(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4571941号
(P4571941)

(45)発行日　平成22年10月27日(2010.10.27)　(24)登録日　平成22年8月20日(2010.8.20)

(51)Int.Cl.　F I
H01S 3/038 (2006.01)　H01S 3/03 C

請求項の数 9　(全 32 頁)

(21)出願番号	特願2006-521881 (P2006-521881)
(86)(22)出願日	平成16年7月16日 (2004.7.16)
(65)公表番号	特表2007-510284 (P2007-510284A)
(43)公表日	平成19年4月19日 (2007.4.19)
(86)国際出願番号	PCT/US2004/022809
(87)国際公開番号	WO2005/013440
(87)国際公開日	平成17年2月10日 (2005.2.10)
審査請求日	平成19年7月17日 (2007.7.17)
(31)優先権主張番号	10/629,364
(32)優先日	平成15年7月29日 (2003.7.29)
(33)優先権主張国	米国(US)
(31)優先権主張番号	10/672,182
(32)優先日	平成15年9月26日 (2003.9.26)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　504010648
サイマー　インコーポレイテッド
アメリカ合衆国　カリフォルニア州　９２１２７　サン　ディエゴ　ソーンミント　コート　１７０７５
(74)代理人　100082005
弁理士　熊倉　禎男
(74)代理人　100067013
弁理士　大塚　文昭
(74)代理人　100086771
弁理士　西島　孝喜
(74)代理人　100109070
弁理士　須田　洋之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】フッ素ガス放電レーザのための電極

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

フッ素を含有するレーザガスを含むガス放電レーザであって、

中心軸線を有する細長いカソード本体と、

前記中心軸線の両側にある一対の側壁と、

前記中心軸線を横断する一対の端壁と、

銅又は銅合金からなる第１の材料であり、かつカソードの放電領域の少なくとも一部分を形成する、前記側壁の対及び前記端壁の対の間の前記中心軸線を跨いで位置する頭頂部と、

ガス放電中に前記第１の材料よりも比較的高い侵食速度を有する、高亜鉛合金、高錫合金、アルミナ添加銅、インジウム、及びアルミニウムの材料の群から選択される第２の材料であり、前記頭頂部の両側にある一対の細長い高侵食領域と、

を含む細長いガス放電電極、

を含むことを特徴とするレーザ。

【請求項２】

前記第２の材料は、高侵食速度合金の群から選択される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項１に記載の装置。

【請求項３】

前記第１の材料は、複数の異なる成分からなる組成物であるが一体である材料を作り出す処理によって前記第２の材料に接合される、

ことを更に含むことを特徴とする請求項１に記載の装置。
【請求項４】
前記第１の材料は、拡散接合、爆発接合、クラッディング、超音波溶接、及び亜鉛メッキの群から選択された処理によって前記第２の材料に接合される、
ことを更に含むことを特徴とする請求項３に記載の装置。
【請求項５】
前記高侵食領域は、前記頭頂部の両側にチャンネルを作成し、各チャンネルを溶融形態の前記第２の材料で充填し、それが硬化した後に該第２の材料の形状を機械加工することによって形成される、
ことを更に含むことを特徴とする請求項１ないし４のいずれか１項に記載の装置。
【請求項６】
前記高侵食領域は、高亜鉛含有量を有する焼き鈍しされた黄銅合金を含む、
ことを更に含むことを特徴とする請求項５に記載の装置。
【請求項７】
前記焼き鈍しされた黄銅合金は、
Ｃ２６０００、Ｃ２７０００、及びＣ２８０００、
からなる群から選択される、
ことを更に含むことを特徴とする請求項６に記載の装置。
【請求項８】
前記焼き鈍しされた黄銅合金は１２００Ｆを超える温度で焼き鈍しされたものである、
ことを更に含むことを特徴とする請求項６に記載の装置。
【請求項９】
前記焼き鈍しされた黄銅合金が該焼き鈍しされた黄銅合金の表面上に亜鉛の薄膜を備えることを更に含むことを特徴とする請求項６に記載の装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
関連事例
本出願は、公告番号ＵＳ２００２／００５１４７８Ａ１として２００２年５月２日に公開された発明者がモートン他の「アノード放電表面を覆う多孔性絶縁層を有する放電レーザ」という名称の２００１年９月１３日出願の米国特許出願出願番号第０９／９５３，０２６号、公告番号ＵＳ２００２／０１５４６７ＡＩ０として２００２年１０月２４日に公開された発明者がモートン他の「２種材料の電極を有する電気放電レーザ」という名称の２００２年２月２１日出願の米国特許出願出願番号第１０／０８１，５８９号、公告番号ＵＳ２００２／０１９１６６１Ａ１として２００２年１２月１９日に公開された発明者がモートン他の「改良された電極を有する高繰返し率レーザ」という名称の２００２年３月２２日出願の米国特許出願出願番号第１０／１０４，５０２号、「改良された電極を有する高繰返し率レーザ」という名称の２００３年７月２９日出願の米国特許出願出願番号第１０／６２９，３６４号、及び「改良された電極を有する高繰返し率レーザ」という名称の２００３年８月７日出願の米国特許出願出願番号第１０／６３８，２４７号の一部継続出願であり、以上の全ての開示内容は、本明細書において引用により組み込まれている。
本事例はまた、本出願と同日に出願されて本出願と共通の譲受人に譲渡された「フッ素ガス放電レーザのためのアノード」という名称の代理人整理番号第２００３－００４８号、及び「フッ素ガス放電レーザのためのカソード」という名称の代理人整理番号第２００３－００６７号に関連しており、これらの開示内容は、本明細書において引用により組み込まれている。
本発明の分野は、フッ素ガス放電レーザのための電極及び電極システムに関する。
【背景技術】
【０００２】
上述で引用した以前に出願の現在出願中の出願は、ガス放電レーザ、より具体的にはフ

ッ素ガス放電レーザと呼ばれるフッ素を含有するレーザガスを利用するガス放電レーザに利用される特に電極システムのための電極の様々な態様に関するものである。それに加えて、公告番号ＵＳ２００３／０１３８０１９Ａ１として２００３年７月２４日に公開された発明者がリロフ他の「Ｆ２圧力ベースのライン選択を用いる２チャンバＦ２レーザシステム」という名称の２００２年９月１３日出願の米国特許出願出願番号第１０／２４３，１０２号、公告番号ＵＳ２００３／００３１２１６Ａ１として２００３年２月１３日に公開された発明者がファロン他の「２チャンバガス放電レーザのための制御システム」という名称の２００２年７月３１日出願の米国特許出願出願番号第１０／２１０，７６１号、公告番号ＵＳ２００３／００１２２３４Ａ１として２００３年１月１６日に公開された発明者がワトソン他の「６から１０ＫＨｚ又はそれよりも高いガス放電レーザシステム」という名称の２００２年６月２８日出願の米国特許出願出願番号第１０／１８７，３３６号、及び２００３年６月２４日にモートンに付与された「スピノーダル銅合金電極」という名称の米国特許第６，５８４，１３２号は、フッ素ガス放電レーザの様々な態様及びこれらのレーザに対する電極要件、並びに他のレーザ寿命、特にこれらのレーザの作動を取り巻くチャンバ寿命問題に関して説明している。

【０００３】

上述の引用文献が説明しているように、フッ素ガス放電レーザにおける電極のための環境は複雑で厳しいことが公知である。出力レーザパワーに対する要件の増大は、とりわけ、電極にわたるより高い電圧と、電極寿命にわたって放電で消失されるより高い全パワーという結果を生み、ガス放電レーザチャンバ環境の厳しさを悪化させている。４０００Ｈｚを十分に超えるパルス繰返し周波数の増大と、パルスバースト中にこの繰返し率を更に２倍にまでも増大する必要性は、同様に電極寿命の維持における問題を引き起こすものである。バースト毎のより多くのパルスに対する必要性と、ガス放電レーザ電極に対する、特にフッ素ガス放電レーザにおける他の公知で増大している厳しい要求とは、電極及び電極アセンブリ技術における改良要求へと導くものであり、これは今後も続くであろう。これらの一部は、より具体的にカソード及び／又はレーザチャンバの一部としてのカソードのアセンブリに向けられており、一部は、より具体的にアノード及び／又はアノードの特定のアセンブリに向けられている。電極寿命に対する電気的、電磁気的、物理的、及び化学的影響は、電極と、電極同士間のガス放電領域を含むチャンバの他の部分との電極のインタフェースに関する設計上の難問を継続的に投じている。本出願は、以上の問題の一部に対処するものである。

【０００４】

【特許文献１】公告番号ＵＳ２００２／００５１４７８Ａ１
【特許文献２】米国特許出願出願番号第０９／９５３，０２６号
【特許文献３】公告番号ＵＳ２００２／０１５４６７ＡＩ０
【特許文献４】米国特許出願出願番号第１０／０８１，５８９号
【特許文献５】公告番号ＵＳ２００２／０１９１６６１Ａ１
【特許文献６】米国特許出願出願番号第１０／１０４，５０２号
【特許文献７】米国特許出願出願番号第１０／６２９，３６４号
【特許文献８】米国特許出願出願番号第１０／６３８，２４７号
【特許文献９】公告番号ＵＳ２００３／０１３８０１９Ａ１
【特許文献１０】米国特許出願出願番号第１０／２４３，１０２号
【特許文献１１】公告番号ＵＳ２００３／００３１２１６Ａ１
【特許文献１２】米国特許出願出願番号第１０／２１０，７６１号
【特許文献１３】公告番号ＵＳ２００３／００１２２３４Ａ１
【特許文献１４】米国特許出願出願番号第１０／１８７，３３６号
【特許文献１５】米国特許第６，５８４，１３２号
【非特許文献１】Ｔ・グエン著「拡散接合－航空宇宙技術のための最新材料処理」、米国カリフォルニア州サクラメント、エアロジェット、ｈｔｔｐ：／／ｗｗｗ．ｖａｃｅｔｓ．ｏｒｇ／ｖｔｉｃ９７／ｔｔｎｇｕｙｅｎ．ｈｔｍ

【発明の開示】
【０００５】
第２の細長いガス放電電極のそれぞれの長さよりも短い距離にわたって延びる複数の電流戻り突起部を含むことができるフッ素ガス放電レーザ電極及び電極システムを開示する。更に、第１の細長いガス放電電極に装着された第１の放電成形磁石と、第２の細長いガス放電電極に装着された第２の放電成形磁石とを含むことができる電極を開示する。これはまた、第１及び第２の補助磁場発生磁石が埋め込まれた第１及び第２のガス放電電極の少なくとも一方を含むことができる。また、第１の材料を含み、かつ電極の放電領域の少なくとも一部分を形成する、側壁の対及び端壁の対の間の中心軸線に跨いで位置する頭頂部と、ガス放電中に第１の材料よりも比較的高い侵食速度を有する第２の材料を含む、頭頂部の両側にある一対の細長い高侵食領域とを含むことができる電極を開示する。また、電極本体とは異なる熱伝導係数を有する導電材料を含む第１のインサートを電極本体に含むことができる電極を開示する。また、ガス放電電極の少なくとも放電到達範囲を被覆する半導体材料の薄膜を有することができるか、又は放電領域の少なくとも一部分がほぼ均一な間隙径及び分布を有する事前形成リーフによって覆われた電極、及びこのようなコーティング又はリーフの製作方法を開示する。また、拡散接合段階中に材料の第１の部分と材料の第２の部分の間に拡散接合触媒を利用して第１の材料の第１の部分と第２の材料の第２の部分を拡散接合し、電極を形成するために接合した部分を機械加工することによって電極を形成する方法を開示する。
【発明を実施するための最良の形態】
【０００６】
フッ素を含有するレーザガスを含むガス放電レーザ、例えば、フッ化クリプトン（ＫｒＦ）又はフッ化アルゴン（ＡｒＦ）及び分子状フッ素（Ｆ２）レーザ（本明細書では「フッ素ガス放電レーザ」と呼ぶ）のためのフッ素含有ガス放電チャンバにおけるカソード腐食は、アノード腐食とは大きく異なっている。カソードの磨耗は、高電流によってイオン化された希ガスイオンの消衰が優勢であるのに対して、アノードの磨耗は、Ｆイオンの侵食腐食が優勢である。ＡｒＦエキシマーレーザチャンバにおいては、本出願人は、カソードがアノードよりも非常に緩慢に侵食されることを観測した。カソード侵食速度は、アノード侵食速度の３０％よりも一般的に小さいことが本出願人によって見出されている。黄銅合金に対しては、カソード侵食速度は、合金中のＺｎ含有量に対して比較的線形になる傾向があることが見出されている。
【０００７】
本出願人は、合金のＺｎ含有量に対するこの線形傾向は、Ｚｎの気化機構と親合金からの優先的スパッタリングとの組合せによるものであると考えている。アノード腐食とは対照的に、カソードは、自己不動態化フッ化金属層を自然には成長させない。従って、合金表面を不動態化してカソードを侵食から保護するために、自然成長による「リーフ」状コーティングを頼りにすることはできない。エネルギ及び放電安定性要件の結果、緩慢に侵食される合金は、仕組まれた不動態化／被覆システム、すなわち、カソード上に人工的に「リーフ」状自己不動態化材料を成長又は堆積させる試みを凌駕するように見える。それに加えて、カソードの磨耗の形態（使用中の孔食及び粗度の変化）は、対向するアノードの侵食速度に影響を与えるように見える。本出願人は、材料侵食速度に関してカソードとアノードの明確な相互作用が存在すると判断した。従って、最適なフッ素ガス放電レーザのチャンバ寿命には、アノードとカソードの両方が相互適合性のある対であることが望ましい。
【０００８】
一般的に、Ｎｉのような単一相材料及び低溶融温度の黄銅合金（例えば、Ｚｎレベル＞２０％）は、アノード侵食速度に対して良好のように見える。１５％よりも少ないＺｎを含有するＣｕ－Ｚｎカソード合金は、高Ｚｎ含有黄銅合金よりもより緩慢に磨耗するように見えるが、カソードとして孔食を起こすように見え、その後明らかにアノードの磨耗を加速する。一般的に、理想的なカソード材料は、緩慢に侵食され、かつチャンバ寿命にわ

たって比較的平滑状態のままになる。

【０００９】

７ＸＸＸレーザ製品のような本出願人の譲受人の製品において、チャンバ寿命、より具体的には電極寿命を延ばす本出願人の努力の一部として、本出願人は、長寿命アノード及び長寿命カソードの両方に対する候補合金を評価した。更に、本出願人は、Ｃｕ合金の拡散接合のような接合処理等によって製造された複合カソード（例えば、差別侵食のため）のための最適化を調査した。一連の２ＫＨｚレーザパルス繰返し率の分割されたアノード及びカソードの試験を実施した。これらの試験において、本出願人は、合金組成の関数とする等してアノード及びカソード両方の腐食速度を調査した。分割されたアノード又はカソードを用いて製作されて運転された本出願人の譲受人の６ＸＸ０製品において利用されてきた６ＸＸ０チャンバのような古いフッ素ガス放電チャンバが利用された。多成分アノード及びカソードを用いることにより、本出願人は、材料侵食速度の「同一条件」の比較を行うことができ、アノード／カソード相互作用を調査することができた。

【００１０】

評価を行う目的のために、基準２ＫＨｚのＫｒＦ及びＡｒＦレーザチャンバを用いた。電極の幾何学的効果を最小化するために、全ての試験において同一のアノード及びカソードの形状を用いた。全てのＡｒＦチャンバ試験には、本出願人の譲受人のＡｒＦ製品で使用されている同一のカソード部分、及びこれもまた本出願人の譲受人のＡｒＦ製品で使用されているアノードを用いた。ＫｒＦチャンバは、ＡｒＦ試験において使用したものと同様なＫｒＦカソード及び分割アノードの形状を用いた。分割カソード試験に対しては、カソードに対向してＣ２６０００基板上に固定された７種類のサンプル合金を有するＡｒＦ黄銅（Ｃ２６０００）アノードを用いた。全てのチャンバは、本出願人の譲受人の６０１０Ａ及び６０１０Ｋ製品のための標準ガス充填物を用いて、本出願人の譲受人のレーザフレーム上で２～２．５ＫＨｚのガス放電繰返し率において最短で２０億パルス（Ｂｐ）の試験が行われた。分割電極試験は、決められた電圧（例えば、１１００ボルト）で実施し、光学機器なしのモードで作動させた。試験の完了後、電極を取外して写真を撮り、ＮＩＳＴ較正済みのダイヤルキャリパー（分解能０．０１ｍｍ）によって測定した。

【００１１】

電極磨耗におけるＺｎ、Ｃｕ、及びＰｂの影響を迅速に調査するために、本出願人によって容易に入手可能な様々な市販銅合金を試験用に選択した。合金製造過程が処理制御下になかったために、全てのＣｕ合金サンプルを熱処理し、外部の化学及び冶金特性評価に出した。これは、存在するとすれば通常いかなる不純物もこれらのＣｕ合金システムに存在するか否かを調査するためである。一般的に、Ｃｕ合金は頻繁に再利用されており、従って、金属及び溶解ガス不純物濃度は良好に制御されていない。全てのＰｂ含有試験合金サンプルは、赤熱脆性（材料中に空隙の形成を引き起こす恐れのある三元Ｐｂ合金相の溶融）を避けるために、９００Ｆにおいて焼き鈍しを行い、非Ｐｂ含有合金は、１２００Ｆにおいて焼き鈍しを行った。特殊なＺｎ及びＮｉ合金は焼き鈍しを行わなかった。以下の表１は、分割電極研究における調査済み合金を要約している。合計の金属不純物は、グロー放電質量分析法（ＧＤＭＳ）によって重量を単位として測定した。高不純物値は、合金の数多い再利用を示唆している。

【００１２】

表１．２ＫＨｚ分割アノード及びカソードチャンバ（ＴＤ０９４、ＴＤ０９５、ＴＤ９８、ＴＤ１０３、ＴＤ１０６）において試験された金属合金の要約

合金番号	ArF試験 (A又はC)	KrF試験 (A又はC)	組成(重量%)	粒径	不純物 (PPM重量)
1	A及びC	A及びC	Cu-99	125	350
2	A及びC	A及びC	Cu-99、Zn-5	90	225
3	A及びC	A	Cu-90、Zn-10	89	N/A
4	A及びC	A及びC	Cu-70、Zn-30	50	350
5	A及びC	A	Cu-60、Zn-40	45	554
6	A及びC	A	Cu-89、Zn-8.7、Pb-1.6	40	>3500
7	A	A	Cu-61.5、Zn-37、Pb-1.5	>200	>1000
8	A及びC	A及びC	Cu-61.5、Zn-35.5、Pb-3	15	>10000
9	A	A	Cu-61.7、Zn-38、Pb-0.3	>200	>5800
10	A	A	Cu-59、Zn-38、Pb-3	>200	>700
11	A	A	Cu-76、Zn-15、Pb6、Sn3	>200	>500
12	A	A	Pb-99.9	N/A	N/A
13	A及びC	A	Ni-99.9	>50	N/A
14(GM)	A	A	Zn-91、Cu-5.5、Al-3.0	N/A	N/A
15	A	A	Zn-91、Cu-1、Al-8	N/A	N/A

【００１３】

上述の候補合金は、アノード及びカソードの両方の適用の中で合金侵食におけるＣｕ、Ｚｎ、及びＰｂの役割を調査するために選択した。履歴データは、例えば、快削黄銅及びカートリッジ黄銅合金がチャンバのアノード及びカソードとして数多く使用されてきたことを示唆していたために、Ｃｕ、Ｚｎ、及びＰｂを本出願人による研究のための重要な合金化元素として選出した。

黄銅の冶金はそれ程複雑ではない。Ｚｎが銅に添加される時に、材料は、Ｚｎ及びＣｕを結晶粒に取込んで２相（縞状）の微小構造体を形成する。Ｐｂが添加されると、Ｐｂは、Ｃｕ及びＺｎに対して不溶であるので、３相の微小構造体が発達する。Ｐｂ介在物は、Ｐｂ含有黄銅における粒境界インタフェースにおいて焼き鈍し中に発達する。例えば、快削黄銅の粒境界は、約２０ミクロン長及び同じ幅の寸法であり、鉛介在物は、いくつかの粒境界の接合部において約５ミクロンのポケットを形成する。

【００１４】

一般的に、Ｚｎは、脆性及び／又は構成要素中への加工が困難な物質を発生させることなく、黄銅合金において４２重量％まで安全に増加させることができる。Ｚｎは、Ｃｕの微小構造体におけるすべり面を低減することによりＣｕ合金の強化を助ける。Ｚｎはまた、スパッタ収率及びＣｕ合金の蒸気圧を増大させる一方で、溶融温度も低下させる。Ｚｎは、Ｃｕよりもフッ素との反応性に富むので、電極侵食における亜鉛の役割には大きな関心が寄せられる。

【００１５】

本出願人はまた、アノード侵食におけるカソード磨耗の形態の効果、すなわち、アノードーカソード磨耗相互作用を調査した。本出願人は、自己不動態化合金（リーフ処理合金）と対向するカソードセグメントは速く磨耗するように見え、アノード磨耗は、孔食を起こすカソードの向かいではより早く磨耗することを知っていた。本出願人は、自己不動態化処理中に基板電極材料上に形成される珊瑚リーフの一般的な外見からこれらの自己不動態化構造体を「リーフ」と命名し、これらの用語は、本出願において交換可能に使用される。

【００１６】

分割電極試験は、アノードーカソード相互作用を現実の時間フレームにおいて調査することができる方法である。電極表面の変化を数量化するために、カソードサンプルは、例えば米国ロードアイランド州プロビデンス所在のマール・フェデラル・インコーポレーテ

ッドによる製作のいわゆる「ポケットサーフ」フェデラル表面形状測定装置によって粗度変化に対して評価し、ＳＥＭ－ＥＤＸ分析によって化学的に評価した。

【００１７】

本出願人はまた、フッ素ガス放電レーザチャンバの予備電離チューブ側において優先的に速く磨耗することを観測した。更に、カソードとアノードの間でガス放電の発生が途絶える電極のいずれかの端部での電極の端部における点から例えば約３インチ内側からの電極端部は、電極の大部分に比べてより高い速度で磨耗する。従って、端部の効果を避けるために、本出願人は、各電極端部から４インチの点から始め、このような点の間にある全電極の縦方向長にわたる電極侵食のみを測定した。この後、全ての電極セグメント及びサンプルに関する侵食データを１０億パルス（Ｂｐ）毎の侵食のミリメートルに基づいて比較した。下述の図１～図３は、電極磨耗の不均一性を例示している。図１は、Ｂｐにわたるアノードのプロフィール変化を示している。図２は、カソードのプロフィール変化を示している。図３は、約３Ｂｐにわたる４ＫＨｚＡｒＦレーザに関する一般的な軸線方向アノード侵食プロフィールを示している。

【００１８】

分割カソードに関する放電幅データを含むアノード及びカソードの侵食が、図４～図５に示されている。図４は、約２．３Ｂｐの間１００ＶのＣ$_0$で作動する２．５ＫＨｚのＡｒＦレーザに関する局所的なＣ２６０００カソード及びアノードの侵食速度をｍｍ／Ｂｐで示している。図５は、約２．３Ｂｐの間１１００ＶのＣ$_0$で作動する２．５ＫＨｚのＡｒＦガス放電レーザに関する異なる材料に対するカソードの放電幅変化を示している。純Ｃｕ合金は、Ｚｎ含有合金よりも緩慢に磨耗するように見えることを確認することができる。表１における例えば６及び７のＰｂ含有黄銅合金、及び表１における例えば５のＺｎ合金もまた、同一であるそれぞれのパルス数中に、より大きな放電の拡幅（ＡｒＦ）があることを明示している。一般的に、低Ｚｎ合金（０～３０％Ｚｎ）において最低カソード磨耗速度が観測された。Ｐｂ含有カソード合金は、ＡｒＦレーザ放電においてより速く磨耗することが観測された。

【００１９】

図６は、機械式表面形状測定装置である「ポケットサーフ」によって測定された合金種類に対する表面粗度を示している。測定は、１１００Ｖでの２．５ＫＨｚのＡｒＦレーザにおいて約２．３Ｂｐ後に行われた。表面粗度変化に関しては、カソード表面の孔食は、アノード粗度を増大させるように見え、アノード侵食速度を加速する可能性がある。表１の例えば合金４によるアノードは、２Ｂｐ後のカソードサンプルの全てと比べて一般的に平滑であるように見える。アノード粗度は、カソード粗度（９０～１８０マイクロインチＲａ）と比べると、２０マイクロインチ平均粗度（Ｒａ）よりも小さい。Ｎｉは、侵食後に最も平滑なカソード表面及び隣接するアノード表面を生成した。本出願人は、これは、Ｎｉが高い溶融温度を有する単相材料であり、化学的に弱いフッ化物を形成することに関係すると考えている。Ｎｉは、確かにカソードとして比較的速く磨耗するが、Ｎｉは、黄銅合金と比べた場合に対向するアノードの侵食を５０％低減する。しかしこれは、Ｎｉの組成とは別のものによる可能性があり、例えば、Ｎｉの表面粗度及び対向する表１の合金４の比較的低いアノード侵食は、アノード侵食がＮｉを有するか又は有しないか又はほとんどＮｉであるカソードのカソード粗面化によって加速されることを示唆している可能性もある。

【００２０】

２ＫＨｚの分割アノード及びカソード試験に関する電極侵食は、４ＫＨｚレーザチャンバにおいて試験された電極から測定された侵食速度と一般的に一致した。ＡｒＦに対しては、繰返し率又は負荷サイクルの変化がカソード磨耗機構を著しく変化させないように見える。他の４つの分割アノードに関するカソード侵食比較データを下述に要約する。本出願人は、分割アノードに対向するカソードに対して表１の合金１及び２を試験した。カソード侵食速度は、上述した分割カソード試験において測定されたものと同様であった。更に、低Ｚｎ含有カソードは、孔食を起こす可能性が考えられ、アノード磨耗速度を増大さ

せる潜在性があった。孔食は、自己不動態化アノードサンプルに対向した場合に遥かに深刻であった。アノードの不動態化コーティング（リーフ状コーティング）は、ＡｒＦ放電においてカソード磨耗を加速するように見える。リーフは、電極の粗度及び表面の電気インピーダンスを変化させるために、本出願人は、これに関する機構を完全に理解していない。このアノードが注目される時には、ＡｒＦチャンバのカソードは、一般的に０．０３～０．０５ｍｍ毎１０億パルスで磨耗する。本出願人の譲受人は、合金８のアノードに対向して試験を実施した時に、合金４（表１の）のカソード磨耗速度が０．０３～０．０４ｍｍ／Ｂｐを明示する９ＢｐのＫｈｚのＡｒＦレーザチャンバを以前より知っていた。本出願人はまた、ＫｒＦカソードがＡｒＦカソードよりもかなり速く、約０．０５～０．０６ｍｍ／Ｂｐで磨耗する傾向を有することを発見した。これは、ＡｒＦカソードに対して約２０～３０％高いＫｒＦカソードの侵食速度である。更に、カソード磨耗速度は、リーフ処理（自己不動態化）アノードに対するＡｒＦにおいて更に強く加速される。リーフ処理アノードは、Ｃｕ－Ｚｎ合金から成るＫｒＦカソードに比べてかなり大幅にＡｒＦカソードを損傷するように見える。図７において、４つの分割アノードチャンバに関する平均カソード侵食データを見ることができる。

【００２１】

アノードリーフの存在は、ＡｒＦ及びＫｒＦの適用の両方に対して、対応する領域におけるカソード侵食を増大させるように見える。本出願人は、この理由をリーフが空間的に不均一な電界及び電流密度を引き起こすためであると考えている。これは、下述で更に詳しく説明するように、自然に生み出されるリーフに対して、より均一な人工的に生み出されるリーフを設計することによって緩和することができる。ＫｒＦリーフ処理システムに対しては、カソード侵食速度は、非リーフ処理システムに比べた場合、一般的に１０～２０％増大する。ＡｒＦに対しては、カソード侵食速度へのリーフの影響は一層大きく見え、ここではカソード侵食速度は３０～４５％増大する。しかし、以下で説明するように、これもまたいわゆるリーフエンジニアリングの主題とすることができるものであるが、アノードが磨耗せず、自己不動態化コーティングがレーザ性能に影響を与えない場合には、カソード侵食速度の増大は容認することができる。

【００２２】

ＫｒＦチャンバにおけるカソード侵食は、ＡｒＦチャンバのものよりも高いことが見出されている。これは、ＡｒＦチャンバにおける高いガス作動圧及び／又はアルゴンイオンがクリプトンイオンよりも軽量であるという事実によると考えられ、これらの両方とも低スパッタリング収率をもたらすものである。

また、アノードとカソードの間の相互作用があるように見える。アノード侵食のマグニチュードは、アノード材料の組成自体（これがフッ素と如何に反応するか）だけではなく、侵食中のカソード表面の形態変化に依存しているように見える。アノードは、平滑に侵食されるカソード材料に対面する時により緩慢に磨耗するように見える。ＡｒＦ及びＫｒＦのレーザチャンバ両方に関する問題は、どの材料がこの緩慢な磨耗の基準に合うのか、すなわち、現在レーザカソードとして使用されている黄銅合金よりも緩慢であるかということが明白でないという点であると思われる。ニッケルは、カソードとして速く、平滑に磨耗する。分割カソード試験は、このＮｉカソードと対向するＣ２６０００アノードセグメントが、黄銅合金に対面する近接のセグメントの速度の５０％で磨耗することを明示した。アノードの粗度は、ほとんどのセグメントに対してほぼ同一であるように見える。図８は、約２．３Ｂｐにわたって２．５ＫＨｚで作動されたＡｒＦレーザにおけるＣ２６０００アノードに関する黄銅の組成に対する磨耗したアノード及びカソードの表面形態を示している。

【００２３】

電極寿命の最適化は、例えば、放電間隙の拡幅を防ぐように物理的にできるだけ緩慢に磨耗し、比較的平滑かつ同質のまま滞留する材料の選択を要求する。ＡｒＦレーザチャンバに対して、本出願人は、自然成長の自己不動態化合金を用いてきたが、例えば、これらが放電エネルギを局所的及び全体的に低減する絶縁体として働いて高繰返し率の性能問題

を受けたために、今日まで不成功に終わっている。従って、ＡｒＦに対しては、アノードは、非自己不動態であることが要求され、カソードは、孔食又は粗面化なしに可能な限り緩慢に磨耗することが要求されると考えられる。本出願人の試験から純Ｃｕ合金が最低のカソード磨耗速度を生成したのに対して、Ｎｉ合金カソードは、最も緩慢なＣ２６０００アノード磨耗速度を生成した。しかし、Ｎｉは、カソード合金としては速く磨耗し、従って、ＡｒＦチャンバの適用に対しては不適格であるように思われる。同様の意味で、純Ｃｕ合金カソードの使用は、孔食によってアノードの磨耗を加速する。孔食を低減するために合金のＺｎ含有量を増大させるにつれて、カソードの磨耗速度は増大する。従って、カソード最適化は、絶対磨耗速度に対するカソード表面の粗面化を考慮するエンジニアリングのトレードオフを要求するのではないかと思われる。

【００２４】

Ｃｕ－Ｚｎ合金に対しては、Ｚｎ含有量が増大するにつれて、カソードは速く磨耗することは明白である。しかし、Ｃｕ－ＺｎカソードにＸ対しては、カソード磨耗速度は、アノード磨耗速度に比べて非常に緩慢である。カソードの高いＺｎ濃度は侵食速度を増大させるが、Ｚｎ含有量において４０％を超える付近では、約０．０１ｍｍ／Ｂｐ（２０％）程度である。従って、２０～３０％のＺｎ合金は、低カソード磨耗速度とアノード「友好性」の良好な組合せをもたらす。図８は、Ｚｎ含有量に対する２ＫＨｚのＡｒＦレーザチャンバにおけるカソード磨耗速度を示している。カソードの形態を明示している写真が図に貼付されており、自然発生するリーフ処理が作動的な機構である場合、カソード表面上の局所的不均一溶融及び孔食を抑制するために一部のＺｎを必要とすることを明らかにするのに役立っている。本出願人は、ＳＥＭ及びＸＲＦによって測定される表面の化学変化から、材料の消衰の前に放電によって表面のＺｎの最大１５％までが抽出される可能性があると見積っている。

【００２５】

約２．３Ｂｐまでの間の２ＫＨｚのＡｒＦレーザに関するレーザチャンバ放電に露出された後のカソード関連の表面の化学変化が図９に例示されている。本出願人は、一般的に放電に露出されたカソード領域が１５絶対％までＺｎを減損させることを観測してきた。Ｃｕよりも高いスパッタ収率を有することに加えて、本出願人は、Ｚｎがカソードの作動温度において蒸発することができると考えている。カソード侵食は、放電到達範囲領域における黄銅の局所的Ｚｎ減損という結果を生む。Ｚｎは、５００℃を超える温度に対して比較的高い蒸気圧を有する。従って、本出願人は、例えばカソード表面が５００℃を超える場合、重量失損は、Ｚｎの蒸発によるものもあると推測する。ＸＲＤ分析で見られるように、目視可能なＣｕの溶融及びＫｒＦカソード上の非平衡PbF_4堆積の存在（PbF_4は、３００℃と８００℃の間においてのみ安定）は、５００℃を超えるカソード表面温度が作動において実現されることを本出願人に示唆している。

【００２６】

スパッタ及び蒸気圧の効果は、Ｚｎが優先的に黄銅から除去されることを示唆しているとも考えられるために、それらを分離することは困難であろう。どの機構であるかに関わらず、カソード孔食を抑制するためにカソード表面においてＺｎの必要があるように本出願人には見える。カソード磨耗の形態は、２０％を超えるＺｎ濃度で安定化するように見えるために、本出願人は、２５％を超えるＺｎを有する黄銅合金をカソードとして用いることが最適な電極寿命への１つの手法ではないかと考えている。アノード表面の化学的性質は、大部分の電極の化学的性質に一致することを観測した。アノードは、カソードよりもかなり速く磨耗するために（明らかに化学的攻撃からも来る）、これは、カソード表面上のＺｎ減損が展開に幾らかの時間を要することを示唆している。これが実情であると仮定すると、熱的に誘発されたＺｎの蒸発がカソード表面で発生している可能性があると強く主張することができる。

【００２７】

一般的に、黄銅合金は、チャンバカソードとしては純金属を凌駕する。何故黄銅がフッ素ガス放電レーザチャンバにおいてカソードとしてこれ程緩慢に侵食されるのかは完全に

は明らかではないが、本出願人は、ＺｎのＦ$_2$ガスとの反応性（固体ＺｎＦ$_2$を形成する）が緩慢なカソード侵食を助けているのではないかと考えている。理論的に理想のカソード材料は、１）単一の組成元素、２）単一の結晶相、３）低スパッタ収率元素、４）大きな粒径、５）低蒸気圧、６）低金属不純物及び低溶解ガス不純物、７）イオン化フッ素ガスによって腐食された時の固体反応副産出物の発生から成ると考えられる。

【００２８】

Ｃｕ及びＮｉは、金属がそうであることから、この特徴にほぼ適合するように見えるが、どちらとも完全な仕上がりのカソードを形成しない。純Ｃｕは孔食されるように見え、従って、アノードと「友好的」ではなく、Ｎｉは、比較的非常に速く磨耗するが、両方とも上述のカソードの好ましい形質の一部を明示する合金を有してもいる。予想されるように、Ｃｕは、カソードとして緩慢に磨耗するが、孔食が、Ｚｎ含有量に関連しているように見える。従って、純銅は、アノード磨耗速度を増大させるために、妥当性のあるカソード材料ではない。ＣｕへのＺｎ添加（黄銅合金）は、合金の溶融温度を低減し、幾らかの表面材料がリフローして孔食状の欠陥を覆うことを恐らくは可能にする。Ｚｎは、フッ素と非常に反応性が良く、従って、カソード孔食の抑制においてより大きな化学的役割を果たすことができる。一方、Ｎｉは、予想される通りに平滑に磨耗するが（すなわち、アノードと「友好的」である）、望ましいものよりも速く磨耗する。これは、Ｎｉのフッ素ガスとの貧弱な反応性のためであろう。Ｎｉは、カソード材料としては孔食されず、カソード孔食が、表面化学の効果に関係がない（すなわち、Ｚｎが孔食抑制に必要とされない）ことを示唆している。恐らく上述の形質の全てを有する材料を発見することは不可能であろう。黄銅は廉価であり、カソードとしては一定かつ予想可能な速度で磨耗し、Ｚｎの含有量が２０％（重量によるパーセント）を超える場合は孔食されないように見える。

【００２９】

黄銅カソード孔食は、合金のＺｎ含有量を調節することにより調整することができる。本出願人は、高Ｚｎ濃度が用いられた場合はカソード侵食が加速されるために、Ｚｎ添加は、最小限に保つ必要があるのではないかと考えている。自己不動態化合金に対しては、恐らく合金５のカソードは、合金４よりもカソード孔食の損傷を良好に食止めることができる。更に、黄銅カソード合金へのＰｂ添加は、磨耗速度及びカソードの粗面化を増大させるように見える。Ｐｂは黄銅中に均一に分布せず、粒成長を妨げる特異機能を有する。大部分の黄銅合金中で、Ｐｂは比較的均一に分布しているが、不均一性ということは、例えば、Ｐｂは合金中への高い可溶性がないために粒境界において異なる領域に隔離及び「凝集」し、そのために、例えば５００×の拡大において分布が非常に不均一であるとして見ることができることを意味している。Ｐｂはまた、フッ素との高い反応性がある。Ｐｂは、黄銅へのフッ素イオンの表面親和性を増大させる（すなわち、黄銅が放電における鳴動中に打撃を受ける可能性がある）ことにより、カソード侵食を加速する可能性がある。Ｐｂはまた、金属粒を固定し、従って微粒構造を維持する。粒境界に沿って原子をはじき出す方が簡単である（すなわち、表面エネルギを低減する）ために、スパッターゲットとして、微粒材料は大粒材料よりも速く侵食される。何故Ｐｂ含有黄銅合金がカソードとして非Ｐｂ含有合金よりも速く磨耗するのかに関して２つの可能な機構が存在するために、本出願人は、長寿命カソードとして鉛なしの黄銅を用いた方が良いと考えている（例えば、表１の合金４又は５、又はＣ２７０００黄銅）。

【００３０】

様々な磨耗速度を有するカソード材料を発見するために上述の原則を用いると、差別侵食カソードを発生させるために、異なる侵食速度を有する２つの異なる合金を組み合わせることも可能である。差別侵食カソードは、図１０に例示されている。本出願人は、Ｃｕ１０２００／合金４及び合金４／合金８の両方の拡散接合カソードを試した。両方のシステムは、ＫｒＦ又はＡｒＦチャンバにおいて差別侵食を示すことができるように見える。

【００３１】

図１０は、第１の材料から成る本体２１と第２の材料から成るインサート２１とを有するカソード２０を収容する電極システムを示しており、第１の材料２１は、第２の材料２

４よりも高い侵食速度を有し、従って、結果的に差別侵食トレンチ２４を形成する。インサート２４は、同様に時間と共にアノード２２から最終的に減失することが見られることになる。図１０はまた、第１の材料から成る本体２３と、第２の材料から成るインサート２６、例えば、フッ素ガス放電レーザにおいてアノードとして不動態化層（リーフ）２８を形成することになるものとを有するカソードを示している。第１及び第２の材料の差別侵食速度は、リーフ２８の助けを得て時間と共に侵食トレンチ２７をアノード２２においてインサート２５のどちらの側にも形成する。

Ｃｕ１０２００／合金４のカソードは、図１１に例示されており、これは、ＡｒＦレーザチャンバにおいて４ＫＨｚで２．５Ｂｐよりも長く露出されたものである。ステップ２６が、図１１に示すように左側にカソードのＰＩチューブ側にできていることが分り、合金４は、Ｃ１０２００よりも速く磨耗することを見ることができる（予想したように）。

【００３２】

図１２は、合金４／合金８の拡散接合（Ｎｉの中間層が目視可能）を例示している。図１２から、焼き鈍しされた合金４と合金８の間の微小構造体に大きな相違点があることを見ることができる。Ｃｕ１０２００／合金４処理の拡散接合強度は、約５０００ＰＳＩであった。供給元であるトーソー・ＳＭＤは、合金４／合金８のシステムに対して、例えば、図１２に示されているＮｉ層の金属中間層を用いることなどにより、１６，０００ＰＳＩ（４０～５０％の耐力）よりも大きい接合の引張強度を達成することができた。本出願人は、更に以下で説明するように、この高い接合強度が、カソードのようなチャンバ電極の適用に十分なものになると考えている。

【００３３】

物理的気相成長法（ＰＶＤ）、すなわち、スパッタリングターゲット産業のような一部の他の産業において拡散接合は一般的であるが、本出願人は、拡散接合が多重材料又はその類の電極の形成のために用いられたことを知らず、具体的にはフッ素ガス放電電極のため以外に、より具体的には形状を寿命の間良好に維持するバイメタル電極のため及び／又は差別的に侵食される構造体のため以外に用いられたことを知らない。より具体的には、本出願人は、Ｃ３６０００及びＣ２６０００のようなこのような合金が、本出願人が実施を提案した以前に拡散接合されたことを知らず、より具体的には、電極のために、より具体的にはフッ素ガス放電レーザ環境における電極のためにそれが実行されたことを知らない。

【００３４】

本出願人の会社は、拡散接合を利用する本出願において様々に参照されている種類の電極を組み立てるために、上述で参照した売主である米国オハイオ州グローブシティ所在のトーソー・ＳＭＤに接近した。売主は、まず典型的なＡｌ対Ｔｉの拡散接合処理を用いていくつかの試作品を作成した。売主は、被接合材料の構造体を維持し、更にはそれを高め、また要求される被接合材料の合金微小構造体を維持する一方で、被接合材料における引張強度を増大させるために、当時の公知の技術を利用することを提案した。売主は、被接合金属間に中間の接着金属層を形成することを提案した。この層は、その後拡散接合処理の適用を受ける被接合材料の各々を接合インタフェースにおいて被覆することなどによって形成することができる。拡散接合インタフェースのそれぞれの材料の表面は、このようなコーティングの前に粗面化することができ、コーティングは、このような技術分野で公知のいくつかの薄膜又は厚膜コーティング技術によって実行することができる。この処理は、米国カリフォルニア州サクラメント所在のエアロジェットのｈｔｔｐ：／／ｗｗｗ．ｖａｃｅｔｓ．ｏｒｇ／ｖｔｉｃ９７／ｔｔｎｇｕｙｅｎ．ｈｔｍにおけるＴ・グエン著「拡散接合－航空宇宙技術のための最新材料処理」において説明されているように、材料を接合するためのかなり一般的なものである。

【００３５】

結果のバイメタル電極は、一方では要求される合金微小構造体及びフッ素ガス放電レーザ環境における電極としての適切な性能に不可欠な他の性質を維持すると同時に、他方では他の公知の接合技術を約４倍のオーダーで超える接合強度を示している。売主は、例え

ば、フッ素ガス放電レーザに対する電極用途に対して、望ましい結果の取得で特に成功を収めていることが証明されているＮｉ接着層コーティングを提案した。本出願人はまた、この接合技術が、例えばプラズマ集束光源として中空の例えばほぼ円筒形のウォルフラム（Ｗ）又はウォルフラム－トリウム合金（Ｗ－Ｔｈ）ＥＵＶ光源が接合される例えばＣｕ又はＮｉの例えばプラットホームとして、次世代レーザリソグラフィの光源、例えばＥＵＶ電極のための電極作成に使用することができると考えている。

これは、異なる黄銅合金、及び比較的純粋なＣｕ及び黄銅合金の多重金属構造体の製造業者に対して有効であることが証明されている。

【００３６】

図１３は、前側フェアリング８４及び後側フェアリング８６を有する前側（レーザガスがアノード８０を通過して移動される方向の）を有するほぼ鈍いブレード形状をした金属から成るアノードブレード８２を有するアノード８０の従来技術の例を示している。前部及び後側フェアリングの各々は、例えばセラミック絶縁体から成る。アセンブリ全体は、アノードマウント８８に装着される。

【００３７】

電極侵食データに基づいて、差別侵食カソードにおけるより低磨耗の中心要素と高磨耗速度の外側材料との間のエッチング速度比を判断することができる。一般的に、カソードの外側部分に対して、中心よりも速く磨耗する材料の選択が好ましい。また、カソードを孔食しない中心材料を選択するように注意すべきである。本出願人は、縁部対中心（Ｅ：Ｃ）の侵食割当（いわゆる侵食の「選択性」）のエッチング速度比１．１７は、差別侵食カソードに発達する、すなわち、中心にある材料がより緩慢に侵食することができることを見出した。しかし、銅ベース合金を用いると更に良く、表１の合金４と表１の合金８とを組み合わせることにより、Ｅ：Ｃエッチング速度比１．６を得ることができる。最適なアノード「友好的」材料の組合せは、Ｅ：Ｃ比が５．８を超えるＮｉ２０１とＣ２６０００であるように思われる。Ｅ：Ｃエッチング速度に対する最適な比率が何であるかは明らかではないが、今回、本出願人は、比率が高い程良好であると感じている。１つの可能な選択は、危険性の低い差別侵食カソードとするために、Ｃ２６０００とＣ３６０００を組み合わせることである。

【００３８】

表２．提案する差別侵食カソードに対する侵食速度比

差別侵食カソード			
中心	縁部	選択性(E:C)	
C10200	C26000	1.175438596	2.6Bpまで実証、孔食あり。
C26000	C36000	1.625	＞１１Bpで試験。
C22000	C36000	1.857142857	理想的完全黄銅(孔食の可能性あり)。
C26000	Ni201	5.875	最良、安全。
C22000	Ni201	6.714285714	全体的に最良。

【００３９】

上述より、本出願人は、Ｃｕ－Ｚｎカソード合金は、ＡｒＦチャンバにおいて１０億パルス毎に約０．０５ｍｍ侵食され、ＡｒＦアノード材料（Ｃ２６０００で一般的）は、一般的に０．１５ｍｍ／Ｂｐで侵食されると結論付けた。ＫｒＦチャンバでのカソード侵食速度は、一部の材料に対してＡｒＦチャンバよりも約２０％高い。カソード磨耗速度は、チャンバの繰返し率と線形に比例するように思われる。ＣｕへのＺｎ添加は、カソード侵食速度を僅かながら増大させる一方で、カソード孔食を抑制する。Ｎｉ合金は、非常にアノード「友好的」であるが、チャンバカソードとしてＣｕ合金よりもかなり速く磨耗する。アノード粗面化又はリーフ（自己不動態化）形成は、カソード磨耗を加速する。Ｐｂ添加は、カソード磨耗速度を増大させ、長寿命カソードの中心体としては推奨しない。カソ

ード孔食は、アノード磨耗速度を増大させるように見える。表１の合金４は、ＡｒＦチャンバ及び潜在的にはＫｒＦチャンバに対する良好で総合的なカソード材料である。差別侵食カソードは、ＫｒＦ及びＡｒＦへの適用の両方に対して良好に作動するように見える。差別侵食カソードは、１．１５よりも大きいＥ：Ｃエッチング速度比を有するシステムにおいて良好に作動するように見える。差別侵食カソードは、適切な合金選択によって長寿命ＫｒＦチャンバへの適用に対して良好に作動することになる可能性が高い。一般的に、ＫｒＦカソードの寿命を改良するために、合金８の代わりに合金４を用いることが示唆される。

【００４０】

本出願は、例えば、磨耗後の電極の形状、磨耗の速度などを制御するために、電極に対して、具体的には差別侵食速度材料に対して合金の利用及び複合合金の使用を考えている。これらは、以下のものを含む。本出願人は、例えば８０パーセントよりも多いＣｕを有する高Ｃｕ合金に例えば拡散接合によって例えば接合されることと共に、高Ｚｎ、高Ｚｎ合金、純アルミニウム、又は高Ｓｎ合金の使用を提案する。先の高Ｚｎ、Ｚｎ合金、Ａｌ及び高Ｓｎ合金は、比較的迅速に侵食され、事前選択されたより高いＣｕ合金と共に形成し、電極の寿命にわたって有用に磨耗する。本出願で説明するこれら及びこの類の差別磨耗パターンは、自己調節型とすることができることを理解されるであろう。すなわち、例えば、低侵食速度材料のどちらの側にある高侵食速度材料も侵食され、低侵食速度材料の片側又は両側に凹部を形成し、放電は突出している低侵食速度材料に集中することになり、続いてこの低侵食速度材料は、中心部分の片側又は両側にある高侵食速度材料が再び差別侵食され始めるまで、より速い速度で侵食されることになる。

本出願は、純Ｃｕを自己不動態化合金へと被覆するクラッド処理の使用を考えている。本出願人は、銅、例えば純銅があらゆる自己不動態化電極よりも速く磨耗することになると判断している。

【００４１】

図１５に示すように、例えば電極５４の本体の残りと同じ材料とすることができる電極５４の例えば頭頂部５２のどちら側にも例えば最大深度において約０．５インチの浅いトレンチ５０を発生させ、例えば溶融状態の亜鉛合金又は例えば純亜鉛の形態にある亜鉛などを例えば用いて充填することも可能である。その後、亜鉛／亜鉛合金が冷えた後に、アセンブリは、図１３におけるブレード８２と同様の頭頂部５２を有し、図１３におけるフェアリング８４及び８６を置換えるトレンチ５２及び電極５４の残りを有するなどの望ましい形状を形成するように機械加工することができる。代替的に、図１１に示されているインサートの位置にある頭頂部５２を有する図１１の断面を形成することができる。インジウム合金又は純インジウムは、アノードを製作するために亜鉛の置換えにおいて用いることができる。

【００４２】

上述のトレンチを空のままに残し、トレンチ同士間にある頭頂部５２上の電極部分上に放電を封じ込めることも可能である。これは、複数の頭頂部５２に似たそれぞれの複数の延長放電受容突出部の両側を挟む複数のトレンチによっても可能であろう。材料、例えば純Ｎｉ、Ｎｉ合金、例えばＮｉ－Ｃｕ合金、Ｓｎ又はＺｎ又はこれらの合金のスプレーコーティング又は無電解コーティングは、例えばスプレーすることによってこのようなトレンチ５０に堆積させることができ、こうして電極頭頂部５２の両側を挟み、続いて全体を最終形状に機械加工する。この事例に対しては、ダマシン工程を用いることができる。ダマシン工程は、比較的粗い表面上への材料の堆積及び象眼仕上げを付加するための高い点の研磨を含むことなどができる。

放電頭頂部のような両側を挟むために使用することができる別の材料は、高侵食速度材料として使用可能なアルミナ添加銅である金色銅とすることができる。

【００４３】

図１９に示すように、本出願人は、図１５に示されているトレンチ５０を回転した「Ｖ」形状のスロット６０によって置換えることができる「半田の歩道」又は合金の歩道カソ

ードと呼んでもよい別の形態のものも開発しており、スロット６０では「Ｖ」の一方の側６０’が本質的に垂直面にあり、他方の側６０’’が水平に対してある一定の角度をもって横たわっている。それぞれの「Ｖ」６０のそれぞれの側６０’は、一緒に例えばカソード６４の電極の頭頂部部分６２の側壁を形成する。回転された「Ｖ」は、カソード６４のものよりも速く侵食されるＰｂ半田のようなＰｂ含有材料のような適切な材料によって充填することができ、一方、カソード６４は、例えば、最大又は最大に近い粒径を得るために焼き鈍しされた無酸素銅（ＯＦＣ）から製作することができ、このような焼き鈍しは、このような分野で公知のものである。「Ｖ」で形成された「歩道」は、回転された「Ｖ」内に歩道のための材料、例えば、溶融状態のＰｂ半田を入れるか、又は「Ｖ」の中に溶かし込み、硬化させ、この後にカソード６４の外郭まで機械加工を行って削り落とすことにより形成することができる。

【００４４】

本出願において上述した電極のいくつかの組み立ての間に、様々な要素は別々に加工され、例えばボルト締め、被覆、又は接合、例えば拡散接合を含む様々な手段によって結合され、恐らくはその後に機械加工され、又は望ましい最終製品形状にまで更に機械加工される。接合処理は、拡散接合、爆発接合、クラッディング、超音波溶接、摩擦溶接、鍍金、及びその類によって形成された単一電極のような複合材料を形成する様々な方法を含むことができる。

【００４５】

高含有量のＺｎのような特定材料を含有する電極の上面は、合金４、Ｃ２７０００、又は合金８のようないくつかの高Ｚｎ含有黄銅などを例えば肉厚１インチ毎に例えば１２００°Ｆで６０分間焼き鈍しすることなどによって形成することができる。本出願人は、これによって比較的純粋なＺｎの例えば０．００５と０．０１０インチの間の比較的肉厚な層が形成されることを見出した。本出願人は、これをＺｎを亜鉛含有合金の表面へ隔離する例えばＺｎ酸化処理と呼ぶ。酸素に対して高親和性を有するＺｎは、即座に表面へ隔離し、表面においてZnO_2を形成する。

【００４６】

本出願人が発見した不動態層／リーフ処理エンジニアリングの１つの形は、アルミニウムの減圧浸潤多孔性陽極酸化を用いた錫ナノワイヤの製造において利用されているもののような処理を利用する。このような技術は、比較的制御された間隙径及び分布を有して生み出された電極であって、例えば、アノードリーフ処理層として、制御されて一様に分布された空隙率のような性質を有する電極上に合成によって生み出される金属フッ化物のようなリーフ層の産出を可能にすることができる。例えばアークを避けるために例えばリーフ上の表面電荷を制御するために、インピーダンスのような化学的及び電気的性質の制御を目的として、この手法で障壁リーフを設計することができ、この手法で腐食／侵食耐性が最適化され、インピーダンスが最適化される。

【００４７】

このような技術の利用により、一実施形態では木の幹が並ぶ果樹園に、別の実施形態ではほぼ円形の開口部及び周囲の格子造り構造を有する蜂の巣に似ている、比較的円筒形で比較的一様に分布された構造体への自己不動態材料の成長が可能になる。この比較的一様に分布した木の幹が並ぶ果樹園／格子造り構造体は、陽極酸化処理の機構を通じて自然に発達し、得られる木の幹／格子造り構造体は、開口部を通って電極表面に至るレーザガス放電中に存在する電荷イオンのような透過を一方で制限し、「木の幹」自体は酸化物として絶縁体であるが、他方では導電性を維持するために使用することができる。イオン輸送を阻止するこの同一の機構は、反応物に関して格子造り中の「木の幹」／孔の成長及び分離を制御するために陽極酸化処理において使用することができる。

【００４８】

「木の幹」の成長及び分離の均一性は、それを高めることができ、人工的に設計されたリーフが成長することになる合金表面の例えば事前テクスチャー化によってその制御はより均一になる。これは、図１４ａ～図１４ｆに示すように実施することができる。図１４

ａでは、基板３０が示されており、これは、電極の表面とすることができる。比較的一様に分布する複数の「木の幹」３４及び間隙３６を含む第１の陽極酸化物３２が成長している電極の表面３０は、図１４ｂに示されている。

【００４９】

図１４ｂでは、第１の陽極酸化物３２の除去後に３０の表面がテクスチャー化されたままになっていることが示されている。図１４ｃに示すように、この段階には、第２の陽極酸化物３２’の段階が続き、図示のように、より均一に分布した木の幹３４’及び間隙３６’の組という結果を生み、また、間隙３６’の垂直方向はより均一になる。図１４ｃの構成は、アノードのような表面の人工的リーフコーティングとして本来的な利用価値を有することができる。この構成はまた、図１４ｄに示すように、例えばエッチング処理によって間隙などを例えば拡幅することにより、望ましい結果へと更に高めることができる。この段階はまた、図１４ｅに示すように、間隙３６’の底部において障壁層４０の薄層化又は除去の段階、続いて間隙３６’を金属４２のような導電材料によって充填する段階によって追従されるか、又はこれらの段階を含むことができる。この処理は、第１のリーフを除去する段階で電極の極を逆にすることなどにより、作動中のレーザチャンバ内の原位置で実施することができる。

【００５０】

本来は半導体であるが、ほとんど絶縁性で純金属又は金属合金よりも比較的低いスパッタリング侵食速度を有するＺｎＯ、SnO_2、及びＰｂＯのような酸化アルミニウム以外の酸化物は、インピーダンスに逆の影響を与えることもなく、フッ素の攻撃を食止めるために例えばアノード上で使用することができる。これは、例えば、２０００Ｈｚを超える高ガス放電パルス等において逆の影響をシステムのインピーダンス等に与える可能性があることを本出願人が見出した自然に成長するリーフ処理の代替案として、本出願人によって提案されている。

【００５１】

絶縁体の形成、及び金属による層の添加、又は機械加工又はイオンによる例えばアノード上の層における穴の穿孔に反して、本出願人は、酸化物を形成する材料により形成された電極の表面の上に更に酸化物層を純粋な形態又は合金形態として成長させ、酸化物層を発生させることを提案する。純粋なＺｎ又はＰｂのような純粋な形態にある一部のこのような材料は、機械的強度のような理由により、電極としての使用に適さない可能性がある。しかし、炉酸化処理、オゾン酸化処理、プラズマイオン注入酸化処理、O_2プラズマ表面処理酸化処理において、又は酸素雰囲気中における焼き鈍しにより、又はその類の処理等において、例えば、酸化を受け易いＣｕＺｎのような一部の合金に対しては、ＺｎＯは、ＣｕＯ又はCuO_2よりも速く成長することになる。ＺｎＯも安定した分子である。また、成長の薄膜性により、ＺｎＯ及びＣｕＯ又はCuO_2は、非常に高濃度になり、フッ素イオンの衝撃の下でのスパッタリングによるフッ素攻撃等による侵食から電極表面を保護し、同時にインピーダンスに著しく影響しない。通常は、SiO_2のようなこのような薄膜の酸化物は、集積回路製造等においては絶縁体であるが、本出願に含まれる厚さにおいて、及び本出願で説明しているガス放電レーザにおける電極にわたる電圧においてはそうではない。

【００５２】

表面のテクスチャー化は、電極表面に例えばグリットブラスト処理を適用することができる。これは、図１４ａ及び図１４ｂに示されている第１の陽極酸化段階に対する例えば代替案とすることができる。

一般的に、放電領域のほとんどが存在することになる電極の頭頂部上に例えば低侵食材料を含む差別侵食電極、及び放電領域において電極形状プロフィールを維持するために頭頂部上の低磨耗速度材料の両側を挟む高磨耗速度材料は、例えば２ＫＨｚのＡｒＦ及びＫｒＦレーザチャンバにおいて本出願人が明示しているように形成することができ、電極の他の性質、例えば熱的性質、例えば熱伝達係数及びプロフィールもまた考慮に入れることができる。

【００５３】
半田結合などを避けるための拡散接合及び他の方法はまた、このようなバイメタル又はトライメタル電極本体の適切で十分な加工に帰することができ、卓越した熱伝導性を有する高密、高強度接合によって形成される拡散接合の多重金属構造体などを得ることができる。図１１及び図１２に示すように、例えばＮｉのような中間の非常に薄い第３の金属層を利用している拡散接合のような接合処理は、電極本体の熱的及び／又は化学的性質の特徴を設計するために利用することができる。例えば、図１６ａ～図１６ｄに示すように、自体の内部熱応力を受け易く、温度変化による金属電極の屈曲及び／又は圧力下にあるガス放電レーザチャンバの屈曲を受け易い比較的脆いセラミック材料である場合が多い例えばマウントの割裂を防ぐために、電極は、電極とその電極マウントの間の熱相互作用を例えば修正するために、電極を通じて例えばその電極マウントに至る熱伝達を例えば修正するように設計することができる。
【００５４】
図１６ａは、比較的高い熱伝導性及び比較的高い溶融点を有するＣｕのような材料のインサート７４と拡散接合されており、比較的低い熱伝導性及び比較的低溶融温度を有する黄銅のような材料を含む本体７２から形成されたカソードのような比較的「熱い」電極７０を示している。図１６ｂは、本体７２及び電極の頭頂部を形成するインサート７４を追加のインサート７６と共に含むカソードのような「中間温度」の電極７０’を示している。本体７２は、比較的低熱伝導性及び溶融点を有する材料から形成することができ、インサート７４及び７６は、比較的高い熱伝導性を有する材料から形成することができる。第２のインサート７６は、インサート７４及び電極の本体７２からより多くの熱エネルギを持ち去り、インサート７６と電極マウント（図示しない）との境界により多くの熱エネルギ流束を集中させる役割を果たすことができる。図１６ｃは、第２インサート７６の拡大が低い熱伝導性及び低い溶融点材料から成る電極本体７２の殻のみを残し、電極７０’’の断面のほとんどが比較的高い熱伝導性及び溶融点の材料７６から成るように残っている比較的「低温」の電極７０’’を示している。図１６ｄは、別のインサート７８が図１６ｃに示されているインサート７６の中に含まれている「低温」の電極７０’’’の別の実施形態を示しており、インサート７８は、電極７０の本体の部分７２における黄銅と同一としてもよく又は同一でなくてもよい黄銅のような比較的低い熱伝導性及び比較的低い溶融点の材料から成り、電極７０’’’と、追加のインサート７８の領域の縦方向の延長部に沿って電極７０’’’に取付けることができる例えば電流フィードスルー／装着ボルトとの間の熱相互作用を設計するように位置決めすることができる。
【００５５】
電極、フィードスルーアセンブリ、及びセラミックマウント／絶縁体の熱的相互作用と共に、電極７０～電極７０’’’の熱的特徴、並びに例えばそのセラミックマウント及び金属フィードスルーとの相互作用は、上述した手法においてより良く設計することができる。拡散接合のような本出願において説明する接合技術の様々な利用は、これらの複数分割電極の加工、及び説明したように熱的性質の調整を容易にするものである。しかし、本発明のこの特定的な実施形態は、本発明の実施形態の利益を得るためにボルト締め又はネジ止めのような簡単な機械的接合を利用することができる。
【００５６】
図１８は、既存のカソードのサイズ、形状、又は他の幾何学的要素を修正することなく、より長いカソード寿命をもたらす拡散接合技術を利用して製造されたカソードを示している。図１８は、例えば、１２００°Ｆで焼き鈍しされた純粋な又は本質的に純粋な銅のような比較的非常に低い侵食速度材料の棒１２２から形成することができ、フッ素ガス放電レーザ環境において例えば非常に低いスパッタ速度材料を有する材料を形成する材料１２０のブロックを例示している。この棒１２２は、例えば拡散接合により、例えば７００°Ｆで焼き鈍しされた黄銅などの例えばＣ２６０００、Ｃ３６０００、又はこの類の黄銅合金と例えば接合することができ、例えば良好な機械加工的及び機械的性質をもたらすものである。後者は、フッ素ガス放電レーザにおけるカソード１２０と例えば主な絶縁体と

の間の取付け及び密封要件に関して特に重要である場合がある。

【００５７】

２つの棒１２２及び１２４は、次に、上述で指摘したように様々な接合技術によって互いに接合することができ、上述したように拡散接合のような本質的に分子的な種類の接合を与え、この接合はまた、Ｎｉのような金属接着層のような接合触媒の薄層を投入することにより更に高めることなどができ、より平滑で強固な拡散接合１２６を容易にする。

電極は、この後、接合した棒から例えば外形１２８が示唆しているように機械加工することができる。

【００５８】

構造的、熱的、機械的、及び更に他の方法でモノリシックな挙動を示す一方、上部部分がフッ素ガス放電レーザ環境において強い耐磨耗性を有し、下部分が純銅電極が持たないと考えられる多くの有用な性質を有するバイメタルカソードをこの手法で発生させることができる。これによって放電領域におけるインサート又は頭頂部差別侵食に頼る必要なしに、非常に低い侵食速度のカソードのような電極が得られる。

【００５９】

フッ素ガス放電レーザ環境における陽極酸化アルミニウム腐食の挙動の観測を通じて、本出願人は、陽極酸化アルミニウムを特に下流の湾曲を低減する例えばファーストバックフェアリング技術と組み合わせることを提案している。この事例は、図１７に見ることができる。図１７は、電極対９０の細長い延長部を横切った電極配置９０の断面図を示しており、電極９０は、カソード９２及びアノード９４を含む例えば一対のガス放電電極を含む。

【００６０】

アノード９４は、例えば、アノード９４の長さに沿って縦方向に延びる上部前側フェアリングの縦方向延長表面９８を有する前側フェアリング９６を含む前側（この方向からレーザガスが電極対９０の間へと移動される）を含むことができる。並列する前側フェアリングの底面１００は、チャンバの内壁（図示しない）に取付けられた例えばアノードマウント（図示しない）の上に載っている。アノード９４はまた、前側フェアリング９８の上部終端から延びる後部側壁１０２及び前側延長部１０４を含むことができる。前側延長部１０４の上部延長部と後部側壁１０２の上部延長部との間に延びるアノード９４の例えば放電領域１０６を形成することができる。一般的に放電領域１０６は、一般的にカソード９２の例えば縦軸線に沿っているカソード９２の放電領域に対向している。

【００６１】

後部側壁１０２に当接して、例えば、前側フェアリング９６と前側延長部１０４との交差部よりも若干高く後部側壁１０２に沿って延長する後部側フェアリングの上面１１２を有する後側（電極対９０の間のガス放電レーザのガス流の下流）がある場合がある。従って、後側フェアリング１１０は、前側フェアリング９６よりも横方向に長い距離を延びている。後側フェアリングの底面１１４もまた、アノードマウント（図示しない）上に載っている。

【００６２】

アノード９４全体は、例えばＡｌを含むことができる。前側フェアリングの上面９８、前側延長部１０４、放電領域１０６、及び当接している後側フェアリング１１０の上に延びる後部側壁１０２の一部分などを含むアノード９４の露出表面は、例えば、約０．５～２．０ｍｉｌ厚の陽極酸化アルミニウムのようなアノード９４の材料の陽極酸化物で覆うことができる。厚さは、インピーダンスと耐侵食性の望ましい組合せに向けて選択（調整）することができる。表面はまた、空気推進式サンドのような３０～８０ミクロインチＲａの研磨剤Ａｌブラストなどを用いて粗面化することができる。グリットブラスト／粗面化もまた、非シリカ含有媒体によって達成することができるであろう。アノードもまた、他のＳｉなしアルミニウム合金と共に９９％の市販品質レベルアルミニウムのＡｌ１１００－０合金などを利用して上述に指摘したように加工することができる。

【００６３】

上述したアノードは、フッ素ガス放電レーザ、特にＡｒＦフッ素ガス放電レーザにおける長寿命の促進に特に利用価値を有することができる。これは、本出願人が２０世紀半ばの空気力学的アルミニウム・トレーラハウスを真似て「エアストリーム」アノードと名付けたモノリシックな前側フェアリング９８を有する陽極酸化アノード９４とブレード状誘電体との組合せの用途において特に利用価値がある。例えば、図１３において上述して一般的に示したように、公知のブレード状誘電体アノードの後部フェアリング１１０と組み合わされて、ここで説明している実施形態に従って若干修正されている「エアストリーム」前部フェアリング９８と共に不動態化された長寿命の例えば陽極酸化された純粋な又は本質的に純粋なアルミニウムアノードは、いくつかの有益な効果を有することができる。

【００６４】

図１３において例証されているアノードのブレード部分と、上述した実施形態のモノリシック前側フェアリング９６との組合せは、アノード９４の製造を容易にする役割を果たすことができることが分るであろう。これは、純粋なアルミニウム又は実質的に純粋なアルミニウムが比較的柔軟な材料であり、大きなモノリシックの断面が、機械加工のような製造処理に耐えるより大きな強度を与えるためである。また、アルミニウムの陽極酸化は、非常に制御可能な処理であり、侵食の観点からアノード放電の挙動を最適化するように調整することができ、同時に、アノードとカソードの間の適正な放電のための十分なインピーダンス特性をもたらすものである。従って、自然成長のアノード電極リーフ及び自然成長リーフに付随するF_2の化学的問題を避けることができることが見出されている。このような調整は、ＡｒＦガス放電レーザのような例えばフッ素ガス放電レーザにおいて長寿命のアノードをもたらすものである。最後に、上述のアノードは、例えば図１３に例示されている例えばブレード状誘電体アノードと比べて、材料コストを含めて製造、設置の総合的コストが低くなる。更に別の利点は、モノリシックなアノード９４と前側フェアリング９６の組合せの空気力学及び例えば気体流の力学に関する最先端の修正をセラミック材料の機械加工の懸念の必要なく即座に機械加工することができるという事実である。

【００６５】

本出願人は、２ＢｐまでのＫｒＦフッ素ガス放電レーザのようなフッ素ガス放電レーザにおいて明らかな損傷がない純アルミニウム及び硫酸の陽極酸化を用いて説明した電極を明らかにした。

放電を形作り、例えば電極の寿命にわたって放電の形状を維持する本出願人が有用であると考える電極システムは、図２０ａに示すように電極システム１３０を含む。図２０ａは、カソード１３２及びアノード１３４を示しており、アノード１３４は、放電領域の下にそれ自体の中に埋め込まれた例えば「ＲａｄｉｏＳｈａｃｋ」で購入することができる希土類磁石のような磁石１３６を有しており、カソード１３２は、放電領域の下にそれ自体の中に埋め込まれた同様の磁石１３８を有する。磁石のN極及びS極は、磁束場がアノード磁石１３６とカソード磁石１３８との間に形成されるように反対の方向に向けられ、カソード１３２とアノード１３４の間のガス放電１４６取り囲んでいる。この磁束場は、放電を水平面に閉じ込めようとする傾向があり、従って、カソード１３２及びアノード１３４の放電領域の直ぐ上でカソード１３２とアノード１３４の間で放電がほぼ直接的に形成されるように保って、チャンバ寿命にわたって放電領域が横方向に広がり出すのを防ごうとする傾向がある。ガス放電の電子及びイオンも同様に、最も高い電界及び磁場の線内に閉じ込められようとする傾向にあり、これによって磁場は、閉じ込め係数を増大する。

【００６６】

図２０ｂは、磁石１５８のいずれの側にも分配された一対の補助磁石１６０及び１６２を有するアノード１５４を示しており、磁石１５８、１６０、及び１６２の全ては、希土類磁石とすることができる。カソード１５２及びアノード１５４は、図２０ａに示されている埋め込み磁石、すなわち、磁石１５６及び１５８を引き続き有しており、これらは、図２０ａに関して上述した目的を果たすものである。アノード１５４に含まれる補助磁石１６０及び１６２は、磁石１５６及び１５８によってもたらされる垂直調整と共に電界の水平調整をもたらす役目を果たしている。

【００６７】
図２０ｃは、一般的にアノードの縦軸線に沿って分配されたアノードの磁石１３６を例示的に示しており、同一の構成は、カソードの磁石１３８に対しても可能である。
本出願人が、長寿命のカソード及びアノードの両方を生成するために大いに役立つと考えているリーフ処理エンジニアリングの別の形は、いわゆるリーフ処理テンプレートの使用を伴うものである。例えば図２１ａには、いわゆるポジティブリーフ処理テンプレートの例が概略的に例示されている。ポジティブリーフ処理テンプレートシステムにおいて、電極、例えばアノード１８２が概略的に示されている。Ｃ３６５００のような銅の黄銅合金のようなＡｒＦフッ素ガス放電レーザにおけるアノードのように、アノード１８２は、フッ素ガス放電レーザにおける電極として使用される時に通常は例えばリーフを形成しない材料とすることができる。比較的高濃度のＺｎと共に比較的低い比率のＰｂを有するＣ３６５００は、本出願人が見出して例えば図２２において見ることができるように、ＡｒＦアノードとしては良好にリーフを形成しない。Ｃ３６５００は、通常はＣｕ６０％、Ｚｎ３７％、及びＰｂ３％である。図２１ａ（２）に示すように、アノードの上面には、アノード１８２の合金を図２２の曲線のリーフ処理部分の中へ押し込むことになっている材料の複数の堆積部１８２が所定のパターンで堆積されており、Ｚｎ、すなわちＰｂの含有量の対応する低減が発生している。ポジティブリーフ処理テンプレートに関する多くのパターンが可能であり、使用された材料と共に異なる特性のリーフという結果をもたらすことができることが理解されるであろう。例えば、テンプレートは、格子状に隣接する正方形、間に入れた空間によって囲まれた円、堆積部のない他の多角形によって囲まれた多角形、及び細長い直線「経路」の格子によって分離された正方形又は矩形などとすることが可能である。
【００６８】
この後、図２１ａ（３）に示すように、堆積部１８６中のＰｂは、熱処理下でアノード１８２の材料の上部の非常に薄い到達範囲内に拡散され、拡散部１８４を形成する。拡散処理は、堆積部１８４によって形成されたパターンの寸法と同様に恐らくは形状もいくらか変える傾向にあり、すなわち、拡散は、比較的多孔性の紙の一片上のインクの染みの小型バージョンのように広がることになり、インクは、室温で広がり、拡散は、高熱応力下で広がることが当業者によって理解されるであろう。しかし、拡散部１８４の残っている形状及び寸法は、依然として本発明の実施形態によるリーフ処理エンジニアリングを可能にすることになる。
【００６９】
図２１ａ（４）に示すように、通常作動中又は製造中の例えばバーンイン試験中のいずれにおいても、例えばＡｒＦレーザチャンバ内でのアノード１８２の例えばフッ素ガス放電レーザ環境への露出は、ここで、本質的に比較的特定に定められた間隙１８８によって分離された本質的に比較的特定に配置されたセグメント１８６を有するリーフを成長させることになる。それぞれの「種」の拡散部１８４に関連したリーフセグメント１８６の配置、及び間隙１８８のサイズが図２１ａに概略的に例示されており、拡散部１８４の上の成長が、拡散部１８４自体がそうであったように、それぞれの拡散部１８４のそれぞれの境界から離れているか、又は拡散部１８４のそれぞれの反対側の境界の上の延長部において全部が均一でないことを示している。従って、隣接するリーフ領域１８６間の分離１８８は、アノード上のリーフ領域を通して均一ではないであろう。本出願人はまた、こうして生成されたリーフ領域１８６は、Ｐｂがほとんどない状態であり、従って、Ｐｂ拡散部１８４は、ＣｕＦｌのようなリーフ領域１８６のフッ化物の形成を促進するが、リーフ領域１８６の下の電極１８２の基板に残ることを発見した。
【００７０】
それにも関わらず、このように設計されたリーフは、堆積テンプレート、すなわち、堆積部１８４のサイズ、形状及びパターン、及び幾分比較的均一に形成する拡散部１８４に対する拡散処理の適正な選択によって設計することができ、リーフ領域１８６は、例えば、放電領域におけるアノード１８２の表面上のこれらの位置、形状、及び範囲が十分に制

御された状態で成長することができる。リーフセグメント１８６及び間隙１８８の範囲及び位置決めは、例えば、放電及び／又はイオン侵食からの隔離をもたらすように十分に設計することができると同時に、許容範囲に対して再生可能であって実質的に製造することができる例えばフッ素ガス放電レーザのための例えばアノードの長寿命の有効な電極を促進するのに必要な許容範囲内のインピーダンスを提供する。

【００７１】

同様の処理が図２１ｂ（１）～（４）に概略的に例示されている。ここでは、電極、例えばＣ３６５００から成るアノード１９０は、図２２に見ることができるように、合金自体の含有量が多い場合にリーフ処理を抑制すると考えられる材料の堆積部１９２、例えばＺｎをその上に堆積させている。次に、Ｚｎは、拡散されて拡散部１９４を形成し、リーフ区域１９６及び開口部１９８を有するリーフが成長するが、この場合は、開口部１９８が図２１ａの処理におけるものとは反対に拡散部１９６の位置にほぼ一致する点が異なっている。上述の図２１の「ポジティブ」リーフテンプレート処理に対して説明したものがそうであったように、リーフ処理の制御可能性及び管理可能性の同じ問題が存在する。しかし、本出願人は、これらは、生産に対して有害であるとは考えておらず、又はより適正に述べるならば、実際のフッ素ガス放電レーザの作動中において成長するリーフに対して、すなわち、侵食に対する保護と適正な放電の許可、すなわち、十分に低いインピーダンスの維持という望ましい二重の特性を有するリーフの因果関係に対して有害であるとは考えていない。

【００７２】

本出願人はまた、アノード材料の粒境界のサイズ及び粒境界の交差部の数は、この処理において、例えば拡散処理でＰｂ又はＺｎ堆積物が移動することができる微小間隙の粒境界交差部での形成において、ある一定の役割を果たすと考えている。粒の少なくとも１つの方向における粒境界の約２０ミクロンの離間は、上述した処理を促進するように見える。更に、本出願人は、約０．００４インチ幅の例えばＰｂの「種」が、約０．０２インチ幅のリーフの成長を促進することができることを見出している。

【００７３】

本出願人が観測した電極寿命の別の態様を図２３ａ～図２３ｄに見ることができる。図２３ａは、カソード２０２及びチャンバ２００の上部２０６に取付けられた主な絶縁体２０４を有するガス放電レーザチャンバ２００の一部分の概略側面図を示している。ガス放電レーザの作動中に、チャンバ２００は、例えば３～４気圧の比較的高圧下に置かれ、これによって主な絶縁体２０４及び電極（カソード）２０２と共に屋根２０６が上向きに撓む。これは、比率は正しくないが例示のために図２３ｂに概略的に示されている。この撓みは、ピーク点で僅か０．００５インチ程であるが、主絶縁体２０４に亀裂発生の問題を発生させる可能性があり、これは本出願の主題とは異なる方法で対処されるが、同じく電極磨耗問題を引き起こすと考えられる。本出願人は、フッ素ガス放電レーザの電極、例えばカソード２０２の端部に向けて及びアノード２０８の対面部分に向けてより大きな電極磨耗を観測したが、アノードの場合は、アノード２０８がカソード２０２よりも縦方向に長く延びることができるのでアノード２０８の端部ではないことが理解されるであろう。これは、時間が経つにつれて端部領域における放電の密集緩和と有効性減少を引き起こし、電極に沿った平均の全体放電効果を弱めるという結果を生む。これは、少なくとも部分的には電極／チャンバ寿命にわたる電極全体に必要とされる放電電圧の増加の必要性に寄与し、次に、チャンバ／電極寿命が増長する時に電極の残りの部分に沿った単位時間当たりの侵食の増大を引き起こす。問題は、同じく望ましくない拡大された放電形状により、対向するアノードではなく周囲の接地要素を有する電極の端部における弧状化からも生まれる可能性がある。

【００７４】

本出願人は、図２２ｃに比率は正しくないが例示のために概略的に示すように、比較的同等で対向する撓みを例えばアノード２０８’の頭頂部領域に機械加工することによるこの撓み問題に対する解決策を提案した。従って、電極２０２及び主絶縁体２０４が図２２

ｂに示すように撓んだ時に、対向するアノード２０８との間隙に相対する一般的にあらゆる撓みに依存しないカソード電極２０２の得られるプロフィールは、カソード２０２’及びアノード２０８’上に形成された放電領域の全長にわたり均一な間隙を形成することになる。すなわち、図２３ｂに示すように凹状に撓んでいる時のカソード２０２上の放電領域２１０は、カソード２０２及びアノード２０８’の縦方向の長さにわたってアノード２０８’の放電領域２１１からの隔離幅が著しく変化しないことになる（チャンバ２００における圧力の結果としてカソード２０２が撓まないとした時に要求される許容範囲を超えて）。具体的には、カソード２０２及びアノード２０８’は、アノード２０８’及びカソード２０２の端部から中心に向けて比較的離間が大きくならないことになる。こうして図２３ｃに示すように、アノード２０８’は、先の尖ったアノードとして形成される。図２３ｄに示すように、カソード２０２も、カソード２０２が主絶縁体２０４と共に撓む時に同じくアノード２０８がカソード２０２’から比較的等距離のままに保つように、中心に「ピーク」を有するように同様に機械加工することができることを当業者は理解するであろう。

【００７５】

図２４は、電極の端部、すなわち、カソード２２４の端部２２６、及びアノードの対面する領域（図２４には示されていない）において電極侵食の拡大を低減するようになっている電極アセンブリ２２０の一端を示している。図２４に示されている実施形態では、アノードマウント２３０及びアノードマウント２３０の放電チャンバ２２２への接地接続２３２もまた示されている。それに加えて、電極アセンブリ２２０内には、チャンバの上半分２２２とアノードマウント２３０との間に例えば溶接によって接続した複数の電流戻り突起部２３４が配置されている。

【００７６】

本出願人は、カソード２２４の端部２２６の近くの電極アセンブリの領域で例えば電流戻り突起部２３４を取外すことで例えばインダクタンスを低下させ、この区域のインダクタンスを修正することにより、カソード２２４の端部２２６の侵食の拡大が低減することを発見した。図２４に示すように、カソード２２４の端部２２６に最も近い３つの突起部は、アノードマウント２３０上のチャンバ２２２及び２４２の上半分上に接続スタブ２４０を残して取外されている。

【００７７】

本出願人は、少なくともカソード２２４の長さに沿って電極端部の侵食拡大領域を超えて後部にある突起部２３４を取外すことにより端部の侵食効果を低減することができることを見出した。図２４では、カソード２２４の縦方向の長さに沿って左から最も遠い接続スタブ２４０は、カソード２２４の縦方向の長さに沿った電極侵食の拡大範囲を少し超えており、最初の突起部２３４は、カソード２２４の縦方向の長さに沿ったこの範囲を約＿ｃｍ超えている。

【００７８】

図２５ａは、電極、例えばＡｒＦガス放電レーザにおいてガス放電を生成するガス放電電圧に露出された例えばアノードの断面図を示している。アノード２５０の放電領域の区域内にインサート２５４を内部に収容した本体２５２を含むアノード２５０が横断面で示されている。インサート２５４は、例えば本体２５２と異なる材料のものとすることができる。アノード２５０はまた、ガス流がアノードの上を送られる方向にある前側部分２５８と後側部分２６０とを含むことができる。インサート２５４は、フッ素ガス放電レーザの作動中に一般的に放電が閉じ込められる頭頂部区域２５６有することができる。

【００７９】

図２５ａに例示されているアノード２５０は、多くの放電に露出され、その後本出願人が最初は上部がほぼ平坦であった頭頂部区域２５６が頭頂部２５６の最も左側に優先的に侵食され、水平線に対して４．５°傾斜した傾斜プロフィールを一般的に形成したことを観測したものである。

本出願人は、この傾斜が、放電が発生した特定のフッ素ガス放電レーザにおいて当業技

術で公知のようにアノードの縦方向の長さに対してほぼ平行に縦方向に延長する予備電離チューブ（図示しない）が配置された側面に向いていることを観測した。本出願人は、差別侵食は、予備電離チューブの存在及びその電気的効果による予備電離チューブの側のガス放電における非対称性によるものであると考えており、また、放電において、電極上の鋭いコーナの特徴及び／又は磨耗の特徴に少なくとも部分的に関連するように見える放電の分裂を観測した。恐らくそれ程明確ではないが、本出願人は、カソード上で同様の差別磨耗を観測した。本出願人はまた、放電の一方の側、特に図２５に示されているアノードに関して見られるような左側の放電における非対称性は、観測された差別侵食を引き起こすか又は少なくとも著しく同侵食に寄与すると考えている。

【００８０】

電極寿命、特にアノード寿命を改良し、放電分裂の損傷を避ける努力において、本出願人は、図２５ｂに概略的に例示されている電極を提案する。ここでは、アノード２７０が示されている。アノード２７０は、図２５ａの要素２５４に関して示すように、金属の前側及び後側部分２５８及び２６０の中間にあるインサートとすることができ、又は、例えば図１３に示すような前側セラミックフェアリング８４と後側セラミックフェアリング８６の中間にあるブレード、例えばブレード８２とすることができることが理解されるであろう。

【００８１】

図２５ａのインサート２５４及び図１３のブレード８２と同様に、アノード２７０は、ほぼ真直ぐな側壁２７４及び２７６を有する。本発明の実施形態によると、アノード２７０は、曲率半径に沿ったそれぞれの側壁部分２７４及び２７６の各々と交差部を有し、かつ傾いているように、すなわち、その長軸が水平線に対して図２５ａに示されている差別侵食のそれと反対の方向に例えば約４．５°傾いているように示されているほぼ楕円形の頭頂部部分を有するように形成することができる。このようにして、アノード２７０は、差別侵食側から離れて斜角になった斜角上部によって形成することができ、例えば、放電の非対称性の側、例えば予備電離チューブ（図示しない）の側である差別侵食が発生することになる側でより高くなった、上部部分２７２の側壁部分２７４及び２７６との交差部における及び／又は平坦な上部を有して前側部分２５８及び／又は後側部分２６０の上面を超えて延びるインサートによる鋭角の縁部を避ける曲面の上面をもたらす。このようなアノードは、結果として電界の均一性を促進することにより放電安定性を促進する役割を果たすことができる。当業者は、カソードを同様にして構成することができることを理解するであろう。

【００８２】

上述した本発明の実施形態は、単に解説及び例示を意図したものであり、本発明が存在することができる唯一の実施形態ではない。当業者は、多くの修正及び変更を本発明の意図及び精神を変えることなく、説明を行った実施形態に加えることができることを理解するであろう。例えば、アノード及びカソードは、それぞれ接地電極、高電圧に接続した電極として使用されてきたが、カソードは、実際に高い負又は正電圧に接続することができ、こうして電気的には、本明細書の文中ではアノードと呼ばれた接地電極に対して一事例ではカソードに、他の事例ではアノードにすることができる。同様に、電気的な電力構成とは無関係に、一般的には本明細書でカソードと呼ばれた１つの電極は、歴史的には接地されたフッ素ガス放電レーザのハウジングに装着され、カソードは歴史的には高電圧の電極であり、従って、チャンバ、例えばチャンバの上部から絶縁しなければならなかった。当業者は、可能性は低いが、接地されているチャンバを持たないことが可能であり、本明細書でカソード及び絶縁機構、主絶縁体と呼ばれるものの相互接続によって影響されるか又はそれによって決まる修正に関する本発明の態様は、実際に電気的にカソードである特定の電極に限られたものではないことを理解するであろう。同様に、フッ素の化学的性質、フッ素との異なる相互作用、及び例えば自然なリーフの形成、並びに人工的なリーフ処理の影響は、カソード又はアノードとしての特定の電極の支配から独立したものである。これらは、電流及びイオン親和力によって決まるものである。本出願及び特許請求の範囲

におけるカソード又はアノードの使用は、接地されたチャンバハウジングと電気接触状態にある接地電極をアノードと呼び、ハウジングから絶縁された高電圧の電極をカソードと呼ぶ今日の業界における従来の常識であることが理解されるであろう。しかし、当業者には、電気的に本出願のアノードがカソードであり、その逆もまた同じである請求する本発明の均等物が存在することが理解されるであろう。当業者が認めるように、本出願で説明したものと同様な性質を有する他の金属及び合金も同等な代替物を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【００８３】

【図１】Ｂｐにわたるアノードプロフィール変化のグラフである。

【図２】カソードプロフィール変化のグラフである。

【図３】一般的な軸線方向アノード侵食プロフィールを示す図である。

【図４】カソード及びアノード侵食速度のグラフである。

【図５】異なる材料に対するカソード放電幅変化を示す図である。

【図６】合金種類対表面粗度のグラフである。

【図７】カソード侵食を示すグラフである。

【図８】アノードに対する材料の組成に対する磨耗したアノード及びカソード表面形態を示すグラフである。

【図９】レーザチャンバガス放電への露出後のカソード関連の表面化学的性質変化の図である。

【図１０】差別侵食を例示する電極システムを示す図である。

【図１１】接合したバイメタルカソードを示す図である。

【図１２】拡散接合を示す図である。

【図１３】アノードの従来技術の例を示す図である。

【図１４ａ】例示的な人工的不動態化（リーフ）処理を示す図である。

【図１４ｂ】例示的な人工的不動態化（リーフ）処理を示す図である。

【図１４ｃ】例示的な人工的不動態化（リーフ）処理を示す図である。

【図１４ｄ】例示的な人工的不動態化（リーフ）処理を示す図である。

【図１４ｅ】例示的な人工的不動態化（リーフ）処理を示す図である。

【図１４ｆ】例示的な人工的不動態化（リーフ）処理を示す図である。

【図１５】可能な電極構成を示す図である。

【図１６ａ】改良されて調整可能な熱伝導特性を有する多重金属電極を示す図である。

【図１６ｂ】改良されて調整可能な熱伝導特性を有する多重金属電極を示す図である。

【図１６ｃ】改良されて調整可能な熱伝導特性を有する多重金属電極を示す図である。

【図１６ｄ】改良されて調整可能な熱伝導特性を有する多重金属電極を示す図である。

【図１７】電極配置の断面図である。

【図１８】多重分割電極を示す図である。

【図１９】別のカソードを示す図である。

【図２０ａ】改良された長寿命の放電形状制御機能を有するアノード及びカソードシステムを示す図である。

【図２０ｂ】改良された長寿命の放電形状制御機能を有するアノード及びカソードシステムを示す図である。

【図２０ｃ】改良された長寿命の放電形状制御機能を有するアノード及びカソードシステムを示す図である。

【図２１ａ】不動態化層（リーフ）テンプレート処理を概略的に示す図である。

【図２１ｂ】不動態化層（リーフ）テンプレート処理を概略的に示す図である。

【図２２】リーフ処理を許すか又は禁止する黄銅中の合金材料の割合を示す図である。

【図２３ａ】弓形電極の概念を示す図である。

【図２３ｂ】弓形電極の概念を示す図である。

【図２３ｃ】弓形電極の概念を示す図である。

【図２３ｄ】弓形電極の概念を示す図である。
【図２４】電極の端部での侵食を低減する構造体を示す図である。
【図２５ａ】傾斜頭頂部放電領域電極を示す図である。
【図２５ｂ】傾斜頭頂部放電領域電極を示す図である。
【符号の説明】
【００８４】
１２０　材料、カソード
１２６　拡散接合

【図１】

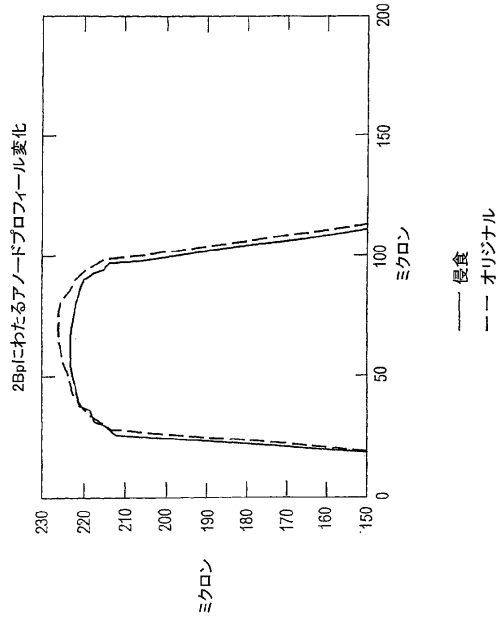


FIG. 1

【図２】

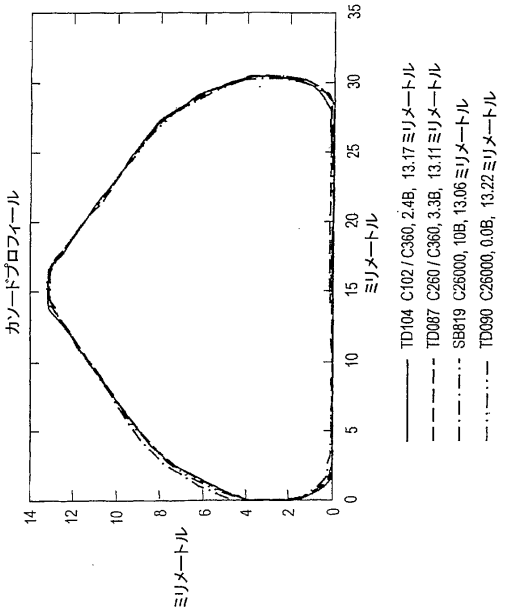


FIG. 2. カソードプロフィール変化

【図３】

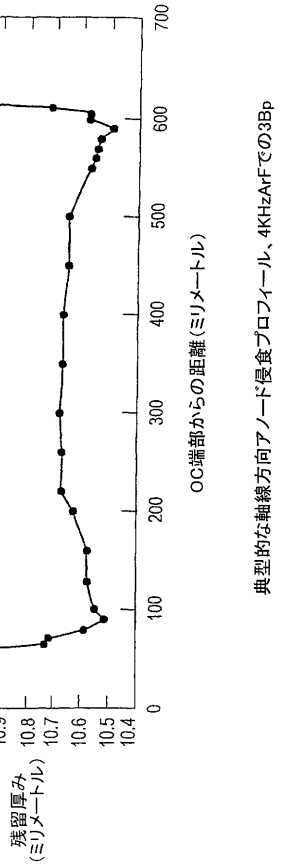


FIG. 3

【図４】

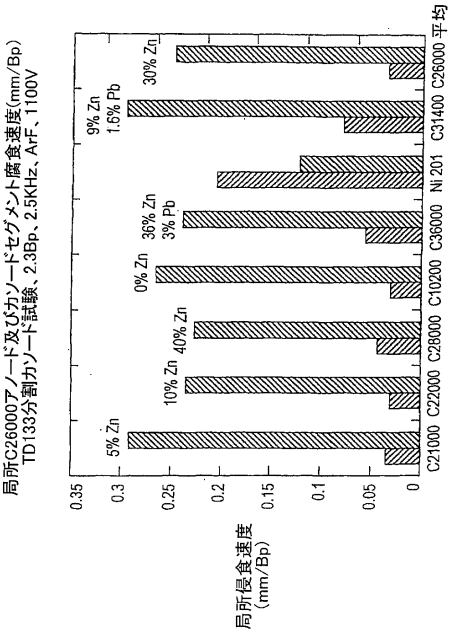


FIG. 4

【図５】

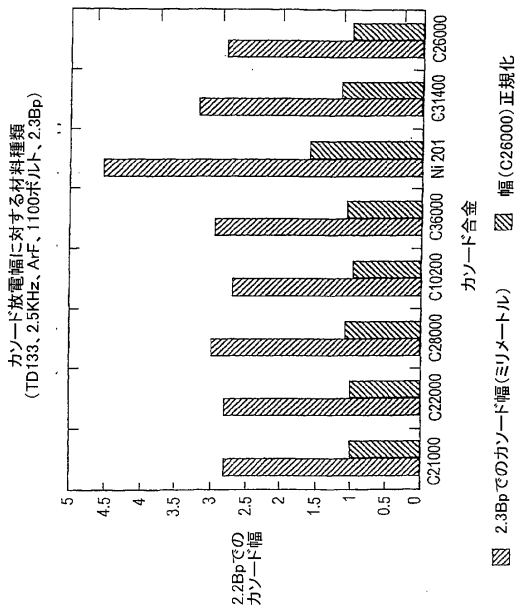


FIG. 5

【図６】

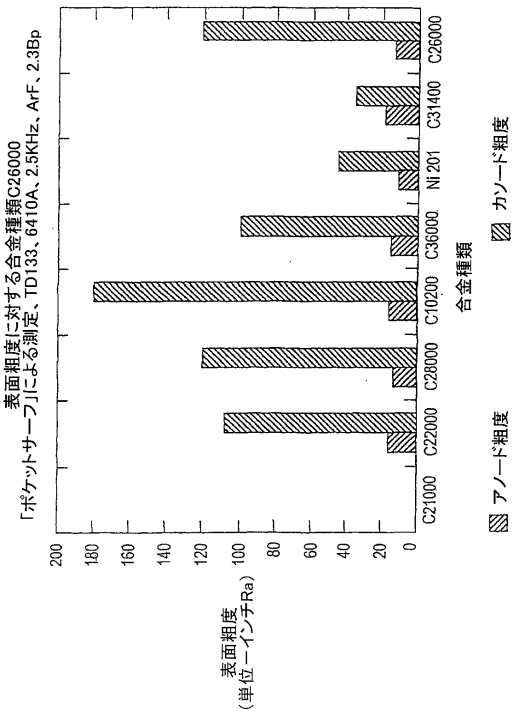


FIG. 6

【図７】

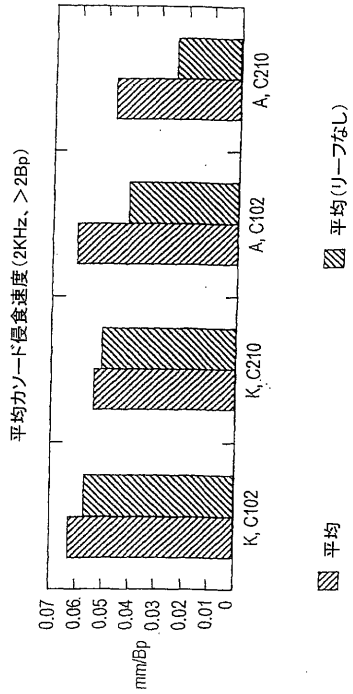


FIG. 7

【図８】

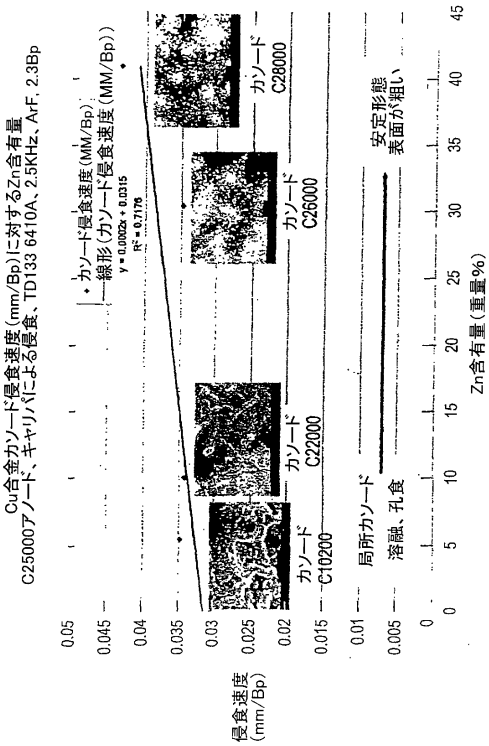


FIG. 8

【図９】

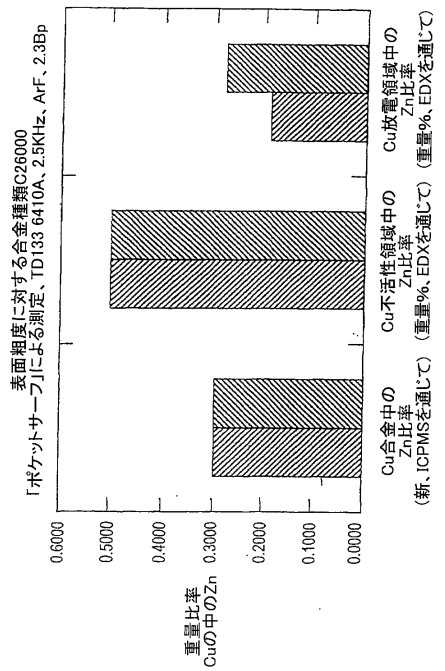


FIG. 9

【図１０】

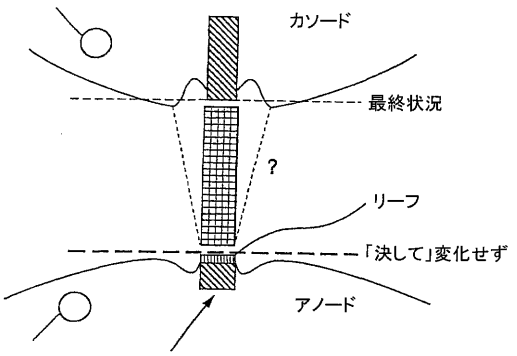


FIG. 10

【図１１】

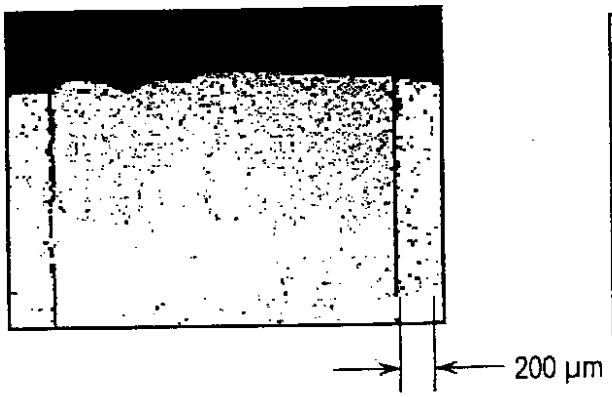


FIG. 11

【図１２】

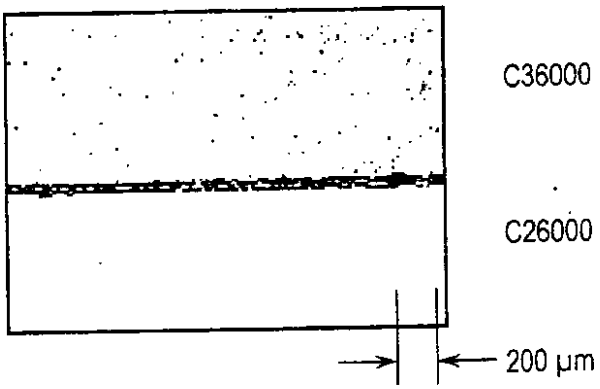


FIG. 12

【図１３】

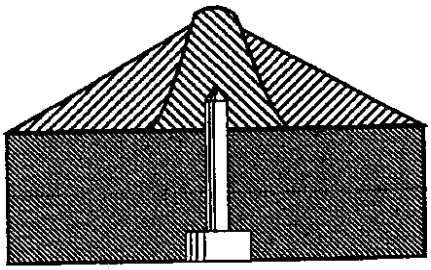


FIG. 13

【図１４】

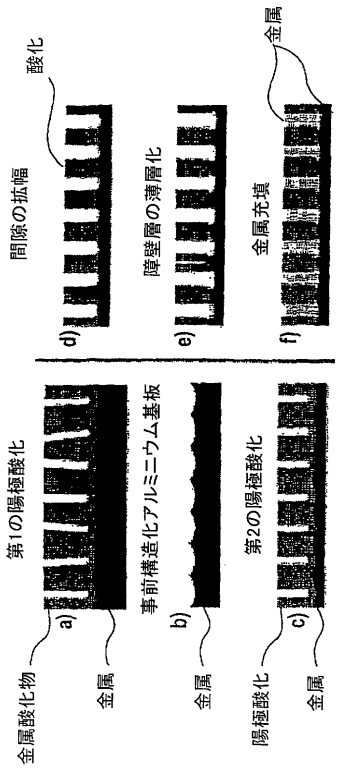


FIG. 14

【図１５】

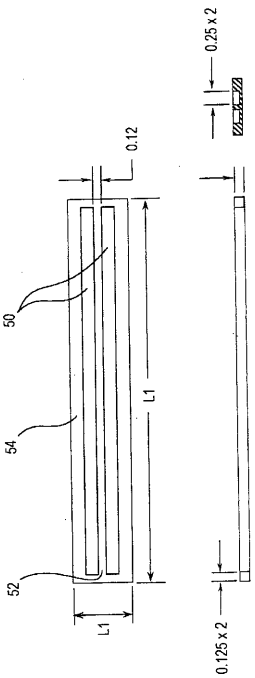


FIG. 15

【図１６】

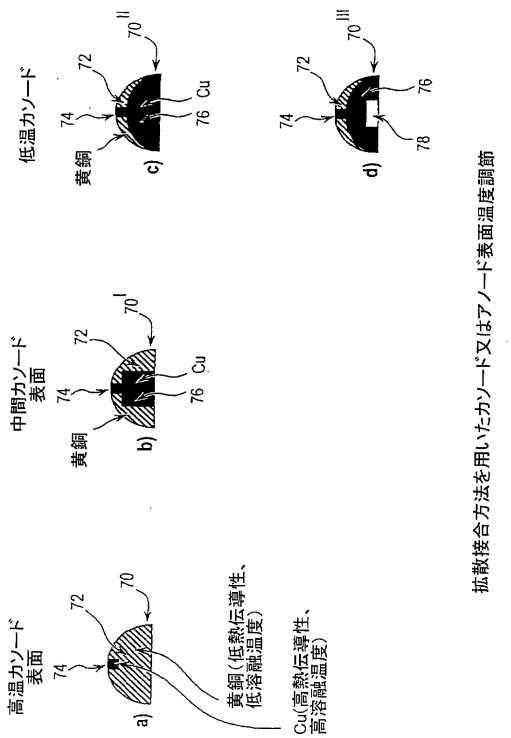


FIG. 16

【図１７】

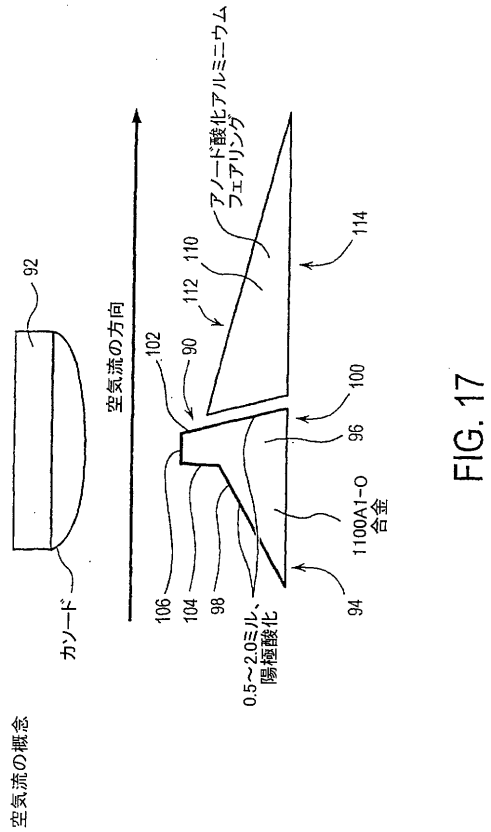


FIG. 17

【図１８】

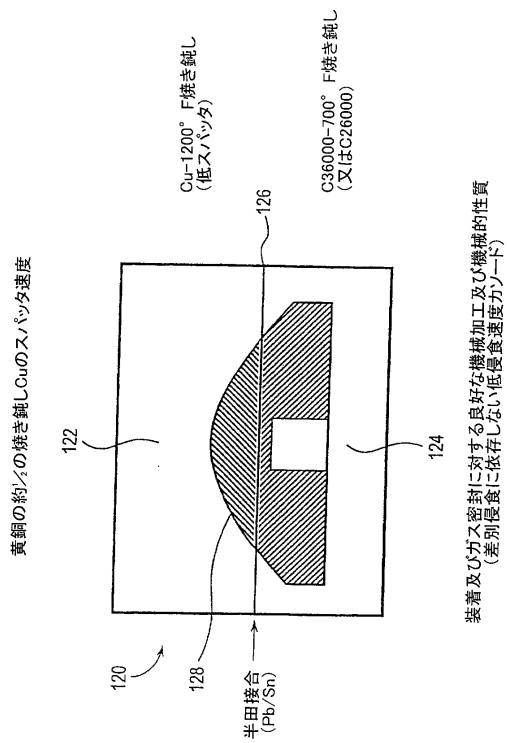


FIG. 18

【図１９】

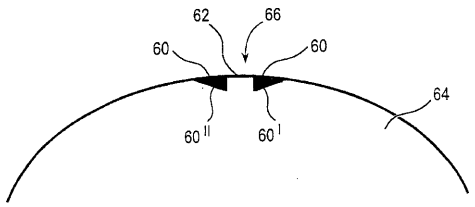


FIG. 19

【図２０ａ】

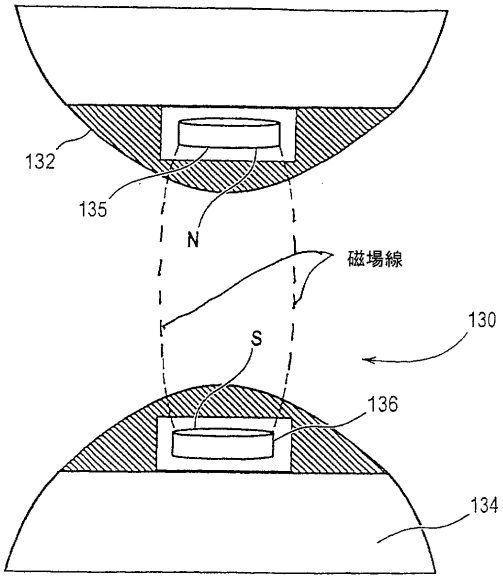


FIG. 20a

【図２０ｂ】

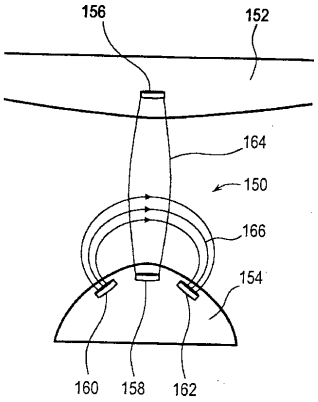


FIG. 20b

【図２０ｃ】

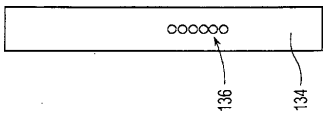


FIG. 20c

【図２１ａ】

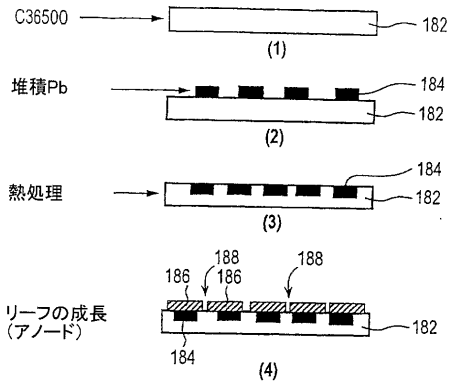


FIG. 21a

【図２１ｂ】

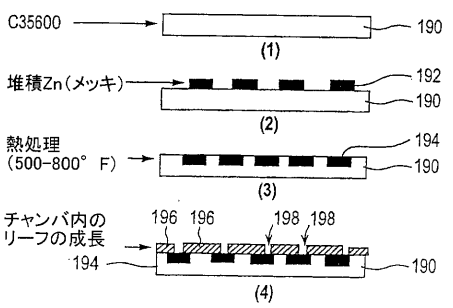


FIG. 21b

【図２２】

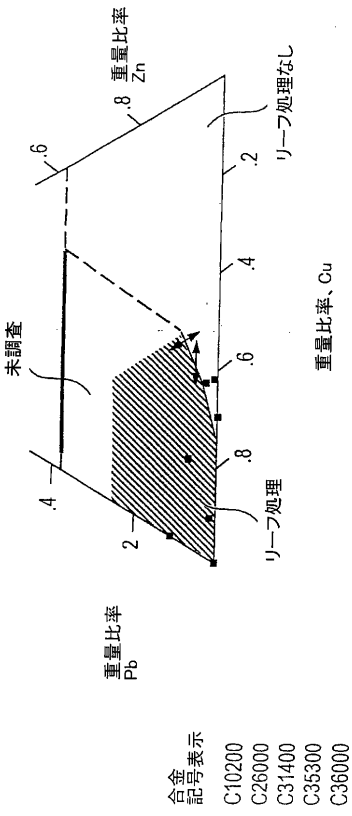


FIG. 22

【図２３ａ】

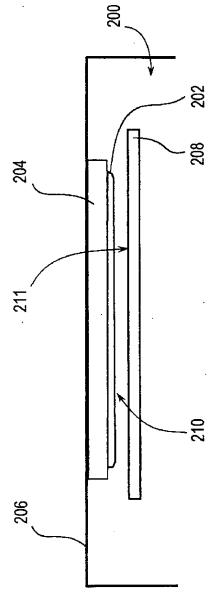


FIG. 23a

【図２３ｂ】

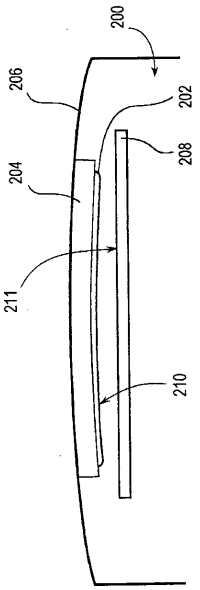


FIG. 23b

【図２３ｃ】

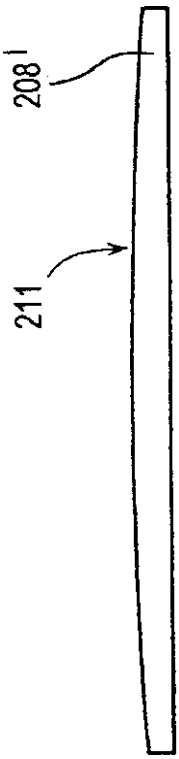


FIG. 23c

【図２３ｄ】

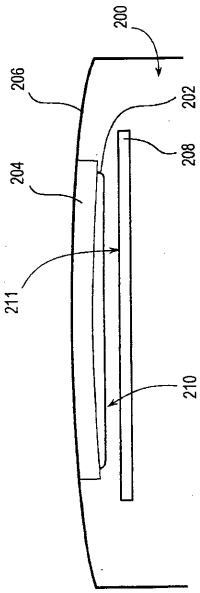


FIG. 23d

【図２４】

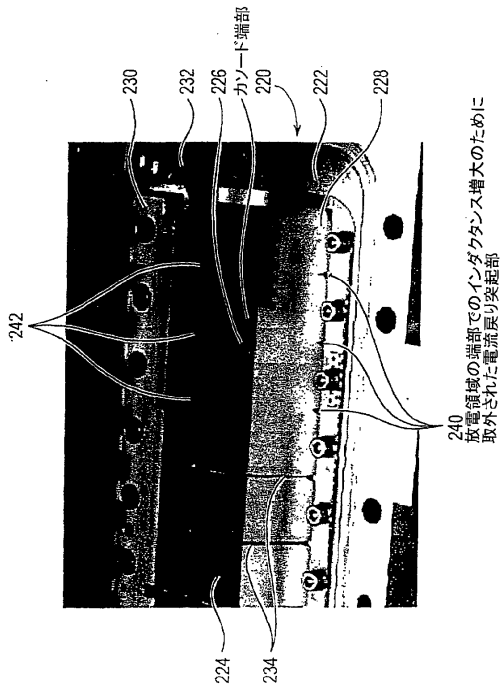


FIG. 24

【図２５ａ】

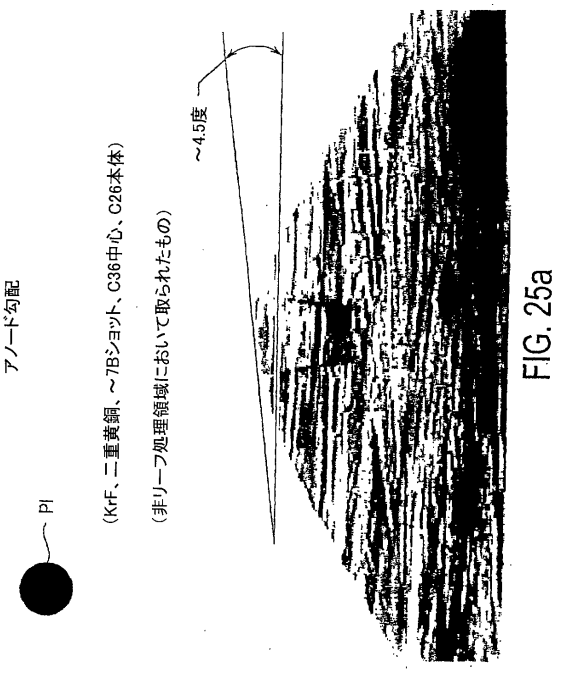


FIG. 25a

【図２５ｂ】

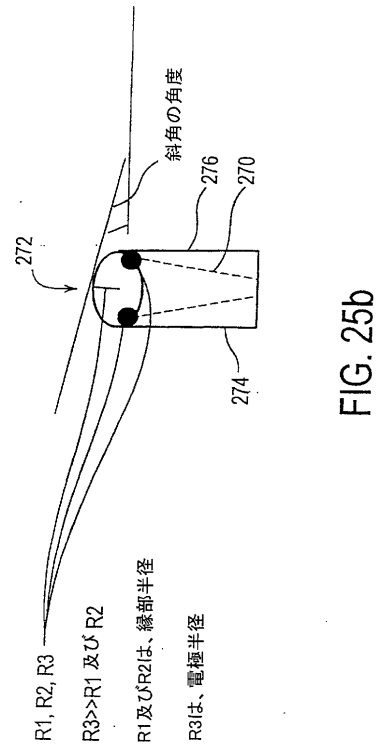


FIG. 25b

フロントページの続き

(72)発明者 モートン リチャード ジー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９２１２７ サン ディエゴ アクアミール ロード １７７８６
(72)発明者 ムースマン ブライアン ジー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９２０７８ サン マルコス アーチャー ロード １５５７
(72)発明者 ダイアー ティモシー エス
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９５６０３ オーバーン カムジェン レーン １１２２０
(72)発明者 カーマイケル ジェイムズ エイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９２０８２ ヴァリー センター ロック ストーン ロード ３０５４５
(72)発明者 ザン ジーピン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９２１２９ サン ディエゴ アロヨー グランド ロード ７３７６

審査官 前川 慎喜

(56)参考文献 国際公開第０３／０２３９１０（WO，Ａ１）
国際公開第０１／０９７４３５（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01S 3/00 - 4/00