

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3858093号  
(P3858093)

(45) 発行日 平成18年12月13日(2006.12.13)

(24) 登録日 平成18年9月29日(2006.9.29)

(51) Int. Cl.	F I	
H05H 1/24 (2006.01)	H05H 1/24	
B82B 3/00 (2006.01)	B82B 3/00	
C23F 4/00 (2006.01)	C23F 4/00	A
G01B 7/34 (2006.01)	G01B 7/34	Z
C01B 31/02 (2006.01)	C01B 31/02	I O I F
請求項の数 21 (全 9 頁)		

(21) 出願番号	特願2003-7438 (P2003-7438)	(73) 特許権者	504190548
(22) 出願日	平成15年1月15日(2003.1.15)		国立大学法人埼玉大学
(65) 公開番号	特開2004-220935 (P2004-220935A)		埼玉県さいたま市桜区下大久保2 5 5
(43) 公開日	平成16年8月5日(2004.8.5)	(74) 代理人	100072051
審査請求日	平成15年1月15日(2003.1.15)		弁理士 杉村 興作
		(74) 代理人	100101096
			弁理士 徳永 博
		(74) 代理人	100086645
			弁理士 岩佐 義幸
		(74) 代理人	100107227
			弁理士 藤谷 史朗
		(74) 代理人	100114292
			弁理士 来間 清志
		(74) 代理人	100119530
			弁理士 富田 和幸
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 マイクロプラズマ生成装置、プラズマアレイ顕微鏡、及びマイクロプラズマ生成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

絶縁材料からなる支持板と、  
前記支持板に固定され、先端部においてマイクロプラズマを生成させるための複数の電極と、

前記複数の電極に対して前記マイクロプラズマ生成させるべく高周波電力を導入するための、高周波電力導入部と、

前記高周波電力を供給するための高周波電源とを具え、

前記複数の電極はそれぞれ管状構造を呈し、その内部空間に前記マイクロプラズマを生成させるためのプラズマガスを導入するとともに、前記電極の前記先端部に設けられた開口部から前記プラズマガスを放出し、前記先端部において前記マイクロプラズマを生成するように構成され、

前記支持板には、前記複数の電極間において、前記複数の電極それぞれの長さ方向に沿ってプラズマ再結合用ガスを導入するための複数の開口部を設け、前記プラズマ再結合用ガスにより、前記複数の電極の、隣接する電極間で生成した前記マイクロプラズマの結合を抑制するようにしたことを特徴とする、マイクロプラズマ生成装置。

【請求項2】

前記支持板における前記プラズマ再結合用ガスを導入するための前記開口部の大きさを、前記電極の内部径よりも小さくしたことを特徴とする、請求項1に記載のマイクロプラズマ生成装置。

10

20

## 【請求項 3】

前記支持板における前記プラズマ再結合用ガスを導入するための前記開口部の大きさを  $d$ 、前記電極の内部径を  $D$  とした場合において、 $d/D$  を  $0.1 \sim 2$  の範囲に設定したことを特徴とする、請求項 2 に記載のマイクロプラズマ生成装置。

## 【請求項 4】

前記複数の電極は、前記支持板において  $1 \text{ 個} / \text{cm}^2 \sim 10000 \text{ 個} / \text{cm}^2$  の割合で配置されたことを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれかーに記載のマイクロプラズマ生成装置。

## 【請求項 5】

前記プラズマ再結合用ガスは、前記プラズマガスと同じガス種から構成したことを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれかーに記載のマイクロプラズマ生成装置。 10

## 【請求項 6】

前記プラズマ再結合用ガスは、希ガスから構成することを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれかーに記載のマイクロプラズマ生成装置。

## 【請求項 7】

前記高周波電力導入部は、前記複数の電極を囲むようにして設けられた高周波アンテナから構成したことを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれかーに記載のマイクロプラズマ生成装置。

## 【請求項 8】

前記複数の電極の外方において、磁場印加手段を具えることを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれかーに記載のマイクロプラズマ生成装置。 20

## 【請求項 9】

前記磁場印加手段は、前記複数の電極が位置する領域において  $0.01 \text{ T} \sim 0.5 \text{ T}$  の大きさの磁場を生成することを特徴とする、請求項 8 に記載のマイクロプラズマ生成装置。

## 【請求項 10】

前記複数の電極は、カーボン/シリコンナノチューブから構成されたことを特徴とする、請求項 1 ~ 9 のいずれかーに記載のマイクロプラズマ生成装置。

## 【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれかーに記載されたマイクロプラズマ生成装置を具えることを特徴とする、プラズマアレイ顕微鏡。 30

## 【請求項 12】

絶縁材料からなる支持板に固定された、管状構造の複数の電極それぞれの内部空間にプラズマガスを導入するとともに、前記電極の前記先端部に設けられた開口部から前記プラズマガスを放出させる工程と、

前記複数の電極に、高周波電源より高周波電力導入部を介して高周波電力を導入し、前記複数の電極それぞれの先端部においてマイクロプラズマを生成する工程と、

前記支持板において、前記複数の電極間に設けられた複数の開口部から、前記複数の電極の長さ方向に沿ってプラズマ再結合用ガスを導入する工程とを具え、

前記プラズマ再結合用ガスにより、前記複数の電極の、隣接する電極間で生成した前記マイクロプラズマの結合を抑制することを特徴とする、マイクロプラズマ生成方法。 40

## 【請求項 13】

前記支持板における前記プラズマ再結合用ガスを導入するための前記開口部の大きさを、前記電極の内部径よりも小さくしたことを特徴とする、請求項 12 に記載のマイクロプラズマ生成方法。

## 【請求項 14】

前記支持板における前記プラズマ再結合用ガスを導入するための前記開口部の大きさを  $d$ 、前記電極の内部径を  $D$  とした場合において、 $d/D$  を  $0.1 \sim 2$  の範囲に設定したことを特徴とする、請求項 13 に記載のマイクロプラズマ生成方法。

## 【請求項 15】

前記プラズマ再結合用ガスは、前記プラズマガスと同じガス種から構成したことを特徴とする、請求項 1 2 ~ 1 4 のいずれかーに記載のマイクロプラズマ生成方法。

【請求項 1 6】

前記プラズマ再結合用ガスは、希ガスから構成することを特徴とする、請求項 1 2 ~ 1 5 のいずれかーに記載のマイクロプラズマ生成方法。

【請求項 1 7】

前記高周波電力導入部は、前記複数の電極を囲むようにして設けられた高周波アンテナから構成することを特徴とする、請求項 1 2 ~ 1 6 のいずれかーに記載のマイクロプラズマ生成方法。

【請求項 1 8】

前記複数の電極の外方に設けられた磁場印加手段から、前記複数の電極が位置する領域において、所定強度の磁場を印加する工程を具えることを特徴とする、請求項 1 2 ~ 1 7 のいずれかーに記載のマイクロプラズマ生成方法。

【請求項 1 9】

前記磁場印加手段によって、前記複数の電極が位置する領域において 0 . 0 1 T ~ 0 . 5 T の大きさの磁場を生成することを特徴とする、請求項 1 8 に記載のマイクロプラズマ生成方法。

【請求項 2 0】

前記複数の電極は、カーボン / シリコンナノチューブから構成することを特徴とする、請求項 1 2 ~ 1 9 のいずれかーに記載のマイクロプラズマ生成方法。

【請求項 2 1】

前記複数の電極は、前記支持板において 1 個 /  $\text{cm}^2$  ~ 1 0 0 0 0 個 /  $\text{cm}^2$  の割合で配置することを特徴とする、請求項 1 2 ~ 2 0 のいずれかーに記載のマイクロプラズマ生成方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マイクロプラズマ生成装置、プラズマアレイ顕微鏡、及びマイクロプラズマ生成方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

大気中でのマイクロプラズマを利用したプラズマアレイ顕微鏡などは、種々の微細加工及び微細凹凸センサなどに用いられている。図 1 は、従来のマイクロプラズマ生成装置の一例を示す上平面図であり、図 2 及び図 3 は、図 1 に示すマイクロプラズマ生成装置の一部を拡大して示す断面図である。

【0 0 0 3】

図 1 に示すように、従来のマイクロプラズマ生成装置 1 0 は、絶縁材料からなる支持板 1 1 と、この支持板 1 1 に対して縦方向及び横方向に配置するとともに固定されてなる複数の電極 1 2 と、これら複数の電極 1 2 に対して高周波電力を供給するための導電パイプ 1 3 と、複数の電極 1 2 に対し、導電パイプ 1 3 を介して前記高周波電力を供給するための図示しない高周波電源とを具えている。複数の電極 1 2 のそれぞれは管状構造を呈しており、その内部空間 1 2 A にプラズマ生成ガスを導入するとともに、電極 1 2 の先端部に設けられた開口部 1 2 B から放出させ、前記高周波電力によって前記プラズマ生成ガスをプラズマ化し、前記先端部にマイクロプラズマ P を生成させる。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

図 2 に示すように、隣接する電極 1 2 がある程度の距離を隔てて配置されている場合は、マイクロプラズマ P は各電極 1 2 の先端部に独立的に形成されるようになる。しかしながら、高い空間分解能を実現するために、図 3 に示すように、隣接する電極 1 2 同士を互いに近接させると、前記隣接した電極 1 2 の先端部に形成されたマイクロプラズマ P 同士が

10

20

30

40

50

結合してしまう。この結果、生成されたマイクロプラズマPの大きさが増大し、マイクロプラズマを利用した微細な加工及び測定を実現することが不可能となり、結果的に高空間分解能を実現することができなくなる。

【0005】

本発明は、微小なマイクロプラズマを生成し、材料の加工や測定などにおいて高い空間分解能を実現することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成すべく、本発明は、

前記支持板に固定され、先端部においてマイクロプラズマを生成させるための複数の電極と、

前記複数の電極に対して前記マイクロプラズマ生成させるべく高周波電力を導入するための、高周波電力導入部と、

前記高周波電力を供給するための高周波電源とを具え、

前記複数の電極はそれぞれ管状構造を呈し、その内部空間に前記マイクロプラズマを生成させるためのプラズマガスを導入するとともに、前記電極の前記先端部に設けられた開口部から前記プラズマガスを放出し、前記先端部において前記マイクロプラズマを生成するように構成され、

前記支持板には、前記複数の電極間において、前記複数の電極それぞれの長さ方向に沿ってプラズマ再結合用ガスを導入するための複数の開口部を設け、前記プラズマ再結合用ガスにより、前記複数の電極の、隣接する電極間で生成した前記マイクロプラズマの結合を抑制するようにしたことを特徴とする、マイクロプラズマ生成装置に関する。

【0007】

また、本発明は、

絶縁材料からなる支持板に固定された、管状構造の複数の電極それぞれの内部空間にプラズマガスを導入するとともに、前記電極の前記先端部に設けられた開口部から前記プラズマガスを放出させる工程と、

前記複数の電極に、高周波電源より高周波電力導入部を介して高周波電力を導入し、前記複数の電極それぞれの先端部においてマイクロプラズマを生成する工程と、

前記支持板において、前記複数の電極間に設けられた複数の開口部から、前記複数の電極の長さ方向に沿ってプラズマ再結合用ガスを導入する工程とを具え、前記プラズマ再結合用ガスにより、前記複数の電極の、隣接する電極間で生成した前記マイクロプラズマの結合を抑制することを特徴とする、マイクロプラズマ生成方法に関する。

【0008】

本発明によれば、従来のような構成のマイクロプラズマ生成装置において、マイクロプラズマを発生させるための複数の電極を支持する支持板の、前記複数の電極間に開口部を設け、これらの開口部から前記複数の電極の長さ方向に沿ってプラズマ再結合用ガスを導入するようにしている。したがって、隣接する前記複数の電極を近接させた場合においても、前記プラズマ再結合用ガスによって、隣接する電極の先端部で生成されるマイクロプラズマの結合を抑制し、各電極の先端部で生成されるマイクロプラズマの再結合を促進し、マイクロプラズマの大きさを微小な状態に保持することができる。

【0009】

したがって、上記のようにして生成されたマイクロプラズマを用いることにより、微小な材料の加工や測定を行うことができるようになる。

【0010】

実際の材料の加工及び測定は、上述したような構成のマイクロプラズマ生成装置を組み込んだプラズマアレイ顕微鏡などを用いることにより行う。

【0011】

本発明の好ましい態様においては、前記支持板に設けられた、前記プラズマ再結合用ガス

を導入するための開口部の大きさを、前記電極の内部径よりも小さくする。これによって、前記プラズマ再結合用ガスの、前記電極の前記先端部近傍への到達量を低減することができ、前記電極の前記先端部に生成された目的とするマイクロプラズマへの影響を低減することができる。

【0012】

また、本発明の他の好ましい態様においては、前記複数の電極の外方に磁場印加手段を設け、前記複数の電極が位置する領域に所定強度の磁場を生成する。これによって、前記マイクロプラズマのプラズマ密度を向上させることができ、高輝度化することができる。本発明のその他の特徴及び詳細については以下に詳述する。

【0013】

【発明の実施の形態】

図4は、本発明のマイクロプラズマ生成装置の一例を示す上平面図であり、図5は、図4に示すマイクロプラズマ生成装置の一部を拡大して示す断面図である。

【0014】

図4に示すように、本発明のマイクロプラズマ生成装置20は、絶縁材料からなる支持板21と、この支持板21に対して縦方向及び横方向に配置するとともに固定されてなる複数の電極22と、これら複数の電極22に対して高周波電力を供給するための高周波アンテナ23と、複数の電極22に対し、高周波アンテナ23を介して前記高周波電力を供給するための図示しない高周波電源と、複数の電極22が位置する領域に所定強度の磁場を生成させるための、磁場印加手段としての電磁コイル27とを具えている。

【0015】

複数の電極22のそれぞれは管状構造を呈しており、その内部空間22Aにプラズマ生成ガスを導入するとともに、電極22の先端部に設けられた開口部22Bから放出させ、前記高周波電力によって前記プラズマ生成ガスをプラズマ化し、前記先端部にマイクロプラズマPを生成させる。さらに、支持板21の、複数の電極22間にはそれぞれ開口部25が設けられ、開口部25を介して、図中矢印で示すように、電極22の長さ方向に沿ってプラズマ再結合用ガスを流す。

【0016】

したがって、複数の電極22の隣接したもの同士を近接させた場合においても、前記プラズマ再結合用ガスによって、隣接する電極22同士の先端部で生成されるマイクロプラズマの結合を抑制し、各電極の先端部で生成されるマイクロプラズマの再結合を促進し、マイクロプラズマの大きさを微小な状態に保持することができる。その結果、上記のようにして生成されたマイクロプラズマを用いることにより、微小な材料の加工や測定を行うことができるようになり、高空間分解能化を実現することができるようになる。

【0017】

上述したように、実際の材料の加工及び測定は、図4及び図5に示すようなマイクロプラズマ生成装置を組み込んだプラズマアレイ顕微鏡などを用いて実施する。

【0018】

前記プラズマ再結合用ガスとしては、非反応性のガスを用いることが好ましく、例えばNe、He、Ar、Kr、及びXeの希ガスを用いることができる。また、前記プラズマ生成ガスも一般的には、上述したような希ガスを用いるため、前記プラズマ再結合用ガスを前記プラズマ生成ガスと同じガス種から構成することができる。これによって、本発明の装置の構成を簡易化するとともに、本発明の方法の操作を単純化することができる。

【0019】

また、支持板21に設けられた、前記プラズマ再結合用ガスを導入するための開口部25の大きさdを、電極22の内部径Dよりも小さくすることが好ましい。具体的には、 $d/D$ が0.1~2となるようにする。これによって、前記プラズマ再結合用ガスの、電極22の先端部近傍への到達量を低減することができ、電極22の先端部に生成された目的とするマイクロプラズマへの影響を低減することができる。

10

20

30

40

50

## 【0020】

開口部25の大きさdは例えば $10\ \mu\text{m} \sim 50\ \mu\text{m}$ に設定する。また、電極22の内部径Dは例えば $25\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ に設定する。

## 【0021】

上述したような構成を採ることにより、各電極22の太さを削減し、支持板21内における電極22の配置密度が $1\ \text{個}/\text{cm}^2 \sim 10000\ \text{個}/\text{cm}^2$ となるように電極22を配置することができるようになる。すなわち、電極22をこのように高密度に配置した場合においても、本発明においては、電極22間にプラズマ再結合用ガスを流すようにしているので、各電極22の先端部に生成されたマイクロプラズマの再結合を促進し、隣接した電極22の先端部で生成されたマイクロプラズマ同士の再結合を抑制することができる。 10

## 【0022】

このように本発明においては、電極22の太さを削減して高密度に配置することができるので、電極22の先端部への電力集中を簡易に実現することができる。したがって、図1～図3に示す従来のマイクロプラズマ生成装置と異なり、複数の電極のそれぞれに導電パイプを接続して高周波電力を導入しなくても、図4及び図5に示すように、複数の電極22の外方を囲むようにして単一の高周波アンテナ23を設けるのみで、複数の電極22のそれぞれに高周波電力を導入することができる。この結果、マイクロプラズマ生成装置20全体の構成を簡易化することができる。

## 【0023】

電極22は導電性の材料から構成することができるが、好ましくはカーボン/シリコンナノチューブから構成することが好ましい。このようなナノチューブはnmオーダの開口部を有しているので、前記開口部を通じて微小なマイクロプラズマを簡易に生成することができる。したがって、材料の加工及び測定などにおける空間分解能を向上させることができる。 20

## 【0024】

また、図5に示すように、複数の電極22の外方を囲むようにして電磁コイル27を設け、電極22が位置する領域に所定強度の磁場を生成するようにしているので、生成したマイクロプラズマの高輝度化を実現することができる。なお、前記磁場の強度は $0.01\ \text{T} \sim 0.5\ \text{T}$ であることが好ましい。

## 【0025】

以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいて、あらゆる変形や変更が可能である。例えば、上記具体例においては、高周波アンテナ23を介して電極22に高周波電力を導入するようにしているが、従来のマイクロプラズマ生成装置と同様に、導電パイプを電極22のそれぞれに接続して、高周波電力を導入するようにすることもできる。 30

## 【0026】

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、微小なマイクロプラズマを生成し、材料の加工や測定などにおいて高い空間分解能を実現することが可能な、マイクロプラズマ生成装置及び生成方法を提供することができる。 40

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 従来のマイクロプラズマ生成装置の一例を示す上平面図である。

【図2】 図1に示すマイクロプラズマ生成装置の一部を拡大して示す断面図である。

【図3】 同じく、図1に示すマイクロプラズマ生成装置の一部を拡大して示す断面図である。

【図4】 本発明のマイクロプラズマ生成装置の一例を示す上平面図である。

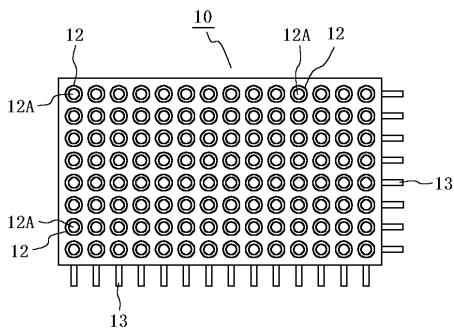
【図5】 図4に示すマイクロプラズマ生成装置の一部を拡大して示す断面図である。

## 【符号の説明】

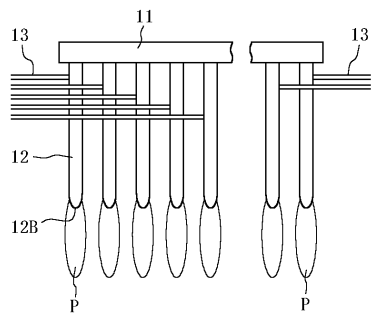
10、20 マイクロプラズマ生成装置

- 1 1、2 1 支持板
- 1 2、2 2 電極
- 1 3 導電パイプ
- 2 3 高周波アンテナ
- 2 5 (プラズマ結合用ガス導入用の) 開口部
- 2 7 電磁コイル

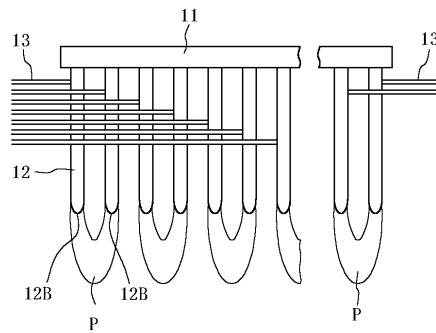
【 図 1 】



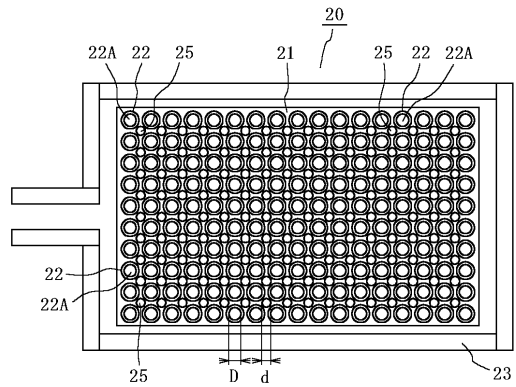
【 図 2 】



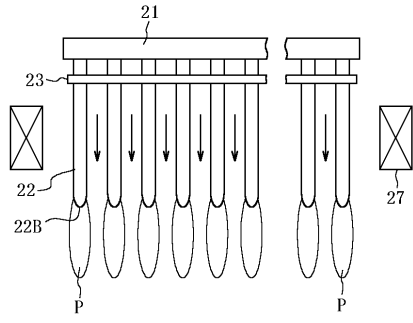
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】





---

フロントページの続き

(74)代理人 100110180

弁理士 阿相 順一

(72)発明者 白井 肇

埼玉県さいたま市常盤 10 - 19 - 42

(72)発明者 長谷川 靖洋

埼玉県さいたま市別所 4 - 2 - 43 18 - 2

審査官 村田 尚英

(56)参考文献 実開昭62-015758(JP,U)

特開2001-262352(JP,A)

特開平06-108257(JP,A)

特開平05-023579(JP,A)

特開2001-093403(JP,A)

特開2004-128257(JP,A)

特開2004-219148(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H 1/24

G01B 7/34

C23F 4/00

C23C 16/505

C23C 14/12

H01J 27/08