

(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2004-253200

(P2004-253200A)

(43) 公開日 平成16年9月9日(2004.9.9)

(51) Int.Cl.⁷

H01J 65/00

F I

H01J 65/00

B

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2003-40672 (P2003-40672)

(22) 出願日 平成15年2月19日 (2003.2.19)

(71) 出願人 000000192

岩崎電気株式会社

東京都港区芝3丁目12番4号

(72) 発明者 松本 稔

埼玉県行田市富士見町1-20 岩崎電気

株式会社開発センター内

(72) 発明者 飯田 武伸

埼玉県行田市富士見町1-20 岩崎電気

株式会社開発センター内

(54) 【発明の名称】 エキシマランプ及びエキシマランプ照射装置

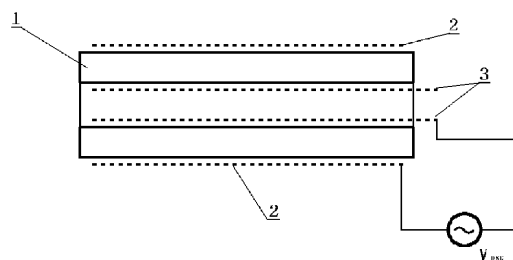
(57) 【要約】

【課題】高周波放電（RF放電）を使用して放電させるエキシマランプであって、ランプに入力する高周波電力を増大させてもアーク放電に移行することなしに非常に強いエキシマ発光出力が維持され、かつ長寿命なエキシマランプを提供する。また、そのようなエキシマランプを搭載した照射装置であって、高い出力電圧の高周波電源（RF電源）を必要としないエキシマランプ照射装置を提供する。

【解決手段】内部に60～200kPa程度の希ガスを充填した放電容器と一対の外部電極を具備し、周波数1～100MHzの高周波電源（RF電源）を使用して放電させるエキシマランプにおいて、前記一対の外部電極を共に、線状または点状に構成する。また、そのようなエキシマランプを搭載した照射装置において、エキシマランプと前記高周波電源との間に直列にチョークコイルを入れて共振回路を構成する。

【選択図】

図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部に 60 ~ 200 kPa 程度の希ガスを充填した放電容器と一对の外部電極を具備し、周波数 1 ~ 100 MHz の高周波電源 (RF 電源) を使用して放電させるエキシマランプにおいて、前記一对の外部電極はともに線状または点状に構成したことを特徴とするエキシマランプ。

【請求項 2】

内部に 60 ~ 200 kPa 程度の希ガスを充填した放電容器と一对の外部電極を具備し、周波数 1 ~ 100 MHz の高周波電源 (RF 電源) を使用して放電させるエキシマランプにおいて、前記一对の外部電極のうちいずれか一方を金属箔とし、前記金属箔の前記放電容器に面する側の面全体に、線状または点状の凸部を配置したことを特徴とするエキシマランプ。

10

【請求項 3】

高周波電源 (RF 電源) を用いて動作させるエキシマランプ照射装置において、エキシマランプと前記高周波電源との間に直列にチョークコイル L を入れ、外部電極とプラズマ間の静電容量 C1 と C2 の直列接続による合成静電容量 C とチョークコイル L とで直列共振回路を構成させたことを特徴とするエキシマランプ照射装置。

【請求項 4】

高周波電源 (RF 電源) を用いて動作させるエキシマランプ照射装置において、前記チョークコイル L と前記エキシマランプの外部電極との間の配線ケーブルの長さを 30 cm 以内とし、前記配線ケーブルを照射器のケースから 1 cm 以上離れたことを特徴とする、請求項 3 記載のエキシマランプ照射装置。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光化学反応を利用した処理 (例えば、フロンガス、各種の廃ガスの処理、あるいは上水、下水、各種の工場廃水の処理、あるいは洗浄)、または太陽電池に使用される水素化アモルファスシリコンの薄膜等の製造における光化学反应用の光源に関する。

【0002】

特に、高周波放電、別名、無線周波放電 (RF 放電) を利用した無電極電界放電によるエキシマランプにおいてその点灯回路の高出力化を図ったエキシマランプ、及びそのようなエキシマランプを搭載したエキシマランプ照射装置に関するものである。

30

【0003】

【従来の技術】

内部に放電ガスを封入した容器の外側に配置した電極に高周波電力を供給してそのガスを放電させる静電結合型放電 (いわゆる E 放電) を利用した無電極放電ランプについては既に知られていて、例えば参考文献 1 に記載されている。また、放電容器にエキシマ分子を形成する放電ガスを充填し、このエキシマ分子から放射される光を取り出すエキシマランプについては、例えば参考文献 2 に記載がある。

【0004】

40

【参考文献 1】

東方、四宮：無電極放電ランプの技術動向、照明学会誌、第 77 巻、第 5 号、p. 20 ~ 25 (1993 年)。

【0005】

【参考文献 2】

特開平 7 - 142037 号。

【0006】

しかし、従来のエキシマランプにおいては、例えば参考文献 3 にも記載されているように発光出力 (放射照度) が約 10 mW / cm² 程度ないしそれ以下であって十分な強度ではなく、洗浄等の処理速度、および光 CVD の生成の点で問題があった。ところが、ランプ

50

に入力する高周波電力（ RF 電力）を増大させていくと、霧状（ランプ放電容器内に一様に広がる）のグロー放電がピンチ効果（電流が流れることにより発生する磁場により自らの放電路が狭められる現象）により収束し、放電路の電気抵抗が減少し、アーク放電となり、エキシマランプの発光状態が変化し、可視光成分、および紫外光の長波長成分（ $UV-A$ 、 $UV-B$ 成分）が増大し、必要とするエキシマ光成分（紫外光短波長成分）が減少してしまうという欠点があった。また、高周波電力がアークの発生点に集中することにより、ランプ容器が破損するという欠点もあった。

【0007】

【参考文献3】

ウシオ電機株式会社 技術資料「エキシマ光照射装置」（1998年）。

10

【0008】

また、図3の等価回路で表現されるエキシマランプ照射装置で、ランプに入力する高周波電力（ RF 電力）を増大させるためには、高周波電源（ RF 電源）の出力電圧を増大させる必要がある。そのためには、変成器（トランス）の二次側の巻き数を増やす必要があるが、そのことにより、二次側の巻き線間の浮遊容量も増加するので、高い周波数で、高電圧の高出力を得ることが可能な変成器の製作が困難であるという欠点もあった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の一つの目的は、ランプに入力する高周波電力を増大させてもアーク放電に移行することなしに非常に強い発光出力が維持され、かつ長寿命なエキシマランプを提供することである。また、もう一つの目的は、そのようなエキシマランプを搭載した照射装置であって、高い出力電圧の高周波電源（ RF 電源）を必要としない照射装置を提供することにある。

20

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明は次の構成とする。すなわち、請求項1記載のエキシマランプは、内部に $60 \sim 200$ kPa程度の希ガスを充填した放電容器と一对の外部電極を具備し、周波数 $1 \sim 100$ MHzの高周波電源（ RF 電源）を使用して放電させるエキシマランプにおいて、前記一对の外部電極はともに線状または点状に構成したことを特徴とする。

30

【0011】

請求項2記載のエキシマランプは、内部に $60 \sim 200$ kPa程度の希ガスを充填した放電容器と一对の外部電極を具備し、周波数 $1 \sim 100$ MHzの高周波電源（ RF 電源）を使用して放電させるエキシマランプにおいて、前記一对の外部電極のうちいずれか一方を金属箔とし、前記金属箔の前記放電容器に面する側の面全体に、線状または点状の凸部を配置したことを特徴とする。

【0012】

請求項3記載のエキシマランプ照射装置は、高周波電源（ RF 電源）を用いて動作させるエキシマランプ照射装置において、エキシマランプと前記高周波電源との間に直列にチョークコイル L を入れ、外部電極とプラズマ間の静電容量 C_1 と C_2 の直列接続による合成静電容量 C とチョークコイル L とで直列共振回路を構成させたことを特徴とする。

40

【0013】

請求項4記載のエキシマランプ照射装置は、請求項3記載のエキシマランプ照射装置において、前記チョークコイル L と前記エキシマランプの外部電極との間の配線ケーブルの長さを 30 cm以内とし、前記配線ケーブルを照射器のケースから 1 cm以上離れたことを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】

次に、実施の形態について説明する。エキシマランプからのエキシマ光を増大させるためには、単にランプに入力する高周波電力を増大させるだけでなく、エキシマ光を放射する

50

エキシマ分子の数を増やす必要がある。すなわち、ランプ内の希ガスの圧力を増大させる必要がある。具体的には、希ガスを60～200kPa程度充填する。また、同時に、ランプ内の希ガスの圧力を増大させることにより、アーク放電が発生し易くなるので、グロー放電からアーク放電に移行しにくい外部電極の構造にする必要がある。

【0015】

図1に示される代表的な中空円筒形状のエキシマランプを例にして、アーク放電に移行しにくい外部電極の構造とはどのような構造かについて説明する。

【0016】

もし外部電極が面状で、凹凸がなくてなめらかな形状の場合、その電極と最も近接した放電容器内でプラズマが高密度に生成し、一カ所に集中し、電流密度が大きくなってアーク放電が発生する。60kPa以上の圧力下でのアーク放電は熱プラズマに転換し易く、多量の高周波電力を消費し、放電容器を破壊するという可能性がある。さらに、アーク放電では、エキシマ光が発生しないという問題点もある。

【0017】

アーク放電の発生を防ぎ、グロー放電を維持するための解決策の一つは、外部電極に近接した放電容器内でプラズマが高密度に生成しないように、外部電極による単位面積当たりの静電容量を少なくする必要がある。そこで、外部電極を面ではなく、線または点の形状で構成する。本発明によるエキシマランプの軸方向の概略断面図を図2に示す。

【0018】

さらに、もう一つのアーク放電の発生を防ぐ手段は、外部電極の表面全体に、凹凸を形成することである。外部電極の凸部分では電界が集中して強くなるが、放電は外部電極の表面全体で起こり、分散化するので、一カ所にアーク放電が集中するという現象が発生しにくくなるという利点がある。具体的には、面状の金属外部電極にネット状の金属網をかぶせるのが有効である。このネット状の金属網は、面状の金属外部電極の放電容器に面する側の面に配置する。ネットの網目間隔は、1mm～5mm程度がよい。

【0019】

図3は、内側の外部電極として金属箔に金属網をかぶせた構造の電極を配置し、外側の外部電極として金属網を配置した、本発明によるエキシマランプの軸方向の概略断面図であって、外側にエキシマ光を取り出し、主に板状の固体の処理を行なうのに用いるエキシマランプの構造を示している。

【0020】

図4は、外側の外部電極として金属箔に金属網をかぶせた構造の電極を配置し、内側の外部電極として金属網を配置した、本発明によるエキシマランプの軸方向の概略断面図であって、ランプの内側(中空部)にエキシマ光を取り出し、主にこの中空部に流体を通過させて処理を行なうのに用いるエキシマランプの構造を示している。

【0021】

図6の等価回路で表現される従来のエキシマランプで、入力する高周波電力を増大させていくと、ランプの外部電極とプラズマ間の静電容量(コンデンサー、 C_1 、 C_2)の影響、すなわち、図8のベクトル図の小容量のコンデンサー(C_1 と C_2 の直列接続による合成静電容量を C とする)による電圧降下 V_C が大きくなり、高周波電力が入りにくくなる。このことは、高い出力電圧(実効値で2～3kV)の高周波電源(RF電源)必要とすることになり、高周波電源(RF電源)の設計および製造が困難となる。

【0022】

これを解決するためには、図7のベクトル図のように、ランプの外部電極とプラズマ間の静電容量(コンデンサー、 C_1 、 C_2)による電圧降下 V_C をうち消すために、図4のようにエキシマランプと高周波電源(RF電源)との間に直列にチョークコイル L を入れる必要がある。図7のベクトル図では、コイルにより発生する電圧 V_L により V_C をうち消すことが可能となる。これは、 C_1 と C_2 の直列接続による合成静電容量 C と L とで直列共振回路を構成させることでもある。このことにより、高周波電源(RF電源)の出力電圧を増大させる必要がなくなり、実効値で0.5～1.0kVの高周波電源でよく、高周

10

20

30

40

50

波電源（ＲＦ電源）の製造が容易となる。

【００２３】

図５の等価回路で追加コイルとランプの外部電極間の電圧は V_{osc} の Q 倍（直列共振回路のリアクタンス成分と抵抗成分の比）の高電圧であり、周波数も高く空間への放射強度も強いので、照射器のケースから１ｃｍ以上離す必要がある。また、追加コイル（チョークコイル L ）とランプの外部電極間の配線のケーブルの長さは、周波数高く、かつ高電圧であり、減衰が非常に激しいので３０ｃｍ以内とする必要がある。

【００２４】

【実施例】

本発明のエキシマランプの実施例として、図１のような同軸円筒型無電極 E （電界）放電エキシマランプを示す。１は放電容器で、全長約３００ｍｍの石英ガラス製で、外側管の外径約３５ｍｍ、肉厚１．５ｍｍ、内管の内径約１６ｍｍ、肉厚１．０ｍｍ、同軸に配置して中空円筒状にしたものである。放電容器に希ガスであるキセノンガスを８０ｋＰａ充填し、点灯周波数２．６５ＭＨｚの正弦波で点灯したところ、ランプ入力電力３００Ｗのとき、ランプから２０ｍｍ離れた位置における真空紫外線の強度は約７０ｍＷ／ｃｍ^２の高出力を記録した。

【００２５】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、電極間で一ヶ所に放電が集中しないので、アークに移行することがなく、従って高出力のエキシマ光を照射でき、かつランプ容器の破損の恐れがない、長寿命のエキシマランプを提供できる。また、本発明によれば、高い出力電圧の高周波電源（ＲＦ電源）を必要としないので、比較的安価なエキシマランプ照射装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明に係るエキシマランプの外観図。

【図２】内側および外側外部電極としていずれもメッシュ状の金属線で構成された電極を配置した、本発明に係るエキシマランプの軸方向の概略断面図。

【図３】内側外部電極として金属箔に金属網をかぶせた構造の電極を配置した、本発明に係るエキシマランプの軸方向の概略断面図。

【図４】外側外部電極として金属箔に金属網をかぶせた構造の電極を配置した、本発明に係るエキシマランプの軸方向の概略断面図。

【図５】本発明のエキシマランプと高周波電源（ＲＦ電源）との接続方法を示す等価回路図。

【図６】従来のエキシマランプと高周波電源（ＲＦ電源）との接続方法を示す等価回路図。

【図７】本発明のエキシマランプと高周波電源（ＲＦ電源）との電圧の位相関係を示すベクトル図。

【図８】従来のエキシマランプと高周波電源（ＲＦ電源）との電圧の位相関係を示すベクトル図。

【符号の説明】

- １… 放電ガスを充填した中空円筒状の放電容器。
- ２… メッシュ状の金属線で構成された外側外部電極。
- ３… メッシュ状の金属線で構成された内側外部電極。
- ４… 高周波電源（ＲＦ電源）。
- ５… 外側の外部電極とプラズマ間の静電容量。
- ６… 内側の外部電極とプラズマ間の静電容量。
- ７… 放電プラズマの等価的電気抵抗。
- ８… 本発明のエキシマランプと高周波電源（ＲＦ電源）との間に直列に挿入されたチョークコイル。
- ９… 金属箔に金属網をかぶせた構造の内側外部電極。

10

20

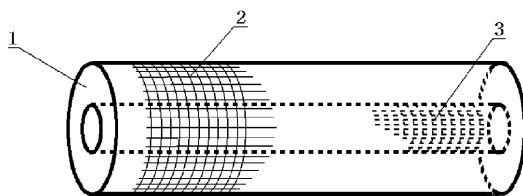
30

40

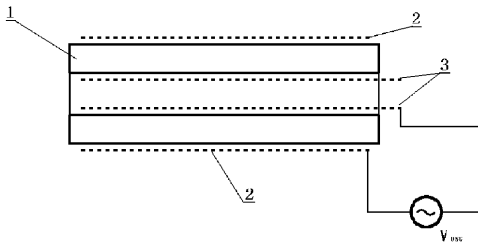
50

1 0 ... 金属箔に金属網をかぶせた構造の外側外部電極。

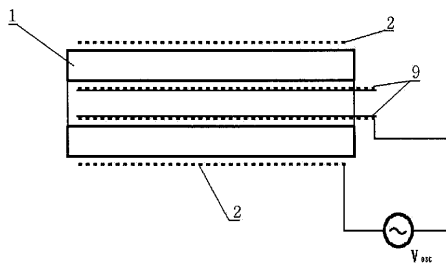
【図 1】



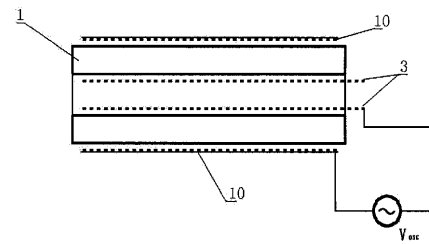
【図 2】



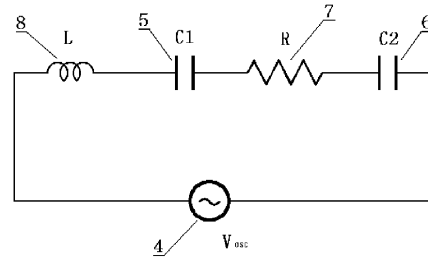
【図 3】



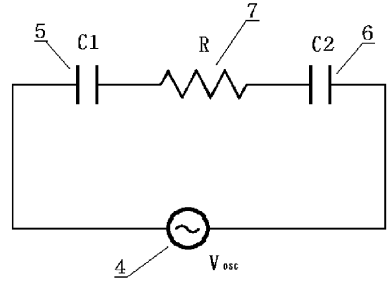
【図 4】



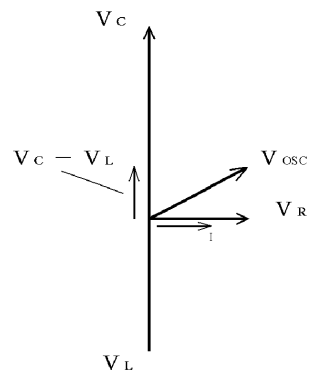
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

