

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6200256号
(P6200256)

(45) 発行日 平成29年9月20日(2017.9.20)

(24) 登録日 平成29年9月1日(2017.9.1)

(51) Int. Cl.		F I	
H01J 65/04	(2006.01)	H01J 65/04	B
H05K 9/00	(2006.01)	H05K 9/00	P
F21S 2/00	(2016.01)	F21S 2/00	311
F21Y 101/00	(2016.01)	F21Y 101:00	300

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-200951 (P2013-200951)	(73) 特許権者	000003388 東京計器株式会社 東京都大田区南蒲田2丁目16番46号
(22) 出願日	平成25年9月27日(2013.9.27)	(73) 特許権者	509204127 株式会社プラスマアプリケーションズ 静岡県浜松市西区大人見町12番地の30
(65) 公開番号	特開2015-69740 (P2015-69740A)	(74) 代理人	110000408 特許業務法人高橋・林アンドパートナーズ
(43) 公開日	平成27年4月13日(2015.4.13)	(72) 発明者	松永 基 東京都大田区南蒲田二丁目十六番四十六号 東京計器株式会社内
審査請求日	平成28年8月29日(2016.8.29)	(72) 発明者	玉木 耕生 東京都大田区南蒲田二丁目十六番四十六号 東京計器株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放電ランプ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電磁波発生部と、
電磁波電界を形成して発光する放電ランプと、
前記電磁波発生部から前記放電ランプに電磁波を導く同軸導波管と、
前記放電ランプを包囲する電磁波遮断部と、 を有し、
前記電磁波遮断部は、前記同軸導波管の軸方向に伸びる複数の導電性部材によって直径
(mm)の筒状に形成され、
前記電磁波遮断部の前記放電ランプを含まない部分の長さは前記電磁波の波長 (mm
)の4分の1以上であり、
前記 と前記 とは、 $< / 1.705$ の関係を満たす、
ことを特徴とする放電灯装置。

【請求項2】

前記放電ランプは、アンテナ励起型マイクロ波放電ランプであり、
前記電磁波遮断部は、前記アンテナ励起型マイクロ波放電ランプのアンテナ軸と、前記
電磁波遮断部の軸が、同方向になるように設置される、
ことを特徴とする、請求項1に記載の放電灯装置。

【請求項3】

前記電磁波遮断部は円筒状に形成され、
Fは前記電磁波の周波数 (GHz) であり、

前記 F 及び前記 は、

$$F = 300 \text{ と表現されるとき、 } 1.705 < 300 / F$$

を満たすことを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の放電灯装置。

【請求項 4】

前記電磁波遮断部の周方向の開口率が 91% 以下であることを特徴とする、請求項 3 に記載の放電灯装置。

【請求項 5】

前記導電性部材の比透磁率が 1.1 以下であることを特徴とする、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の放電灯装置。

【請求項 6】

前記導電性部材は鏡面状に形成されていることを特徴とする、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の放電灯装置。

【請求項 7】

前記放電ランプ及び前記電磁波遮断部が反射ミラー内部に設置されることを特徴とする、請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の放電灯装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放電ランプ装置に属し、より詳細には、放電ランプを包囲する電磁波遮断部に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、マイクロ波放電ランプ装置の開発が盛んになってきている。高発光効率と長寿命化を実現したアンテナ励起型マイクロ波放電ランプとして、特許文献 1 に示すものが知られている。

【0003】

マイクロ波は放電ランプの発光現象に寄与するが、その一部は電磁波として外部へ放射される。このような漏洩電磁波は、他の電子機器に悪影響を及ぼすため、一定量以下に遮蔽する必要がある。漏洩電磁波を遮蔽する手段としては、例えば特許文献 2 に示すように、メッシュ状の部材で放電ランプを全て覆うタイプのものが一般的である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 4714868 号公報

【特許文献 2】特開 2002 - 279938 公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の放電ランプ装置に用いられている電磁波遮蔽メッシュは、正方形等の細かい網目状となっており、放電ランプの放射光も遮蔽してしまうという問題があった。また、従来の電磁波遮蔽メッシュは、放電ランプを全て覆うために天井部が必要であり、天井部の加工成形が複雑になるという問題もあった。

【0006】

本発明は、上述の課題を鑑みてなされたものであり、放電ランプからの電磁波漏洩を遮蔽するとともに、放射光の遮蔽が少なく、天井部が不要な電磁波遮断部を有する放電ランプ装置を提供することを課題とする。

【0007】

さらに、本発明は、電磁波漏洩を遮蔽するとともに、放電ランプの光束を増加させる機能を備えた電磁波遮断部を有する放電ランプ装置を提供することも、その課題とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一実施形態によると、電磁波発生部と、電磁波電界を形成して発光する放電ランプと、電磁波発生部から放電ランプに電磁波を導く同軸導波管と、放電ランプを包囲する電磁波遮断部とを有し、電磁波遮断部は、同軸導波管の軸方向に伸びる複数の導電性部材によって筒状に形成され、電磁波遮断部の放電ランプを含まない部分の長さは電磁波の波長の4分の1以上であることを特徴とする放電灯装置が提供される。

【0009】

本発明の一実施形態に係る放電灯装置は、放電ランプがアンテナ励起型マイクロ波放電ランプであるのが好ましい。また、本発明の一実施形態に係る放電灯装置では、電磁波遮断部は、アンテナ励起型マイクロ波放電ランプのアンテナ軸と、電磁波遮断部の軸が、同方向になるように設置されることが好ましい。

10

【0010】

本発明の一実施形態に係る放電灯装置は、電磁波遮断部が円筒状に形成されてもよく、 F を電磁波の周波数とし、 D を電磁波遮断部の直径としたとき、 F 及び D は、 $1.705 < 300/F$ を満たすことが好ましい。

【0011】

本発明の一実施形態に係る放電灯装置は、電磁波遮断部の周方向の開口率が91%以下であってもよい。

【0012】

本発明の一実施形態に係る放電灯装置は、導電性部材の比透磁率が1.1以下であってもよい。

20

【0013】

本発明の一実施形態に係る放電灯装置は、導電性部材が鏡面状に形成されてもよい。

【0014】

本発明の一実施形態に係る放電灯装置は、放電ランプ及び電磁波遮断部が反射ミラー内部に設置されてもよい。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、電磁波漏洩を遮蔽するとともに、放射光の遮蔽が少なく、天井部が不要であり、放電ランプの光束を増加させることのできる電磁波遮断部及びそれを用いた放電ランプ装置を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施形態に係る放電ランプ装置の概要図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る放電ランプ10とランチャ20を設置した場合の、電界分布のシミュレーション図である。

【図3】本発明の一実施形態に係る放電ランプ装置の、電磁波遮断部50の斜視図である。

。

【図4】本発明の一実施形態に係る放電ランプ装置の、電磁波遮断部50の側面図である。

40

。

【図5】本発明の一実施形態に係る放電ランプ10の放射光強度と、電磁波遮断部50の有無及び直径との関係を示したグラフである。

【図6a】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部50の構造と、電磁波漏洩との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したシミュレーション図であり、Full Meshのシミュレーション結果を示したものである。

【図6b】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部50の構造と、電磁波漏洩との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したシミュレーション図であり、Triangular Meshのシミュレーション結果を示したものである。

【図6c】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部50の構造と、電磁波漏洩との関係に

50

ついて、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したシミュレーション図であり、Trial Mesh 2のシミュレーション結果を示したものである。

【図6d】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部50の構造と、電磁波漏洩との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したシミュレーション図であり、Trial Mesh 3のシミュレーション結果を示したものである。

【図6e】[図6a]～[図6d]の表示色と、電界強度との関係を示した図である。

【図7a】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部50の長さ、電磁遮蔽特性との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したシミュレーション図であり、Trial Mesh 4のシミュレーション結果を示したものである。

【図7b】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部50の長さ、電磁遮蔽特性との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したシミュレーション図であり、Trial Mesh 5のシミュレーション結果を示したものである。

【図8a】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部50を構成する導電性部材51の線幅、本数および直径と、電磁波漏洩との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したシミュレーションにおいて、計算で使用したモデル図である。

【図8b】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部50を構成する導電性部材51の線幅、本数および直径と、電磁波漏洩との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したシミュレーション図であり、台812の直径を18mmに設定した場合のシミュレーション結果である。

【図8c】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部50を構成する導電性部材51の線幅、本数および直径と、電磁波漏洩との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したシミュレーション図であり、台812の直径を22mmに設定した場合のシミュレーション結果である。

【図8d】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部50を構成する導電性部材51の線幅、本数および直径と、電磁波漏洩との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したシミュレーション図であり、台812の直径を30mmに設定した場合のシミュレーション結果である。

【図8e】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部50を構成する導電性部材51の線幅、本数および直径と、電磁波漏洩との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したシミュレーション図であり、台812の直径を40mmに設定した場合のシミュレーション結果である。

【図9a】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部を構成する導電性部材の導電率及び比透磁率と、電磁波漏洩との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したシミュレーション図である。

【図9b】導電性部材の導電率と比透磁率との関係を示した表である。

【図10a】本発明の一実施形態における電磁波遮断部の光反射率と、電磁波遮断部から外に放出される光の強さとの関係を計算したものであり、計算の対象とした電磁波遮断部の概要を示したものである。

【図10b】本発明の一実施形態における電磁波遮断部の光反射率と、電磁波遮断部から外に放出される光の強さとの関係を計算したものであり、設定した光源920を示したものである。

【図10c】本発明の一実施形態における電磁波遮断部の光反射率と、電磁波遮断部から外に放出される光の強さとの関係を計算した結果を示したものである。

【図11】本発明の一実施形態に係る電磁波遮断部50の具体例である。

【図12】本発明の一実施形態に係る反射ミラーを有する放電ランプ装置の具体例である。

【0017】

以下、本発明の実施形態について図面等を参照しながら説明する。ただし、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、以下に例示する実施形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

なお、以下に説明する発明の内容については、同一部分又は同様な機能を有する部分については同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その場合において特段の事情がない限り繰り返しの説明は省略する。

【 0 0 1 9 】

図 1 は、本発明の一実施形態に係る放電ランプ装置の概要図である。

【 0 0 2 0 】

図 1 を参照すると、本発明の一実施形態に係る放電ランプ装置は、楕円体状の放電容器 1 1 内に放電ガスを封入した放電ランプ 1 0 を備えており、一对のアンテナ導体 1 2 及び 1 3 が設けられる。各アンテナ導体 1 2 及び 1 3 の先端は放電容器 1 1 内の空洞部分に突出して設置され、他端は放電容器 1 1 の外部に突出して設置される。各アンテナ導体 1 2 及び 1 3 は、放電容器内 1 1 で所定の間隔で保持される。

10

【 0 0 2 1 】

ランチャ 2 0 は、導体金属製の内部円筒部材 2 1 と外部円筒部材 2 2 とが、所定の間隔を保持して同軸に嵌合された同軸導波管である。一方のアンテナ導体 1 3 は、ランチャ 2 0 の一端側の内部円筒部材 2 1 に嵌合され、接続される。ランチャ 2 0 の他端側は、マイクロ波伝送経路としての同軸ケーブル 4 0 を介して、マイクロ波発振源 3 0 に接続される。

【 0 0 2 2 】

マイクロ波発振源 3 0 で発振されたマイクロ波は、同軸ケーブル 4 0 を介してランチャ 2 0 の同軸導波路を伝搬し、アンテナ導体 1 2 及び 1 3 のギャップ部分に強いマイクロ波電界を形成する。この電界によって、ギャップ部分にアーク状プラズマ柱が形成され、高輝度発光が実現される。

20

【 0 0 2 3 】

図 2 は、中央に放電ランプ 1 0 とランチャ 2 0 を設置した場合の、電界分布のシミュレーションを示した図である。

【 0 0 2 4 】

マイクロ波は発光現象に寄与するが、その一部は電磁波として外部へ放射される。図 2 を参照すると、放電ランプ 1 0 が点灯した際にはモノポールアンテナと同じような電磁波を放出すると考えられる。本発明の一実施形態によると、放電ランプ 1 0 はランチャ 2 0 の同軸方向に設置されている。従って放出される電磁波は軸方向に電界成分を持つ。

30

【 0 0 2 5 】

図 3 は、本発明の一実施形態に係る放電ランプ装置の、電磁波遮断部 5 0 の斜視図である。

【 0 0 2 6 】

図 3 を参照すると、電磁波遮断部 5 0 は、複数の軸方向の導電性部材 5 1 によって筒状に形成され、放電ランプ 1 0 を包囲している。電磁波遮断部 5 0 の一端側は固定部 5 3 を備え、放電ランプ 1 0 の周囲に固定される。図 3 では図示しないが、固定部 5 3 は接地された反射ミラーに接続される。電磁波遮断部 5 0 の他端側は開放部 5 5 となり、補強部 5 4 を備えてもよい。

40

【 0 0 2 7 】

電磁波遮断部 5 0 は、周方向の導電性部材 5 2 を備えても良い。後述するように、漏洩電磁波の遮断効果及び放電ランプ 1 0 の光束増加効果は、主として軸方向の導電性部材 5 1 が寄与する。したがって、周方向の導電性部材 5 2 は、主として電磁波遮断部 5 0 の機械的強度を保つための補強として用いられる。

【 0 0 2 8 】

図 3 に示した電磁波遮断部 5 0 は円柱状に形成されているが、本件発明の実施形態はこれに限られず、角柱その他の柱状に形成してもよい。

【 0 0 2 9 】

また、図 3 に示した軸方向の導電性部材 5 1 及び周方向の導電性部材 5 2 の幅は、同一

50

でなくてもよい。軸方向の導電性部材 5 1 と周方向の導電性部材 5 2 で幅が異なってもよい。また、図 1 0 に示すように、軸方向の導電性部材 5 1 の一部について幅が異なってもよい。

【 0 0 3 0 】

図 4 は、本発明の一実施形態に係る放電ランプ装置の、電磁波遮断部 5 0 の側面図である。

【 0 0 3 1 】

図 4 を参照すると、電磁波遮断部 5 0 の放電ランプ 1 0 を含む部分は、同軸管構造 A となる。このとき、放電ランプ 1 0 から放射される電界は、電磁波遮断部 5 0 の軸方向であるため、軸方向の導電性部材 5 1 が電磁波の遮蔽効果に寄与する。

10

【 0 0 3 2 】

これに対して、周方向の導電性部材 5 2 は、放電ランプ 1 0 から放射される電界ベクトルと直交するため、遮蔽効果には寄与しない。したがって、周方向の導電性部材 5 2 は、電磁波遮断部 5 0 の機械的強度を保つために設置すればよいので、従来技術で使用されている電磁波遮断部と比較して、少ない本数で構成することが可能となる。これは、電磁波遮断効果を有しながら、電磁波遮断部の開口率を向上させることを意味するので、従来技術における放電ランプ装置よりも、光の放射量を増加させることが可能となる。

【 0 0 3 3 】

電磁波遮断部 5 0 の放電ランプ 1 0 を含まない部分は、円形導波管構造 B とみなすことができる。ここで、円形導波管の優勢なモードである T E 1 1 波のカットオフ周波数 c

20

と、円形導波管の直径 d との間に、

【 0 0 3 4 】

【数 1】

$$\lambda_c = 1.705\Phi$$

の関係が成立する。したがって、放電ランプ 1 0 に供給されるマイクロ波の波長を λ とした場合に、

【 0 0 3 5 】

【数 2】

$$\lambda_c < \lambda$$

30

の関係を満たす場合には、漏洩電磁波はエバネッセントモード（減衰モード）となり、電磁波遮断部 5 0 の外部への放射することができなくなる。エバネッセントモードの場合には、電磁波遮断部 5 0 の開放部 5 5 の端面には、電磁波が到着しないので、導電性部材等を設置する必要がなく、開放した形状をとることができる。

【 0 0 3 6 】

一例として、マイクロ波の周波数を 2 . 4 5 G H z とした場合には、マイクロ波の波長は約 1 2 2 m m となるので、電磁波遮断部 5 0 の直径を約 7 1 . 5 5 m m 以下に設定すると、エバネッセントモードを実現することが可能となる。

【 0 0 3 7 】

40

一方、電磁波遮断部 5 0 の円形導波管構造 B の長さは減衰量に比例するため、マイクロ波の波長の 4 分の 1 以上が望ましい。

【 0 0 3 8 】

< 放電ランプの光束が増加する効果について >

本発明の特筆すべき点は、本発明の実施形態に係る電磁波遮断部 5 0 で放電ランプ 1 0 を囲むことによって、電磁波遮断部 5 0 を設置しなかった場合よりも、放電ランプ 1 0 の光束を増加させることである。

【 0 0 3 9 】

図 5 は、放電ランプ 1 0 の放射光強度と、電磁波遮断部 5 0 の有無及び直径との関係を示したグラフである。図 5 の縦軸は、放電ランプ 1 0 の放射光強度（光束 [1 m] ）を表

50

し、横軸は電磁波遮断部50の直径[mm]を表している。ただし、横軸の縦軸との直行部分は、電磁波遮断部50を設置しなかった場合を表している。また、マイクロ波の周波数は2.45GHz(一定)、電磁波遮断部は直径0.2mmの銅線で構成し、電磁波遮断部の長さを90mm、周方向に隣り合う銅線の中心から中心までの間隔を2mmとした。放射光強度の測定は、放電ランプと測定装置との間に銅線が入り影とならないように行った。

【0040】

図5によれば、電磁波遮断部50を設置しなかったときは、光束が約3100[lm]であった。これに対して、電磁波遮断部50を設置したときは、光束が約4500[lm]から4900[lm]を推移しており、電磁波遮断部50を設置しなかったときと比べて、光束が約1.5倍増加したことが認められる。この効果は、放電ランプ10の放電形成に消費されなかったマイクロ波が電磁波遮断部50の内部に閉じ込められ、再度放電形成に寄与するためと推測される。

10

【0041】

<実施例>

本発明の一実施形態に係る放電ランプ装置の、電磁波遮断部の具体例を図11に示す。図11に示す電磁波遮断部は、全長70mm、直径22mm、図面下側の固定部と、上側に補強部を備え、周方向の導電性部材は2本備える。固定部と下側の導電性部材間、2本の導電性部材間、上側の導電性部材と補強部間の間隔は、それぞれ20mmである。導電性部材の厚さは0.3mmであり、軸方向の導電性部材の間隔は2mmである。図面の奥行方向には幅の広い部分を設けている。これは平面状に製作した電磁波遮蔽部を円筒状に形成するための溶接部分である。この幅の広い部分は光の放射を妨げるため、下側の放電ランプ設置部分を取り除く事もできる。

20

【0042】

また、本発明の一実施形態に係る放電ランプ装置は、図12に示すように、放電ランプ10を包囲する電磁波遮断部50が、反射ミラー60の内部に設置された構造を有してもよい。

【0043】

<シミュレーション1>

以下、本件発明に関して実施した各シミュレーション結果を示す。シミュレーション1は、電磁波遮断部50の構造と、電磁波漏洩との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したものである。放電ランプの周りに金属メッシュシリンダを被せる従来の電磁波漏洩手段と、本発明の実施形態に係る電磁波遮断部において、主に周方向の導電性部材の本数を変化させたパターンとを、比較検討した。

30

【0044】

HFSSの計算手順は、1.空間に設定したモノポールが2.45GHzで最大放射となるアンテナ長さを計算し、2.アンテナ周りに金属メッシュを設定し、空間の電界ベクトルの時間平均分布を計算した。なお、計算にあたっては、3次元金属線は線幅の長方形(長手方向)とリボン(周方向)の2次元要素に完全導体境界条件を設定した。計算繰り返し数は4回行い、計算要素数は6万~30万個となった。

40

【0045】

従来の電磁波漏洩手段としては、金属線幅0.2mm、周方向の金属線の間隔1.53mm、軸方向の金属線の間隔1.59mm、シリンダ径22mm、シリンダ長98.4mmの、金属メッシュシリンダを設定した。ただし、金属メッシュシリンダの上端は開放した形状としている。上記各設定値で実際に銅線メッシュシリンダを作成し、放電ランプに取り付け、簡易電磁漏洩検知器で測定したところ、対象から約5cmの距離で1mW/cm²以下であった。よって、上記設定値を有する金属メッシュシリンダ(以下、「Full Mesh」とする。)をシミュレーション1の基準とすることにした。

【0046】

図6aは、Full Meshのシミュレーション結果を表した図であり、電界強度0~

50

10 V/mを19色分布で表している(図6(e)参照)。シリンダ周囲の領域611及びシリンダ上部の領域612は9~10 V/mを示し、シリンダ内部の上側の領域613は0~2 V/mを示し、その他領域614は3~6 V/mを示している。

【0047】

図6bは、周方向の金属線の間隔を3.84 mm(20度ごとに18本に相当)、軸方向の金属線の間隔を10 mmとし、他はFull Meshと同じ条件に設定した場合(以下、「Trial Mesh 1」とする。)の、シミュレーション結果である。シリンダ内部の上側の領域621は0~7 V/mを示し、他の領域622は10 V/mを示している。したがって、Trial Mesh 1では、シリンダ上部で電磁漏洩抑制効果が認められるものの、Full Meshと比較して漏洩が若干大きいといえる。

10

【0048】

図6cは、周方向の金属線の間隔を2.3 mm(12度ごとに30本に相当)、軸方向の金属線の間隔を10 mmとし、他はFull Meshと同じ条件に設定した場合(以下、「Trial Mesh 2」とする。)の、シミュレーション結果である。シリンダ周囲の領域631及びシリンダ上部の領域632は9~10 V/mを示し、シリンダ内部の上側の領域633は0~2 V/mを示し、その他領域634は3~6 V/mを示している。図6aと図6cを比較すると、Trial Mesh 2は、Full Meshと同様の電磁遮蔽特性を示しているといえる。しかし、電界強度が9~10 V/mの領域611及び612と、領域631及び632を比較すると、後者のほうがその領域が広いので、Trial Mesh 2の電磁遮蔽特性は、Full Meshよりもやや劣るといえる。

20

【0049】

図6dは、周方向の金属線の間隔を1.92 mm(10度ごとに36本に相当)、軸方向の金属線の間隔を10 mmとし、他はFull Meshと同じ条件に設定した場合(以下、「Trial Mesh 3」とする。)の、シミュレーション結果である。シリンダ周囲の領域641及びシリンダ上部の領域642は9~10 V/mを示し、シリンダ内部の上側の領域643は0~2 V/mを示し、その他領域644は3~6 V/mを示している。図6aと図6dを比較すると、電磁波漏洩の分布が両者でほぼ同じであり、Trial Mesh 3はFull Meshと同等の電磁遮蔽特性を有することが確認できた。

【0050】

<シミュレーション2>

シミュレーション2は、電磁波遮断部50の長さ、電磁遮蔽特性との関係について、シミュレーション1と同様に電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したものである。

30

【0051】

図7aは、シリンダ長を70.2 mmとし、他は上記Trial Mesh 3と同じ条件に設定した場合(以下、「Trial Mesh 4」とする。)の、シミュレーション結果である。シリンダ周囲の領域711及びシリンダ上部の領域712は9~10 V/mを示し、シリンダ内部の上側の領域713は0~2 V/mを示し、その他領域714は3~6 V/mを示している。シリンダ内部の上側の領域713は、シリンダ底面から約60 mmの位置にあたる。この領域713で急速に電磁界が減衰しているのは、アンテナ長さ分(約30 mm)から先の構造がカットオフ導波管として動作し、電波が30 mm進むうちにエバネッセント減衰が起こるためである。

40

【0052】

図7bは、シリンダ長を60.2 mmとし、他は上記Trial Mesh 3と同じ条件に設定した場合(以下、「Trial Mesh 5」とする。)の、シミュレーション結果である。シリンダ内部及び周辺の領域721は9~10 V/mを示し、他の領域724は0~8 V/mを示している。Trial Mesh 5とTrial Mesh 4を比較すると、遮蔽特性に大きな違いは見られず、シリンダ長を60.2 mmとしてもFull Meshと同様の電磁遮蔽特性を有していることがわかる。

【0053】

シミュレーション2におけるマイクロ波の周波数は2.45 GHzであり、波長は約1

50

22 mmとなる。そして、図7bで示されたように、シリンダ長がマイクロ波の波長の約2分の1である60.2 mmの場合でも、Full Meshと同様の電磁遮蔽特性を有していることが確認できた。よって、シミュレーション2より、電磁波遮断部50の長さが、少なくとも波長の2分の1以上あるときは、マイクロ波漏洩を抑制する効果があることが示されており、このことは電磁波遮断部50の長さから4分の1波長のモノポールアンテナの長さを除いた電磁波遮断部50の円形導波管構造Bの長さが、少なくとも波長の4分の1以上あるときは、マイクロ波漏洩を抑制する効果があることを示している。

【0054】

<シミュレーション3>

シミュレーション3は、電磁波遮断部50を構成する導電性部材51の線幅、本数および直径と、電磁波漏洩との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したものである。

【0055】

図8aは、シミュレーション3の計算で使用したモデル図である。計算周波数を2.45 GHz、原点からZ軸方向に4分の1波長のモノポールアンテナ811を立て、周囲に完全導体の円柱状の台812と、台812の外周に線813を配置し、導波管814でモノポールアンテナ811からの電波を受信する設定とした。導波管814の開口は140×90 mm、モノポールアンテナ811から導波管814の距離を85 mm、アンテナパターン計算等で必要となる電磁界分布を求める境界（放射境界）815の直径を200 mm、長さ160 mmとした。以上の条件のもと、台812の直径、線813の数N、および、線813の線幅（メッシュ幅）Wを変化させ、その特性を計算した。

【0056】

図8bないし図8eは、それぞれ台812の直径を18 mm、22 mm、30 mm、40 mmに設定した場合のシミュレーション結果である。いずれも、横軸は線813の線幅（メッシュ幅）Wとし、Wを0.1 mmから3.0 mmまで、0.1 mmごとに変化させた。縦軸は、遮蔽特性[dB]を表しており、遮蔽特性は、電磁波遮断部が存在しない時の導波管受信能力から、電磁波遮断部が存在する時の導波管受信能力を引いたものであり、数値が大きいほど遮蔽特性が良好であることを示している。線813の数Nは、6本、18本及び36本の場合について計算した。

【0057】

図8bないし図8eを参照すると、いずれの場合においても、線813の数Nが36本、18本、6本の順に遮蔽特性の数値が高いことから、線813の数Nが多いほど遮蔽特性が良好になることがわかる。また、線813の線幅（メッシュ幅）Wが増加するに従い、遮蔽特性も増加していることから、線813の線幅（メッシュ幅）Wが大きいほど、遮蔽特性が良好になることがわかる。さらに、線813の数Nと線813の線幅（メッシュ幅）Wが同じ場合、台812の直径が18 mm、22 mm、30 mm、40 mmの順に遮蔽特性の数値が高いことから、台812の直径が小さいほど、遮蔽特性が良好になることがわかる。

【0058】

台812の直径、線813の数N、および、線813の線幅（メッシュ幅）Wの値は、いずれも電磁波遮断部の開口率を決定するパラメタである。したがって上述のシミュレーション3によると、開口率が小さいほど遮蔽特性が良好になることを示している。ただし、開口率を小さくすると、光束が小さくなる関係があるので、本発明を実施するにあたっては、所望の遮蔽特性と光束の範囲で、台812の直径、線813の数N、および、線813の線幅（メッシュ幅）Wの値を設定する必要がある。

【0059】

例えば、上述したように、シミュレーション1のTrial Mesh 2（図6c参照）は、Full Meshと同等の電磁遮蔽特性を示した。Trial Mesh 2における設定値から開口率を計算すると、約91%であった。なお、Trial Mesh 2よりも電磁遮蔽特性が良好なTrial Mesh 3（図6d参照）の開口率は、約79%であった

10

20

30

40

50

。したがって、開口率を91%以上にすると、一定程度の電磁遮蔽特性を有する電磁波遮断部を実現可能であることが示された。

【0060】

<シミュレーション4>

シミュレーション4は、電磁波遮断部を構成する導電性部材の導電率及び比透磁率と、電磁波漏洩との関係について、ANSYS社の電磁界シミュレータHFSSを用いて計算したものである。

【0061】

シミュレーション4では、導電性部材51の材質を完全導体、銀、アルミ及び鉄の各材質について、台812の直径を22mm、線813の数Nを36本、線813の線幅Wを0.2mmとし、周波数を2GHzから3GHzまで変化させ、その他の諸条件をシミュレーション3と同様に設定し、遮蔽特性を測定した。シミュレーション4で設定した完全導体、銀、アルミ及び鉄の、導電率 $[S/m]$ と比透磁率 $[\mu/\mu_0]$ は、図9bの通りである。

【0062】

図9aを参照すると、完全導体(実線)、銀(長破線)及びアルミ(点線)は、シミュレーションした全ての周波数において、遮蔽特性が約34dBから約40dBを示している。同一周波数で完全導体、銀及びアルミの遮蔽特性を比較すると、この順で特性が良好であることが認められるが、差は約1dB程度以内であり、ほぼ同等の遮蔽特性を有している。一方、鉄(破線)については、遮蔽特性が約15dBから約20dBで推移しており、完全導体、銀及びアルミと比較して遮蔽特性が劣る。

【0063】

図9bを参照すると、完全導体、銀及びアルミの比透磁率が0.99998~1.00002であるのに対し、鉄の比透磁率が4000であることから、上記シミュレーション結果の差異は、比透磁率の差に起因するものと考えられる。したがって、本発明の実施形態における導電性部材は、比透磁率が低いほど望ましく、比透磁率が1.1以下であれば十分な性能が得られると考えられる。

【0064】

<シミュレーション5>

シミュレーション5は、本発明の一実施形態における電磁波遮断部の光反射率と、電磁波遮断部から外に放出される光の強さとの関係を計算したものである。

【0065】

シミュレーション5で計算の対象とした電磁波遮断部の概要を、図10aに示した。電磁波遮断部の各構成要素については、電磁波遮断部の全長を70mm、固定部に相当する台部分の長さを10mm、導電性部材の厚さを0.3mm、導電性部材の間隔を2mm、導電性部材の一部の幅を0.2mmと設定した。なお、数値解析には(株)ベストメディア「照明シミュレータ」CAD Ver1.1を使用した。

【0066】

図10bは、シミュレーション5で設定した光源920を示したものである。アンテナ921及び922は、それぞれ10mmとし、アンテナ921及び922間の光源923は、長さ5mm、幅1mmとした。

【0067】

図10cは、シミュレーション5の結果を示した表である。これを見ると、電磁波遮断部の光反射率を0%とした場合には、光源の68%が放出された。これに対し、電磁波遮断部の光反射率を70%、90%、100%とした場合には、それぞれ光源の84.5%、90%、92.9%が放出された。したがって、本発明の実施形態における電磁波遮断部は、鏡面状に形成する等して、光反射率を向上させた部材を用いることが望ましい。

【符号の説明】

【0068】

10 放電ランプ

10

20

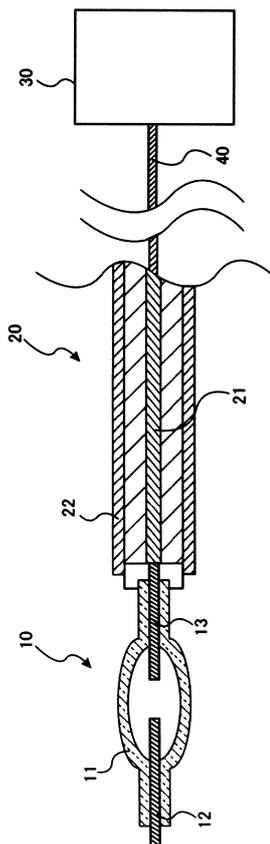
30

40

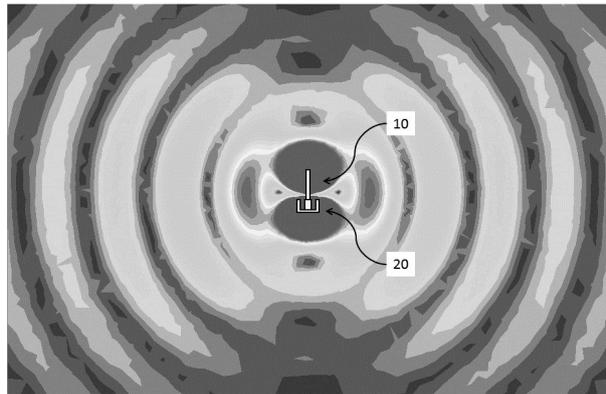
50

- 1 1 放電容器
- 1 2、1 3 アンテナ導体
- 2 0 ランチャ
- 2 1 内部円筒部材
- 2 2 外部円筒部材
- 3 0 マイクロ波発振源
- 4 0 同軸ケーブル
- 5 0 電磁波遮断部
- 5 1 軸方向の導電性部材
- 5 2 周方向の導電性部材
- 6 0 反射ミラー

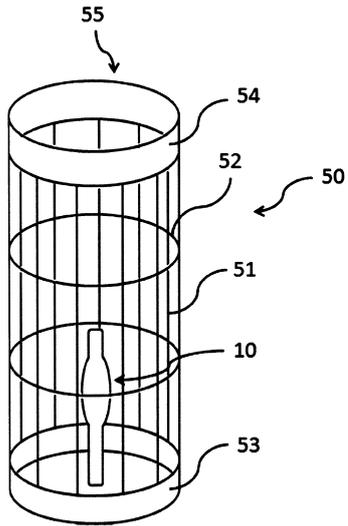
【図1】



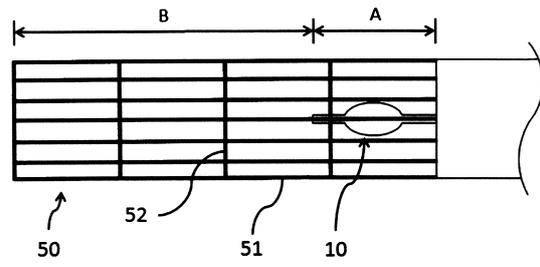
【図2】



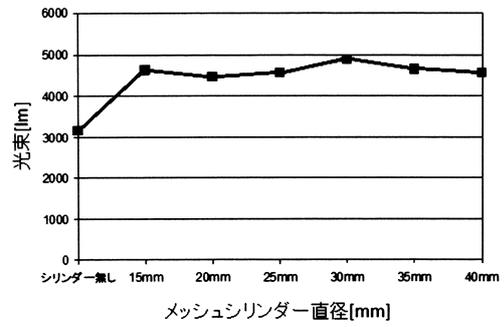
【図3】



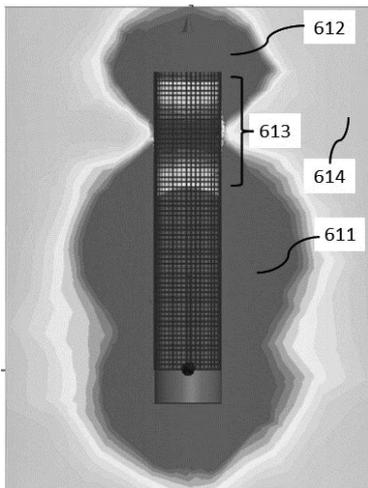
【図4】



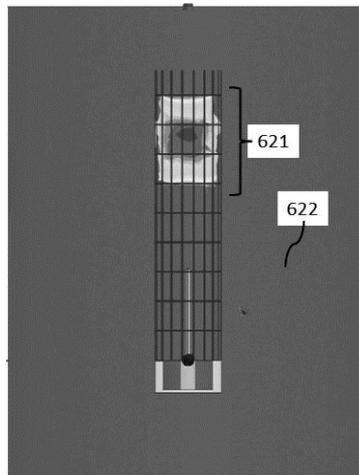
【図5】



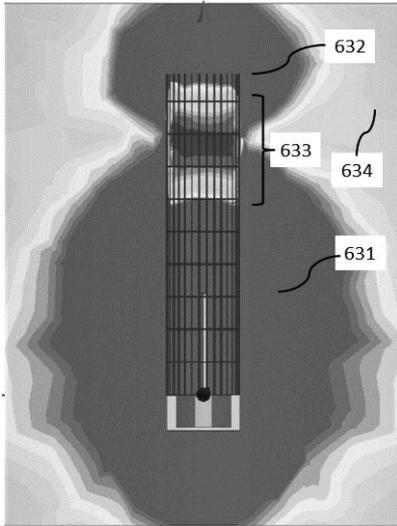
【図6a】



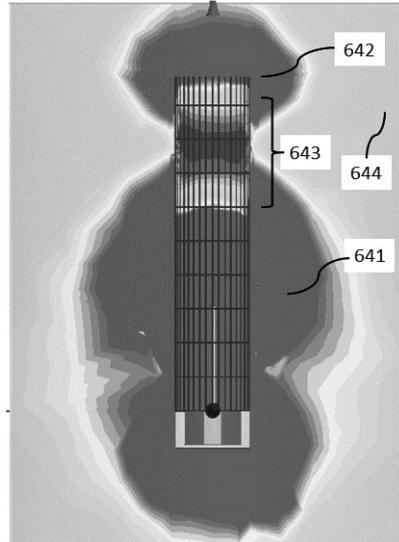
【図6b】



【図 6 c】

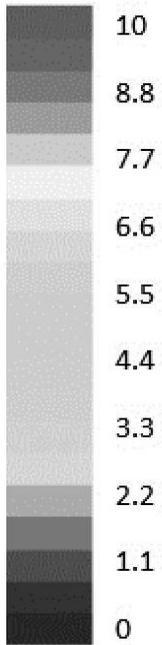


【図 6 d】

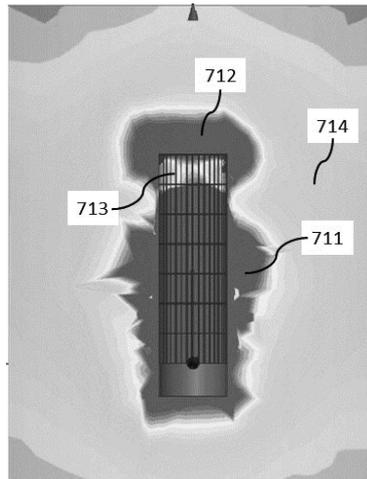


【図 6 e】

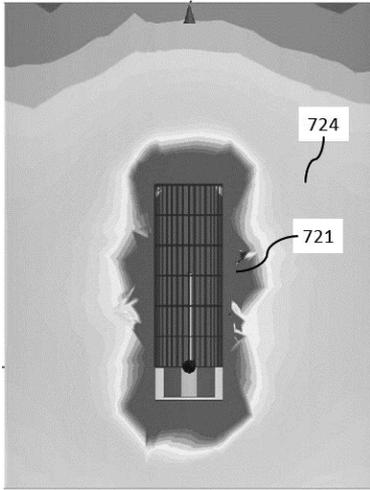
E field [V/m]



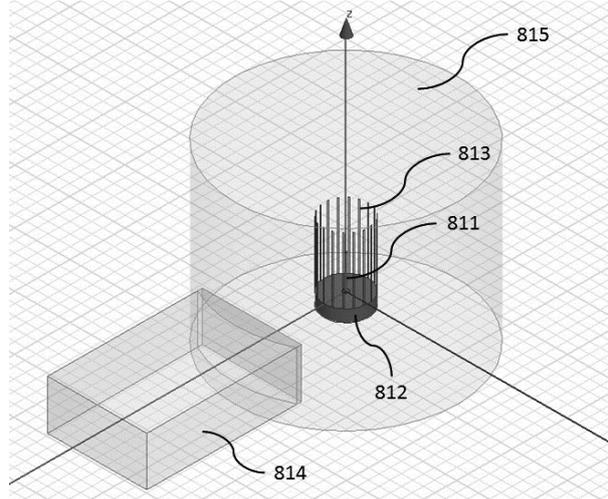
【図 7 a】



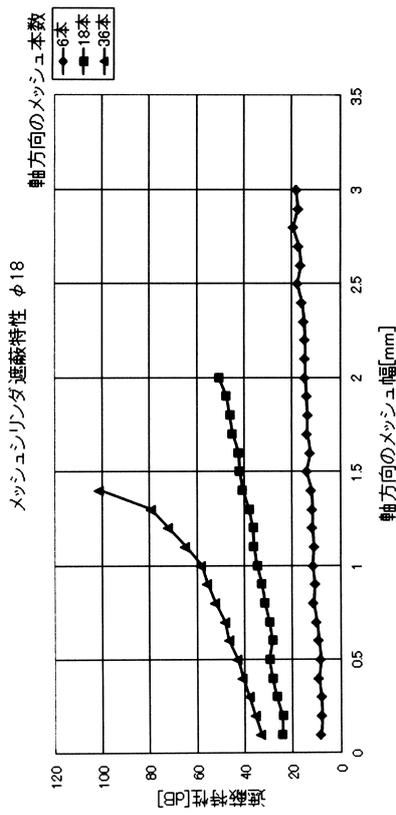
【図 7 b】



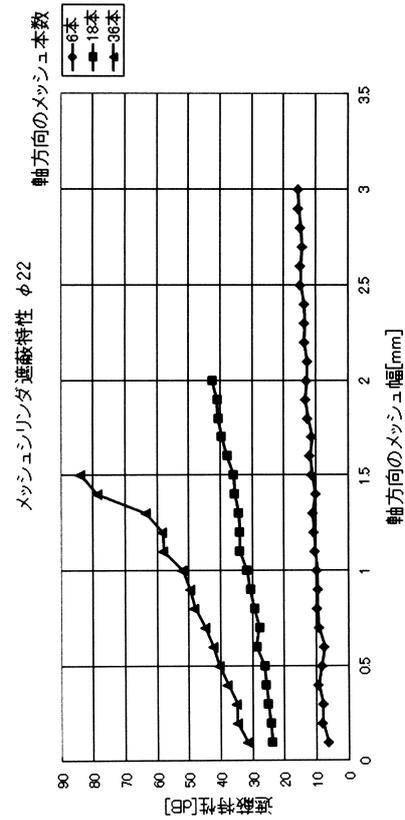
【図 8 a】



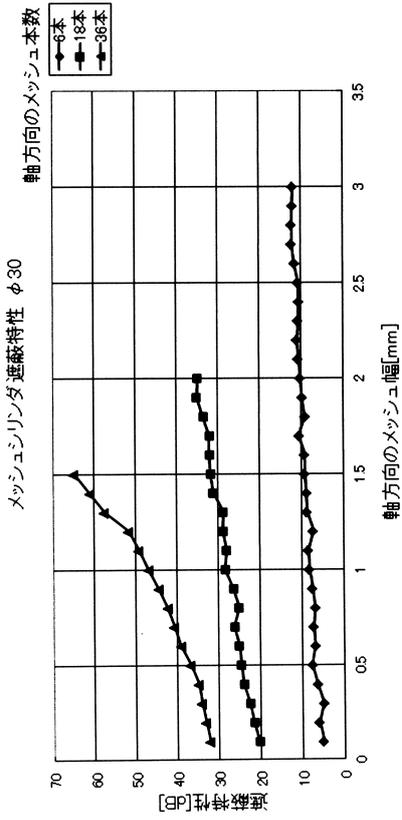
【図 8 b】



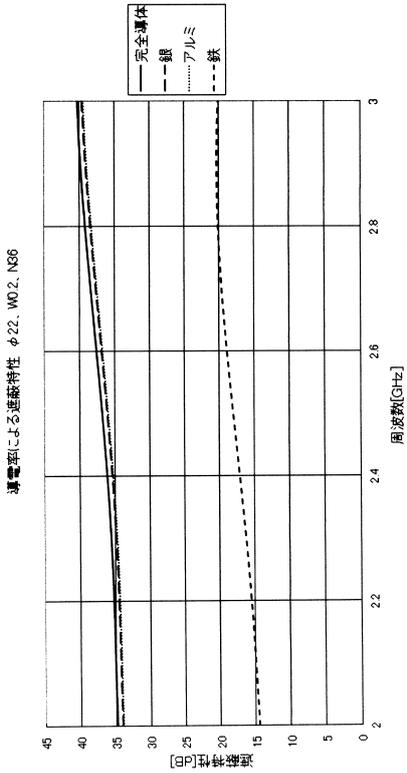
【図 8 c】



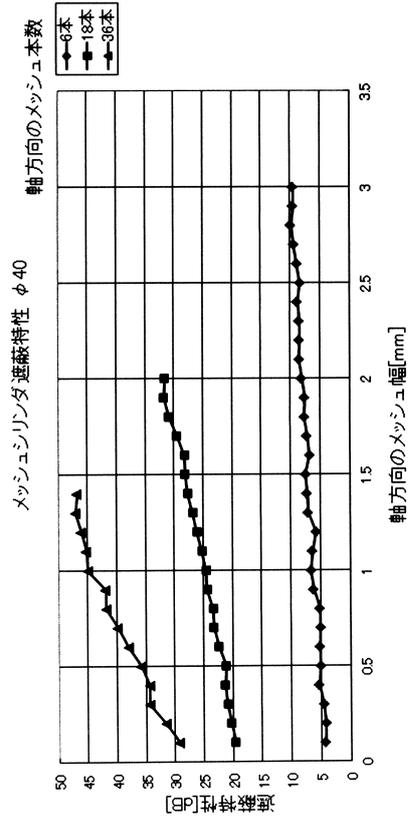
【図 8 d】



【図 9 a】



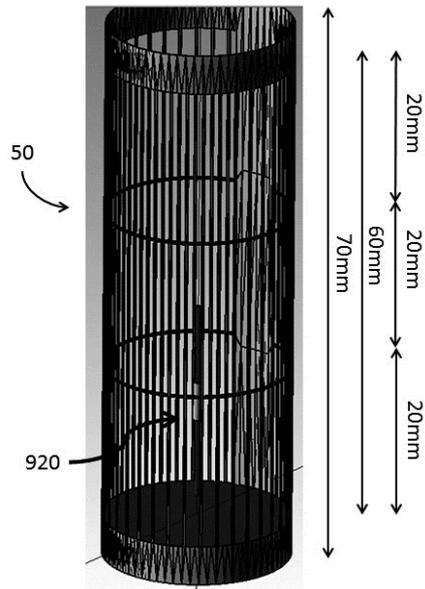
【図 8 e】



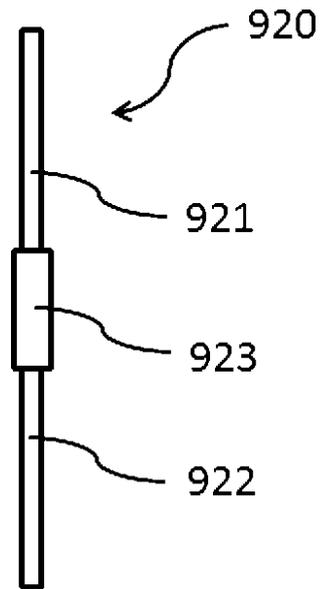
【図 9 b】

材質	導電率 [$\times 10^7$ S/m]	比透磁率 μ / μ_0
完全導体	∞	1
銀	6.17	0.99998
アルミ	3.63	1.00002
鉄	1.03	4000

【図10a】



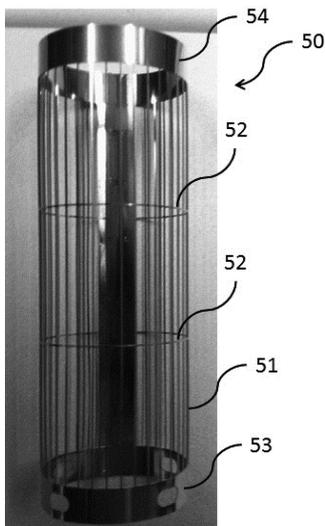
【図10b】



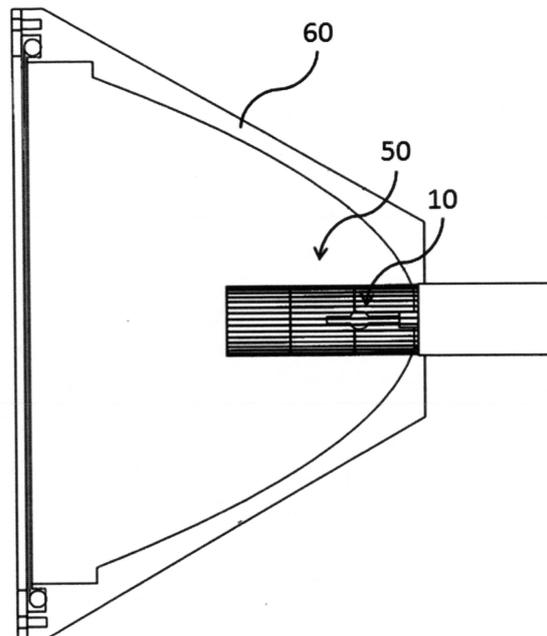
【図10c】

電磁波遮断部の光反射率	100%	90%	70%	0%
放出される光の割合	92.9%	90.0%	84.5%	68.0%

【図11】



【図12】



フロントページの続き

- (72)発明者 神藤 正士
静岡県浜松市西区大人見町12-30 株式会社プラズマアプリケーションズ内
- (72)発明者 ヤン フサリク
静岡県浜松市西区大人見町12-30 株式会社プラズマアプリケーションズ内
- (72)発明者 マーティン クラル
静岡県浜松市西区大人見町12-30 株式会社プラズマアプリケーションズ内

審査官 右 高 孝幸

- (56)参考文献 特開平11-135285(JP,A)
特開2003-022786(JP,A)
特開2009-181735(JP,A)
特許第4714868(JP,B2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|--------|
| H01J | 65/04 |
| F21S | 2/00 |
| H05K | 9/00 |
| F21Y | 101/00 |