(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
2025年3月13日(13.03.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/052753 A1

(51) 国際特許分類:
*H05B 3/10* (2006.01) *H05B 3/20* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/021525

(22) 国際出願日： 2024年6月13日(13.06.2024)

(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 2023-143888 2023年9月5日(05.09.2023) JP

(71) 出願人:日本碍子株式会社(**NGK INSULATORS, LTD.**) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 Aichi (JP).

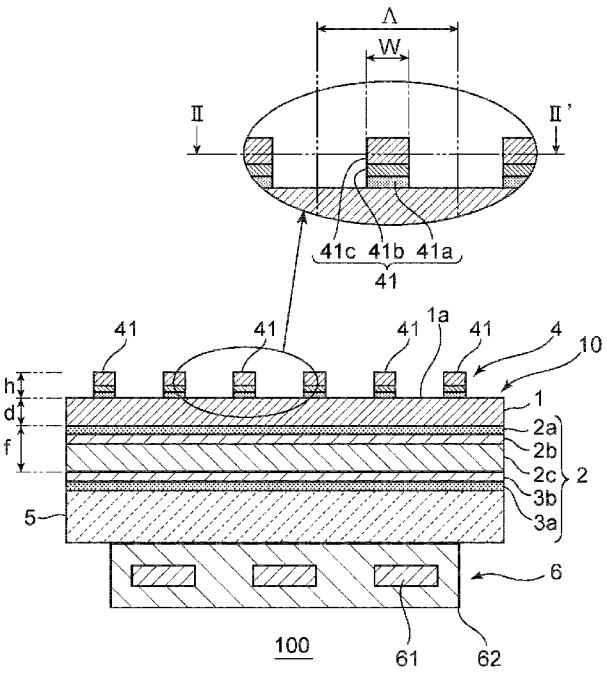
(72) 発明者:河野 佑大(**KONO Yudai**); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人:弁理士法人籾井特許事務所(**MOMII & ASSOCIATES**); 〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜１丁目４番４号 アクア堂島東館７階 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, 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, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,

(54) **Title:** INFRARED HEATER

(54) 発明の名称： 赤外線ヒーター




(57) **Abstract:** Provided is an infrared heater having excellent heat resistance. An infrared heater according to one embodiment of the present invention comprises: a dielectric layer; a conductor pattern including a plurality of first conductor parts; and a second conductor part. The conductor pattern is disposed on the dielectric layer. The plurality of first conductor parts are arranged spaced apart from each other so as to constitute a periodic structure. The second conductor part is disposed on the opposite side to the conductor pattern with respect to the dielectric layer. Each of the plurality of first

WO 2025/052753 A1

[続葉有]

LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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))

conductor parts includes a first adhesive layer, a first barrier layer, and a first body layer. The first adhesive layer is in contact with the dielectric layer. The first body layer is disposed on the opposite side to the dielectric layer with respect to the first adhesive layer. The first barrier layer is disposed between the first adhesive layer and the first body layer. The first barrier layer can barrier transition of a material constituting the first adhesive layer to the first body layer.

**(57)** 要約:優れた耐熱性を有する赤外線ヒーターが提供される。本発明の１つの実施形態による赤外線ヒーターは、誘電体層と、複数の第１導体部を含む導体パターンと、第２導体部と、を備えている。導体パターンは、誘電体層上に配置されている。複数の第１導体部は、周期構造を構成するように互いに間隔を空けて配列されている。第２導体部は、誘電体層に対して該導体パターンと反対側に配置されている。複数の第１導体部のそれぞれは、第１接着層と、第１バリア層と、第１本体層と、を備えている。第１接着層は、誘電体層と接触している。第１本体層は、第１接着層に対して誘電体層と反対側に配置されている。第１バリア層は、第１接着層と第１本体層との間に配置されている。第１バリア層は、第１接着層を構成している材料の第１本体層への移行をバリア可能である。

# 明　細　書

## 発明の名称 ： 赤外線ヒーター

## 技術分野

[0001]　本発明は、赤外線ヒーターに関する。

## 背景技術

[0002]　従来、赤外線を放射する赤外線ヒーターが知られている。このような赤外線ヒーターは対象物に効率よくエネルギーを付与するために、狭帯域の赤外線を放射することが望まれている。例えば、発熱体と、赤外線の放射面を有する構造体と、を備え、構造体が、周期構造を構成する複数の個別導体層を含む第１導体層と、接着層と、誘電体層と、第２導体層とを、この順に備える赤外線ヒーターが提案されている（例えば、特許文献１参照）。このような赤外線ヒーターでは、構造体が発熱体からのエネルギーを吸収すると、半値幅が１．５μｍ以下で放射率が値０．８以上の最大ピークを有する赤外線が放射される。

近年、赤外線ヒーターから放射される赤外線の放射エネルギー強度の向上が望まれている。そこで、特許文献１に記載の赤外線ヒーターにおいて、構造体をより高温（例えば４００℃以上）に加熱して、赤外線の放射エネルギー強度の向上を図ることが検討されている。そのため、高温域での作動可能となるように、赤外線ヒーターの耐熱性の向上が期待されている。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１７－５０２５４号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0004]　本発明の主たる目的は、優れた耐熱性を有する赤外線ヒーターを提供することにある。

## 課題を解決するための手段

[0005] ［１］本発明の１つの実施形態による赤外線ヒーターは、誘電体層と、複数の第１導体部を含む導体パターンと、第２導体部と、を備えている。該導体パターンは、該誘電体層上に配置されている。該複数の第１導体部は、周期構造を構成するように互いに間隔を空けて配列されている。該第２導体部は、該誘電体層に対して該導体パターンと反対側に配置されている。複数の第１導体部のそれぞれは、第１接着層と、第１バリア層と、第１本体層と、を備えている。該第１接着層は、該誘電体層と接触している。該第１本体層は、該第１接着層に対して該誘電体層と反対側に配置されている。該第１バリア層は、該第１接着層と該第１本体層との間に配置されている。該第１バリア層は、該第１接着層を構成している材料の第１本体層への移行をバリア可能である。

［２］上記［１］に記載の赤外線ヒーターにおいて、上記第１バリア層の厚みは、０．２ｎｍ以上５０ｎｍ以下であってもよい。

［３］上記［１］または［２］に記載の赤外線ヒーターにおいて、上記第１バリア層を構成している材料は、白金族元素、および／または、その酸化物を含んでいてもよい。

［４］上記［１］から［３］のいずれかに記載の赤外線ヒーターにおいて、上記第２導体部は、第２接着層と、第２バリア層と、第２本体層と、を備えていてもよい。該第２接着層は、上記誘電体層と接触している。該第２本体層は、該第２接着層に対して該誘電体層と反対側に配置されている。該第２バリア層は、該第２接着層と該第２本体層との間に配置されている。該第２バリア層は、該第２接着層を構成している材料の該第２本体層への移行をバリア可能である。

［５］上記［４］に記載の赤外線ヒーターは、支持基板を、さらに備えていてもよい。該支持基板は、上記第２導体部に対して上記誘電体層と反対側に配置されている。

［６］上記［５］に記載の赤外線ヒーターは、上記第２導体部は、第３接着層と、第３バリア層と、をさらに備えていてもよい。該第３接着層は、上記

支持基板と接触している。該第３バリア層は、該第３接着層と該第２本体層との間に配置されている。該第３バリア層は、該第３接着層を構成している材料の該第２本体層への移行をバリア可能である。

［７］上記［１］から［６］のいずれかに記載の赤外線ヒーターにおいて、上記複数の第１導体部のそれぞれの厚みは、３０ｎｍ以上２００ｎｍ以下であってもよい。複数の第１導体部のそれぞれが厚み方向から見て矩形状を有する場合、第１導体部の一辺の長さは、５００ｎｍ以上８０００ｎｍ以下であってもよい。複数の第１導体部のそれぞれが厚み方向から見て円形状を有する場合、第１導体部の直径は、５００ｎｍ以上８０００ｎｍ以下であってもよい。

［８］上記［１］から［７］のいずれかに記載の赤外線ヒーターにおいて、上記複数の第１導体部のうち互いに隣り合う第１導体部の間の間隔は、３００ｎｍ以上４０００ｎｍ以下であってもよい。

［９］上記［１］から［８］のいずれかに記載の赤外線ヒーターは、加熱部を、さらに備えていてもよい。該加熱部は、上記誘電体層と上記複数の第１導体部と上記第２導体部とから構成されるメタマテリアル構造体を加熱可能である。

［１０］上記［９］に記載の赤外線ヒーターにおいて、上記メタマテリアル構造体は、上記加熱部の加熱によってマグネティックポラリトンによる共鳴現象が発生するように構成されていてもよい。赤外線ヒーターは、垂直放射率が０．８以上の最大ピークを有する赤外線を放射可能であってもよい。該最大ピークのピーク波長は、２μｍ以上１０μｍ以下であってもよく、該最大ピークの半値幅は、１．５μｍ以下であってもよい。

## 発明の効果

[0006] 本発明の実施形態によれば、優れた耐熱性を有する赤外線ヒーターを実現し得る。

## 図面の簡単な説明

[0007] [図1]図１は、本発明の１つの実施形態による赤外線ヒーターの概略断面図で

ある。

[図2]図２は、図１の第１導体部のＩＩ－ＩＩ´断面図である。

[図3A]図３Ａは、本発明の１つの実施形態による赤外線ヒーターの製造方法における支持基板を準備する工程を説明するための概略断面図である。

[図3B]図３Ｂは、図３Ａの支持基板上に第２導体部を形成する工程を説明するための概略断面図である。

[図3C]図３Ｃは、図３Ｂの第２導体部上に誘電体層を形成する工程を説明するための概略断面図である。

[図3D]図３Ｄは、図３Ｃの誘電体層上にレジストパターンを形成する工程を説明するための概略断面図である。

[図3E]図３Ｅは、図３Ｄのレジストパターンを介して、誘電体層上に導体パターンを形成する工程を説明するための概略断面図である。

[図4]図４は、実施例２の赤外線ヒーターにおける加熱耐久試験前後の赤外線放射率曲線を示すグラフである。

[図5]図５は、比較例２の赤外線ヒーターにおける加熱耐久試験前後の赤外線放射率曲線を示すグラフである。

[図6]図６は、実施例２の赤外線ヒーターにおける加熱耐久試験前後の赤外線放射率曲線を示すグラフである。

[図7]図７は、実施例３の赤外線ヒーターにおける加熱耐久試験前後の赤外線放射率曲線を示すグラフである。

[図8]図８は、実施例４の赤外線ヒーターにおける加熱耐久試験前後の赤外線放射率曲線を示すグラフである。

[図9]図９は、加熱耐久試験前における実施例２の赤外線ヒーターの第１導体部の走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）写真である。

[図10]図１０は、５００時間の加熱耐久試験後における実施例２の赤外線ヒーターの第１導体部のＳＥＭ写真である。

[図11]図１１は、５００時間の加熱耐久試験後における実施例３の赤外線ヒーターの第１導体部のＳＥＭ写真である。

[図12]図１２は、５００時間の加熱耐久試験後における実施例４の赤外線ヒーターの第１導体部のＳＥＭ写真である。

## 発明を実施するための形態

[0008] 以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明するが、本発明はこれらの実施形態には限定されない。また、図面は説明をより明確にするため、実施の形態に比べ、各部の幅、厚さ、形状等について模式的に表される場合があるが、あくまで一例であって、本発明の解釈を限定するものではない。

[0009] Ａ．赤外線ヒーターの概略

図１は本発明の１つの実施形態による赤外線ヒーターの概略断面図であり；図２は図１の第１導体部のＩＩ－ＩＩ´断面図である。なお、図２では、便宜上ハッチングを省略している。

[0010] 図示例の赤外線ヒーター１００は、波長を制御した赤外線、より具体的には、垂直放射率が最大となる波長（以下、ピーク波長とする）を制御した赤外線を放射可能である。つまり、赤外線ヒーター１００は、代表的には、波長制御ヒーターとして機能する。

図１に示すように、赤外線ヒーター１００は、誘電体層１と、複数の第１導体部４１を含む導体パターン４と、第２導体部２と、を備えている。導体パターン４は、誘電体層１上に配置されている。複数の第１導体部４１は、周期構造を構成するように互いに間隔を空けて配列されている。第２導体部２は、誘電体層１に対して導体パターン４と反対側に配置されている。

複数の第１導体部４１のそれぞれは、第１接着層４１ａと、第１バリア層４１ｂと、第１本体層４１ｃと、を備えている。第１接着層４１ａは、誘電体層１と接触している。第１本体層４１ｃは、第１接着層４１ａに対して誘電体層１と反対側に配置されている。第１バリア層４１ｂは、第１接着層４１ａと第１本体層４１ｃとの間に配置されている。第１バリア層４１ｂは、第１接着層４１ａを構成している材料の第１本体層４１ｃへの移行をバリア可能である。

本発明者らは、赤外線ヒーターを高温域（例えば４００℃以上）で作動させると、赤外線ヒーターが放射する赤外線の最大放射率が徐々に低下することを発見した。そこで、赤外線ヒーターの耐熱性の向上について鋭意検討した結果、第１導体部において第１接着層と第１本体層との間に第１バリア層を設けると、赤外線ヒーターの耐熱性を十分に向上し得ることを見出した。より具体的には、第１接着層と第１本体層との間に第１バリア層を設けると、第１バリア層が第１接着層を構成する材料の第１本体層への移行を抑制し得る。これによって、赤外線ヒーターを高温域で作動させても、第１接着層の材料が第１本体層に移行して第１本体層上に酸化被膜が形成されることを抑制し得る。そのため、赤外線ヒーターは、高温域で長期にわたって作動可能となり、優れた最大垂直放射率を有する赤外線を安定して放射し得る。このような赤外線ヒーター１００は、例えば１０℃以上６００℃以下、また例えば６５０℃以上８００℃以下、また例えば４００℃以上１０００℃以下の温度域において、好適に作動し得る。

[0011] 図示例では、複数の第１導体部４１と誘電体層１と第２導体部２とは、メタマテリアル構造１０を構成している。メタマテリアル構造１０は、代表的には、マグネティックポラリトンによる共鳴現象が発生するように構成されている。当該共鳴現象が生じると、複数の第１導体部４１と第２導体部２との間の誘電体層１内において強い電磁場の閉じ込め効果が生じ得る。これによって、誘電体層１のうち各第１導体部４１と第２導体部２とに挟まれる部分が赤外線の放射源として機能する。すると、ピーク波長を制御した赤外線が、誘電体層１の表面のうち複数の第１導体部４１が設けられていない部分（以下では、放射面１ａとする）から、複数の第１導体部４１を回り込んで放射される。

[0012] １つの実施形態において、赤外線ヒーター１００は、垂直放射率が０．８０以上の最大ピークを有する赤外線を放射可能である。最大ピークは、例えば、赤外線における波長と垂直放射率とをプロットして求められる赤外線放射率曲線（図４参照）により求められる。

最大ピークのピーク波長は、例えば２．０μｍ以上１０μｍ以下の範囲内に位置し、また例えば３．０μｍ以上７．０μｍ以下の範囲内に位置する。

最大ピークの垂直放射率は、好ましくは０．８５以上、より好ましくは０．９０以上である。一方、最大ピークの垂直放射率の上限は、代表的には１．０である。なお、赤外線における垂直放射率は、例えば、透過率を値０としてキルヒホッフの法則を適用して得られる下記式（１）により算出される。なお、垂直反射率は、例えば、積分球を有するフーリエ変換赤外分光計（ＦＴ－ＩＲ）により測定される。

（垂直放射率）＝１－（垂直反射率）・・・（１）

最大ピークの半値幅は、例えば１．５μｍ以下であり、好ましくは１．０μｍ以下である。一方、最大ピークの半値幅の下限は、代表的には０μｍである。

上記した赤外線放射率曲線において、最大ピークの立ち上がりから立下りまでの波長領域以外の波長領域では、垂直放射率が０．２以上のピークは存在しないことが好ましい。

[0013] １つの実施形態において、第２導体部２は、第２接着層２ａと、第２バリア層２ｂと、第２本体層２ｃと、を備えている。第２接着層２ａは、誘電体層１と接触している。第２本体層２ｃは、第２接着層２ａに対して誘電体層１と反対側に配置されている。第２バリア層２ｂは、第２接着層２ａと第２本体層２ｃとの間に配置されている。第２バリア層２ｂは、第２接着層２ａを構成している材料の第２本体層２ｃへの移行をバリア可能である。

このような構成によれば、第１導体部と第２導体部とがともに積層構造を有しているので、メタマテリアル構造において上記した共鳴現象を安定して発生させ得る。また、赤外線ヒーターを高温域で作動させても、第２バリア層が第２接着層を構成する材料の第２本体層への移行を抑制し得る。そのため、赤外線ヒーターの耐熱性をより向上し得、上記した最大ピークを有する赤外線をより安定して放射し得る。

[0014] １つの実施形態において、赤外線ヒーター１００は、支持基板５をさらに

備えている。支持基板５は、第２導体部２に対して誘電体層１と反対側に配置されている。これによって、支持基板が上記したメタマテリアル構造を安定して支持し得る。

[0015] １つの実施形態において、第２導体部２は、第３接着層３ａと、第３バリア層３ｂと、をさらに備えている。第３接着層３ａは、支持基板５と接触している。第３バリア層３ｂは、第３接着層３ａと第２本体層２ｃとの間に配置されている。第３バリア層３ｂは、第３接着層３ａを構成している材料の第２本体層２ｃへの移行をバリア可能である。このような構成によれば、第２導体部を支持基板に対して十分に接着し得、かつ、赤外線ヒーターを高温域で作動させても、第３バリア層が第３接着層を構成する材料の第２本体層への移行を抑制し得る。そのため、赤外線ヒーターの耐熱性をより一層向上し得、上記した最大ピークを有する赤外線をより一層安定して放射し得る。

[0016] １つの実施形態において、赤外線ヒーター１００は、加熱部６をさらに備えている。加熱部６は、メタマテリアル構造１０を加熱可能である。メタマテリアル構造１０では、加熱部６の加熱によって、上記した共鳴現象が発生し得る。これによって、赤外線ヒーターは、上記した赤外線を安定して放射し得る。

図示例では、加熱部６は、支持基板５に対して第２導体部２と反対側に配置されている。そのため、加熱部は、支持基板を介してメタマテリアル構造を円滑に加熱し得る。

[0017] 赤外線ヒーター１００は、誘電体層１の厚み方向から見て、任意の適切な形状を有している。厚み方向から見た赤外線ヒーターの形状として、例えば、三角形、四角形、五角形、六角形以上の多角形、円形、楕円形が挙げられる。

[0018] 以下では、赤外線ヒーターの各構成の詳細について説明する。

[0019] Ｂ．誘電体層

誘電体層１は、複数の第１導体部４１を含む導体パターン４と第２導体部２との間に配置されている。図示例では、誘電体層１は、第１導体部４１と

第２導体部２とのそれぞれと直接接触している。

[0020] 誘電体層１を構成する材料として、メタマテリアル構造を構成可能な任意の適切な無機酸化物が挙げられる。無機酸化物として、例えば、シリカ（$SiO_2$）、アルミナ（$Al_2O_3$）が挙げられ、好ましくはアルミナが挙げられる。無機酸化物は、単独でまたは組み合わせて使用できる。

[0021] 誘電体層１の厚みｄは、例えば３０ｎｍ以上、好ましくは１００ｎｍ以上、より好ましくは１５０ｎｍ以上である。一方、誘電体層１の厚みｄは、例えば３００ｎｍ以下、好ましくは２５０ｎｍ以下、より好ましくは２１０ｎｍ以下である。誘電体層の厚みがこのような範囲であると、赤外線のピーク波長を上記した範囲に安定して調整し得る。

[0022] Ｃ．複数の第１導体部を含む導体パターン

導体パターン４は、代表的には、誘電体層１における第２導体部２と反対側の表面に直接設けられている。導体パターン４は、メタマテリアル構造を構成可能な任意の適切なパターン形状を有している。導体パターン４は、上記のように、複数の第１導体部４１を備えている。複数の第１導体部４１のそれぞれは、代表的には、電気伝導性を有している。

[0023] 複数の第１導体部４１は、誘電体層１上において、互いに等間隔を空けて配列されており、周期構造を構成している。より具体的には、誘電体層１の第１の面方向に互いに等間隔を空けて配置される複数の第１導体部４１からなる列が、第１の面方向と直交する第２の面方向に等間隔を空けて並列配置されている（図２参照）。

[0024] 誘電体層の面方向（第１の面方向または第２の面方向）において、複数の第１導体部４１のうち互いに隣り合う第１導体部４１の間の間隔は、例えば３００ｎｍ以上、また例えば５００ｎｍ以上、また例えば１０００ｎｍ以上である。一方、互いに隣り合う第１導体部４１の間の間隔は、例えば８０００ｎｍ以下、また例えば５０００ｎｍ以下、また例えば４０００ｎｍ以下である。

複数の第１導体部４１のそれぞれは、メタマテリアル構造を構成可能な任

意の適切な形状を有し得る。厚み方向から見た第１導体部４１の形状として、例えば、円形、矩形状（四角形状）が挙げられ、好ましくは矩形状が挙げられ、より好ましくは正方形が挙げられる。

誘電体層の面方向（第１の面方向または第２の面方向）における第１導体部４１の寸法は、所望のピーク波長に応じて、任意かつ適切に調整され得る。第１導体部４１が矩形状を有する場合、第１導体部４１の一辺長さ（幅）ｗは、例えば５００ｎｍ以上、また例えば１０００ｎｍ以上である。一方、第１導体部４１の一辺長さ（幅）ｗは、例えば８０００ｎｍ以下、また例えば４０００ｎｍ以下である。

第１導体部４１が円形状を有する場合、第１導体部４１の直径（幅）の範囲は、例えば、上記した幅ｗの範囲と同様である。

複数の第１導体部４１の形状およびサイズは、すべてが同一であってもよく、少なくとも一部が異なっていてもよい。複数の第１導体部４１の形状およびサイズは、好ましくは、すべて同一である。

複数の第１導体部４１が構成する周期構造の周期Λは、互いに隣り合う第１導体部４１の間の間隔と第１導体部４１の幅ｗとの総和である。周期Λは、所望のピーク波長に応じて、任意かつ適切に調整され得る。周期Λは、例えば５００ｎｍ以上、また例えば１０００ｎｍ以上である。一方、周期Λは、例えば８０００ｎｍ以下、また例えば４０００ｎｍ以下である。

周期Λがこのような範囲であれば、赤外線ヒーターの角度依存性を好適に調整し得る。

[0025] 第１導体部４１の厚みｈは、例えば３０ｎｍ以上、好ましくは５０ｎｍ以上である。一方、第１導体部４１の厚みｈは、例えば２００ｎｍ以下、好ましくは１５０ｎｍ以下、より好ましくは１００ｎｍ以下である。第１導体部の厚みがこのような範囲であると、赤外線のピーク波長を上記した範囲により安定して調整し得る。

[0026] Ｃ－１．第１接着層

複数の第１導体部４１のそれぞれは、上記のように、第１接着層４１ａと

、第１バリア層４１ｂと、第１本体層４１ｃと、を備えている。

第１接着層４１ａは、代表的には、第１導体部４１を誘電体層１に接合している。これによって、誘電体層に対する第１導体部の密着性を向上し得、第１導体部が誘電体層からはく離することを抑制し得る。

[0027] 第１接着層４１ａは、任意の適切な金属材料から構成され得る。第１接着層４１ａを構成する金属材料として、例えば、クロム（Ｃｒ）、ニッケル（Ｎｉ）、チタン（Ｔｉ）、および、それらの合金が挙げられ、好ましくはチタン（Ｔｉ）が挙げられる。

[0028] 第１接着層４１ａの厚みは、例えば０．２ｎｍ以上、好ましくは３．０ｎｍ以上である。第１接着層がこのような厚みを有していれば、誘電体層に対する第１導体部の密着性を安定して向上し得る。一方、第１接着層４１ａの厚みは、例えば３０ｎｍ以下、好ましくは２０ｎｍ以下、より好ましくは１０ｎｍ以下、さらに好ましくは８．０ｎｍ以下である。

[0029] Ｃ－２．第１バリア層

１つの実施形態において、第１バリア層４１ｂは、第１接着層４１ａにおける誘電体層１と反対側の表面に直接設けられている。第１バリア層４１ｂは、代表的には、第１接着層４１ａにおける誘電体層１と反対側の表面の全体に設けられている。これによって、第１接着層の材料の第１本体層への移行をより安定してバリアし得る。

[0030] 第１バリア層４１ｂは、任意の適切な金属材料から構成され得る。第１バリア層４１ｂを構成する金属材料として、例えば、白金族元素、および、その酸化物が挙げられる。白金族元素として、具体的には、白金（Ｐｔ）、パラジウム（Ｐｄ）、ルテニウム（Ｒｕ）が挙げられ、好ましくは、白金（Ｐｔ）、パラジウム（Ｐｄ）が挙げられ、より好ましくは白金（Ｐｔ）が挙げられる。第１バリア層４１ｂを構成する金属材料は、２種以上の白金族元素の合金であってもよい。

[0031] 第１バリア層４１ｂの厚みは、例えば０．２ｎｍ以上、より好ましくは１．０ｎｍ以上、さらに好ましくは３．０ｎｍ以上である。第１バリア層がこ

のような厚みを有していれば、第１接着層の材料の第１本体層への移行を安定して抑制し得る。

一方、第１バリア層４１ｂの厚みは、例えば５０ｎｍ以下、より好ましくは３０ｎｍ以下、さらに好ましくは２０ｎｍ以下、とりわけ好ましくは１５ｎｍ以下、特に好ましくは１０ｎｍ以下、最も好ましくは８．０ｎｍ以下である。第１バリア層がこのような厚みであれば、第１バリア層がメタマテリアル構造で発生する共鳴現象に影響することを抑制し得、上記した最大ピークを有する赤外線をより安定して放射し得る。

また、第１バリア層の厚みがこのような上限以下であれば、赤外線ヒーターが長期にわたって高温に曝されても、第１バリア層における粒成長を抑制し得る。

第１バリア層において粒成長が生じると、第１導体部のパターン形状が崩れ（変形し）、赤外線ヒーターが放射する赤外線の最大放射率が低下するおそれがある。

これに対して、１つの実施形態では、第１バリア層における粒成長が十分に抑制されているので、赤外線ヒーターが長期にわたって高温に曝されても、第１導体部のパターン形状が崩れる（変形する）ことを抑制し得、赤外線ヒーターが放射する赤外線の最大放射率の低下を十分に抑制し得る。その結果、赤外線ヒーターの耐熱性のさらなる向上を図り得る。

[0032] 第１バリア層４１ｂの厚みは、代表的には、第１接着層４１ａの厚み以上である。つまり、第１接着層４１ａの厚みに対する第１バリア層４１ｂの厚み比（第１バリア層の厚み／第１接着層の厚み）は、例えば１．０以上である。一方、第１バリア層の厚み／第１接着層の厚みは、例えば１０以下、好ましくは５．０以下、より好ましくは２．０以下である。

第１バリア層４１ｂの厚みは、代表的には、第１本体層４１ｃの厚み未満である。第１本体層４１ｃの厚みに対する第１バリア層４１ｂの厚み比（第１バリア層の厚み／第１本体層の厚み）は、例えば０．０２以上、好ましくは０．０５以上である。一方、第１バリア層の厚み／第１本体層の厚みは、

例えば０．５０以下、好ましくは０．３０以下、より好ましくは０．１５以下である。

[0033] Ｃ－３．第１本体層

１つの実施形態において、第１本体層４１ｃは、第１バリア層４１ｂにおける第１接着層４１ａと反対側の表面に直接設けられている。第１本体層４１ｃは、代表的には、第１バリア層４１ｂにおける第１接着層４１ａと反対側の表面の全体に設けられている。

[0034] 第１本体層４１ｃは、任意の適切な金属材料から構成され得る。第１本体層４１ｃを構成する金属材料として、例えば、融点が２５００℃未満の低融点材料、融点が２５００℃以上の高融点材料、および、それらの合金が挙げられる。

低融点材料として、例えば、金（Ａｕ、融点：１０６４℃）、銀（Ａｇ、融点：９６２℃）、銅（Ｃｕ、融点：１０８５℃）、鉄（Ｆｅ、融点：１５３８℃）、アルムニウム（Ａｌ、融点：６６０℃）、および、それらの合金が挙げられ、好ましくは金（Ａｕ）が挙げられる。

高融点材料として、例えば、イリジウム（Ｉｒ、融点：２４６６℃）、ルテニウム（Ｒｕ、融点：２３３４℃）、窒化ハフニウム（ＨｆＮ、融点：３３３４℃）、窒化チタン（ＴｉＮ、融点：２９３０℃）、および、それらの合金が挙げられる。第１本体層が高融点材料を含んでいると、第１本体層における粒成長を抑制し得る。そのため、赤外線ヒーターが長期にわたって高温に曝されても、第１導体部のパターン形状が崩れる（変形する）ことをより一層抑制し得る。

[0035] 第１本体層４１ｃの厚みは、例えば３０ｎｍ以上２００ｎｍ以下、好ましくは５０ｎｍ以上１１０ｎｍ以下である。

[0036] Ｄ．第２導体部

第２導体部２は、代表的には、誘電体層１における導体パターン４と反対側の表面に直接設けられている。第２導体部２は、電気伝導性を有している。第２導体部２は、誘電体層１における導体パターン４と反対側の表面の全

体に設けられていてもよく、当該表面の一部にのみ設けられていてもよい。図示例では、第２導体部２は、誘電体層１における導体パターン４と反対側の表面の全体にわたって層状に設けられている。

[0037] 第２導体部２は、単層構造を有していてもよく、複数の金属膜が積層された積層構造を有していてもよい。第２導体部２を構成する材料として、メタマテリアル構造を構成可能な任意の適切な金属材料が挙げられる。金属材料として、例えば、クロム（Ｃｒ）、チタン（Ｔｉ）、ルテニウム（Ｒｕ）、金（Ａｕ）、アルムニウム（Ａｌ）、ニッケル（Ｎｉ）、銅（Ｃｕ）、銀（Ａｇ）、パラジウム（Ｐｄ）、および、それらの合金が挙げられる。

第２導体部２の厚みｆは、例えば３０ｎｍ以上５００ｎｍ以下、好ましくは５０ｎｍ以上３００ｎｍ以下である。第２導体部がこのような厚みを有していると、メタマテリアル構造において上記した共鳴現象を安定し発生させ得る。

[0038] 図示例では、第２導体部２は、積層構造を有しており、第２接着層２ａと、第２バリア層２ｂと、第２本体層２ｃと、第３バリア層３ｂと、第３接着層３ａと、を備えている。

第２接着層２ａは、代表的には、第２導体部２を誘電体層１に接合している。これによって、誘電体層に対する第２導体部の密着性を向上し得、第２導体部が誘電体層からはく離することを抑制し得る。第２接着層２ａは、上記した第１接着層４１ａと同様に説明され得る。そのため、第２接着層２ａの説明を省略する。第２接着層２ａを構成する金属材料は、好ましくは、第１接着層４１ａを構成する金属材料と同じである。第２接着層２ａの厚みは、好ましくは、第１接着層４１ａの厚みと同様である。

[0039] １つの実施形態において、第２バリア層２ｂは、第２接着層２ａにおける誘電体層１と反対側の表面に直接設けられている。第２バリア層２ｂは、代表的には、第２接着層２ａにおける誘電体層１と反対側の表面の全体に設けられている。これによって、第２接着層の材料の第２本体層への移行をより安定して抑制し得る。第２バリア層２ｂは、上記した第１バリア層４１ｂと

同様に説明され得る。そのため、第２バリア層２ｂの説明を省略する。第２バリア層２ｂを構成する金属材料は、好ましくは、第１バリア層４１ｂを構成する金属材料と同じである。第２バリア層２ｂの厚みは、好ましくは、第１バリア層４１ｂの厚みと同様である。

[0040] １つの実施形態において、第２本体層２ｃは、第２バリア層２ｂにおける第２接着層２ａと反対側の表面に直接設けられている。第２本体層２ｃは、代表的には、第２バリア層２ｂにおける第２接着層２ａと反対側の表面の全体に設けられている。第２本体層２ｃは、上記した第１本体層４１ｃと同様に説明され得る。そのため、第２本体層２ｃの説明を省略する。第２本体層２ｃを構成する金属材料は、好ましくは、第１本体層４１ｃを構成する金属材料と同じである。第２本体層２ｃの厚みは、好ましくは、第１本体層４１ｃの厚みと同様である。

[0041] １つの実施形態において、第３接着層３ａは、支持基板５における第２導体部２側の表面に直接設けられている。第３接着層３ａは、支持基板５における第２導体部２側の表面の全体に設けられていてもよく、当該表面の一部にのみ設けられていてもよい。図示例では、第３接着層３ａは、支持基板５の表面の全体に設けられている。

第３接着層３ａは、代表的には、第２導体部２を支持基板５に接合している。これによって、支持基板に対する第２導体部の密着性を向上し得、第２導体部が支持基板からはく離することを抑制し得る。第３接着層３ａは、上記した第１接着層４１ａと同様に説明され得る。そのため、第３接着層３ａの説明を省略する。第３接着層３ａを構成する金属材料は、好ましくは、第１接着層４１ａを構成する金属材料と同じである。第３接着層３ａの厚みは、好ましくは、第１接着層４１ａの厚みと同様である。

[0042] １つの実施形態において、第３バリア層３ｂは、第３接着層３ａにおける支持基板５と反対側の表面に直接設けられており、第２本体層２ｃと接触している。第３バリア層３ｂは、代表的には、第３接着層３ａにおける支持基板５と反対側の表面の全体に設けられている。これによって、第３接着層の

材料の第２本体層への移行をより安定して抑制し得る。第３バリア層３ｂは、上記した第１バリア層４１ｂと同様に説明され得る。そのため、第３バリア層３ｂの説明を省略する。第３バリア層３ｂを構成する金属材料は、好ましくは、第１バリア層４１ｂを構成する金属材料と同じである。第３バリア層３ｂの厚みは、好ましくは、第１バリア層４１ｂの厚みと同様である。

[0043] Ｅ．支持基板

支持基板５は、赤外線ヒーター１００に優れた機械的強度を付与し得る。支持基板５は、赤外線ヒーターに使用可能な任意の適切な基板が採用され得る。支持基板５は、代表的には、略平板形状を有している。

支持基板５を構成する材料として、例えば、耐熱性に優れた材料が挙げられる。具体的には、サファイア、シリコン（Ｓｉ）、石英が挙げられ、好ましくは石英が挙げられる。

支持基板５は、単層構造を有していてもよく、複数の基板が積層された積層構造を有していてもよい。

支持基板５の厚みは、例えば１００μｍ以上１０００μｍ以下であり、また例えば５０μｍ以上７００μｍ以下である。

[0044] Ｆ．加熱部

加熱部６は、代表的には、支持基板５における第２導体部２と反対側の表面に接触している。加熱部６は、上記のように、メタマテリアル構造１０を加熱可能である。加熱部６の加熱温度は、例えば２００℃以上８００℃以下、好ましくは６５０℃以上８００℃以下である。

加熱部６の構成は、特に制限されない。加熱部として、任意かつ適切な発熱ユニットを採用し得る。

[0045] １つの実施形態において、加熱部６は、面状ヒーターとして構成されている。図示例では、加熱部６は、基体６２と、発熱体６１と、を備えている。

基体６２は、代表的には、絶縁性材料から構成されている。絶縁性材料として、例えば、ポリイミドなどの絶縁性樹脂、絶縁性セラミックス材料が挙げられる。図示例では、基体６２は、略平板形状を有している。

発熱体６１は、代表的には、基体６２に埋設されている。１つの実施形態において、発熱体６１は、抵抗発熱体であって、外部からの電力が入力されることにより発熱する。図示しないが、発熱体６１は、ヒーター配線と、端子と、備えている。ヒーター配線は、代表的には、線形状または帯状を有している。ヒーター配線は、基体６２の内部において、任意かつ適切に引き回されている。端子は、ヒーター配線の両端部のそれぞれに設けられている。端子は、代表的には、外部電源に電気的に接続されている。発熱体６１の材料として、例えば、タングステン（Ｗ）、モリブデン（Ｍｏ）、タンタル（Ｔａ）、Ｔａ，Ｆｅ－Ｃｒ－ＡＩ合金、Ｎｉ－Ｃｒ合金が挙げられる。

[0046] Ｇ．赤外線ヒーターの製造方法

次に、図３Ａ～図３Ｅを参照して、赤外線ヒーター１００の製造方法の１つの実施形態について説明する。

まず、図３Ａに示すように、上記した支持基板５を準備する。その後、必要に応じて、図３Ｂに示すように、支持基板５上に、上記した第２導体部２を形成する。代表的には、第２導体部２を支持基板５上に成膜する。第２導体部２の成膜方法として、例えば、スパッタリング、めっき、蒸着が挙げられ、好ましくはスパッタリングが挙げられる。図示例では、第２導体部２は、第２接着層２ａと、第２バリア層２ｂと、第２本体層２ｃと、第３バリア層３ｂと、第３接着層３ａと、を有している。この場合、上記した成膜方法を繰り返して、第３接着層３ａ、第３バリア層３ｂ、第２本体層２ｃ、第２バリア層２ｂおよび第２接着層２ａを、支持基板５側からこの順に成膜する。

[0047] 次いで、図３Ｃに示すように、第２導体部２上に上記した誘電体層１を形成する。代表的には、誘電体層１を第２導体部２上に成膜する。図示例では、誘電体層１を第２接着層２ａ上に成膜する。誘電体層１の成膜方法として、例えば、スパッタリング、原子層堆積（ＡＬＤ）法が挙げられる。

[0048] 次いで、図３Ｄおよび図３Ｅに示すように、誘電体層１上に、上記した複数の第１導体部４１を含む導体パターン４を形成する。

１つの実施形態では、図３Ｄに示すように、誘電体層１上にレジストパターン９を形成する。レジストパターン９の形成方法として、例えば、フォトリソグラフィー、ナノインプリントリソグラフィー、電子ビーム（ＥＢ）描画を用いたマスクレスリソグラフィーが挙げられ、好ましくはフォトリソグラフィーが挙げられる。これによって、レジストパターン９に、複数の第１導体部４１に対応する開口を精度よく形成し得る。開口のサイズは、上記した第１導体部４１の幅ｗに対応する。

次いで、図３Ｅに示すように、誘電体層１におけるレジストパターン９からの露出部分に、上記した複数の第１導体部４１を、任意の適切な成膜方法により成膜する。第１導体部４１の成膜方法として、例えば、スパッタリング、めっき、蒸着が挙げられ、好ましくは蒸着が挙げられる。より詳しくは、上記した成膜方法を繰り返して、第１接着層４１ａと第１バリア層４１ｂと第１本体層４１ｃとを、誘電体層１側からこの順に成膜する。

次いで、レジストパターン９を任意の適切な方法により除去する。

[0049] 以上によって、図１に示すように、複数の第１導体部４１を含む導体パターン４／誘電体層１／第２導体部２／支持基板５の構造を有する赤外線ヒーター１００が製造される。

## 実施例

[0050] 以下、実施例によって本発明を具体的に説明するが、本発明はこれら実施例によって限定されるものではない。

[0051] ＜実施例１～４＞

まず、厚み６２５μｍの石英ウェハーを支持基板として準備した。支持基板上に、第３接着層、第３バリア層、第２本体層と、第２バリア層と、第２接着層と、をこの順にスパッタリングにより成膜した。これによって、第２接着層と第２バリア層と第２本体層と第３バリア層と第３接着層とを備える第２導体部を形成した。なお、第２接着層と第２バリア層と第２本体層と第３バリア層と第３接着層とのそれぞれを構成する金属材料と、各層の厚みとを表１に示す。

[0052] 次いで、第２接着層上に、アルミナ（$Al_2O_3$）から構成される誘電体層をスパッタリングによって成膜した。誘電体層の厚みを表１に示す。

[0053] 次いで、誘電体層上にレジストパターンをフォトリソグラフィーによって形成した。レジストパターンは、導体パターンの複数の第１導体部に対応する開口を有していた。

次いで、誘電体層におけるレジストパターンからの露出部分に、第１接着層と、第１バリア層と、第１本体層と、をこの順に蒸着により成膜した。これによって、誘電体層上に導体パターンを形成した。

導体パターンは、周期構造を構成する複数の第１導体部を含んでいた。複数の第１導体部のそれぞれは、第１本体層と第１バリア層と第１接着層とを備えていた。なお、第１本体層と第１バリア層と第１接着層とのそれぞれを構成する金属材料と、各層の厚みとを表１に示す。

各第１導体部は、厚み方向から見て円形形状を有していた。各第１導体部の直径は、２．３μｍであった。複数の第１導体部の周期は、４．３μｍであった。

その後、レジストパターンを除去した。

[0054] これによって、複数の第１導体部を含む導体パターン／誘電体層／第２導体部／支持基板の構造を有する赤外線ヒーターを得た。

[0055] ＜＜加熱耐久試験＞＞

得られた赤外線ヒーターを加熱耐久試験に供した。より詳しくは、赤外線ヒーターを加熱炉内に配置して、６５０℃で表１に示す時間静置した。なお、表１における「０ｈｒ」は、加熱耐久試験の開始時（すなわち加熱前）を意味する。また、表１における「１０ｈｒ×５」は、赤外線ヒーターを、加熱炉に入れて６５０℃で１０時間加熱した後、加熱炉から取り出して室温（２３℃）まで冷却するサイクルを、５回繰り返したことを意味する。

次いで、表１に示す加熱耐久試験後の赤外線ヒーターを室温にて、誘電体層の放射面から赤外線を放射させた。当該赤外線の垂直入射半球反射率を、波長２．０μｍ～１２．０μｍの範囲で、積分球を有するフーリエ変換赤外

分光計（ＦＴ－ＩＲ）により測定し、上記式（１）により、垂直放射率（Ｎｏｒｍａｌ　Ｅｍｉｓｓｉｖｉｔｙ）を算出した。赤外線の最大垂直放射率を表１に示す。

また、図４において、実施例２の赤外線ヒーターの「０ｈｒ」での赤外線放射率曲線を点線で示し、実施例２の赤外線ヒーターの「１０ｈｒ×５」での赤外線放射率曲線を実線で示す。なお、赤外線放射率曲線は、赤外線ヒーターが放射する赤外線の波長と垂直放射率とをプロットして求められる。

さらに、図６において実施例２の赤外線ヒーターの赤外線放射率曲線を示し、図７において実施例３の赤外線ヒーターの赤外線放射率曲線を示し、図８において実施例４の赤外線ヒーターの赤外線放射率曲線を示す。なお、図６～８では、赤外線ヒーターの「０ｈｒ」での赤外線放射率曲線を点線で示し、赤外線ヒーターの「１００ｈｒ」での赤外線放射率曲線を一点鎖線で示し、赤外線ヒーターの「５００ｈｒ」での赤外線放射率曲線を実線で示す。

[0056] ＜比較例１～３＞

厚み６２５μｍの石英ウェハーを支持基板として準備した。支持基板上に、第３接着層と、第２本体層と、第２接着層と、をこの順にスパッタリングにより成膜した。これによって、第２接着層と第２本体層と第３接着層とを備え、第２バリア層を備えない第２導体部を形成した。第２接着層、第２本体層および第３接着層のそれぞれの金属材料と厚みとを表１に示す。

[0057] 次いで、第２接着層上に、アルミナ（$Al_2O_3$）から構成される誘電体層をスパッタリングによって成膜した。誘電体層の厚みを表１に示す。

[0058] 次いで、誘電体層上にレジストパターンをフォトリソグラフィーによって形成した。レジストパターンは、導体パターンの複数の第１導体部に対応する開口を有していた。

次いで、誘電体層におけるレジストパターンからの露出部分に、第１接着層と、第１本体層と、をこの順に蒸着により成膜した。これによって、誘電体層上に導体パターンを形成した。導体パターンは、周期構造を構成する複数の第１導体部を含んでいた。各第１導体部は、第１接着層と第１本体層と

を備え、第１バリア層を備えていなかった。なお、第１本体層と第１接着層とのそれぞれの金属材料と厚みとを表１に示す。

各第１導体部は、厚み方向から見て円形形状を有していた。各第１導体部の直径は、２．３μｍであった。複数の第１導体部の周期は、４．３μｍであった。

その後、レジストパターンを除去した。

[0059] これによって、第１導体部および第２導体部のそれぞれがバリア層を備えていない赤外線ヒーターを得た。当該赤外線ヒーターを上記した加熱耐久試験に供した。その結果を表１に示す。

また、図５において、比較例２の赤外線ヒーターの「０ｈｒ」での赤外線放射率曲線を点線で示し、比較例２の赤外線ヒーターの「１０ｈｒ×５」での赤外線放射率曲線を実線で示す。

[0060]

[表1]

表１

| No. | | | | 実施例1 | 実施例2 | 実施例3 | 実施例4 | 比較例1 | 比較例2 | 比較例3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 第1導体部 | 第1本体層 | 材料 | | Au | | | | | | |
| | | 厚み[μm] | | 80 | | | | | | |
| | 第1バリア層 | 材料 | | Pd | Pt | Pt | Pt | - | - | - |
| | | 厚み[μm] | | 20 | 5.0 | 10 | 20 | - | - | - |
| | 第1接着層 | 材料 | | Ti | Ti | Ti | Ti | Cr | Cr | Ti |
| | | 厚み[nm] | | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 20 | 5.0 | 5.0 |
| 誘電体層 | 材料 | | | $Al_2O_3$ | | | | | | |
| | 厚み[nm] | | | 180 | | | | | | |
| 第2導体部 | 第2接着層 | 材料 | | Ti | Ti | Ti | Ti | Cr | Cr | Ti |
| | | 厚み[μm] | | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 20 | 5.0 | 5.0 |
| | 第2バリア層 | 材料 | | Pd | Pt | Pt | Pt | - | - | - |
| | | 厚み[μm] | | 20 | 5.0 | 10 | 20 | - | - | - |
| | 第2本体層 | 材料 | | Au | | | | | | |
| | | 厚み[nm] | | 80 | | | | | | |
| | 第3バリア層 | 材料 | | Pd | Pt | Pt | Pt | - | - | - |
| | | 厚み[μm] | | 20 | 5.0 | 10 | 20 | - | - | - |
| | 第3接着層 | 材料 | | Ti | Ti | Ti | Ti | Cr | Cr | Ti |
| | | 厚み[μm] | | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 20 | 5.0 | 5.0 |
| 評価 | 加熱耐久試験（650℃） | 0hr | 最大垂直放射率[-] | 0.89 | 0.97 | 0.97 | 0.92 | 0.96 | 0.92 | 0.92 |
| | | 0.5hr | | 0.93 | - | - | - | 0.70 | 0.91 | 0.83 |
| | | 10hr | | 0.95 | - | - | - | - | 0.91 | 0.83 |
| | | 10hr×5 | | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | - | 0.65 | 0.78 |
| | | 100hr | | - | 0.92 | 0.85 | 0.80 | - | - | - |
| | | 500hr | | - | 0.84 | 0.57 | 0.39 | - | - | - |
| | 耐熱性 | | | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × |

[0061] ＜評価＞

表１、図４～８に示すように、第１接着層と第１本体層との間に第１バリア層を備える赤外線ヒーター（実施例１～４）は、バリア層を備えない赤外線ヒーター（比較例１～３）と比べて、優れた耐熱性を有していることが確認された。より詳しくは、比較例１～３の赤外線ヒーターでは、６５０℃で１０時間の加熱耐久試験を５回繰り返すと、最大垂直放射率が０．８未満となる。これに対して、実施例１～４の赤外線ヒーターでは、６５０℃で１０

時間の加熱耐久試験を５回繰り返した後であっても、最大垂直放射率が０．８以上であり、優れた耐熱性を有することがわかる。

[0062] 特に実施例２の赤外線ヒーターは、６５０℃で５００時間の加熱耐久試験に供した後であっても、最大垂直放射率が０．８以上であることが確認される。そこで、実施例２～４の赤外線ヒーターに関し、走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）によって、６５０℃で５００時間の加熱耐久試験後の第１導体部の形状を確認した。それらのＳＥＭ写真を図１０から図１２に示す。また、比較のために、加熱耐久試験前における実施例２の赤外線ヒーターの第１導体部のＳＥＭ写真を図９に示す。なお、ＳＥＭ写真の倍率は、３００００倍である。

図９から図１２から明らかなように、実施例２は、実施例３および４と比較して、加熱耐久試験における粒成長が抑制されており、第１導体部のパターン形状の変形が抑制されていることがわかる。

## 産業上の利用可能性

[0063] 本発明の実施形態による赤外線ヒーターは、各種産業製品の製造に用いられ得、特に、フィルム製品、有機合成製品などの製造に好適に用いられ得る。

## 符号の説明

[0064]

| | |
|---|---|
| １ | 誘電体層 |
| ２ | 第２導体部 |
| ２ａ | 第２接着層 |
| ２ｂ | 第２バリア層 |
| ２ｃ | 第２本体層 |
| ３ａ | 第３接着層 |
| ３ｂ | 第３バリア層 |
| ４ | 導体パターン |
| ４１ | 第１導体部 |
| ４１ａ | 第１接着層 |

４１ｂ　第１バリア層

４１ｃ　第１本体層

５　支持基板

６　加熱部

１０　メタマテリアル構造

１００　赤外線ヒーター

# 請求の範囲

[請求項1] 誘電体層と、

前記誘電体層上に配置された導体パターンであって、周期構造を構成するように互いに間隔を空けて配列された複数の第１導体部を含む導体パターンと、

前記誘電体層に対して前記導体パターンと反対側に配置された第２導体部と、を備え、

前記複数の第１導体部のそれぞれは、

前記誘電体層と接触する第１接着層と、

前記第１接着層に対して前記誘電体層と反対側に配置された第１本体層と、

前記第１接着層と前記第１本体層との間に配置された第１バリア層であって、前記第１接着層を構成している材料の前記第１本体層への移行をバリアする第１バリア層と、を備える、赤外線ヒーター。

[請求項2] 前記第１バリア層の厚みは、０．２ｎｍ以上５０ｎｍ以下である、請求項１に記載の赤外線ヒーター。

[請求項3] 前記第１バリア層を構成している材料は、白金族元素、および／または、その酸化物を含む、請求項１に記載の赤外線ヒーター。

[請求項4] 前記第２導体部は、

前記誘電体層と接触する第２接着層と、

前記第２接着層に対して前記誘電体層と反対側に配置された第２本体層と、

前記第２接着層と前記第２本体層との間に配置された第２バリア層であって、前記第２接着層を構成している材料の前記第２本体層への移行をバリアする第２バリア層と、を備える、請求項１に記載の赤外線ヒーター。

[請求項5] 前記第２導体部に対して前記誘電体層と反対側に配置された支持基板を、さらに備える、請求項４に記載の赤外線ヒーター。

[請求項6] 前記第２導体部は、

前記支持基板と接触する第３接着層と、

前記第３接着層と前記第２本体層との間に配置された第３バリア層であって、前記第３接着層を構成している材料の前記第２本体層への移行をバリアする第３バリア層と、を備える、請求項５に記載の赤外線ヒーター。

[請求項7] 前記複数の第１導体部のそれぞれの厚みは、３０ｎｍ以上２００ｎｍ以下であり、

前記複数の第１導体部のそれぞれが厚み方向から見て矩形状を有する場合、前記第１導体部の一辺の長さは、５００ｎｍ以上８０００ｎｍ以下であり、

前記複数の第１導体部のそれぞれが厚み方向から見て円形状を有する場合、前記第１導体部の直径は、５００ｎｍ以上８０００ｎｍ以下である、請求項１に記載の赤外線ヒーター。

[請求項8] 前記複数の第１導体部のうち互いに隣り合う第１導体部の間の間隔は、３００ｎｍ以上４０００ｎｍ以下である、請求項１に記載の赤外線ヒーター。

[請求項9] 前記誘電体層と前記複数の第１導体部と前記第２導体部とから構成されるメタマテリアル構造体を加熱可能な加熱部を、さらに備える、請求項１に記載の赤外線ヒーター。

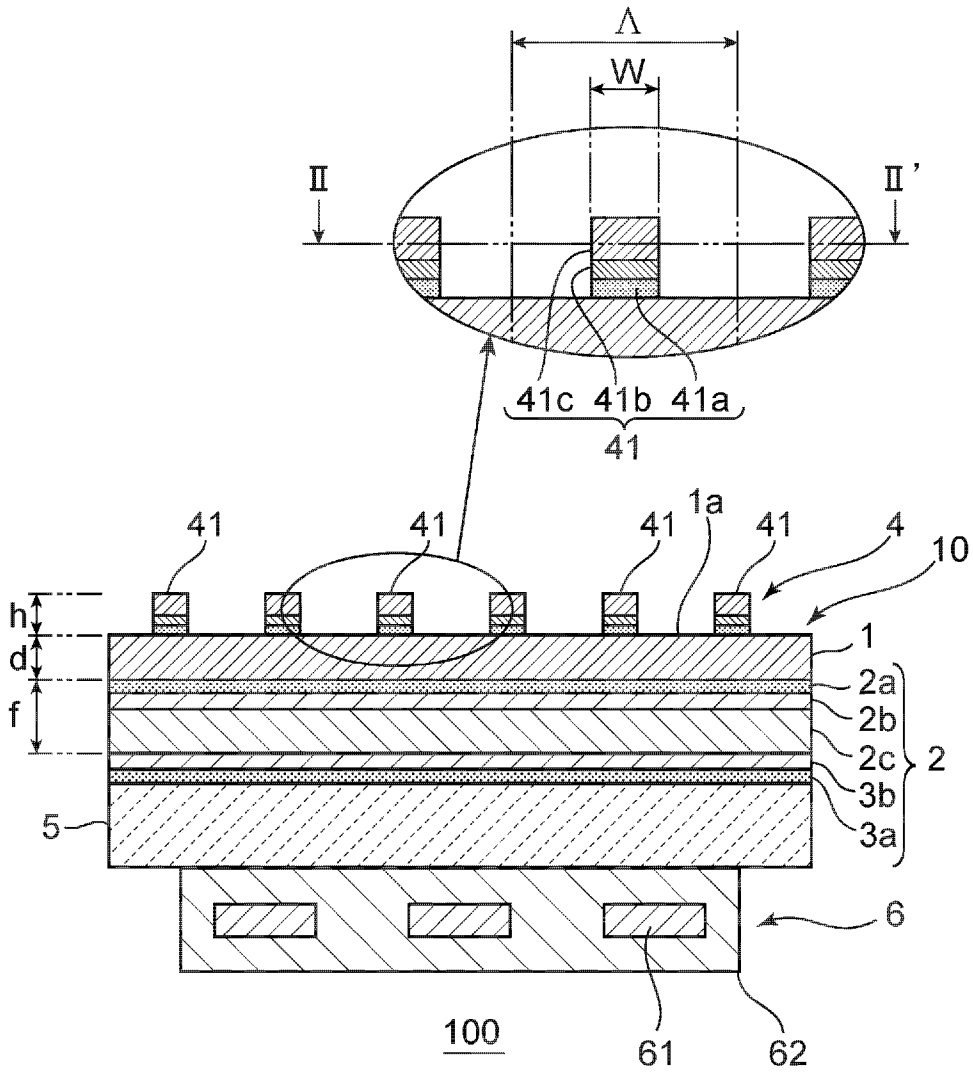
[請求項10] 前記メタマテリアル構造体は、前記加熱部の加熱によってマグネティックポラリトンによる共鳴現象が発生するように構成されており、

前記赤外線ヒーターは、垂直放射率が０．８以上の最大ピークを有する赤外線を放射可能であり、

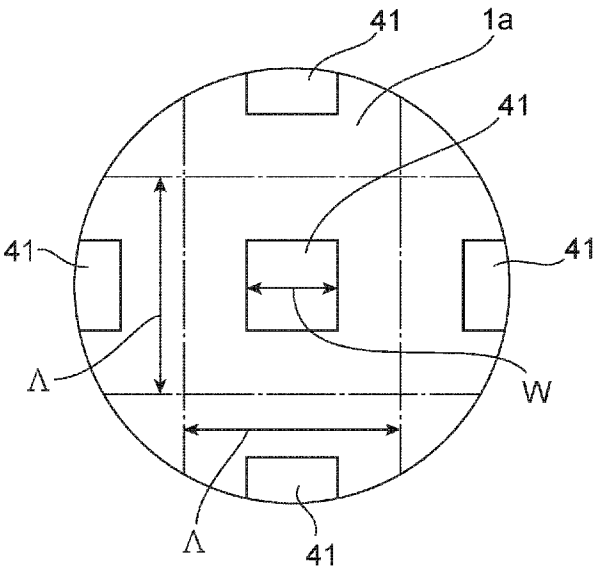
前記最大ピークのピーク波長は、２μｍ以上１０μｍ以下であり、

前記最大ピークの半値幅は、１．５μｍ以下である、請求項９に記載の赤外線ヒーター。

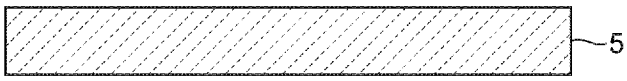
[図1]


Λ
W
Ⅱ
Ⅱ'
41c 41b 41a
41
41
41
41
41
1a
4
10
h
d
f
1
2a
2b
2c
2
3b
3a
5
6
100
61
62

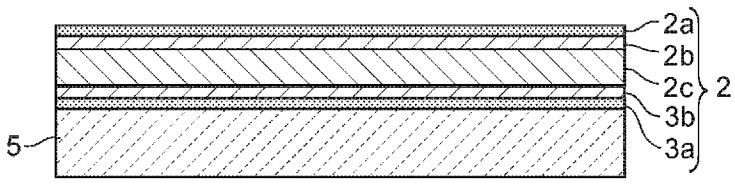
[図2]



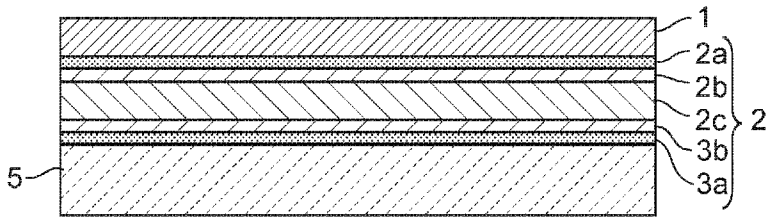

[図3A]



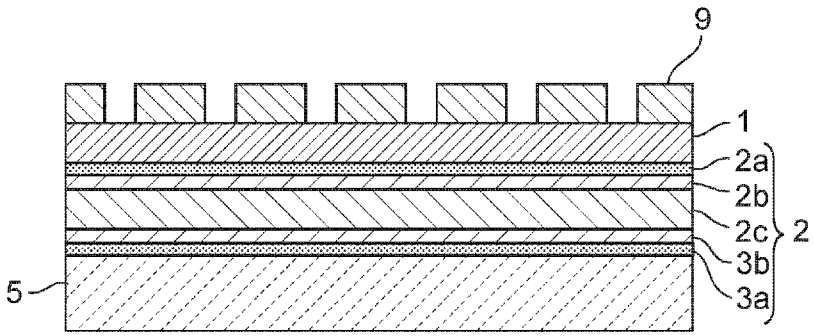

[図3B]



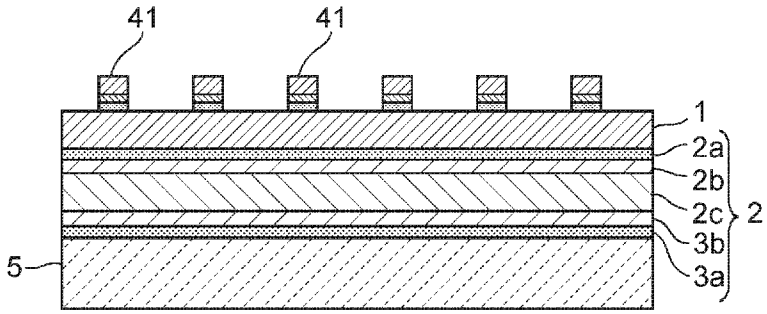
[図3C]



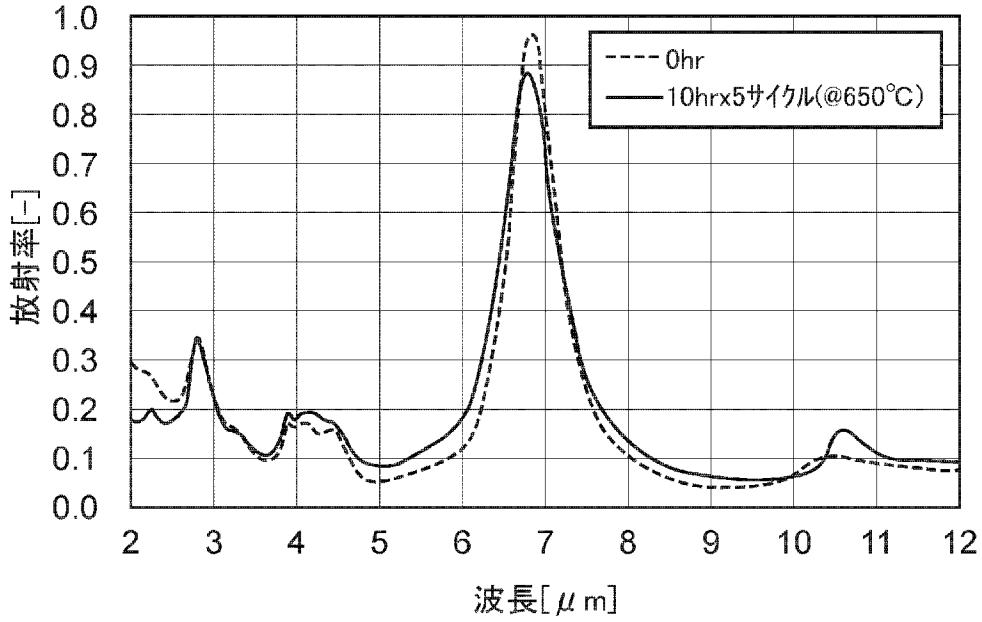

[図3D]



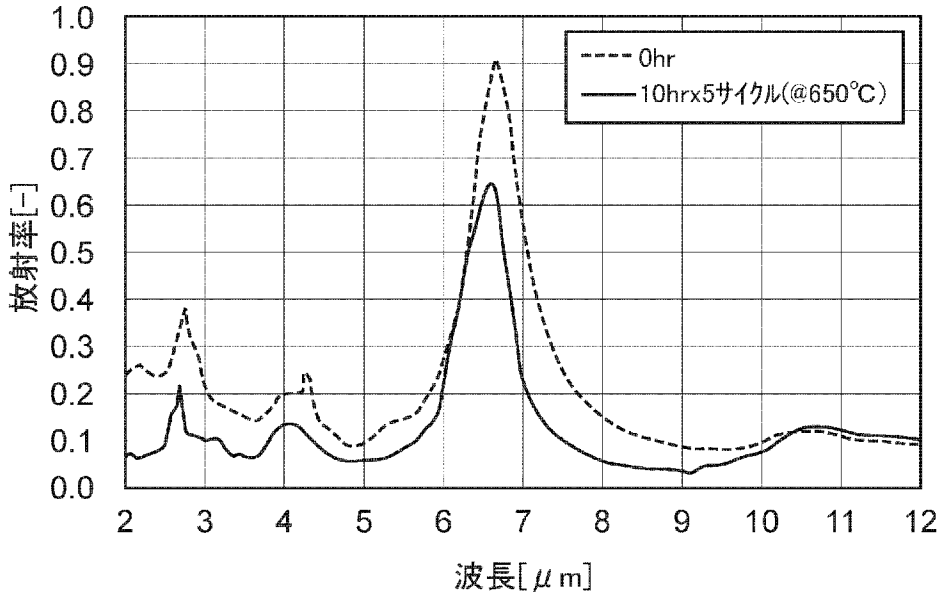

[図3E]



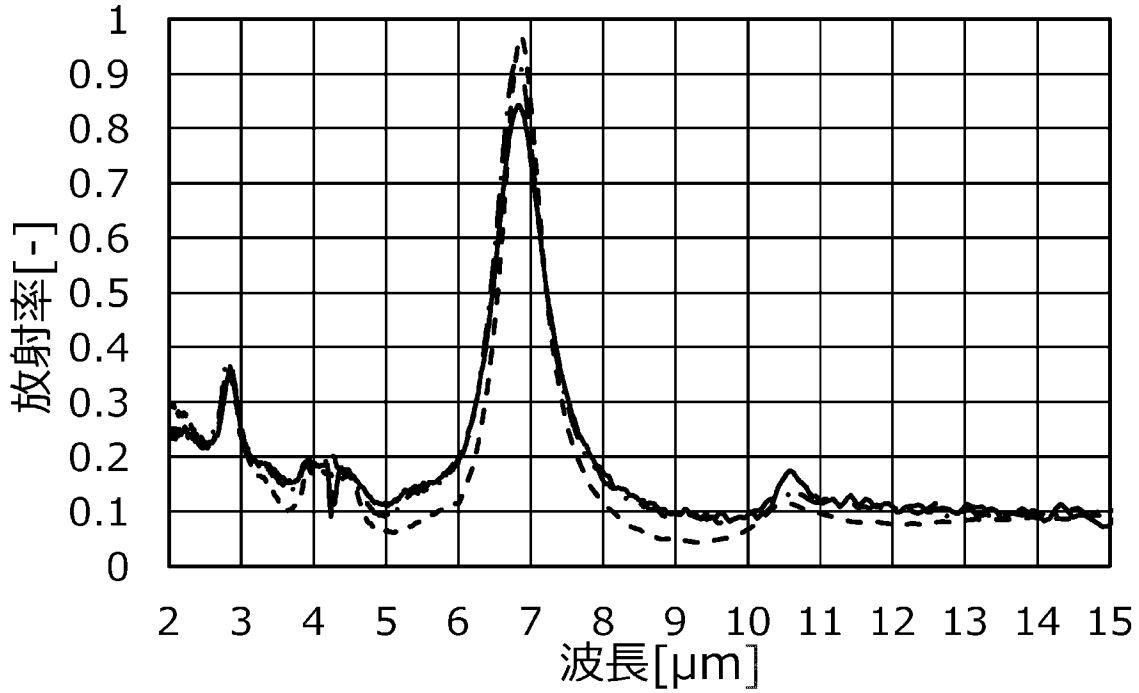
[図4]


1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
放射率[-]
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
波長[μm]
0hr
10hrx5サイクル(@650℃)

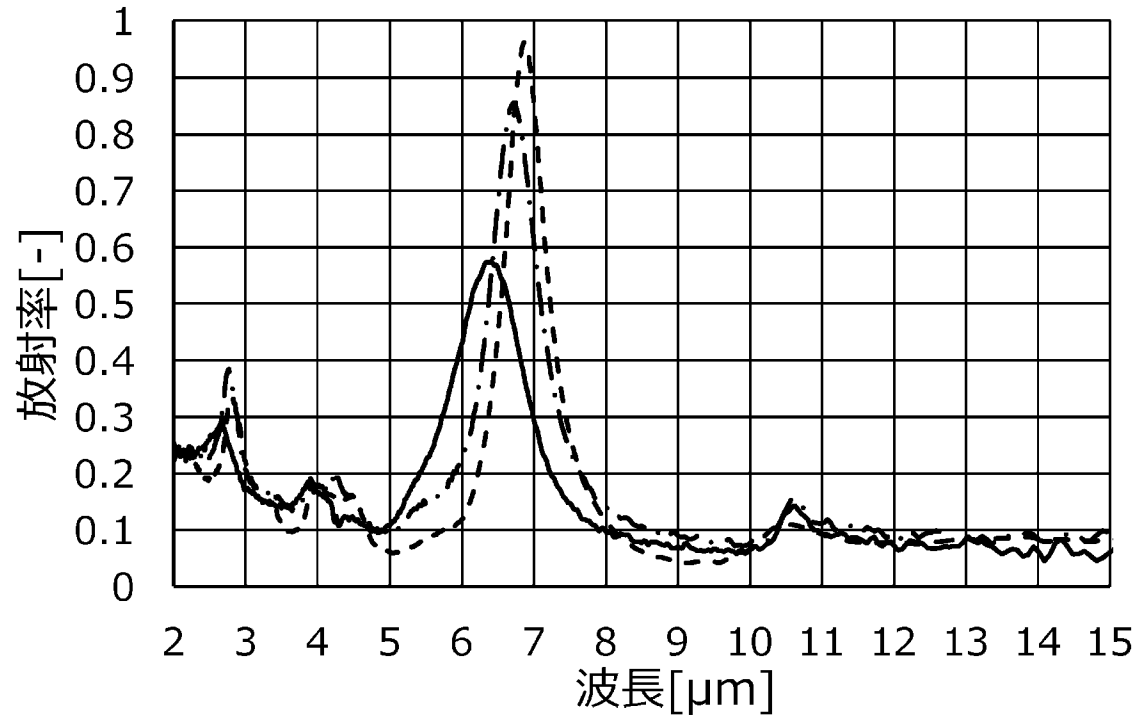
[図5]


1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
放射率[-]
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
波長[μm]
0hr
10hrx5サイクル(@650℃)

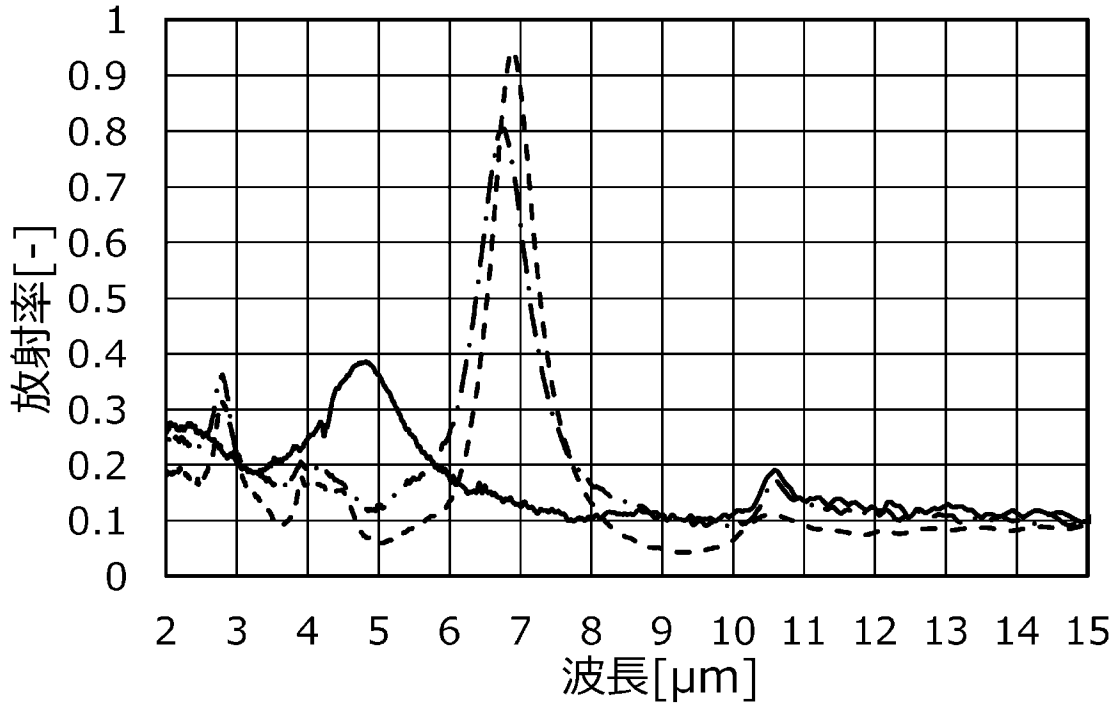
[図6]


放射率[-]
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
波長[μm]

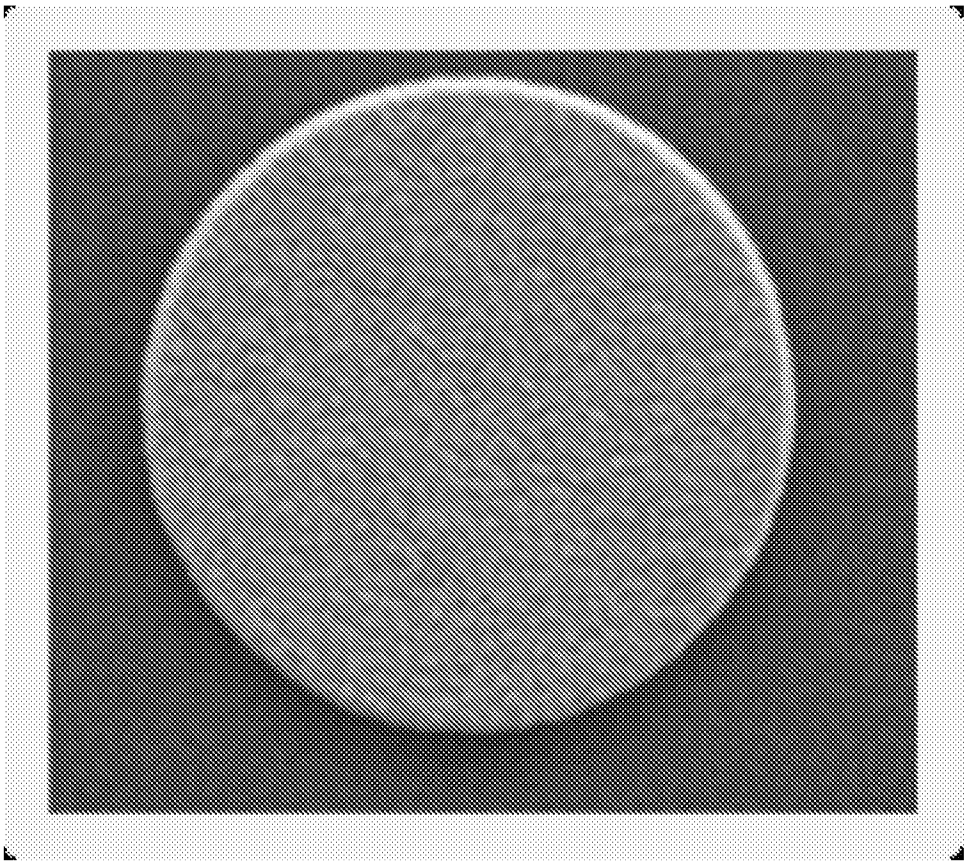
[図7]


放射率[-]
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
波長[μm]

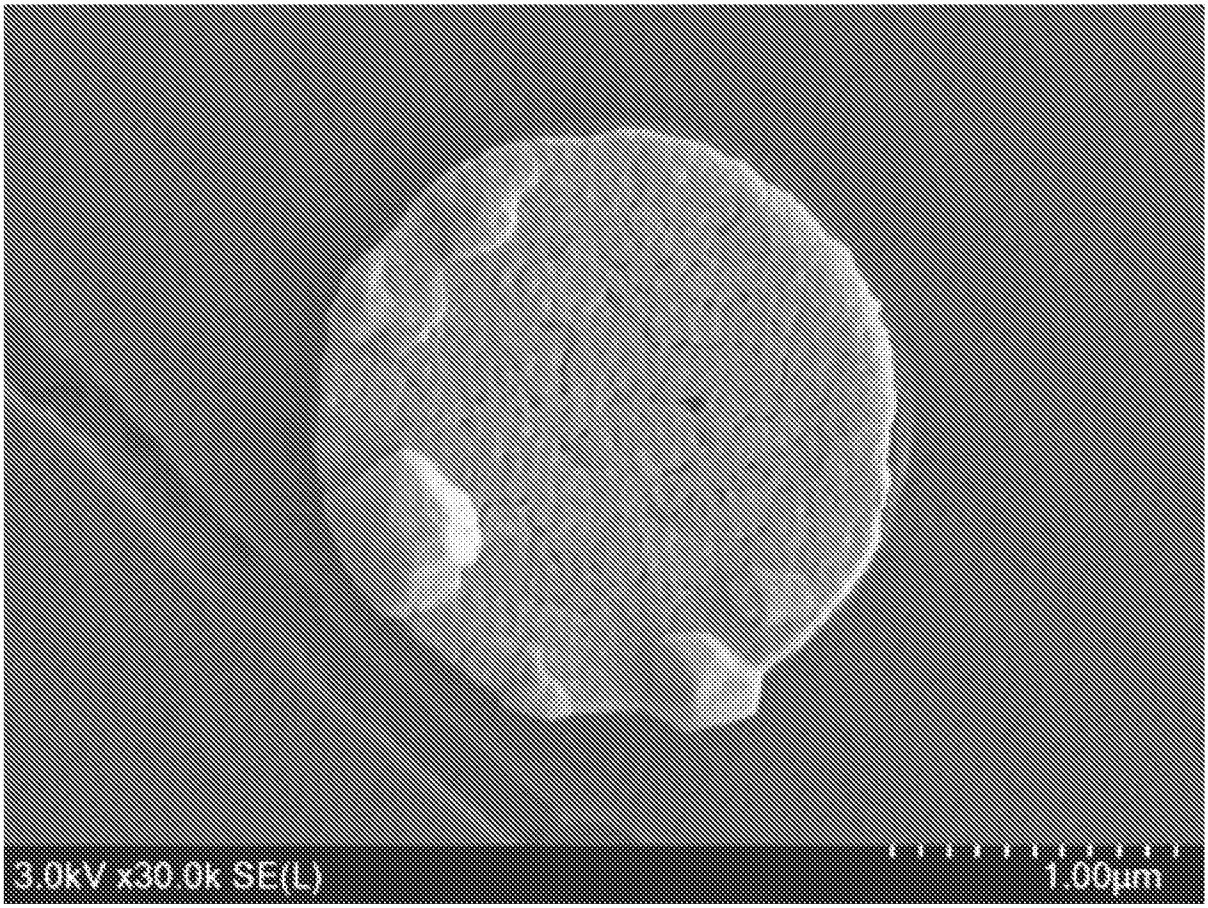
[図8]




[図9]



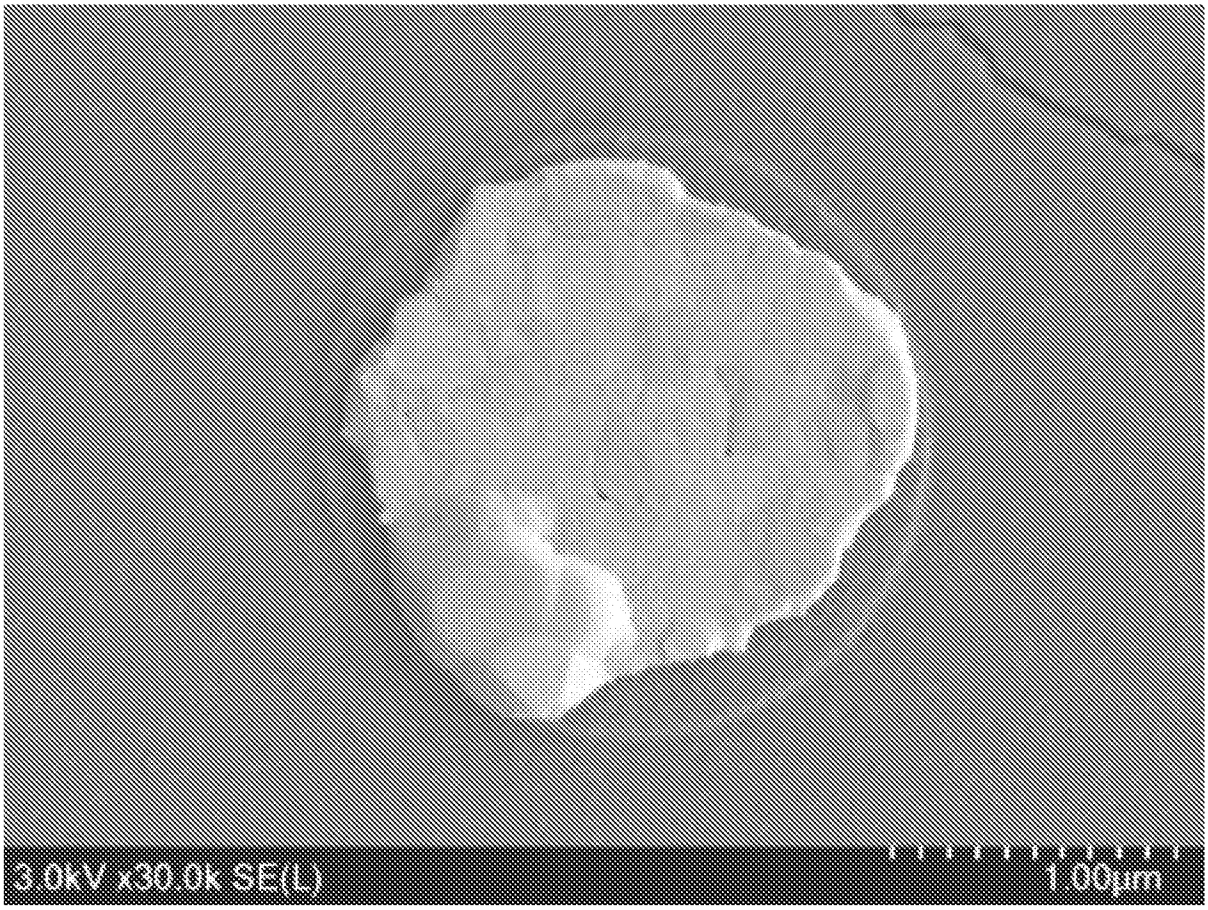
[図10]




[図11]



[図12]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
**PCT/JP2024/021525**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

***H05B 3/10***(2006.01)i; ***H05B 3/20***(2006.01)i
FI: H05B3/10 B; H05B3/10 A; H05B3/20 363

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)

H05B3/10; H05B3/20

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 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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 2017-050254 A (UNIV HOKKAIDO) 09 March 2017 (2017-03-09)<br>entire text, all drawings | 1-10 |
| A | JP 2018-193533 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 06 December 2018 (2018-12-06)<br>entire text, all drawings | 1-10 |
| A | WO 2018/025914 A1 (NGK INSULATORS LTD.) 08 February 2018 (2018-02-08)<br>entire text, all drawings | 1-10 |
| A | JP 49-040256 B1 (ENGELHARD LTD.) 01 November 1974 (1974-11-01)<br>entire text, all drawings | 1-10 |
| A | JP 2020-515492 A (SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE) 28 May 2020 (2020-05-28)<br>entire text, all drawings | 1-10 |

☐ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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 | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| **20 August 2024** | **03 September 2024** |

| Name and mailing address of the ISA/JP | Authorized officer |
|---|---|
| **Japan Patent Office (ISA/JP)**<br>**3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915**<br>**Japan** | Telephone No. |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**
**Information on patent family members**

International application No.
**PCT/JP2024/021525**

| Patent document cited in search report | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|---|---|---|---|
| JP 2017-050254 A | 09 March 2017 | (Family: none) | |
| JP 2018-193533 A | 06 December 2018 | (Family: none) | |
| WO 2018/025914 A1 | 08 February 2018 | US 2019/0152881 A1<br>entire text, all drawings<br>EP 3495339 A1 | |
| JP 49-040256 B1 | 01 November 1974 | US 3445662 A<br>entire text, all drawings<br>GB 1096760 A<br>FR 1462012 A | |
| JP 2020-515492 A | 28 May 2020 | US 2021/0204366 A1<br>entire text, all drawings<br>WO 2018/192727 A1<br>CA 3058945 A1<br>CN 110506448 A<br>KR 10-2019-0124292 A | |

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/021525

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H05B 3/10(2006.01)i; H05B 3/20(2006.01)i
FI: H05B3/10 B; H05B3/10 A; H05B3/20 363

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））

H05B3/10; H05B3/20

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 | １９７１－２０２４年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２０２４年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２０２４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 2017-050254 A (国立大学法人北海道大学) 09.03.2017 (2017-03-09)<br>全文，全図 | 1-10 |
| A | JP 2018-193533 A (トヨタ自動車株式会社) 06.12.2018 (2018-12-06)<br>全文，全図 | 1-10 |
| A | WO 2018/025914 A1 (日本碍子株式会社) 08.02.2018 (2018-02-08)<br>全文，全図 | 1-10 |
| A | JP 49-040256 B1 (エンゲルハード・インダストリーズ・インコーポレーテツド) 01.11.1974 (1974-11-01)<br>全文，全図 | 1-10 |
| A | JP 2020-515492 A (サンーゴバン グラス フランス) 28.05.2020 (2020-05-28)<br>全文，全図 | 1-10 |

☐ 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
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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 | 国際調査報告の発送日 |
|---|---|
| 20.08.2024 | 03.09.2024 |

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）
伊藤　紀史 3L 3545
電話番号 03-3581-1101 内線 3337

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/JP2024/021525

| 引用文献 | 公表日 | パテントファミリー文献 | 公表日 |
|---|---|---|---|
| JP 2017-050254 A | 09.03.2017 | （ファミリーなし） | |
| JP 2018-193533 A | 06.12.2018 | （ファミリーなし） | |
| WO 2018/025914 A1 | 08.02.2018 | US 2019/0152881 A1<br>全文，全図<br>EP 3495339 A1 | |
| JP 49-040256 B1 | 01.11.1974 | US 3445662 A<br>全文，全図<br>GB 1096760 A<br>FR 1462012 A | |
| JP 2020-515492 A | 28.05.2020 | US 2021/0204366 A1<br>全文，全図<br>WO 2018/192727 A1<br>CA 3058945 A1<br>CN 110506448 A<br>KR 10-2019-0124292 A | |