

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-90941
(P2011-90941A)

(43) 公開日 平成23年5月6日(2011.5.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 J 9/14 (2006.01)	HO 1 J 9/14	5 C 0 4 3
HO 1 J 61/36 (2006.01)	HO 1 J 61/36	B

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-244555 (P2009-244555)</p> <p>(22) 出願日 平成21年10月23日 (2009.10.23)</p> <p>(出願人による申告) 「平成19年度及び平成20年度、文部科学省、「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成「光医療産業バレー」拠点創出」(委託業務)、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願」</p>	<p>(71) 出願人 000102212 ウシオ電機株式会社 東京都千代田区大手町二丁目6番1号</p> <p>(71) 出願人 505374783 独立行政法人 日本原子力研究開発機構 茨城県那珂郡東海村村松4番地49</p> <p>(74) 代理人 100100930 弁理士 長澤 俊一郎</p> <p>(72) 発明者 横田 利夫 静岡県御殿場市駒門1丁目90番地 ウシオ電機株式会社内</p> <p>(72) 発明者 安田 幸夫 兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウシオ電機株式会社内</p>
--	---

最終頁に続く

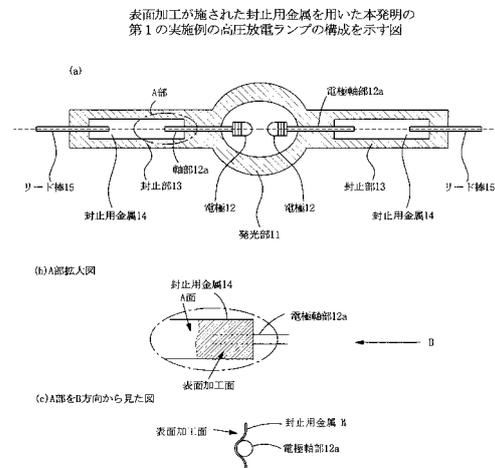
(54) 【発明の名称】 高圧放電ランプおよび高圧放電ランプの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ガラスと封止用金属とで構成される高圧放電ランプの封止部において、ガラスと封止用金属との密着強度を向上させること。

【解決手段】 高圧放電ランプの封止部13に埋設された封止用金属(例えばモリブデン箔)14の表面に、ピコ秒レーザー発振器から出射されるパルス幅が 2×10^{-1} 秒 $\sim 1 \times 10^{-9}$ 秒のレーザー光を照射して表面加工を行う。これにより、モリブデン箔の表面に微細な表面構造が形成され、封止部13のガラスとモリブデン箔との密着強度が高いものとなる。その結果、点灯・消灯の繰返しにより封止部13の温度が増減しても、封止用金属がガラスから剥離するといった不具合が生じにくくなり、ランプ寿命を延ばすことが可能となる。また、タンゲステン等から構成されるロッド状の封止用金属を有する封止部33を備えた高圧放電ランプに適用しても同様の効果が得られる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガラスと封止用金属とで構成される封止部を有する高圧放電ランプの製造方法であって、前記封止用金属にパルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光を照射して封止用金属を表面加工することを特徴とする高圧放電ランプの製造方法。

【請求項 2】

ガラスと封止用金属とで構成される封止部を有する高圧放電ランプにおいて、前記封止用金属が、パルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光が照射されることによって表面加工されていることを特徴とする高圧放電ランプ。

【請求項 3】

前記封止用金属が箔形状を有することを特徴とする請求項 2 記載の高圧放電ランプ。

【請求項 4】

前記封止用金属がロッド形状を有することを特徴とする請求項 2 記載の高圧放電ランプ。

【請求項 5】

前記封止用金属を表面加工することにより封止用金属の表面に溝が形成され、該溝の深さは $120 \sim 600$ nm であることを特徴とする請求項 2 記載の高圧放電ランプ。

【請求項 6】

前記封止用金属を表面加工することにより、封止用金属の表面に溝が形成され、該溝の幅は $450 \sim 1200$ nm であることを特徴とする請求項 2 記載の高圧放電ランプ。

【請求項 7】

前記封止用金属を表面加工することにより、封止用金属の表面に溝が形成され、該溝は凹状の溝であって、さらに凹状の溝の内部に梯子状の溝が形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の高圧放電ランプ。

【請求項 8】

前記パルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光は、直線偏光であることを特徴とする請求項 2 記載の高圧放電ランプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、箔シール或いはロッドシール等の封止構造を有する高圧放電ランプおよび当該高圧放電ランプの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

高圧放電ランプは、放電媒体が発光管の外部に漏れ出ることの無いよう気密に封止された封止部を有する。高圧放電ランプの封止部は、発光管の内側に封止用金属を配置して、封止部を封止用金属の外側から種々の加熱手段により加熱して封止部を溶融変形させることによって形成される。

このような高圧放電ランプの封止部においては、封止部を構成するガラスと、封止用金属である例えばモリブデン等とが、相互に熱膨張係数が異なることから、ガラスと封止用金属との密着強度が弱い、とされている。

これは、ガラスと封止用金属との熱膨張係数が一桁以上も相違することから、高圧放電ランプを繰り返し点灯・消灯させることにより封止部の温度が増減したときに、ガラスと封止用金属とのそれぞれの膨張量が相違することが原因である。

【0003】

このため、高圧放電ランプにおいては、ガラスと封止用金属とが高圧放電ランプの点灯時に剥離することにより、発光管内に封入された放電媒体が外部にリークして、高圧放電ランプの寿命が短いことが課題となっている。

10

20

30

40

50

さらに、近年においては、高圧放電ランプの輝度を一段と向上させることが要求されていることから、発光管内に多量の放電媒体が封入されている。このような高圧放電ランプにおいては、その点灯時における発光管内の圧力が極めて高いため、上記したガラスと封止用金属とが剥離するという問題が発生しやすくなる。

このような発光管構成物質と封止用金属との剥離という問題に対し、従来より、種々の対策がなされている。例えば、特許文献 1 には、封止用金属の形状を特殊形状とし、ガラスと封止用金属との密着強度を向上させることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許 3570414 号

【特許文献 2】特許 3283265 号

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】平尾一之外 1 編「フェムト秒テクノロジー [基礎と応用]」化学同人社、2006 年 3 月 30 日発行 (第 1 版、第 1 刷), p 1 - p 13、p 125 - p 134

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

以上のように、発光管構成物質と封止用金属との剥離という問題に対して、特許文献 1 にはガラスと封止用金属との密着強度を向上させる技術が開示されているが、特許文献 1 に開示される技術によっても、ガラスと封止用金属との剥離という問題を十分に解決することができていないのが現状である。

本発明は上記従来の問題を解決するためになされたものであって、本発明の目的は、ガラスと封止用金属とで構成される高圧放電ランプの封止部において、ガラスと封止用金属との密着強度を向上させることである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

パルス幅の短いレーザーパルス照射して、材料のアブレーション、ないし物性の変性などの態様を変化させる技術が、近年注目されている (例えば非特許文献 1、特許文献 2 など参照)。

従来、上記パルス幅の短いパルスを用いた金属材料に対するレーザー・アブレーションは、例えば上記特許文献 2 や非特許文献 1 に記載されるように、金や銅など比較的融点の低い金属に対して行なわれており、比較的融点の高いモリブデン (Mo)、タングステン (W) 等の金属のなどに対して行なった場合にどのような効果が得られるかについては、充分検証されていなかった。

【0008】

本発明者が、前述した問題点を解決すべく、ガラスと封止用金属との密着強度を向上させる手法を種々検討したところ、パルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光 (以下ではピコ秒レーザー光ともいう) をモリブデン (Mo)、タングステン (W) 等で構成される封止用金属に照射して封止用金属の表面加工をすることにより、従来に比べて、ガラスと封止用金属との密着強度を著しく向上させることができることを見出した。

これは、上記パルス幅のレーザー光を上記封止用金属に照射することにより、封止用金属表面に、特殊な微細な表面構造が形成され、このような表面構造が形成された封止用金属とガラスとで封止部を構成することにより、封止用金属とガラスとの密着強度を高いものとするることができるものと考えられる。

本発明は上記に基づき、次のようにして前記課題を解決する。

(1) ガラスと封止用金属とで構成される封止部を有する高圧放電ランプにおいて、前記封止用金属に、パルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光を照射して封止用金属を表面加工する。上記パルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光は、直

10

20

30

40

50

線偏光である。

なお、上記パルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光を出射することができるレーザー発振器としては、例えば、ピコ秒レーザー発振器が知られている。

(2) 箔形状を有する封止用金属に上記(1)の技術を適用する。

(3) ロッド形状を有する封止用金属に上記(1)の技術を適用する。

(4) 上記封止用金属を表面加工することにより封止用金属の表面に形成される溝の深さは $200 \sim 270$ nm であり、また、この溝の幅は $800 \sim 1200$ nm である。

また、上記のように封止用金属を表面加工することにより形成される溝は、凹状の溝の内部に梯子状の溝が形成された形状である。

【発明の効果】

10

【0009】

本発明においては、高電圧放電ランプの封止用金属にパルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光を照射し、表面加工をしているので、封止用金属に微細な表面構造が形成され、この封止用金属とガラスとで封止部を構成されることで、封止用金属とガラスとの密着強度を高いものとすることができる。

その結果、高圧放電ランプの点灯・消灯を繰返し行うことによって封止部の温度が増減しても、封止用金属がガラスから剥離する、といった不具合が生じにくくなり、高圧放電ランプの寿命を格段に延ばすことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

20

【図1】表面加工が施された封止用金属を用いた本発明の第1の実施例の高圧放電ランプの構成を示す図である。

【図2】表面加工が施された封止用金属を用いた本発明の第2の実施例の高圧放電ランプの構成を示す図である。

【図3】表面加工が施された封止用金属を用いた本発明の第3の実施例の高圧放電ランプの構成を示す図である。

【図4】封止用金属の表面加工を行うための表面加工装置の構成の概略を示す図である。

【図5】封止用金属表面の加工処理におけるレーザー光の照射方法を説明する図である。

【図6】パルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光を照射することによって形成された微細周期構造を原子間力顕微鏡で観察した画像及びその断面を模式的に示した図である。

30

【図7】パルス幅が 2×10^{-11} 秒以下のレーザー光を照射することによって形成された微細周期構造を原子間力顕微鏡で観察した画像及びその断面を模式的に示した図である。

【図8】パルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光を照射することによって形成された微細周期構造を走査型電子顕微鏡で観察した画像及びその断面を模式的に示した図である。

【図9】パルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光を照射することによって形成された微細周期構造を走査型電子顕微鏡で観察した画像を示す図である。

【図10】実験に使用したレーザーの性能、形成された溝の形状等を示す図である。

【図11】本発明において効果を検証するための実験に使用したランプの断面構造を示す図である。

40

【図12】本発明において効果を検証するための実験に使用したランプのステム部の断面構造を示す図である。

【図13】効果を検証するための実験において箔浮きが見られた部位を説明する図である。

【図14】実験結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図1は、本発明の第1の実施例の高圧放電ランプの構成を示す図であり、表面加工が施された封止用金属を用いた高圧放電ランプの構成を示している。同図(a)は長手方向の

50

断面図を示し、同図 (b) は封止部付近 A 部の部分拡大図、同図 (c) は同図 (b) を B 方向から見た図である。

図 1 の高圧放電ランプは、球状の発光部 1 1 とその両端のそれぞれに連続して管軸方向外方に向けて伸びるロッド状の封止部 1 3 とよりなる発光管を備える。

発光管の内部には、一对の電極 1 2 が対向して配置されるとともに、放電媒体として例えば水銀が封入されている。水銀は、点灯時の発光管の内部空間における圧力が 1 5 0 気圧以上となるよう 0.15 mg/mm^3 以上封入される。発光管の内部空間には、水銀の他、希ガスとハロゲンガスとが封入される。ハロゲンガスは、発光管の内部空間においてハロゲンサイクルを効率良く行うため、封入量が例えば $10^{-6} \sim 10^{-2} \mu\text{mol/mm}^3$ の範囲とされている。希ガスは、点灯始動性を改善するために、例えばアルゴンガスが 1 3 kPa の圧力で封入されている。

【 0 0 1 2 】

ロッド状の各封止部 1 3 は、前記ピコ秒レーザーを照射することによって表面加工が施されたモリブデン箔が封止用金属 1 4 として気密に埋設されている。

モリブデン箔 (封止用金属 1 4) の先端側には電極 1 2 の軸部 1 2 a が例えば溶接等により電氣的に接続され、モリブデン箔の基端側には封止部 1 3 の外端面より外方に突出する給電用のリード棒 1 5 が電極同様に溶接により電氣的に接続される。

図 1 (b) (c) に示すように、モリブデン箔 (封止用金属 1 4) の電極 1 2 側の、少なくとも電極が溶接されている面の反対側の面には、パルス幅が 2×10^{-11} 秒 $\sim 1 \times 10^{-9}$ 秒のレーザーが照射され、表面加工がなされている。このため、モリブデン箔の表面は微細な表面構造が形成されており、これにより、封止部 1 3 のガラスとモリブデン箔との密着強度が高いものとなっている。

なお、上記では、モリブデン箔 (封止用金属 1 4) の電極 1 2 側の、少なくとも電極が溶接されている面の反対側の面を表面加工するとしているが、モリブデン箔の両面の全面、あるいは、一方の面の全面にレーザーを照射して表面加工をしてもよい。

【 0 0 1 3 】

図 2 は、本発明の第 2 の実施例の高圧放電ランプの構成を示す図であり、表面加工が施された封止用金属を用いた高圧放電ランプの構成を示し、同図 (a) は長手方向の断面図を示し、同図 (b) は封止用金属部分 A 部の部分拡大図、(c) は同図 (b) を B 方向から見た図、(d) は封止用金属の表面加工する部分を示す図である。

図 2 の高圧放電ランプは、発光部 2 1 と封止部 2 5 からなる発光管と、一对の電極を構成する陽極 2 2 a と陰極 2 2 b からなる本体部 2 2 及び軸部 2 3 と、電極保持部材 2 4 a と、集電板 2 6 a , 2 6 b、ガラス部材 2 4 b、外部リード棒 2 8 および外部リード棒保持部材 2 4 c 並びに複数の封止用金属 2 7 であるモリブデン箔を備えて構成される。

発光管は、球状の発光部 2 1 とその両端のそれぞれに連続する円筒状の封止部 2 5 とを有し、石英ガラスによって構成される。

発光部の内部空間には、放電媒体として水銀と希ガスとが点灯時の蒸気圧が所定の圧力となるように封入されている。発光部の内部空間には、一对のタングステンからなる電極 2 2 a , 2 2 b が対向して配置される。

【 0 0 1 4 】

各電極 2 2 a , 2 2 b は、本体部 2 2 と軸部 2 3 とで構成され、本体部 2 2 の全体が発光部の内部空間に臨出するとともに軸部 2 3 の根元部が円筒状の石英ガラスよりなる電極保持部材 2 4 a により保持され、軸部 2 3 の端部が電極側の集電板 2 6 a に電氣的に接続されている。

ガラス部材 2 4 b は、封止部 2 5 の内部に配置されており、図 2 (c) に示すように、円板状の集電板 2 6 a , 2 6 b 及びガラス部材 2 4 b の周囲に互いに離間して、例えば 4 枚のモリブデン箔からなる封止用金属 2 7 が設けられ、これらの封止用金属 2 7 は、それぞれの両端が集電板 2 6 a , 2 6 b に接続されている。モリブデン箔の枚数は、電極に供給される電流量に応じて適宜に設定されるがこの例では 4 枚である。

上記モリブデン箔からなる封止用金属 2 7 には、パルス幅が 2×10^{-11} 秒 $\sim 1 \times 10$

10

20

30

40

50

10^{-9} 秒のレーザーが照射されることによって前述した表面加工が施され、例えば図2(d)に示すように、電極よりの集電板26a側であって封止部25に接する側の面が表面加工されている。

【0015】

各封止部25は、各封止用金属27(モリブデン箔)が封止部25とガラス部材24bとの間に介在した状態において、各封止部25を所定の加熱手段で加熱して溶融・変形させることにより形成され、各モリブデン箔に対して表面加工がされているため、ガラスとモリブデン箔との密着強度が高いものとされている。

なお、複数のモリブデン箔を集電板26a, 26bに電氣的に接続するのは、モリブデン箔1枚当りに流れる電流量を低減するためである。また、基端側に位置する集電板26bには、外部リード棒28が固定されており、外部リード棒28に電氣的に接続される。外部リード棒28は、外部リード棒保持部材24cにより保持されている。

【0016】

図3は、本発明の第3の実施例の高圧放電ランプの構成を示す図であり、表面加工が施された封止用金属を用いた封止部を有する高圧放電ランプの構成を示し、同図(a)は長手方向の断面図を示し、同図(b)は封止用金属部分の部分拡大図である。

同図に示す高圧放電ランプは、段継ぎガラスのシール法により封止されたショートアーク型のキセノンランプである。

図3において、発光管は、球状をした発光部31とその両端のそれぞれに連続するロッド状の封止部33とを有してなり、石英ガラスにより構成されている。

発光部の内部空間には、キセノンガスが点灯時の蒸気圧が所定の圧力となるように封入されるとともに、一対の電極が対向して配置されている。

各電極は、タングステンにより構成される、本体部32a, 32bと本体部32a, 32bに連結した電極芯棒35とを有する。

【0017】

封止部33内には段継ぎガラス部34が配置されており、一対の電極芯棒35が段継ぎガラス部34の封着部34aによってそれぞれ気密に封止される。よって、各電極芯棒35は、封止用金属であるとともに、封止部より外側に伸び出している部分がリード棒を兼ねている。

各電極芯棒35は、図3(b)の拡大図に示すように、段継ぎガラス部34の封着部34aに固定される部分において、前述したパルス幅が 2×10^{-11} 秒 $\sim 1 \times 10^{-9}$ 秒のレーザーが照射されることによって表面加工が施されており、これにより、電極芯棒35と段継ぎガラス部34との密着強度が高いものとされている。

【0018】

なお、上記では、第1~第3の実施例に示す高圧放電ランプに本発明を適用した場合について示したが、パルス幅が 2×10^{-11} 秒 $\sim 1 \times 10^{-9}$ 秒のレーザー光を封止用金属に照射して表面加工を施し密着強度を向上させることは、上記した高圧放電ランプに限られる訳ではなく、その他のガラスと封止用金属とで構成される封止部を有する全ての高圧放電ランプに適用することができる。

以上のように、本発明の実施例の高圧放電ランプにおいては、封止用金属に、パルス幅が 2×10^{-11} 秒 $\sim 1 \times 10^{-9}$ 秒のレーザー光を照射して表面加工をし、微細な表面構造が形成された封止用金属とガラスとで構成される封止部を形成しているので、封止用金属とガラスとの密着強度を高いものとすることができ、高圧放電ランプの寿命が格段に延びるものと期待される。

【0019】

次に、上述した封止用金属の表面加工方法及び表面加工した封止用金属とガラスとの密着強度についての実験結果について説明する。

高圧放電ランプの封止部は、上述した図1、図2に示すように箔シール構造を持つものと、図3に示したようにロッドシール構造を持つものとの2種類に分別される。

箔シール構造を有する高圧放電ランプに関しては、封止用金属に例えばモリブデン箔な

10

20

30

40

50

どの金属箔を使用し、一方、ロッドシール構造を有する高圧放電ランプに関しては、封止用金属に例えばタングステンロッドなどの金属ロッドを使用する。

以下、箔シール用の封止用金属としてモリブデン箔、ロッドシール用の封止用金属としてタングステンロッドを例示して説明するが、封止用金属はこれらに限定されるわけではなく、その他の種々の金属材料を使用することが可能である。

封止用金属は、発光管を構成するガラスとの密着強度を高いものとするため、上述したように表面加工が施されるが、以下では、発光管構成物質として石英ガラスを用いた場合について説明する。しかし、発光管構成物質はこれに限定されるわけではなく、その他のガラス材料を使用することが可能である。

【0020】

封止用金属に対する表面加工は、封止用金属の表面に以下に説明するパルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光を照射することにより行われる。

図4は、封止用金属の表面加工を行うための表面加工装置の構成の概略を示す図である。表面加工装置は、レーザー発振器1、一对の平面ミラー2a, 2b、凹面反射鏡3、XYZ回転ステージ4、XYZステージ制御部5およびメイン制御部6を有する。

レーザー発振器1としては、好ましくはパルス幅が 2×10^{-11} 秒 ~ 1×10^{-9} 秒であるレーザー光を出射する前述したピコ秒レーザー発振器が用いられ、レーザー光は直線偏光である。

平面ミラー2a, 2bは、レーザー発振器1からのレーザー光を凹面反射鏡3に向けて反射するように配置される。凹面反射鏡3は、例えば焦点距離が500mmであり、入射したレーザー光が入射角と同一の出射角にて出射される反射面を有する。

レーザー発振器1の性能は、例えば以下の通りである。

レーザー波長1064nm(YAGレーザー)、繰返し周波数1kHz、パルス幅65ピコ秒、平均出力900~1000mW、ピーク出力15MW、ビーム径0.2mm、照射パワー密度47GW/cm²であり、S偏光のレーザー光を出射する。

【0021】

XYZ回転ステージ4上には、モリブデン箔、タングステンロッドなどの封止用金属7が配置されている。凹面反射鏡3と被照射面との距離Lは可変であり、例えば、モリブデン箔の表面加工の場合には470mm、タングステンの表面加工の場合には490mmに設定される。

レーザー発振器1から出射した直線偏光のレーザー光は、一对の平面ミラー2a, 2bによって順次に反射されて凹面反射鏡3に入射し、凹面反射鏡3において入射時と同一角で反射され、XYZステージ4上に配置された封止用金属7に照射される。

レーザー光は、スキャンしながら封止用金属7に照射される。レーザー光のスキャンは、XYZステージ4を固定してレーザー発振器1をスキャンしても良いし、レーザー発振器1を固定してXYZステージ4を移動させても良い。

【0022】

図5は、本発明の実施例において、封止用金属表面の微細加工処理におけるピコ秒レーザーの照射方法を説明する図である。

レーザーパルスを、同図(a)に示すように、各レーザーパルスの照射領域が重なるように、偏光方向に直交する方向に移動させながら封止用金属表面に照射し、照射領域の端に達すると位置を少しずらして、上記とは逆方向に移動させながらレーザーパルスを封止用金属表面に照射する操作を繰り返し、各レーザーパルスの照射領域が互いに重なるようにスキャンして、封止用金属表面の加工を行う。

本実施例におけるレーザーの照射条件は例えば以下の通りである。

- ・ビーム径：0.2mm、
- ・パルス幅：65psec、410psec
- ・繰返し周波数：1kHz、
- ・ビーム移動速度：0.5~5mm/sec
- ・ビーム重なり数：数百回、
- ・レーザーエネルギー：900~1000μJoule

ここで、図5(b)に示すように、レーザーパルスの照射ピッチ(P：間隔)、レーザ

10

20

30

40

50

一の繰り返し周波数 (f k H z)、移動速度 (V : m m / s e c)、レーザービームの径 (D : m m 、光の強度が最大値の $1 / e^2$ [e は自然定数] になる大きさ) とすると、レーザーパルスが重なる条件はピッチ $P < D$ 、 $P = V / f$ (m m) であり、最大重なり数 $= (f / V) / D$ である。

【 0 0 2 3 】

モリブデン箔などの封止用金属に、上記のようにレーザー光を照射して表面加工したのち、酸化除去処理を行う。

これは、大気中で数十ピコ秒未満の極超短パルスレーザーをモリブデン箔などの封止用金属に照射すると、希ガス等を吹き付けながら行ったとしても、封止用金属の表面の酸化が避けられないためである。

例えばモリブデン箔の表面にモリブデン酸化物が存在すると、脆弱化を伴い、シール時に箔切れを起こしたりする。また、シール時にモリブデン酸化物から酸素が遊離して発光管内に残存し、長時間の点灯で、放射照度維持率を低下させたり、アークの不安定を誘起する可能性がある。

このため、封止用金属の表面に形成された酸化物は、可能な限り除去が必要となる。そこで、例えば、高温の還元雰囲気下に曝すことで、酸化物が除去される。

例えば、水素処理によるモリブデン箔の酸化物除去処理は、 700°C から 1000°C 未満の温度に加熱された炉心管に水素ガスを流し、その炉心管内にモリブデン酸化物を挿入する。そして、その状態でモリブデン酸化物を30分以上放置し、その後、酸化物が取り除かれたモリブデン箔を取り出す。

【 0 0 2 4 】

ところで、本発明者は先に、パルス幅が 2×10^{-11} 秒以下のレーザー光 (フェムト秒レーザー光) をモリブデン箔の表面に照射することにより封止用金属とガラスとの密着強度を向上させた高圧放電ランプ及び高圧放電ランプの製造方法について提案した (特願 2009-105924、以下先願発明という)。

上記先願発明では、パルス幅が 2×10^{-11} 秒以下のレーザー光 (フェムト秒レーザー光) をモリブデン箔の表面に照射することにより微細な構造が形成され、これにより、封止用金属とガラスとの密着強度を向上させることができることを実験により検証した。

以下、上記先願発明に開示されているフェムト秒レーザーを用いてモリブデン箔の表面加工をした場合と対比しながら本発明の作用効果について説明する。

【 0 0 2 5 】

図6は、前記したようにピコ秒レーザー光をモリブデン箔の表面に照射することによって形成された微細周期構造を原子間力顕微鏡で撮像した画像及びその断面を模式的に示した図である。

図6において、(a) は上記画像を模式的に示した図であり、(b) は線 A に沿って切ったときの断面の凹凸の形状を示したものである。なお、同図 (a) において、色の濃い部分は凹部を示し、同図は主として線 A に沿った部分近傍の凹凸形状を詳細に示したものであり、線 A から離れた部分については、凹凸形状の一部が省略されている。

図6に示すように、モリブデン箔の表面にピコ秒レーザー光が照射されることにより、レーザー光の偏光方向に従って細長い凹状溝 C が周期的に形成される。その溝の深さは同図 (b) に示すように概ね $200 \sim 270 \text{ nm}$ 、溝幅は概ね $800 \text{ nm} \sim 1200 \text{ nm}$ 、溝ピッチは概ね $800 \text{ nm} \sim 1200 \text{ nm}$ である。

【 0 0 2 6 】

図7は、上記先願発明で開示されているパルス幅が 2×10^{-11} 秒以下のレーザー光 (以下ではフェムト秒レーザー光ともいう) を照射することによって形成された微細周期構造を原子間力顕微鏡で撮像した画像及びその断面を模式的に示した図である。

図7において、(a) は上記画像を模式的に示した図であり、(b) は線 A に沿って切ったときの断面の凹凸の形状を示したものである。

なお、フェムト秒レーザーの照射方法は、レーザー発振器 1 として、パルス幅が 2×10^{-11} 秒以下のレーザー光を出力するフェムト秒レーザー発振器を用いる点で異なるだけ

10

20

30

40

50

でその他は図4、図5で説明したピコ秒レーザー光を照射する場合と同様である。

図7に示すように、モリブデン箔の表面にフェムト秒レーザー光が照射されることにより、レーザー光の偏光方向に従って細長い凹状溝Cが周期的に形成される。その溝の深さは同図(b)に示すように概ね120~155nmであり、溝幅は概ね450nm~500nm、溝ピッチは概ね450nm~500nmである。

【0027】

図8は、上記のようにしてピコ秒レーザー光をモリブデン箔の表面に照射することによって形成された微細周期構造を走査型電子顕微鏡で撮像した画像を模式的に示した図、図9は走査型電子顕微鏡で撮像した画像を示した図である。

図8において(a)は上記図9の画像を模式的に示した図、(b)(c)はそれぞれ線A, Bに沿って切ったときの断面の凹凸の形状を示したものである。なお、同図(a)において、色の濃い部分は凹部を示している。

原子間力顕微鏡で撮像した図6の画像では明確に見えなかったが、走査型電子顕微鏡で撮像した画像では図8、図9に示すように、レーザー光の偏光方向に従って周期的に形成される細長い凹状溝Cの内部に、梯子状の溝Dが形成されていることが観察される。

また、走査電子顕微鏡にて観測する際に傾斜しながら断面の形状を観測した所、梯子状の間の最大の深さは、最大600nmを超えるものがあった。

この現象は、ピコ秒レーザー光を照射した場合のみ見られた現象であり、フェムト秒レーザーを照射した場合には、上記のような梯子状の溝Dは観測されなかった。

【0028】

前記したように先願発明では、パルス幅が 2×10^{-11} 秒以下のレーザー光(フェムト秒レーザー光)をモリブデン箔の表面に照射することにより微細な構造が形成され、これにより封止用金属とガラスとの密着強度が向上することが実験により確認されている。

一方、本願発明のように、パルス幅が 2×10^{-11} 秒~ 1×10^{-9} 秒のレーザー光(ピコ秒レーザー光)をモリブデン箔の表面に照射した場合にも、フェムト秒レーザーを照射した場合と同様に、モリブデン箔の表面に微細な凹状溝が形成される。このことから、本発明においても、上記先願発明と同様に、封止用金属とガラスとの密着強度を向上させることができるものと考えられる。

さらに、本発明のようにピコ秒レーザー光を照射した場合、前記したように細長い凹状溝Cの内部に梯子状の溝Dが形成される。この溝により、ピコ秒レーザーを照射した表面加工することにより、上記先願発明よりさらなる密着強度の向上が期待される。

【0029】

図10は上記実験に使用した、ピコ秒レーザーとフェムト秒レーザーの性能、形成される溝深さ、溝幅、溝ピッチ等を示した図である。

同図に示すように、形成される溝深さ、溝幅、溝ピッチ等について、ピコ秒レーザー光を照射した場合とフェムト秒レーザーを照射した場合で、溝ピッチ等に違いはあるものの、同様の微細構造が形成されており、さらにピコ秒レーザー光を照射した場合凹状溝の内部に梯子状の溝が形成されることから、ピコ秒レーザー光で表面加工した場合、フェムト秒レーザー光で表面加工した場合と同様、あるいはそれ以上の効果が得られるものと期待される。

なお、図6~図10に示した凹状溝の深さ、幅、ピッチ等は、レーザー光のエネルギー、波長等により適宜に調節することができる。

【0030】

以上のようにピコ秒レーザー光で表面加工した場合、封止用金属とガラスとの密着強度を向上させることができるものと考えられるが、以下のような実験を行い、本発明により、封止用金属とガラスとの密着強度を向上させることができることを確認した。

図11は、本発明において効果を検証するための実験に使用した放電ランプの断面構造を示す図、図12は、そのステム部の断面構造を示す図であり、図12(a)はステム部の詳細構造を示し、同図(b)に(a)のA-A断面図を示す。

図11、図12に示すように放電ランプは、石英ガラスなどの光透過性材料よりなり、

10

20

30

40

50

概略球状の発光管 4 8 b とその両端に連続して外方に伸びる封止管 4 8 a とを有する放電容器（封体）4 8 を具え、発光管 4 8 b の内部には、各々例えばタングステンからなる陽極 4 9 b および陰極 4 9 a が対向配置されている。放電容器 4 8 内には、発光物質としての水銀および始動補助用のパフアガスとしての例えばキセノンガスがそれぞれ所定の封入量で封入されている。

水銀の封入量は、例えば $1 \sim 70 \text{ mg} / \text{cm}^3$ の範囲内、例えば $22 \text{ mg} / \text{cm}^3$ とされ、キセノンガスの封入量は例えば $0.05 \sim 0.5 \text{ MPa}$ の範囲内、例えば 0.1 MPa とされる。

【0031】

図 1 2 に示すようにガラス部材 4 1 の外周面に、互いに周方向に離間して、複数枚例えば 5 枚の帯状の給電用金属箔 4 2 が放電ランプの管軸方向に沿って互いに並行に配設されている。給電用金属箔 4 2 は、例えばモリブデン、タングステン、タンタル、ルテニウム、レニウム等の高融点金属またはそれらの合金により構成することができるが、溶接のしやすさ、溶接熱の伝導性がよいことなどの理由から、モリブデンを主成分とする金属により構成されていることが好ましい。

各々の給電用金属箔 4 2 は、厚みが例えば $0.02 \sim 0.06 \text{ mm}$ 、幅が例えば $6 \sim 15 \text{ mm}$ である。また、外部リード棒保持用筒体 4 7 側の端面には、直径 6 mm の外部リード棒 4 5 が挿入される穴が設けられている。

【0032】

各々の給電用金属箔 4 2 の一端が内部リード棒 4 4 に電氣的に接続され、他端が外部リード棒 4 5 に電氣的に接続される。具体的には、内部リード棒 4 4 は保持用筒体 4 6 に挿通された状態で支持され、内部リード棒 4 4 の封止部側には金属板 4 3 が固定されており、給電用金属箔 4 2 が金属板 4 3 に溶接されることにより、内部リード棒 4 4 と給電用金属箔 4 2 とが電氣的に接続される。

ガラス部材 4 1 に挿入された外部リード棒 4 5 は外部リード棒保持用筒体 4 7 に挿通された状態で支持され、外部リード棒保持用筒体 4 7 の発光管側の端面から外周面を覆うように金属部材 4 5 a が設けられ、給電用金属箔 4 2 が金属部材 4 5 a の外周面に溶接されることにより、外部リード棒 4 5 と給電用金属箔 4 2 とが電氣的に接続される。金属部材 4 5 a は、例えば、外部リード棒保持用筒体 7 の外周面に複数の金属リボンを放射状に渡すことによって形成されている。

【0033】

実験に用いた放電ランプの仕様は以下の通りである。

- ・電極間距離 7 mm
- ・希ガス封入圧力（室温時） $A r \quad 5 \text{ 気圧}$
- ・封入水銀量（ランプ内容積当り） $45 \text{ mg} / \text{cm}^3$

実験に用いた放電ランプの給電用金属箔 4 2 は、厚さが $40 \mu\text{m}$ 、幅が 10 mm 、長さが 60 mm 、金属板側の先端幅が 6 mm で、先端から 10 mm の位置で幅が 10 mm となる台形の形状を成している。

【0034】

ピコ秒レーザー未照射の給電用金属箔を用いたランプを基準用のランプ A 0 とし、給電用金属箔 4 2 の先端部台形部分にレーザー光を照射したランプ B 1 ~ B 3 を試作した。

ランプ B 1 ~ B 3 は照射するレーザー光のパルス幅を変えたものであり、照射したパルス幅はランプ B 1 が 410 psec 、ランプ B 2 が 65 psec 、ランプ B 3 が 30 fsec である。

上記ランプ A 0、B 1 ~ B 3 に 6 kW の電力を入力し、陽極を上にした垂直姿勢で加速点灯させ、給電用金属箔 4 2 の箔浮きを調べた。

図 1 3 は効果を検証するための実験において箔浮きが見られた部位を説明する図であり、図 1 4 に上記実験の結果を示す。

【0035】

図 1 4 に示すように、ガラス部材 4 1 の外周面に配置された金属板 4 3 側の給電用金属

10

20

30

40

50

箔42の表面にレーザー光を照射しないランプA0（溝なし）の場合、図13のF部において、封止管部48aと給電用金属箔42との間に、極狭い空間（箔浮き部）が観測された。箔浮きの距離は12mmであった（評価は×）。

内部リード棒44と内部リード棒保持用筒体46（図12参照）の間は発光空間と連通しており、金属板43の外周端面まで、ランプ点灯に伴う圧力が加わる。したがって、点灯時の内圧が数十気圧と高くなると、箔浮きが観測され、点灯時間とともに広がる。そして、その箔浮きが甚だしい時、その部分からの破損に到ることになる。

一方、410 p s e c、65 p s e cのレーザー光を照射したランプB1（梯子状溝あり）、ランプB2（梯子状溝あり）においては、図14に示すように箔浮き距離は1mmであり、良好な結果が得られた（評価 ）。

また、30 f s e cのレーザー光を照射したランプB3（凹状溝のみ、梯子状溝なし）においては、箔浮き距離は4mmであり、レーザー光を照射しないランプに比べて良好な結果を得ることができたが、ピコ秒レーザー光を照射した場合より箔浮き距離は長くなった（評価 ）。

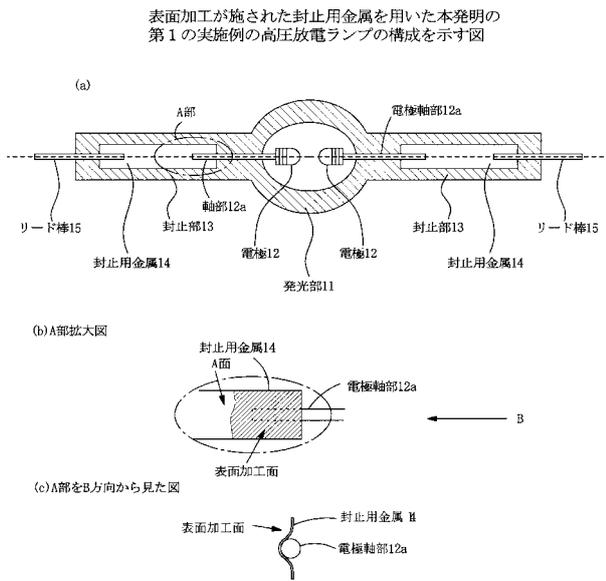
【符号の説明】

【0036】

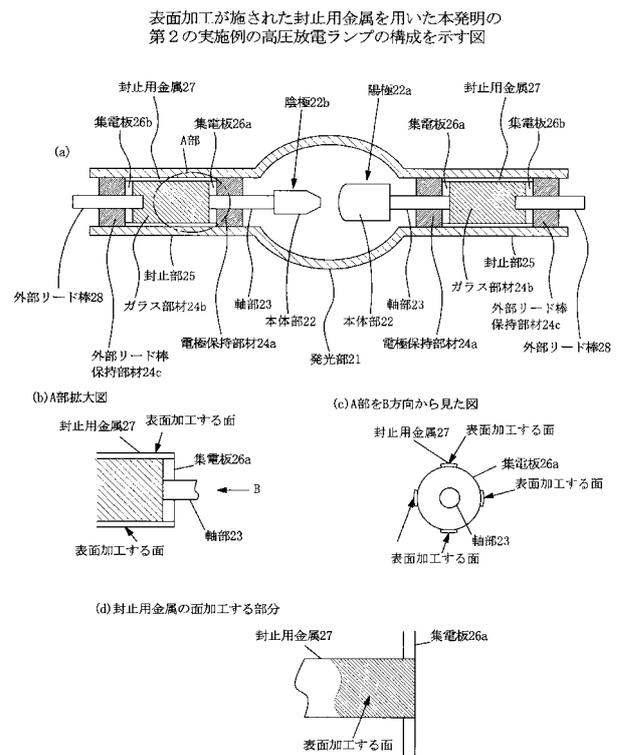
1	レーザー発振器	
2 a , 2 b	平面ミラー	
3	凹面反射鏡3	
4	X Y Z回転ステージ	20
5	X Y Zステージ制御部	
6	メイン制御部	
1 1	発光部	
1 2	電極	
1 3	封止部	
1 4	封止用金属	
1 5	リード棒	
2 1	発光部	
2 2 a , 2 2 b	陽極、陰極	
2 3	軸部	30
2 4 a	電極保持部材	
2 4 b	ガラス部材	
2 4 c	外部リード棒保持部材	
2 5	封止部	
2 6 a , 2 6 b	集電板	
2 7	封止用金属	
2 8	外部リード棒	
3 1	発光部	
3 2 a , 3 2 b	本体部（電極）	
3 3	封止部	40
3 4	段継ぎガラス部	
3 5	電極芯棒	
4 1	ガラス部材	
4 2	給電用金属箔	
4 3	金属板	
4 4	内部リード棒	
4 5	外部リード棒	
4 5 a	金属部材	
4 6	内部リード棒保持用筒体	
4 7	外部リード棒保持用筒体	50

- 4 8 放電容器（封体）
- 4 8 b 発光管
- 4 8 a 封止管部
- 4 9 a 陰極
- 4 9 b 陽極

【 図 1 】

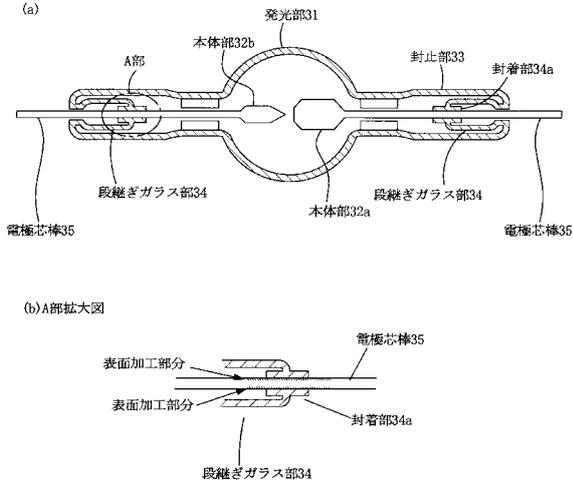


【 図 2 】



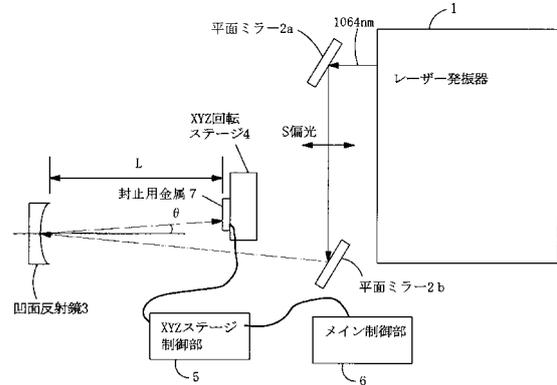
【 図 3 】

表面加工が施された封止用金属を用いた本発明の第3の実施例の高圧放電ランプの構成を示す図



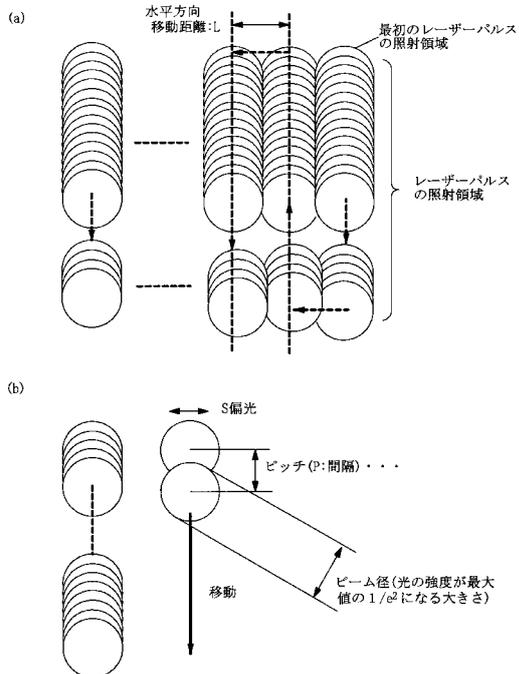
【 図 4 】

封止用金属の表面加工を行うための表面処理装置の構成の概略を示す図



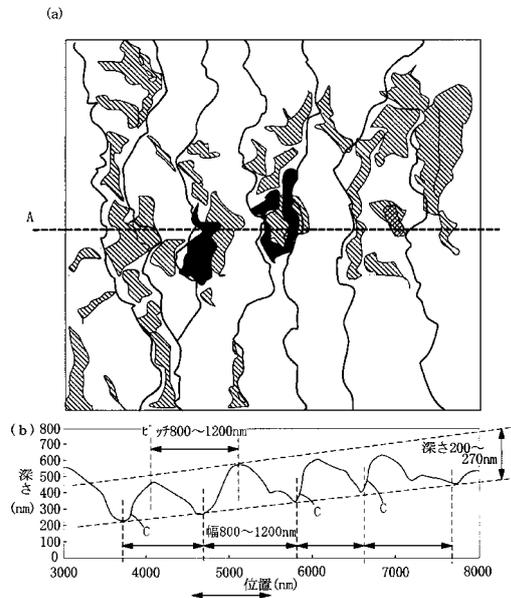
【 図 5 】

封止用金属表面の加工処理におけるピコ秒レーザーの照射方法を説明する図



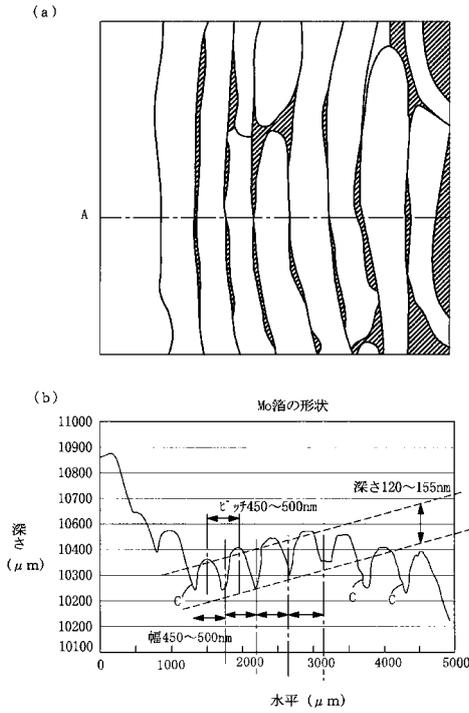
【 図 6 】

パルス幅が 2×10^{-11} 秒～ 1×10^{-9} 秒のレーザー光を照射することによって形成された微細周期構造を原子力顕微鏡で観察した画像及びその断面を模式的に示した図



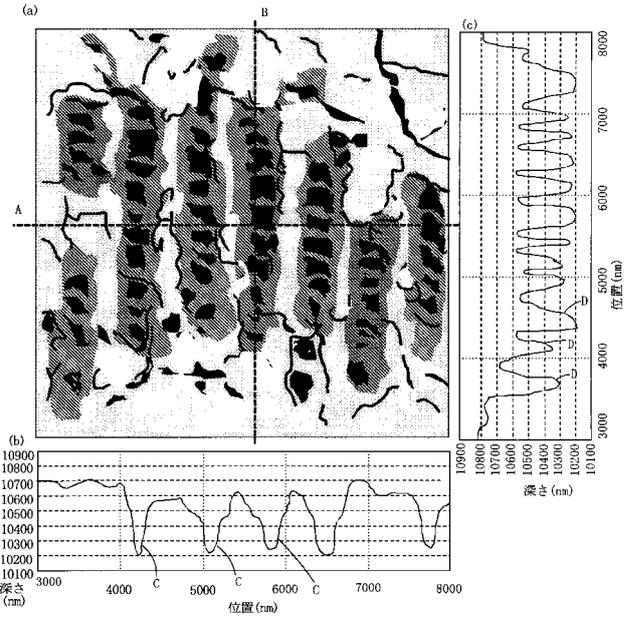
【 図 7 】

フェムト秒レーザーを照射することによって形成された微細周期構造を模式的に示した図



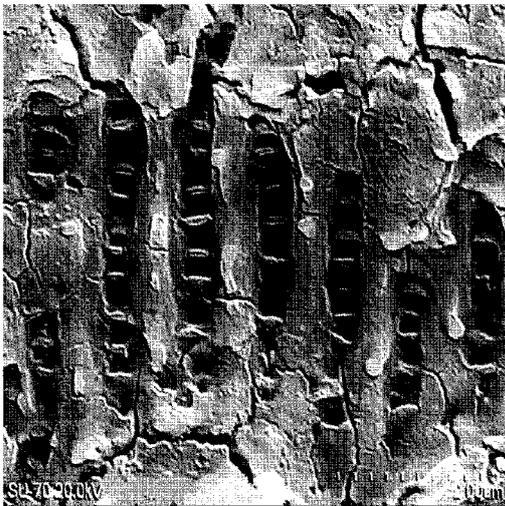
【 図 8 】

パルス幅が 2×10^{-11} 秒 $\sim 1 \times 10^{-9}$ 秒のレーザー光を照射することによって形成された微細周期構造を走査型顕微鏡で観察した画像及びその断面を模式的に示した図



【 図 9 】

パルス幅が 2×10^{-11} 秒 $\sim 1 \times 10^{-9}$ 秒のレーザー光を照射することによって形成された微細周期構造を走査型顕微鏡で観察した画像を示す図



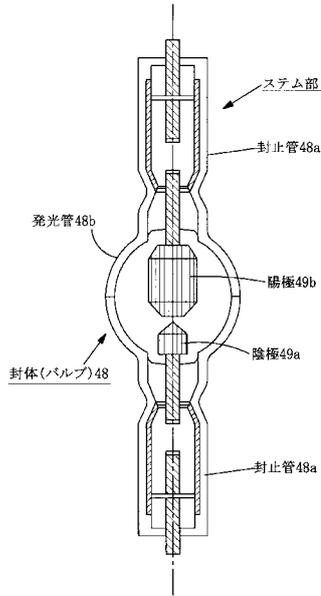
【 図 10 】

実験に使用したレーザーの性能、形成された溝の形状等を示す図

		フェムト秒レーザー	ピコ秒レーザー
レーザー性能	パルス幅	30 fs	65 ps
	繰り返し	1kHz	1kHz
	エネルギー	400~660 μJ	900~1000 μJ
	平均パワー	400~660mW	900~1000mW
	波長	800nm	1064nm
	ピークパワー	22GW	15MW
集焦点	ビーム径	0.2 mm φ	0.2 mm φ
	照射パワー密度	70TW/cm ²	47GW/cm ²
			7.6GW/cm ²
溝加工	溝深さ	120~155nm	200~270nm
	溝幅	450~500nm	800~1200nm
	溝ピッチ	450~500nm	800~1200nm
移動機構	移動スピード	0.5~5mm/s	0.5~5mm/s
	ピッチ	0.5mm	0.5mm

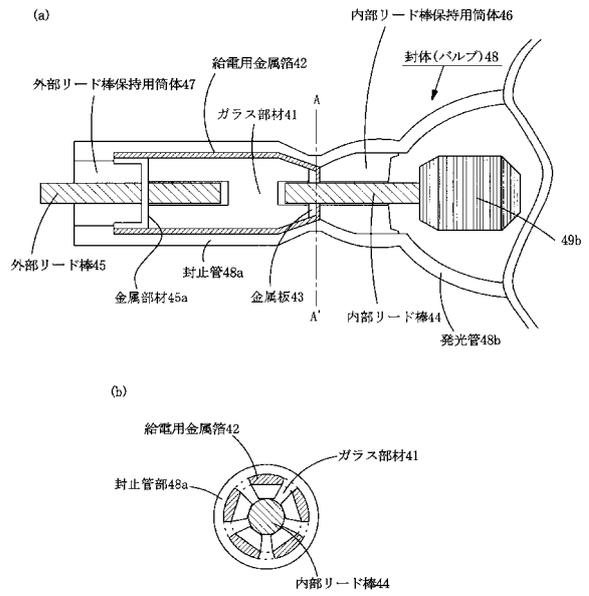
【 図 1 1 】

本発明において効果を検証するための実験に使用したランプの断面構造を示す図



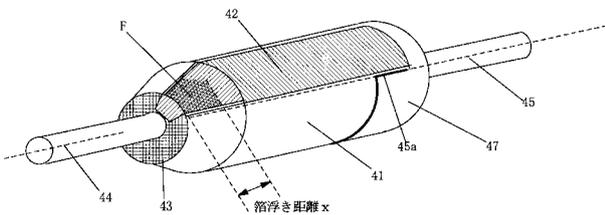
【 図 1 2 】

本発明において効果を検証するための実験に使用したランプのステム部の断面構造を示す図



【 図 1 3 】

効果を検証するための実験において箔浮きが見られた部位を説明する図



【 図 1 4 】

実験結果を示す図

ランプ番号	レーザー光の パルス幅	給電用金属箔の 箔浮き距離 (加速点灯方法)	評価	備考
ランプA0	レーザー未照射	1.2 mm	×	溝なし
ランプB1	410 psec	1 mm	○	梯子状溝
ランプB2	65 psec	1 mm	○	上に同じ
ランプB3	30 fsec	4 mm	△	格子溝のみ

フロントページの続き

- (72)発明者 大道 博行
福井県敦賀市木崎65号20番 独立行政法人日本原子力研究開発機構 敦賀本部レーザー共同研
究所内
- (72)発明者 桐山 博光
京都府木津川市梅見台8丁目1番7号 独立行政法人日本原子力研究開発機構 関西光科学研究所
内
- (72)発明者 岡田 大
京都府木津川市梅見台8丁目1番7号 独立行政法人日本原子力研究開発機構 関西光科学研究所
内
- (72)発明者 鈴木 将之
京都府木津川市梅見台8丁目1番7号 独立行政法人日本原子力研究開発機構 関西光科学研究所
内
- (72)発明者 大東 出
京都府木津川市梅見台8丁目1番7号 独立行政法人日本原子力研究開発機構 関西光科学研究所
内

Fターム(参考) 5C043 AA18 AA20 CC05 CC12 CD01 DD13 DD18 EA01