

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7615917号
(P7615917)

(45)発行日 令和7年1月17日(2025.1.17)

(24)登録日 令和7年1月8日(2025.1.8)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 J 61/073(2006.01) H 0 1 J 61/073 B

請求項の数 5 (全11頁)

(21)出願番号	特願2021-108564(P2021-108564)	(73)特許権者	000102212 ウシオ電機株式会社 東京都千代田区丸の内一丁目6番5号
(22)出願日	令和3年6月30日(2021.6.30)	(74)代理人	110000729 弁理士法人ユニアス国際特許事務所
(65)公開番号	特開2023-6135(P2023-6135A)	(72)発明者	前田 圭逸 東京都千代田区丸の内1丁目6番5号 ウシオ電機株式会社内
(43)公開日	令和5年1月18日(2023.1.18)	審査官	植木 隆和
審査請求日	令和6年3月19日(2024.3.19)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ショートアーク型放電ランプ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

発光管と、前記発光管の内部に対向して配置された一対の電極と、を備え、
前記一対の電極のうち少なくとも一方の電極は、円筒状の外周面を有し、
前記外周面は、周方向に延びる周方向溝が軸方向に複数並べられた凹凸構造と、前記凹凸構造の凹凸表面に形成されたセラミックスを含む第一の被膜と、を有し、
前記周方向溝の溝深さを a (μm)、前記周方向溝の溝底から前記第一の被膜の表面までの距離を b (μm) としたとき、下記式(1)の関係を満たし、
前記第一の被膜の表面の凹凸は、高低差が $5\mu\text{m}$ 以上である、ショートアーク型放電ランプ。

$$1 \quad b / a \quad 4 \quad (1)$$

【請求項2】

前記セラミックスは、金属酸化物、金属炭化物、金属ホウ化物、金属ケイ化物、および金属窒化物のうち少なくとも一つを含む、請求項1に記載のショートアーク型放電ランプ。

【請求項3】

前記セラミックスは、酸化ジルコニウムを主成分とするものである、請求項1に記載のショートアーク型放電ランプ。

【請求項4】

前記一方の電極は、先端に向かうにつれて外径が小さくなる電極前部を有し、
前記電極前部の表面には、前記セラミックスよりも高融点の金属を含む第二の被膜が形

成されている、請求項 1 に記載のショートアーク型放電ランプ。

【請求項 5】

前記一方の電極は、先端に向かうにつれて外径が小さくなる電極前部を有し、

前記電極前部の表面には、微細溝加工が施されている、請求項 1 に記載のショートアーク型放電ランプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ショートアーク型放電ランプに関する。

【背景技術】

【0002】

ショートアーク型放電ランプ（以下、単に「ランプ」ともいう）は、半導体素子または液晶表示素子の製造工程に用いられる露光装置の光源として、広く用いられている。このショートアーク型放電ランプは、発光管内に陽極および陰極が互いに対向して配置されると共に、当該発光管内に、水銀、キセノンガス等の発光物質が封入されて構成されている。

【0003】

このようなショートアーク型放電ランプにおいては、点灯時に陽極にかかる熱的負荷が高いことから、陽極の過熱等に起因する電極材料の蒸発が生じ、この蒸発物が発光管の内壁に付着して発光管が黒化することが知られている。発光管が黒化すると、発光管の光透過率が低下する。

【0004】

このような問題を解決するため、電極表面に放熱層を形成して電極の温度上昇を抑制する技術が知られており、下記特許文献 1 には陽極の外表面に金属の酸化物を少なくとも 1 種含む放熱層が形成されているランプが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開 2004 - 259639 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献 1 に記載のランプにおいて、放熱層の密着強度を向上するために、陽極の表面に $R_{max} 10 \mu m$ 以上の凹凸面を形成し、その表面に放熱層を設けている。そして、放熱層の表面層を $R_{max} 2 \mu m \sim 100 \mu m$ とした例が開示されている。

【0007】

放熱性を高めるためには、放熱層の表面は凹凸面とすることが望ましい。しかしながら、陽極の表面に凹凸を設けたとしても、その上に形成させる放熱層の厚みによっては、放熱層の表面に凹凸（陽極表面の凹凸形状を反映した凹凸）が形成されず、効果的に放熱できない場合がある。

【0008】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、放熱性に優れ、ランプ点灯時の電極材料の蒸発が抑制された、長寿命のショートアーク型放電ランプ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】

【0009】

本発明に係るショートアーク型放電ランプは、発光管と、前記発光管の内部に対向して配置された一对の電極と、を備え、

前記一对の電極のうち少なくとも一方の電極は、円筒状の外周面を有し、

前記外周面は、周方向に延びる周方向溝が軸方向に複数並べられた凹凸構造と、前記凹凸構造の凹凸表面に形成されたセラミックスを含む第一の被膜と、を有し、

10

20

30

40

50

前記周方向溝の溝深さを a (μm)、前記周方向溝の溝底から前記第一の被膜の表面までの距離を b (μm) としたとき、下記式 (1) の関係を満たすものである。

$$1 \leq b/a \leq 4 \quad (1)$$

【0010】

この構成によれば、第一の被膜の表面に、凹凸構造の凹凸形状を反映した凹凸が形成されるため、その凹凸によって放熱性が向上する。その結果、本発明のショートアーク型放電ランプは、電極の放熱性に優れるため、ランプ点灯時の電極材料の蒸発が抑制され、長寿命化する。

【0011】

本発明のショートアーク型放電ランプにおいて、前記セラミックスは、金属酸化物、金属炭化物、金属ホウ化物、金属ケイ化物、および金属窒化物のうち少なくとも一つを含むという構成でもよい。

10

【0012】

また、本発明のショートアーク型放電ランプにおいて、前記セラミックスは、酸化ジルコニウムを主成分とするものであるという構成でもよい。

なお、本明細書において、「主成分」とは、質量基準で含有率が最大となる成分を意味する用語として用いられる。

【0013】

これらの構成によれば、第一の被膜は高放射膜として優れた放射性を発揮することができる。

20

【0014】

本発明のショートアーク型放電ランプにおいて、前記一方の電極は、先端に向かうにつれて外径が小さくなる電極前部を有し、

前記電極前部の表面には、前記セラミックスよりも高融点の金属を含む第二の被膜が形成されているという構成でもよい。

【0015】

また、本発明のショートアーク型放電ランプにおいて、前記一方の電極は、先端に向かうにつれて外径が小さくなる電極前部を有し、

前記電極前部の表面には、微細溝加工が施されているという構成でもよい。

【0016】

これらの構成によれば、電極の放熱性をさらに高めることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本実施形態に係るショートアーク型放電ランプの構成を示す説明図

【図2】図1に示すショートアーク型放電ランプのII部領域の拡大図

【図3】図2で示すIII部領域の拡大断面図

【図4】第一の被膜の厚みが厚い場合の拡大断面図

【図5】陽極の断面のSEM像をトレースした図

【図6】陽極の断面のSEM像をトレースした図

【図7】他の実施形態に係る陽極の正面図

40

【図8】他の実施形態に係る陽極の正面図

【発明を実施するための形態】

【0018】

本発明に係るショートアーク型放電ランプの実施形態につき、図面を参照して説明する。なお、以下の各図面は模式的に図示されたものであり、図面上の寸法比は必ずしも実際の寸法比と一致しておらず、各図面間においても寸法比は必ずしも一致していない。

【0019】

以下において、XYZ座標系を適宜参照して説明される。また、本明細書において、方向を表現する際に、正負の向きを区別する場合には、「+X方向」、「-X方向」のように、正負の符号を付して記載される。また、正負の向きを区別せずに方向を表現する場合

50

には、単に「X方向」と記載される。すなわち、本明細書において、単に「X方向」と記載されている場合には、「+X方向」と「-X方向」の双方が含まれる。Y方向及びZ方向についても同様である。

【0020】

図1は、本実施形態に係るショートアーク型放電ランプの構成を示す説明図である。ショートアーク型放電ランプ1(以下、「ランプ1」という)は、発光管2と、発光管2の内部に対向配置された陽極3および陰極4と、を備える。陽極3および陰極4は、それぞれリード棒5により支持されている。

【0021】

本実施形態のランプ1は、半導体素子または液晶表示素子の製造工程で使用される露光装置において用いられる大型のランプであり、例えば定格電力が2kW~35kWである。

【0022】

発光管2は、ガラス管の中央を膨らませて形成される。発光管2は、X方向の両端から、それぞれ中央に向かうにつれて、その内径が大きくなるガラス管の領域である。発光管2の外形は、球体または楕円球体である。

【0023】

発光管2は、発光管2のX方向の両端からそれぞれ反対方向に連続して延びる一対の封止管部21を有する。発光管2は、封止管部21とともに例えば石英ガラスにより一体として形成される。一対の封止管部21がそれぞれ有する中心軸は互いに重なり、図1の軸X1で示される。

【0024】

発光管2の内部には、発光空間S1が形成される。発光空間S1には、水銀などの発光物質が封入されている。

【0025】

発光管2の内部には、陽極3および陰極4がX方向に互いに対向して配置されている。本実施形態において、ショートアーク型放電ランプとは、陽極3と陰極4とが40mm以下の間隔(熱膨張をしていない常温時の値)を空けて、互いに対向配置される放電ランプである。本実施形態において、陽極3の材質はタングステン、陰極4の材質はトリエテッドタングステンである。

【0026】

リード棒5は、陽極3および陰極4に接続され、封止管部21内をX方向に延びる。陽極3および陰極4は、リード棒5の先端に固定されている。リード棒5の中心軸は、軸X1と重なるとよい。リード棒5には、高融点金属、例えばタングステンを含む材料が使用される。

【0027】

口金8は、封止管部21の陽極3および陰極4から遠ざかる側を覆う。口金8は、リード棒5に電氣的に接続される。

【0028】

図2は、図1に示すランプ1のII部領域の拡大図である。陽極3の表面の一部には、セラミックスを含む第一の被膜6が形成されている。

【0029】

陽極3は、軸X1を中心とした円柱状の本体部3aと、先端に向かうにつれて(陰極4に向かうにつれて)外径が小さくなる電極前部3bとを有する。第一の被膜6は、本体部3aの円筒状の外周面に形成されている。

【0030】

第一の被膜6の材料としては、融点、蒸気圧、放射率、熱膨張率等が重要となる。陽極3の温度を下げるためには、第一の被膜6は、放熱量が多くなるように放射率が高い材料で構成されるのが好ましい。

【0031】

第一の被膜6は、セラミックスを含む。このセラミックスは、金属酸化物、金属炭化物

10

20

30

40

50

、金属ホウ化物、金属ケイ化物、および金属窒化物のうち少なくとも一つを含む。第一の被膜6の材料は、融点が2000以上の材料が好適に使用でき、例えば酸化アルミニウム(Al_2O_3)、酸化ジルコニウム(ZrO_2)、炭化ジルコニウム(ZrC)、ホウ化ジルコニウム(ZrB_2)、ケイ化タンタル($TaSi_2$)、窒化ジルコニウム(ZrN)が挙げられる。

【0032】

図3は、図2で示すIII部領域の拡大断面図である。図3に示すように、陽極3の本体部3aの外周面には、凹凸構造30が設けられている。凹凸構造30は、本体部3aの周方向に延びる周方向溝31が軸方向(X方向)に複数並べられて構成される。このような周方向溝31は、例えば、旋盤加工により形成することができる。なお、旋盤加工により周方向溝31を形成する場合、1周分の周方向溝31が軸方向に独立して複数並べられるようにしてもよく、また複数の周方向溝31が螺旋状に連続し、全体として一つの螺旋溝となるようにしてもよい。

10

【0033】

凹凸構造30の凹凸表面には、第一の被膜6が形成されている。第一の被膜6の表面6aは、凹凸構造30の凹凸形状を反映した凹凸が形成されている。第一の被膜6の表面6aに、凹凸構造30の凹凸形状を反映した凹凸が形成されていることで、その凹凸によって放熱性が向上する。

【0034】

第一の被膜6の表面6aに現れる凹凸は、第一の被膜6の厚みを制御することで形成され得る。図4は、図3よりも厚い第一の被膜6を形成した場合の拡大断面図である。図4に示すように、第一の被膜6の厚みが厚い場合、表面6aには凹凸構造30の凹凸形状を反映した凹凸が形成されない、または形成されても凹凸が小さい。

20

【0035】

発明者は、鋭意研究により、第一の被膜6の表面6aに、陽極3の表面に形成されている凹凸構造30の凹凸形状を反映した凹凸を形成するためには、周方向溝31の溝深さを a (μm)、周方向溝31の溝底311から第一の被膜6の表面6aまでの距離を b (μm)としたとき、 $1 < b/a < 4$ の関係を満たすように、第一の被膜6の厚みを調整する必要があることを見出した。なお、距離 b は、周方向溝31の溝底311における第一の被膜6の厚みとも言える。

30

【0036】

b/a が1より小さい場合、第一の被膜6の厚みが薄すぎて凹凸構造30の山が露出するおそれがある。一方、 b/a が4より大きい場合、第一の被膜6の厚みが厚すぎて、第一の被膜6の表面6aに、凹凸構造30の凹凸形状を反映した凹凸が形成されないか、形成されていても凹凸が小さく、放熱性を高める効果があまり得られない。

【0037】

周方向溝31の溝深さ a は、例えば $10 \mu m \sim 100 \mu m$ が好ましい。溝深さ a が $10 \mu m$ より小さいと、第一の被膜6の表面6aに凹凸が形成されにくい。また、溝深さ a が $100 \mu m$ より大きいと、第一の被膜6を周方向溝31内に形成しにくい。

【0038】

表面6aの凹凸は、高低差が $5 \mu m$ 以上であり、好ましくは $10 \mu m$ 以上である。高低差が $5 \mu m$ より小さいと放熱性を高める効果が得られにくい。

40

【0039】

第一の被膜6の厚みは、例えば、 $10 \mu m$ 以上であるのが好ましい。被膜6の厚みが薄いと十分な放射率が得られない。また、表面6aに凹凸を適切に形成するためには、第一の被膜6の厚みは、 $100 \mu m$ 以下が好ましく、 $30 \mu m$ 以下がより好ましい。

【0040】

第一の被膜6の形成は、例えば、被膜6を構成する材料の粒子(例えば、粒径 $10 \mu m$ 以下の酸化ジルコニウムの粒子)を溶媒(例えば、ニトロセルロースと酢酸ブチルからなる溶媒)に分散させて、これを陽極3の本体部3aの外周面に筆で塗布し、150で3

50

0 分間乾燥した後、真空雰囲気中で1900、120分の熱処理を行うことにより行われる。

【0041】

図5及び図6は、陽極3の断面のSEM像をトレースした図である。このような陽極3の断面のSEM像は、初めにグラインダ(刃)で陽極3に切り込みを入れ、切り込みを入れた箇所を起点に陽極3を破断し、その破断面を走査電子顕微鏡(SEM)で観察して得られる。第一の被膜6の厚みは、SEMに付属する計測ソフトにより測定することができる。

【0042】

図5は、周方向溝31の溝深さaを30 μ mとし、周方向溝31の溝底311から第一の被膜6の表面6aまでの距離bを50 μ mとしたとき、すなわちb/aが約1.66のときのSEM画像をトレースしたものである。図6は、周方向溝31の溝深さaを30 μ mとし、周方向溝31の溝底311から第一の被膜6の表面6aまでの距離bを150 μ mとしたとき、すなわちb/aが5のときのSEM画像をトレースしたものである。図5に示す例では、第一の被膜6の表面6aに、凹凸構造30の凹凸形状を反映した凹凸が形成されている。一方、図6に示す例では、第一の被膜6の表面6aに、凹凸構造30の凹凸形状を反映した凹凸がほとんど形成されていない。

10

【0043】

陽極3の電極前部3bは、先端に向かうにつれて外径が小さくなる形状であればよく、図2に示すような、先端に向かうにつれて外径が一定の割合で小さくなる円錐台形状でなくてもよい。例えば、図7に示すように、電極前部3bの外周面が、先端に向かうにつれて外径が小さくなる割合が変化して曲線となる断面形状を有するように構成されてもよい。

20

【0044】

電極前部3bの表面には、図8に示すように、セラミックスよりも高融点の金属を含む第二の被膜7が形成されていてもよい。セラミックスよりも高融点の金属を含む第二の被膜7は、セラミックスよりも耐熱性が高いため、ランプ点灯時に剥離するおそれがない。この第二の被膜7を設けることで、放熱性をさらに高めることができる。

【0045】

セラミックスよりも高融点の金属とは、例えばタングステンである。第二の被膜7の形成は、例えば、タングステンの粒子を溶媒に分散させて、これを陽極3の電極前部3bの外周面に筆で塗布し、焼結することにより行われる。

30

【0046】

また、電極前部3bの表面には、第二の被膜7を形成する代わりに、微細溝加工が施されていてもよい。微細溝加工を施すことで、放熱性をさらに高めることができる。微細溝加工は、レーザ加工機により行うことができる。微細溝は、例えば、深さが650 μ m、ピッチが195 μ mで形成される。

【0047】

以上、本発明の実施形態について図面に基づいて説明したが、具体的な構成は、これらの実施形態に限定されるものでないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明だけでなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

40

【0048】

上記の各実施形態で採用している構造を他の任意の実施形態に採用することは可能である。各部の具体的な構成は、上記した実施形態のみに限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形が可能である。さらに、下記する各種の変更例に係る構成や方法等を任意の一つ又は複数選択して、上記した実施形態に係る構成や方法等に採用してもよい。

【0049】

上記の実施形態では、陽極3の外周面のみに第一の被膜6が設けられているが、陰極4の外周面にも第一の被膜6を設けてもよく、陽極3の外周面に第一の被膜6を設けずに陰

50

極 4 の外周面のみに第一の被膜 6 を設けても構わない。

【実施例】

【0050】

以下、本発明の構成と効果を具体的に示す実施例等について説明する。

【0051】

周方向溝 31 の溝深さ (a) と、第一の被膜 6 の厚み (b) を表 1 のように変えた複数の陽極 3 を作成した。周方向溝 31 は、旋盤加工により形成した。周方向溝 31 の溝深さは、旋盤加工の加工条件を変えることで調整できる。また、第一の被膜 6 の形成は、次のようにして行った。粒径 10 μ m 以下の酸化ジルコニウムの粒子をニトロセルロースと酢酸ブチルからなる溶媒に加えて良く混合した後、陽極 3 の外周面に筆で塗布した。そして、150 で 30 分間乾燥した後、真空雰囲気中で 1900 、120 分の熱処理を行った。第一の被膜 6 の厚みは、酸化ジルコニウムの粒子を分散させる溶媒の粘度を変えることで調整できる。

10

【0052】

仕様を変えて作成した陽極 3 を組み込んだランプを、定格の 2 kW (電圧 25 V 、電流 80 A) で 500 時間点灯させたときの照度維持率を評価した。評価結果を表 1 に示す。

【0053】

なお、照度維持率は、まず、波長 365 nm に感度を持つフォトディテクタで点灯開始時の照度を測定し、次に、定格電力で 500 時間連続点灯後の照度を測定し、初期照度との比を算出することにより求めた。

20

【0054】

また、試験した各ランプに共通する仕様は以下の通りである。

[発光管]

材質：石英ガラス、全長：70 mm

最大径：55 mm

封入物：水銀 2.5 mg / cc

電極間距離：5 mm

[陽極]

材質：タングステン

長さ：30 mm

本体部の径：20 mm

30

[陰極]

材質：トリエーテッドタングステン

長さ：20 mm

本体部の径：6 mm

【0055】

40

50

【表 1】

		a		
		10μm	30μm	60μm
b/a	0.8	78%	76%	77%
	1	91%	90%	90%
	2	92%	91%	90%
	4	87%	86%	85%
	5	78%	78%	75%

10

【0056】

表 1 に示すように、 b/a が 0.8 および 5 のときは、 a の値に依らず、500 時間点灯後の照度維持率が 80% 未満となった。一方、 b/a が 1 から 4 のときは、 a の値に依らず、80% を超える照度維持率となった。

20

【0057】

b/a が 1 から 4 となる範囲では、陽極 3 の放熱性が高く、電極材料の蒸発量が低減されるため高い照度維持率が実現される。また、 b/a が 1 から 2 の範囲ではその効果がより大きい(90%以上)。

【符号の説明】

【0058】

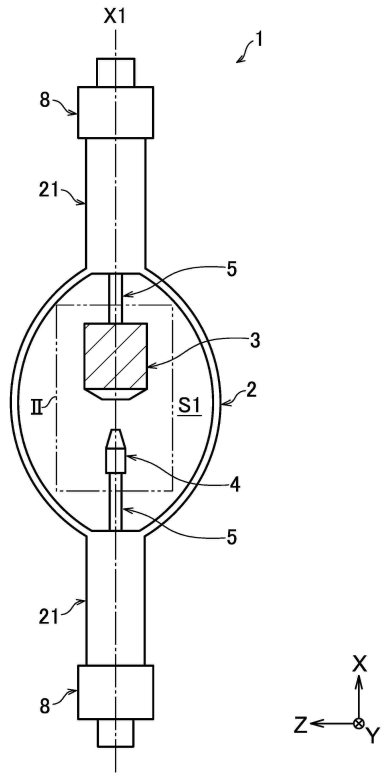
- 1 : ショートアーク型放電ランプ(ランプ)
- 2 : 発光管
- 3 : 陽極
- 3 a : 本体部
- 3 b : 電極前部
- 4 : 陰極
- 6 : 第一の被膜
- 6 a : 第一の被膜の表面
- 7 : 第二の被膜
- 3 0 : 凹凸構造
- 3 1 : 周方向溝
- 3 1 1 : 周方向溝の溝底
- a : 周方向溝の溝深さ
- b : 周方向溝の溝底から第一の被膜の表面までの距離

30

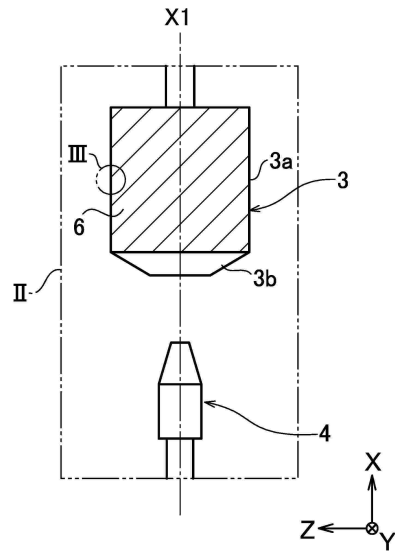
40

50

【図面】
【図 1】



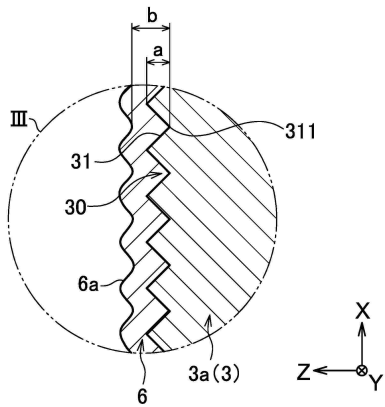
【図 2】



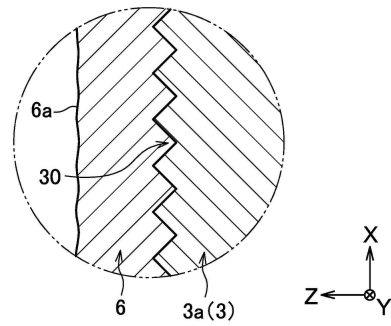
10

20

【図 3】



【図 4】

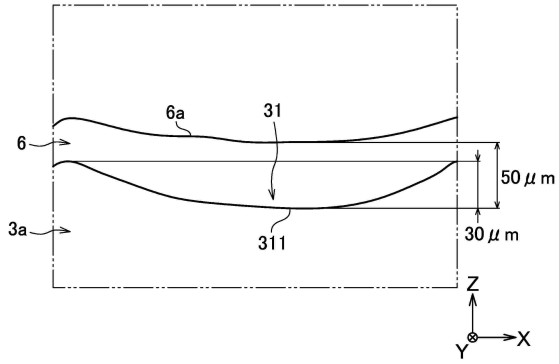


30

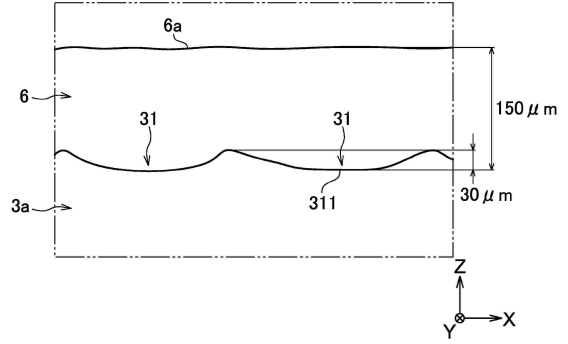
40

50

【図 5】

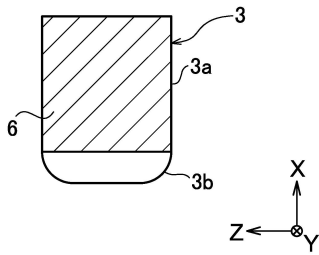


【図 6】

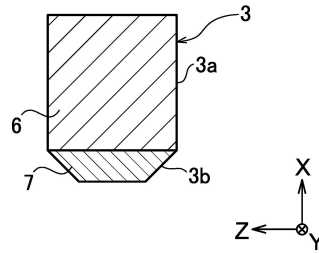


10

【図 7】



【図 8】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2012-527066(JP,A)
特開2017-069078(JP,A)
特開2017-111995(JP,A)
国際公開第2021/070459(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01J 61/073
H01J 61/06