけるテラヘルツ波出力装置は、前記態様 1 において、前記放射層が、前方に向けてテラヘルツ帯の第 1 波を放射し、後方に向けてテラヘルツ帯の第 2 波を放射し、前記第 2 波が前記反射層で反射されて生じる反射波と、前記第 1 波とが重ね合わされて生じるテラヘルツ波を前方に出力する。

[0037] 本開示の態様 3 におけるテラヘルツ波出力装置は、前記態様 1 または 2 において、前記中間層が絶縁性を有する、もしくはテラヘルツ波に高い透過性をもつ。

[0038] 本開示の態様 4 におけるテラヘルツ波出力装置は、前記態様 1 から 3 の何れか一態様において、前記反射層は、前記中間層と比較して、テラヘルツ帯の電磁波の屈折率が大きい。

[0039] 本開示の態様 5 におけるテラヘルツ波出力装置は、前記態様 2 において、前記第 2 波に対する前記中間層の屈折率と前記中間層の厚みとの積は、前記第 2 波の $1/4$ 波長以上である。

[0040] 本開示の態様 6 におけるテラヘルツ波出力装置は、前記態様 2 において、前記反射波は、前記第 1 波に対して位相がおよそ $0.9\pi \sim 1.1\pi$ ずれている。

[0041] 本開示の態様 7 におけるテラヘルツ波出力装置は、前記態様 2 において、前記中間層は、前記中間層および前記放射層を通過した前記反射波と前記第

1波とがコヒーレントとなるような位相制御を行う。

- [0042] 本開示の態様8におけるテラヘルツ波出力装置は、前記態様2において、前記第2波に対する前記中間層の屈折率および前記中間層の厚みの少なくとも一方が、出力すべきテラヘルツ周波数に応じて設定されている。
- [0043] 本開示の態様9におけるテラヘルツ波出力装置は、前記態様1から8の何れか一態様において、前記放射層は、磁性金属を含む磁性層である第1層と、非磁性金属を含む非磁性層であり、前記第1層に接する第2層とを含み、前記放射層に、非連続発振のレーザ光が照射される。
- [0044] 本開示の態様10におけるテラヘルツ波出力装置は、前記態様9において、前記反射層および前記中間層が透光性を有し、前記レーザ光が後方から前記放射層に照射される。
- [0045] 本開示の態様11におけるテラヘルツ波出力装置は、前記態様10において、前記反射層は、インジウムスズ酸化物（ITO）またはインジウム亜鉛酸化物（IZO）等の導電層を含む。
- [0046] 本開示の態様12におけるテラヘルツ波出力装置は、前記態様10または11において、前記中間層は、マイクロシートガラスまたはマイクロシートプラスチックである。
- [0047] 本開示の態様13におけるテラヘルツ波出力装置は、前記態様2において、前記第1波および前記反射波はパルス波であり、前記第1波のパルスと前記反射波のパルスとが前記放射層の前方で重ね合わされる。
- [0048] 本開示の態様14におけるテラヘルツ波出力方法は、放射層からその前方にテラヘルツ帯の電磁波である第1波を放射させるとともに、前記放射層の後方にテラヘルツ帯の電磁波である第2波を放射させ、前記第2波を前方反射させた反射光と前記第1波とを重ね合わせたテラヘルツ波を出力する。
- [0049] 以上の開示は例示および説明を目的とするものであり、限定を目的とするものではない。これら例示および説明に基づけば、多くの変形形態が当業者にとって自明となるのであるから、これら変形形態も実施形態に含まれることに留意されたい。

符号の説明

- [0050] 2 放射層
3 中間層
4 反射層
20 テラヘルツ波出力装置
LK 励起光
WF 第1波
WS 第2波
WT テラヘルツ波（出力波）

請求の範囲

- [請求項1] テラヘルツ帯の電磁波を放射する放射層と、
前記放射層の後方に配され、テラヘルツ帯の電磁波を反射する反射層と、
前記放射層および反射層の間に位置し、テラヘルツ帯の電磁波を透過させる中間層とを備える、テラヘルツ波出力装置。
- [請求項2] 前記放射層は、前方に向けてテラヘルツ帯の第1波を放射し、後方に向けてテラヘルツ帯の第2波を放射し、
前記第2波が前記反射層で反射されて生じる反射波と、前記第1波とが重ね合わされて生じるテラヘルツ波を前方に出力する、請求項1に記載のテラヘルツ波出力装置。
- [請求項3] 前記中間層は絶縁性を有する、請求項1に記載のテラヘルツ波出力装置。
- [請求項4] 前記反射層は、前記中間層と比較して、テラヘルツ帯の電磁波の屈折率が大きい、請求項1に記載のテラヘルツ波出力装置。
- [請求項5] 前記第2波に対する前記中間層の屈折率と前記中間層の厚みとの積は、前記第2波の $1/4$ 波長以上である、請求項2に記載のテラヘルツ波出力装置。
- [請求項6] 前記反射波は、前記第1波に対して位相が $0.9\pi \sim 1.1\pi$ ずれている、請求項2に記載のテラヘルツ波出力装置。
- [請求項7] 前記中間層は、前記中間層および前記放射層を通過した前記反射波と前記第1波とがコヒーレントとなるような位相制御を行う、請求項2に記載のテラヘルツ波出力装置。
- [請求項8] 前記第2波に対する前記中間層の屈折率および前記中間層の厚みの少なくとも一方が、出力すべきテラヘルツ周波数に応じて設定されている、請求項2に記載のテラヘルツ波出力装置。
- [請求項9] 前記放射層は、磁性金属を含む磁性層である第1層と、非磁性金属を含む非磁性層であり、前記第1層に接する第2層とを含み、

前記放射層に、非連続発振のレーザ光が照射される、請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載のテラヘルツ波出力装置。

[請求項10] 前記反射層および前記中間層が透光性を有し、
前記レーザ光が後方から前記放射層に照射される、請求項 9 に記載のテラヘルツ波出力装置。

[請求項11] 前記反射層は、インジウムスズ酸化物（ITO）またはインジウム亜鉛酸化物（IZO）を含む、請求項 10 に記載のテラヘルツ波出力装置。

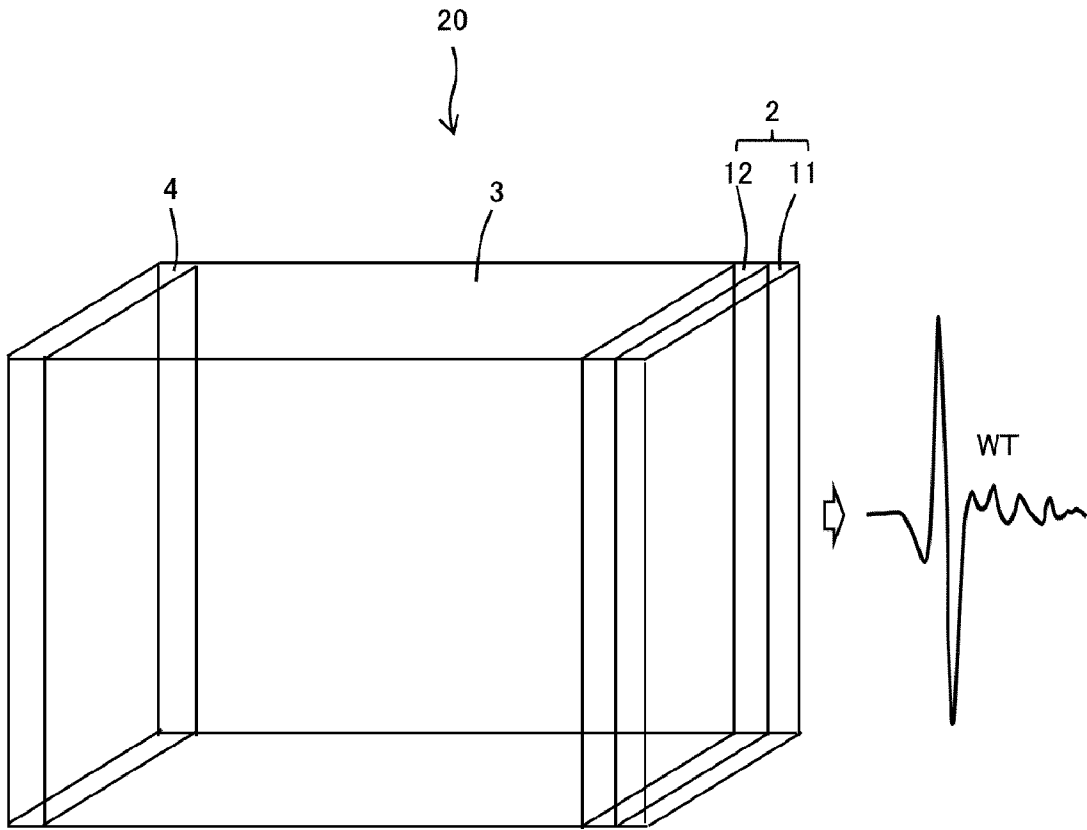
[請求項12] 前記中間層は、マイクロシートガラスまたはマイクロシートプラスチックである、請求項 10 に記載のテラヘルツ波出力装置。

[請求項13] 前記第 1 波および前記反射波はパルス波であり、前記第 1 波のパルスと前記反射波のパルスとが前記放射層の前方で重ね合わされる、請求項 2 に記載のテラヘルツ波出力装置。

[請求項14] 放射層からその前方にテラヘルツ帯の電磁波である第 1 波を放射させるとともに、前記放射層の後方にテラヘルツ帯の電磁波である第 2 波を放射させ、前記第 2 波を前方反射させた反射光と前記第 1 波とを重ね合わせたテラヘルツ波を出力する、テラヘルツ波出力方法。

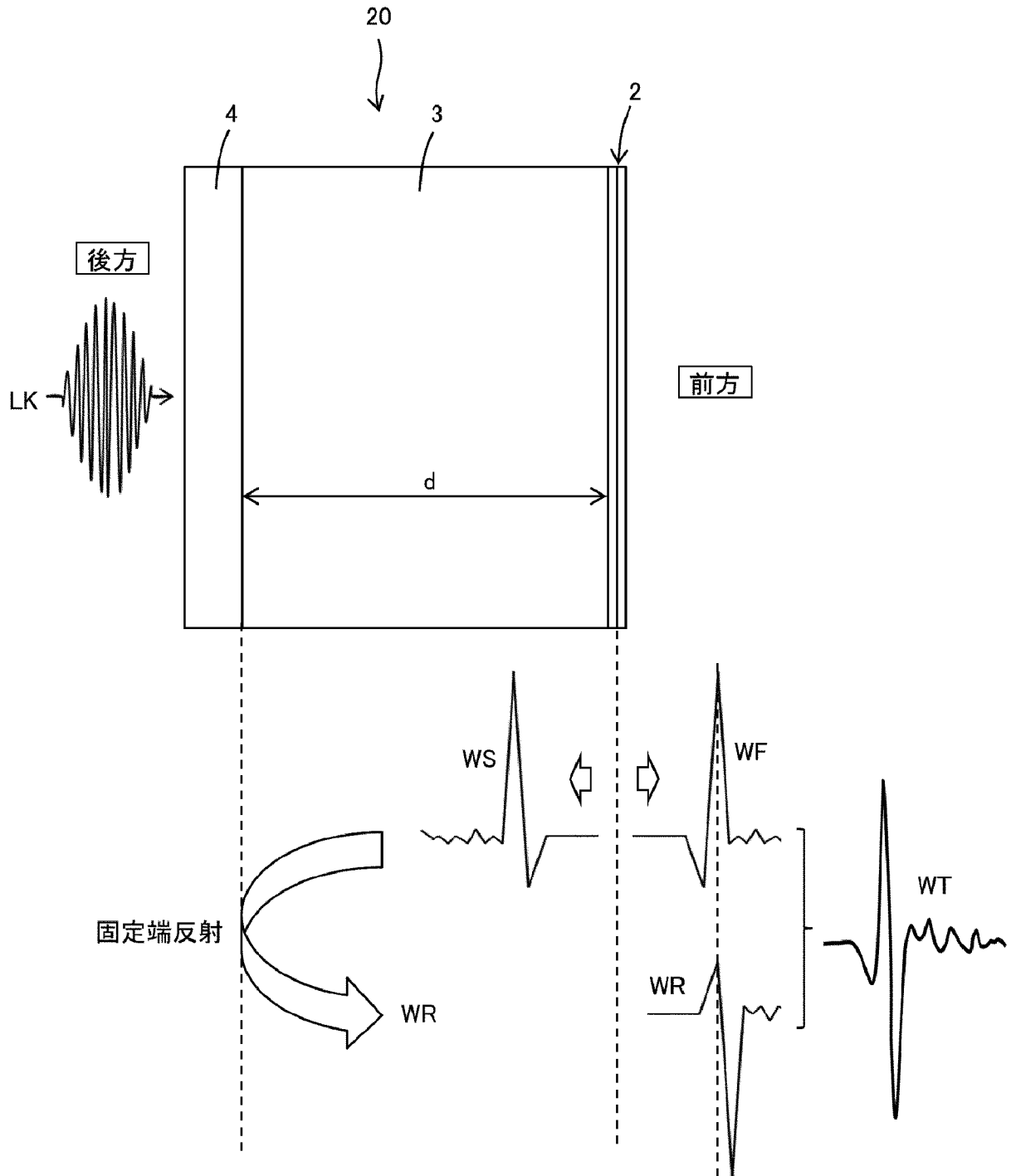
[図1]

図 1



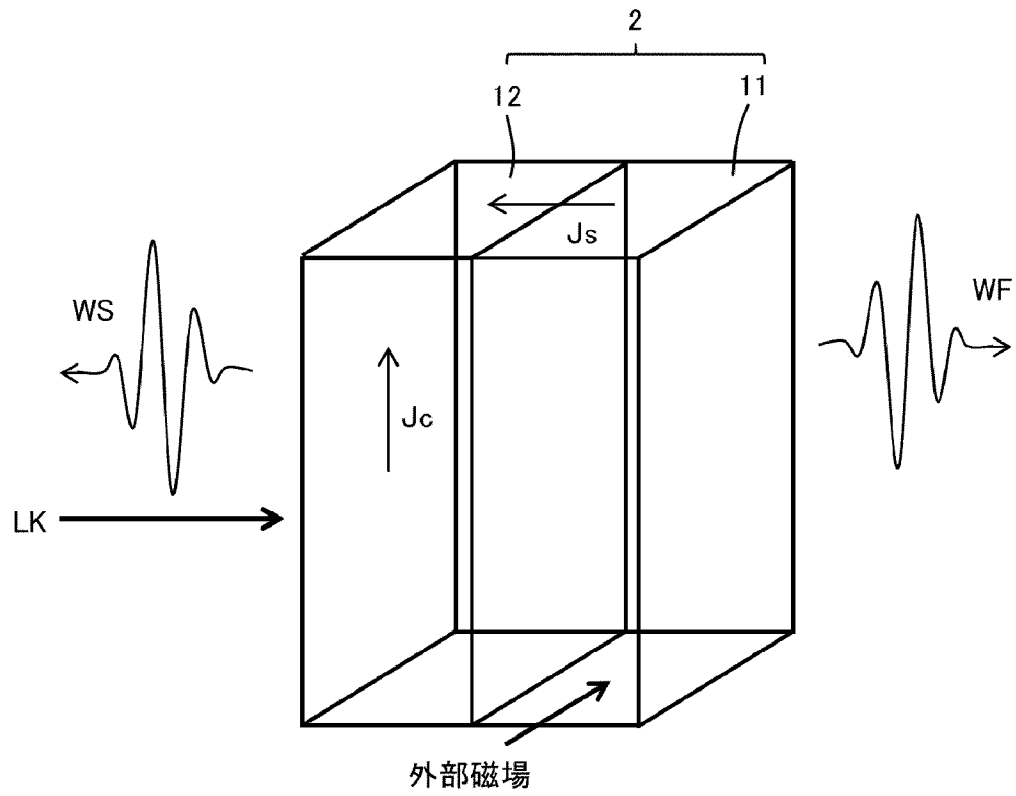
[図2]

図 2



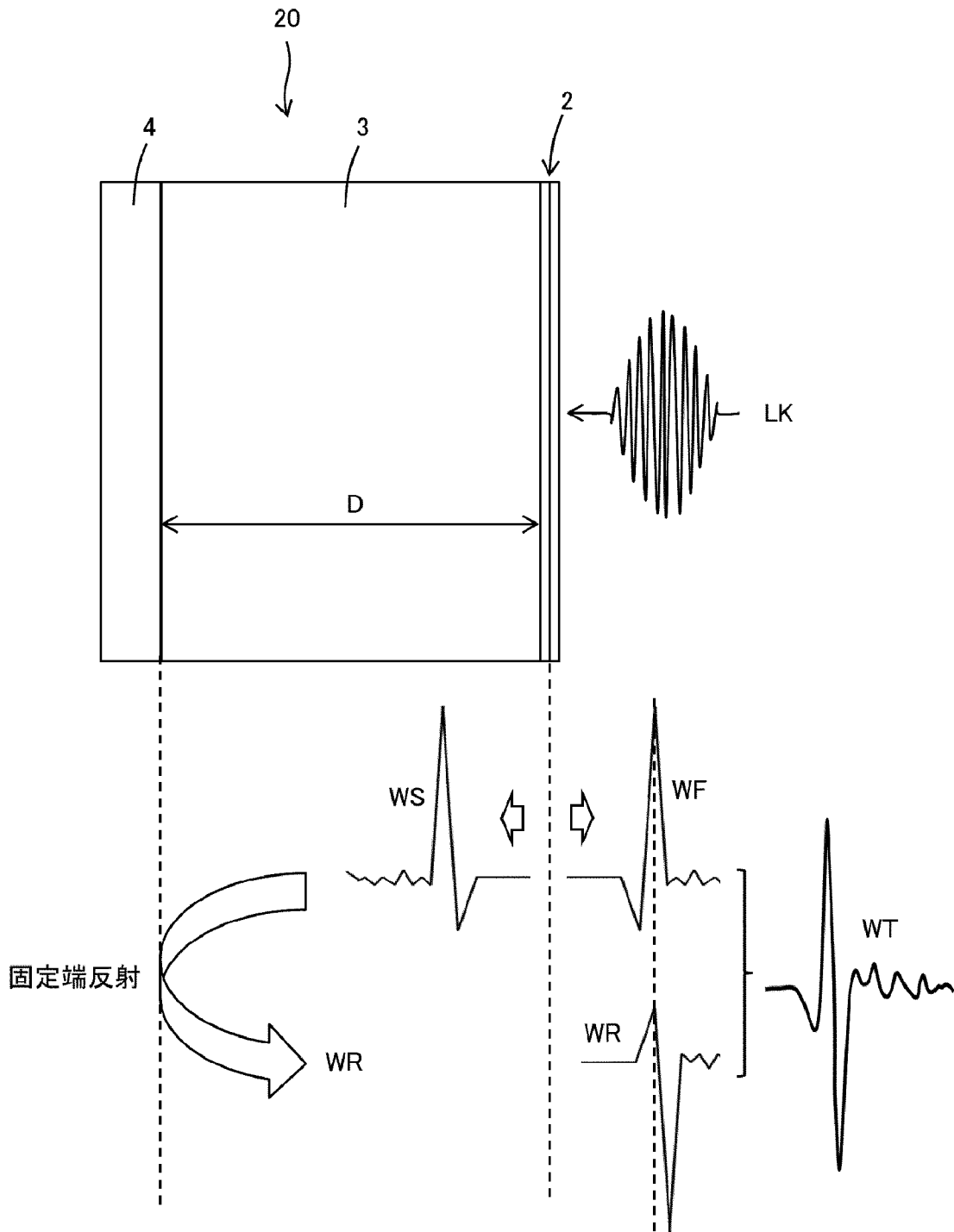
[図3]

図 3



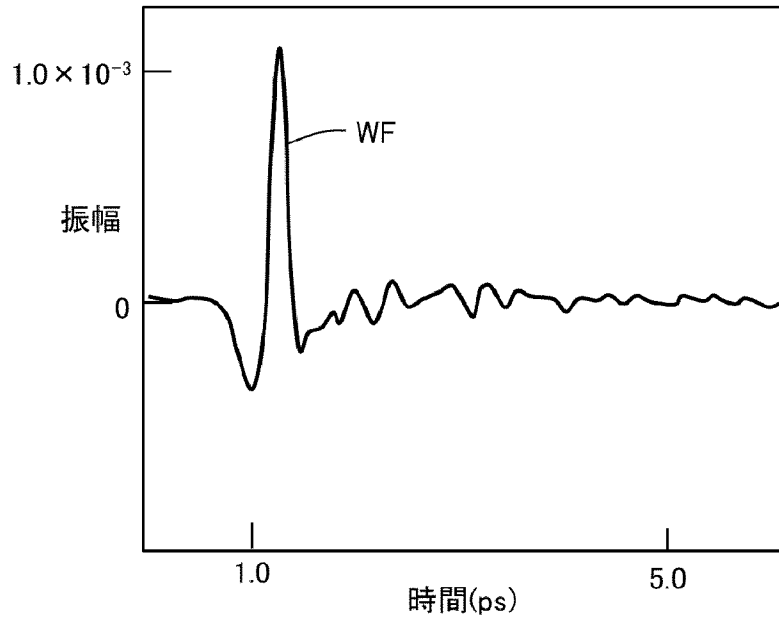
[図4]

図 4



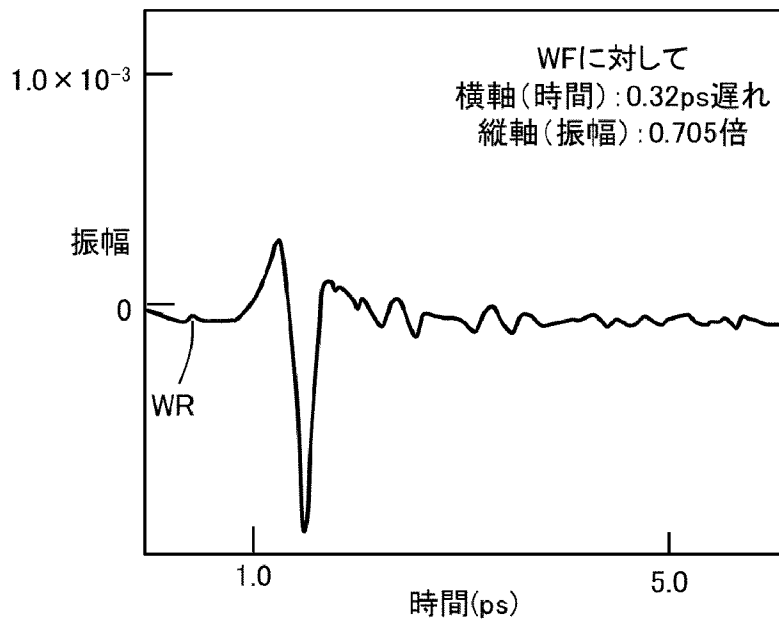
[図5]

図 5



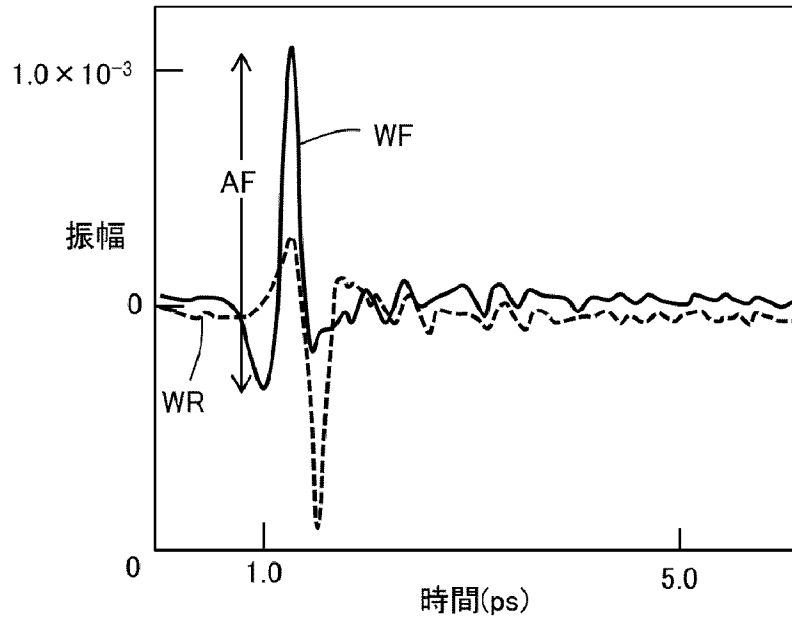
[図6]

図 6



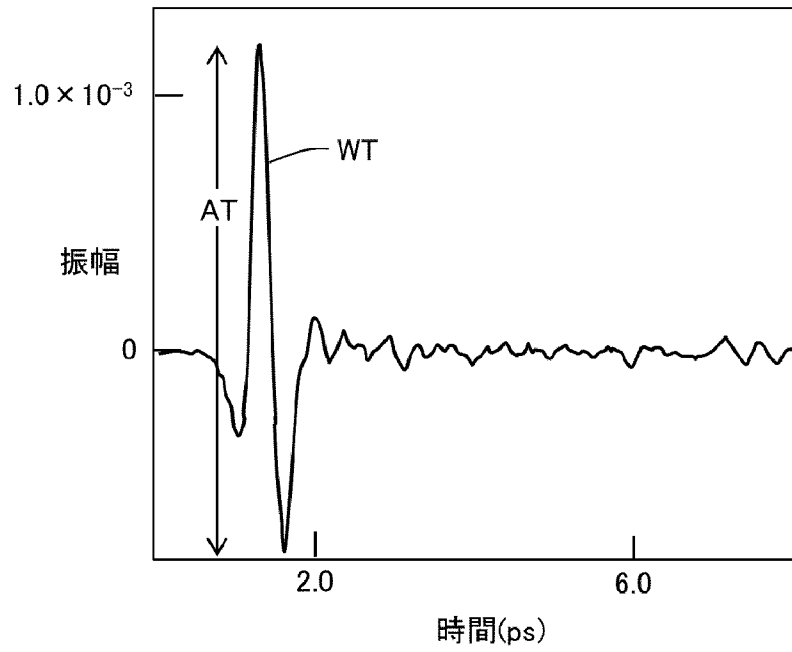
[図7]

図 7



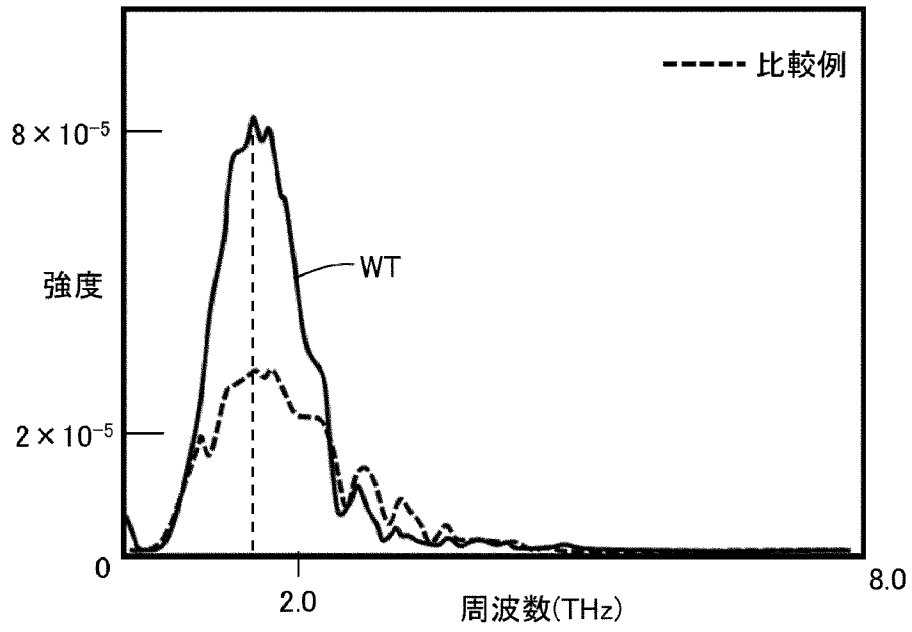
[図8]

図 8



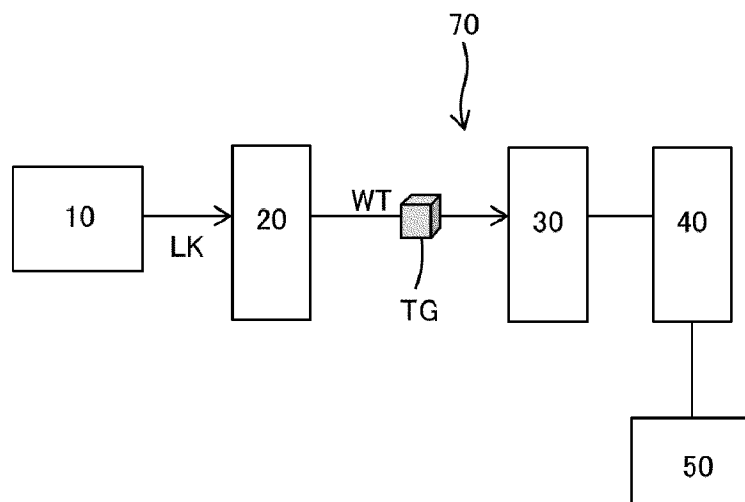
[図9]

図 9



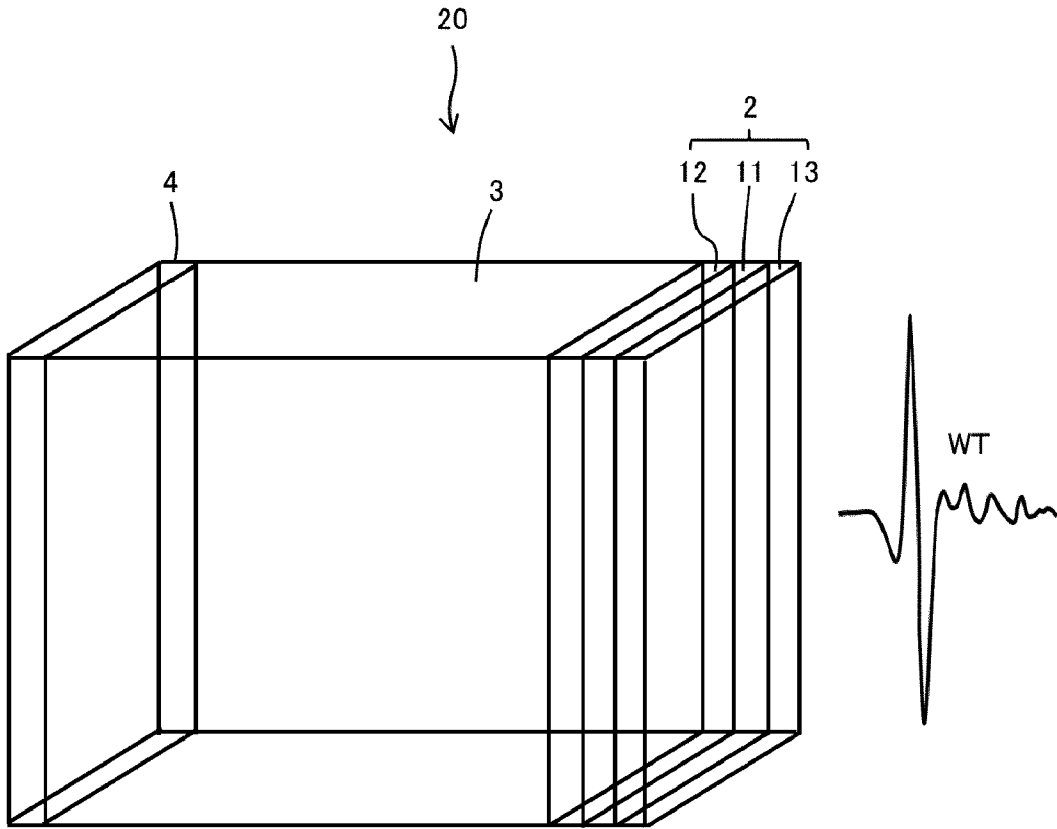
[図10]

図 10



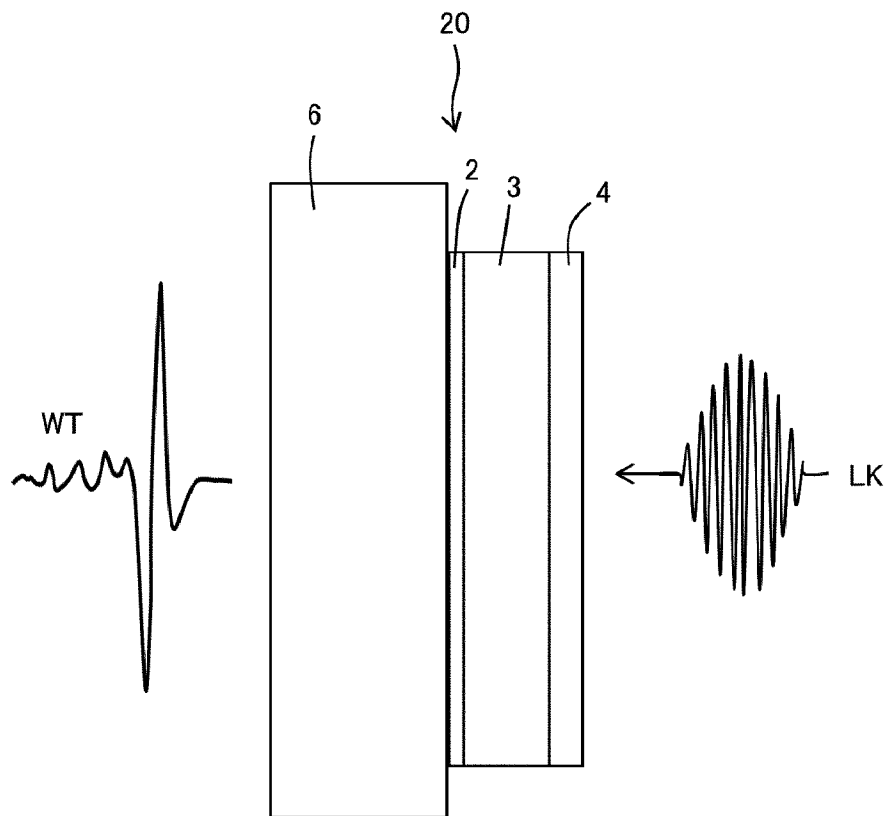
[図11]

図 11



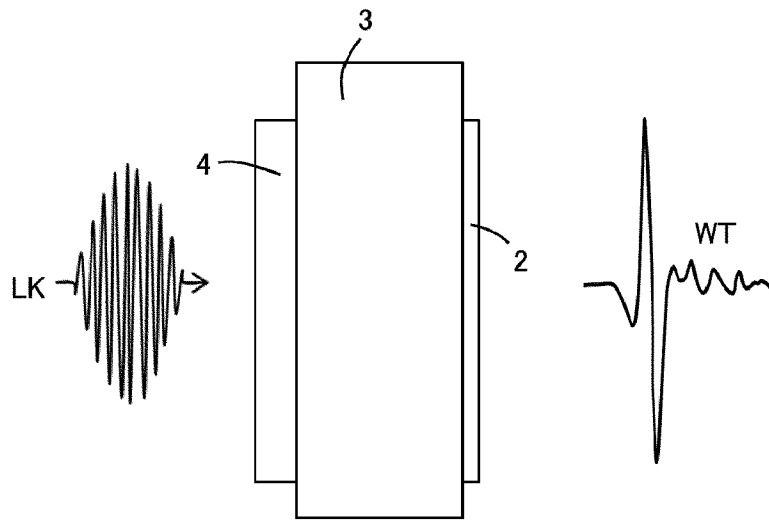
[図12]

図 12



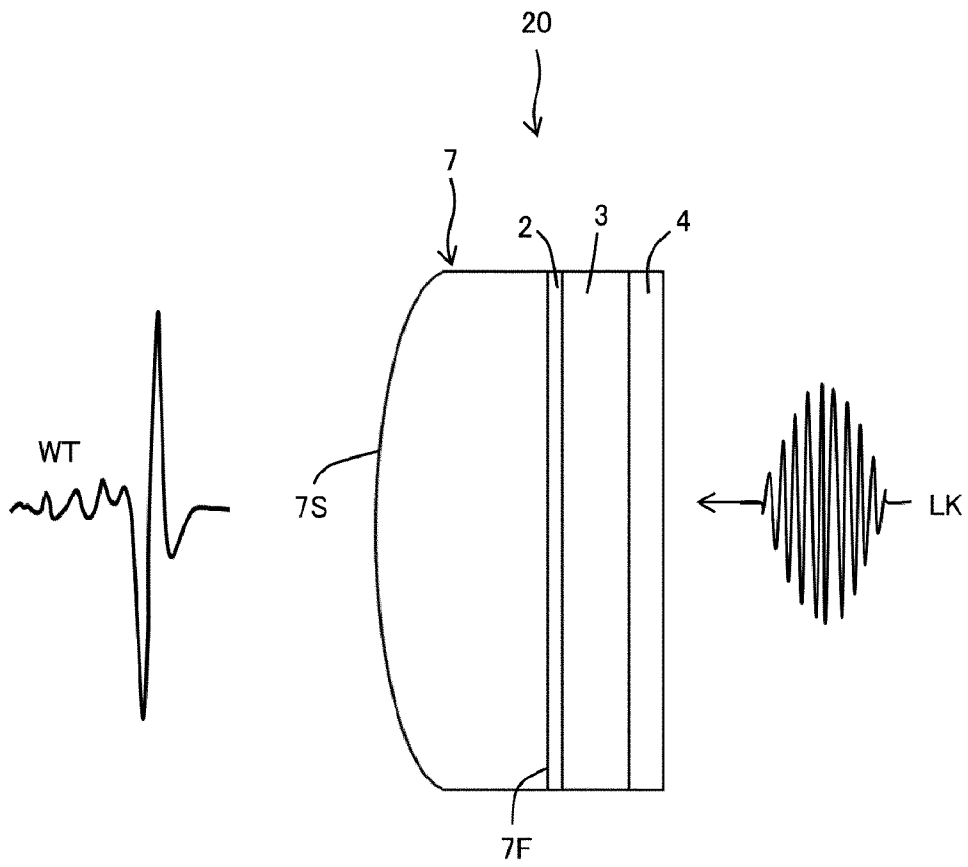
[図13]

図 13



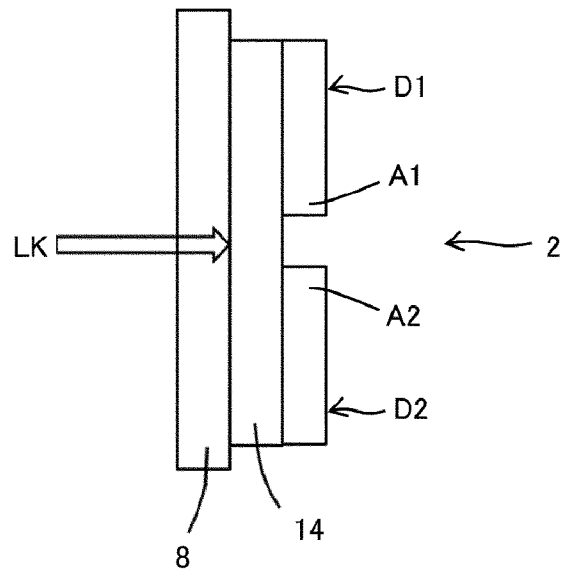
[図14]

図 14



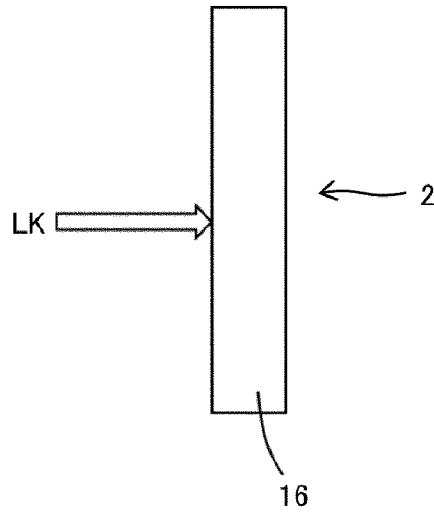
[図15]

図 15



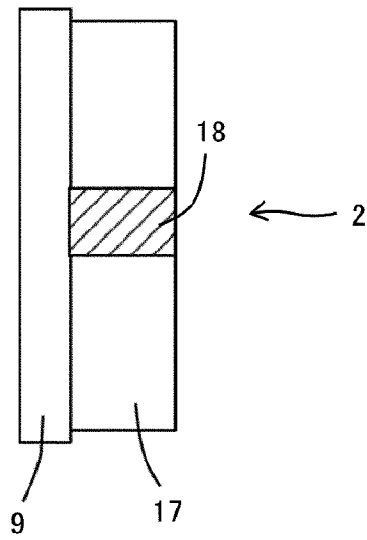
[図16]

図 16



[図17]

図 17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/006430

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01S 1/02</i> (2006.01)i; <i>G01N 21/3586</i> (2014.01)i; <i>G02F 1/01</i> (2006.01)i; <i>H01Q 15/14</i> (2006.01)i FI: H01S1/02; G01N21/3586; G02F1/01 F; H01Q15/14 Z		
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) H01S1/00-3/30; G01N21/17-21/61; G02F1/00-1/125; H01Q15/00-19/32		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) IEEE Xplore; Scitation		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2021/006105 A1 (ROHM CO., LTD.) 14 January 2021 (2021-01-14) paragraphs [0020]-[0108], fig. 1-7	1-8, 13-14
Y		9-12
X	JP 2016-536806 A (SUZHOU INSTITUTE OF NANO-TECH AND NANO-BIONICS (SINANO), CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 24 November 2016 (2016-11-24) paragraphs [0126]-[0169], fig. 1-3	1-8, 13-14
Y		9-12
X	JP 2013-30610 A (PANASONIC CORP) 07 February 2013 (2013-02-07) paragraphs [0027]-[0056], fig. 1	1-8, 13-14
Y		9-12
X	WO 2006/030608 A1 (KYUSHU INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 23 March 2006 (2006-03-23) paragraphs [0016]-[0028], fig. 1	1-8, 13-14
Y		9-12
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" 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 27 April 2023		Date of mailing of the international search report 16 May 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/006430

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2005-322733 A (KIMURA, Mitsuteru) 17 November 2005 (2005-11-17) paragraphs [0051]-[0065], fig. 1-2	1-8, 13-14
Y		9-12
X	SUZU, K. et al. Surface-emitted terahertz-wave generation by ridged periodically poled lithium niobate and enhancement by mixing of two terahertz waves. Optics Letters. 01 April 2006, vol. 31, no. 7, pp. 957-959 in particular, p. 958, fig. 2	1-8, 13-14
Y		9-12
Y	TALARA, Miezal et al. Efficient terahertz wave generation of diabolo-shaped Fe/Pt spintronic antennas driven by a 780 nm pump beam. Applied Physics Express. 26 March 2021, vol. 14, no. 4, 042008 in particular, pp. 1-2, fig. 1-2	9-12
Y	QIU, H. S. et al. Layer thickness dependence of the terahertz emission based on spin current in ferromagnetic heterostructures. Optics Express. 31 May 2018, vol. 26, no. 12, pp. 15247-15254 in particular, pp. 15249-15250, fig. 1	9-12
A	CN 113964627 A (UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 21 January 2022 (2022-01-21)	1-14
A	JP 2015-141111 A (PIONEER ELECTRONIC CORP) 03 August 2015 (2015-08-03)	1-14
A	WO 2012/077769 A1 (OSAKA PREFECTURE UNIVERSITY PUBLIC CORPORATION) 14 June 2012 (2012-06-14)	1-14
A	JP 2012-53450 A (CANON INC) 15 March 2012 (2012-03-15)	1-14
A	JP 2009-158926 A (CANON INC) 16 July 2009 (2009-07-16)	1-14
A	JP 2009-80448 A (KAGAWA UNIV) 16 April 2009 (2009-04-16)	1-14
P, X	CN 115693351 A (HEFEI INNOVATION RESEARCH INSTITUTE OF BEIHANG UNIVERSITY (HEFEI GRADUATE SCHOOL)) 03 February 2023 (2023-02-03) paragraphs [0024]-[0037], fig. 1-4	1-14
P, X	MATSUNAGA, Taiyo et al. High Intensity Spintronic Terahertz Emitter with ITO and Microsheet Glass Structure. 47th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz). September 2022 in particular, fig. 1	1-14
P, X	松永大陽ほか, ITO構造を利用した磁性体超薄膜テラヘルツ光源の高強度化, 第69回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, March 2022, 03-383 in particular, fig. 1, (MATSUNAGA, Taiyo et al. High intensity magnetic ultrathin film terahertz emitter using ITO structure. Lecture Preprints of the 69th JSAP Spring Meeting.)	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/006430

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2021/006105	A1	14 January 2021	US 2022/0236178 A1 paragraphs [0105]-[0198], fig. 1-7	
				CN 114026744 A	
				DE 112020003245 T5	
JP	2016-536806	A	24 November 2016	US 2016/0233379 A1 paragraphs [0144]-[0181], fig. 1-3	
				WO 2015/039618 A1	
				CN 104466617 A	
				DE 112014004277 T5	
JP	2013-30610	A	07 February 2013	(Family: none)	
WO	2006/030608	A1	23 March 2006	US 2008/0315216 A1 paragraphs [0031]-[0043], fig. 1	
				EP 1804347 A1	
				JP 4423429 B2	
JP	2005-322733	A	17 November 2005	(Family: none)	
CN	113964627	A	21 January 2022	(Family: none)	
JP	2015-141111	A	03 August 2015	(Family: none)	
WO	2012/077769	A1	14 June 2012	US 2013/0293945 A1	
				EP 2650723 A1	
				CN 103250093 A	
				JP 5809643 B2	
JP	2012-53450	A	15 March 2012	US 2012/0032081 A1	
JP	2009-158926	A	16 July 2009	US 2009/0146084 A1	
				EP 2068140 A1	
JP	2009-80448	A	16 April 2009	(Family: none)	
CN	115693351	A	03 February 2023	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01S 1/02(2006.01)i; G01N 21/3586(2014.01)i; G02F 1/01(2006.01)i; H01Q 15/14(2006.01)i FI: H01S1/02; G01N21/3586; G02F1/01 F; H01Q15/14 Z		
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）） H01S1/00-3/30; G01N21/17-21/61; G02F1/00-1/125; H01Q15/00-19/32 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 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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） IEEE Xplore; Scitation		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2021/006105 A1 (ローム株式会社) 14.01.2021 (2021 - 01 - 14) 段落[0020]-[0108], 図1-7	1-8, 13-14
Y		9-12
X	JP 2016-536806 A (中国科学院蘇州納米技術与納米▲ファン▼生研究所) 24.11.2016 (2016 - 11 - 24) 段落[0126]-[0169], 図1-3	1-8, 13-14
Y		9-12
X	JP 2013-30610 A (パナソニック株式会社) 07.02.2013 (2013 - 02 - 07) 段落[0027]-[0056], 図1	1-8, 13-14
Y		9-12
X	WO 2006/030608 A1 (国立大学法人九州工業大学) 23.03.2006 (2006 - 03 - 23) 段落[0016]-[0028], 図1	1-8, 13-14
Y		9-12
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" 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、一般的な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抵触するものではなく、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	27.04.2023	国際調査報告の発送日 16.05.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 大和田 有軌 2K 3004 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2005-322733 A (木村 光照) 17.11.2005 (2005 - 11 - 17) 段落[0051]-[0065], 図1-2	1-8, 13-14
Y		9-12
X	SUIZU, K., et al., Surface-emitted terahertz-wave generation by ridged periodically poled lithium niobate and enhancement by mixing of two terahertz waves, Optics Letters, 2006.04.01, Vol.31, No.7, p.957-959 特にp.958, 図2	1-8, 13-14
Y		9-12
Y	TALARA, Miezel, et al., Efficient terahertz wave generation of diabolically-shaped Fe/Pt spintronic antennas driven by a 780 nm pump beam, Applied Physics Express, 2021.03.26, Vol.14, No.4, 042008 特にp.1-2, 図1-2	9-12
Y	QIU, H. S., et al., Layer thickness dependence of the terahertz emission based on spin current in ferromagnetic heterostructures, Optics Express, 2018.05.31, Vol.26, No.12, p.15247-15254 特にp.15249-15250, 図1	9-12
A	CN 113964627 A (UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 21.01.2022 (2022 - 01 - 21)	1-14
A	JP 2015-141111 A (パイオニア株式会社) 03.08.2015 (2015 - 08 - 03)	1-14
A	WO 2012/077769 A1 (公立大学法人大阪府立大学) 14.06.2012 (2012 - 06 - 14)	1-14
A	JP 2012-53450 A (キヤノン株式会社) 15.03.2012 (2012 - 03 - 15)	1-14
A	JP 2009-158926 A (キヤノン株式会社) 16.07.2009 (2009 - 07 - 16)	1-14
A	JP 2009-80448 A (国立大学法人 香川大学) 16.04.2009 (2009 - 04 - 16)	1-14
P, X	CN 115693351 A (HEFEI INNOVATION RESEARCH INSTITUTE OF BEIHANG UNIVERSITY (HEFEI GRADUATE SCHOOL)) 03.02.2023 (2023 - 02 - 03) 段落[0024]-[0037], 図1-4	1-14
P, X	MATSUNAGA, Taiyo, et al., "High Intensity Spintronic Terahertz Emitter with ITO and Microsheet Glass Structure", 47th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz), 2022.09 特に図1	1-14
P, X	松永太陽ほか, ITO構造を利用した磁性体超薄膜テラヘルツ光源の高強度化, 第69回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, 2022.03, 03-383 特に図1	1-14

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/006430

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2021/006105	A1	14.01.2021	US	2022/0236178	A1	
					段落[0105]-[0198], 図1-7		
				CN	114026744	A	
				DE	112020003245	T5	
JP	2016-536806	A	24.11.2016	US	2016/0233379	A1	
					段落[0144]-[0181], 図1-3		
				WO	2015/039618	A1	
				CN	104466617	A	
				DE	112014004277	T5	
JP	2013-30610	A	07.02.2013	(ファミリーなし)			
WO	2006/030608	A1	23.03.2006	US	2008/0315216	A1	
					段落[0031]-[0043], 図1		
				EP	1804347	A1	
				JP	4423429	B2	
JP	2005-322733	A	17.11.2005	(ファミリーなし)			
CN	113964627	A	21.01.2022	(ファミリーなし)			
JP	2015-141111	A	03.08.2015	(ファミリーなし)			
WO	2012/077769	A1	14.06.2012	US	2013/0293945	A1	
				EP	2650723	A1	
				CN	103250093	A	
				JP	5809643	B2	
JP	2012-53450	A	15.03.2012	US	2012/0032081	A1	
JP	2009-158926	A	16.07.2009	US	2009/0146084	A1	
				EP	2068140	A1	
JP	2009-80448	A	16.04.2009	(ファミリーなし)			
CN	115693351	A	03.02.2023	(ファミリーなし)			