

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年2月4日(04.02.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/017661 A1

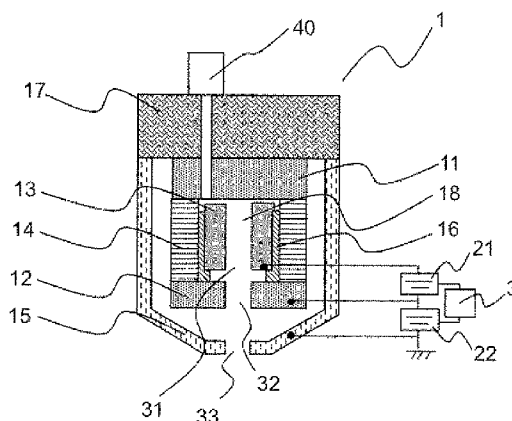
- (51) 国際特許分類:
H01J 27/04 (2006.01) H01J 37/305 (2006.01)
H01J 37/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/071433
- (22) 国際出願日: 2015年7月29日(29.07.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-154424 2014年7月30日(30.07.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立ハイテクノロジーズ(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 浅井 健吾(ASAI Kengo); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 志知 広康(SHICHI Hiroyasu); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 高須久幸(TAKASU Hisayuki); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 岩谷 徹(IWAYA Toru); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: ION MILLING DEVICE, ION SOURCE, AND ION MILLING METHOD

(54) 発明の名称: イオンミリング装置、イオン源およびイオンミリング方法

図2



(57) Abstract: To provide a Penning discharge-type ion gun with which it is possible to obtain a significantly higher milling speed than conventionally achieved, an ion milling device having the ion gun, and an ion milling method. This invention is characterized in an ion generator having: cathodes (11, 12) for emitting electrons; an anode (13) provided in the ion generator, the anode (13) having an inside diameter of 5.2 mm or less; and a magnetic field generation means (14) enabled using a permanent magnet having a maximum energy product of 110-191 kJ/m³.

(57) 要約: 従来よりも著しく大きいミリング速度を得ることが可能なペニング放電方式のイオンガンおよびそれを有するイオンミリング装置、イオンミリング方法を提供する。イオン生成部は、電子を放出するカソード(11、12)と、前記イオン生成部の内部に設けられ、内径が5.2 mm以下のアノード(13)と、最大エネルギー積が110 kJ/m³から191 kJ/m³の範囲である永久磁石による磁場発生手段(14)と、を有することを特徴とする。



WO 2016/017661 A1

WO 2016/017661 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

イオンミリング装置、イオン源およびイオンミリング方法

技術分野

[0001] 本発明は、試料を作製するためのイオン源およびそれを有するイオンミリング装置、イオンミリング方法に関する。

背景技術

[0002] イオンミリング法は、加速したイオンを試料へ衝突させて、イオンが原子や分子をはじき飛ばすスパッタ現象を利用して、試料を削る加工法である。また加工される試料は、上面にイオンビームの遮蔽板となるマスクを載せ、マスク端面からの突出部分がスパッタされることで平滑な断面が加工できる。この方法は、金属、ガラス、セラミック、電子部品、複合材料などを対象に用いられる。

[0003] 例えば電子部品においては、内部構造や断面形状、膜厚評価、結晶状態、故障や異物断面の解析といった用途に用いられる。また、走査型電子顕微鏡をはじめとした各種測定装置による形態像、試料組成像、チャネリング像の取得やX線分析、結晶方位解析など取得するための断面試料作成方法として利用されている。

[0004] 前記のようなイオンミリング装置においては、イオンガンとして単純な構成で小型なペニング放電方式のイオンガンが用いられているものがある。ペニング放電方式のイオンガンの基本構造は、イオンガン内部にガスを供給するガス供給機構と、イオンガン内部に配置され正電圧が印加されるアノードと、アノードとの間に電位差を発生させるカソードと、永久磁石とを備える。そして、ペニング型イオンガンは、イオンビームのエネルギーが大きいことに起因する高いミリング速度が得られることが特長である。例えば、特許文献1には高いミリング速度を維持するためにイオンガンから放出されるイオンビームの電流値を常に最大値に保つ方式が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2007-48588号広報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 近年のイオンミリング装置の進歩に伴い、市場が大きく広がってきている。このため適用分野によっては従来よりもさらに高いミリング速度が得られるイオンガンの開発が望まれている。一例として、半導体分野で注目されているシリコン貫通電極（TSV：Through Silicon Via）を使った3次元実装の解析などが挙げられる。このように、積層された厚い試料を加工するために、従来のミリング速度の目安となる毎時300 μ m程度では加工に大きな時間を有し、装置の稼働率を低下させるという課題がある。

[0007] 一方、特許文献1に記載されているように、従来の方式ではミリング速度を高めるにはイオンガンから放出されるイオンビームの電流値を常に大きく保つ必要があると考えられてきた。そのために、高いプラズマ密度が不可欠であり、高磁束密度の磁場を形成することで電子軌道を長く取ることが重要と考えられてきた。

[0008] しかしながら本願発明者は前記目的を達成するために実験を繰り返し行い、以下の知見を得た。

[0009] ペニング放電方式のイオンガンにおいてイオンガンから放出されるイオンの量を多くするためには、イオンガンの構成において、特定の磁束密度を有する永久磁石を用い、イオンビームのプロファイルが理想的に形成され、加速電極出口孔の周辺部分に衝突することなくイオンガンから放出されうる範囲内にイオン化室の領域を制御することが重要であることを見出した。

[0010] これは、過剰な磁場や過剰なイオン化室領域によるイオンガンにおいては、放出されるイオンが加速電極出口孔の周辺部分に衝突することによりイオ

ンガンから放出されるイオンの量が減少することに起因すると考える。これにより、特許文献1のような、イオンビームの電流量を常に大きく保つ発明よりもイオンガンから放出されるイオンの量を飛躍的に多くすることができる。

[0011] 上記のように、本願発明者の独自の知見を用いた発明は、これまでなされてこなかった。そこで本発明は、このような実験結果及び実験結果から得られた発明者独自の知見に基づき、従来よりも著しく大きいミリング速度を得ることが可能なペニング放電方式のイオンガンおよびそれを有するイオンミリング装置、イオンミリング方法を提案する。本発明により、市場とともに広がった新たな課題を解決することができるようになった。

課題を解決するための手段

[0012] 具体的な一態様として、本発明のイオンミリング装置は、外部から供給されたガスに電子を衝突させイオンを生成するイオン生成部と、前記イオン生成部から放出される前記イオンを加速させる電極に5 kV以上の電圧が印加された加速電極と、を有し、前記加速されたイオンを試料に照射し加工するイオンミリング装置において、前記イオン生成部は、前記電子が放出されるカソードと、前記イオン生成部の内部に設けられ、かつ内径が5.2 mm以下のアノードと、最大エネルギー積が 110 kJ/m^3 から 191 kJ/m^3 の範囲である磁石によって前記イオン生成部の内部に磁場を発生させる磁場発生部と、を有することを特徴とする。

[0013] また、他の具体的な一態様として、本発明のイオン源は、外部から供給されたガスに電子を衝突させイオンを生成するイオン生成部と、前記イオン生成部から放出される前記イオンを加速させる電極に5 kV以上の電圧が印加された加速電極と、を有し、前記加速されたイオンを試料に照射し加工するイオンミリング装置に用いられるイオン源において、前記イオン源は、前記電子が放出されるカソードと、前記イオン生成部の内部に設けられ、かつ内径が5.2 mm以下のアノードと、最大エネルギー積が 110 kJ/m^3 から 191 kJ/m^3 の範囲である磁石によって前記イオン生成部の内部に磁場を

発生させる磁場発生部と、を有することを特徴とする。

[0014] また、他の具体的な一態様として、本発明のイオンミリング装置は、外部から供給されたガスに電子を衝突させイオンを生成するイオン生成部と、前記イオン生成部から放出される前記イオンを加速させる電極に5 kV以上の電圧が印加された加速電極と、を有し、前記加速されたイオンを試料に照射し加工するイオンミリング装置において、前記イオン生成部は、前記電子が放出されるカソードと、前記イオン生成部の内部に設けられ、かつ内径が5.2 mm以下のアノードと、前記イオン生成部の中心軸上に140 mTから160 mTの範囲で磁場を発生させる磁場発生部と、を有することを特徴とする。

[0015] また、他の具体的な一態様として、本発明のイオンミリング方法は、カソードから電子が放出される放出ステップと、内径が5.2 mm以下のアノードの内側にて外部から供給されたガスに前記電子を衝突させイオンを生成するイオン生成ステップと、最大エネルギー積が110 kJ/m³から191 kJ/m³までの範囲である磁石により発生させた磁場に前記イオンを作用させる磁場発生ステップと、前記イオンへ5 kV以上の電圧を印加し加速させる加速ステップと、前記加速されたイオンを試料に照射し加工する加工ステップと、を有することを特徴とする。

発明の効果

[0016] 発明者の知見から得られた独自の構成を用いることで、本発明においては、イオンガンから放出されるイオンの量を飛躍的に多くすることが可能となる。これにより、従来よりも著しく大きいミリング速度を得ることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明のイオンミリング加工装置の構成を示す説明図である。

[図2]本発明のイオンガンと関連する周辺部の構成を示す断面図の一例である。

[図3]本発明のイオンガン内部の軸上強度の比較を示す図の一例である。

[図4]本発明の効果を説明するミリング速度とイオンガンの軸上磁束密度の関係を示す図である。アノード内径がそれぞれ、(a) 8 mm、(b) 6 mm、(c) 5 mm、(d) 4 mm、のときを示す。

[図5]本発明の効果を説明するミリング速度と永久磁石の最大エネルギー積の関係を示す図である。アノード内径がそれぞれ、(a) 8 mm、(b) 6 mm、(c) 5 mm、(d) 4 mm、のときを示す。

[図6]本発明の効果を説明するミリング速度と永久磁石の残留磁束密度の関係を示す図である。アノード内径がそれぞれ、(a) 8 mm、(b) 6 mm、(c) 5 mm、(d) 4 mm、のときを示す。

[図7]本発明の効果を説明するミリング速度と永久磁石の保持力の関係を示す図である。アノード内径がそれぞれ、(a) 8 mm、(b) 6 mm、(c) 5 mm、(d) 4 mm、のときを示す。

[図8]本発明のビームプロファイルを示す図の一例である。

[図9]本発明のビームプロファイルを示す図の他の一例である。

[図10]本発明のイオンガン内部の軸上強度の比較を示す図の他の一例である。

[図11]本発明のビームプロファイルを示す図の他の一例である。

[図12]本発明の効果を説明するミリング速度と磁場強度の関係を示す図の一例である。

[図13]本発明のマスクからの試料突き出し量とミリングレートを示す図の一例である。

[図14]本発明のイオンガンと関連する周辺部の構成を示す断面図の他の一例である。

[図15]本発明のイオンガンと関連する周辺部の構成を示す断面図の他の一例である。

発明を実施するための形態

[0018] 本発明は、電子顕微鏡で観察される試料を作製するためのイオンガンを持つイオンミリング装置に係り、従来よりも著しく大きいミリング速度を得る

ことが可能なペニング放電方式、もしくはそれに準ずる形状のイオンガンおよびそれを有するイオンミリング装置、イオンミリング方法に関する。

[0019] このため、ペニング放電方式のイオンガンの構成として、本願発明者の知見を踏まえ、特定の磁場強度を有する永久磁石において、イオンガンから放出されるイオンの量を飛躍的に多くすることが可能となるよう、特定のイオン化室領域にてイオンを生成するように制御する。これにより、従来よりも著しく大きいミリング速度を得ることが可能である。

[0020] さらに、本発明のイオンガンの各構成において、イオンビーム電流が安定化する以外にも、従来と比較してメリットが生じる。これは、過剰な磁場や過剰なイオン化室領域により放出されるイオンが加速電極出口孔の周辺部分に衝突することを回避できることに起因する。例を挙げると、加速電極に付着するリポジションや加速電極出口孔の変形、リデポジションによる汚染などの悪影響を低減するメリットがある。

[0021] 以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。

[0022] 図1は本発明のイオンミリング加工装置の構成を示す説明図である。いわゆるペニング放電方式、もしくはそれに準ずる形状のイオンガン1は、その内部にイオンを発生するために必要な構成要素が配置され、イオンビーム2を試料6に照射するための照射系を形成する。

[0023] 次に、ガス源41はガス供給機構40を介してイオンガン1に接続され、ガス供給機構40により制御されたガス流量がイオンガン1のイオン化室内に供給される。イオンビーム2の照射とそのイオンビーム電流は、イオンガン制御部3によって制御される。イオンビーム2のイオンビーム電流は、電流測定部50によって測定される。電流測定子52はイオンビームのシャッタの役割も兼ねており、電流測定子駆動部51により稼動する機構を有する。

[0024] 真空チャンバー4は、真空排気系5によって大気圧または真空に制御される。試料6は試料台7の上に保持され、試料台7は試料ステージ8によって保持されている。試料ステージ8は、真空チャンバー4が大気開放したとき

に真空チャンバー４の外へ引き出すことができ、また試料６をイオンビーム２の光軸に対して任意の角度に傾斜させることができるための機構要素をすべて含んでいる。試料ステージ駆動部９は、試料ステージ８を左右へスイングすることができ、その速度を制御することができる。

[0025] 図２は、本発明のイオンガンと関連する周辺部の構成を示す断面図の一例である。カソード１１は例えば純鉄など導電性のある磁性材料により円盤状に形成されており、イオン化室１８に不活性ガスを導入するための孔が設けられている。ここでは不活性ガスの代表例としてアルゴンガスを例示したが、本発明は他の不活性ガスにも適用できる。

[0026] 次に、永久磁石１４は磁場発生部として作用させる。例えば最大エネルギー積が 127 kJ/m^3 から 143 kJ/m^3 の範囲であることを特徴とするサマコバ磁石であり、円筒状、もしくはそれに準ずる形状に形成され永久磁石１４の一端は、磁性材料で作られたカソード１１に繋がっている。なお、ここでは永久磁石を一例として説明したが、本発明で規定する特定の範囲の性能を発揮する磁場発生部(例えばコイルなど)でもよい。

[0027] カソード１２は例えば純鉄など導電性のある磁性材料により円盤状に形成されており、中央部には、例えば直径４mmのカソード出口孔３２が設けられている。カソード１２は、永久磁石１４の他端に繋がっており、カソード１１と永久磁石１４との構成によりイオンガン１の内部に磁場を発生させている。円筒状に形成されているインシュレータ１６は、永久磁石１４の内側に配置され、インシュレータ１６の外表面は永久磁石１４の内面に接触している。インシュレータ１６は例えばセラミックスなどの電気絶縁性を有する非磁性材料で形成されている。

[0028] アノード１３はインシュレータ１６の内側にはめ込まれており、アノード１３の外表面はインシュレータ１６の内面に接触しており、内表面はイオン化室１８に面している。アノード１３は例えばアルミニウムなど導電性を有する非磁性材料で形成され、例えばその内径は４mmであり、アノード出口孔３１の直径も４mmであってアノード内径と同一寸法である。アノード１３は

インシュレータ 16 によりカソード 11 とカソード 12 および永久磁石 14 に対して電氣的に絶縁されている。

[0029] 加速電極 15 は例えばステンレスなどの導電性を有する非磁性材料により円筒状に形成されており、イオンビームが通過する中央部には例えば直径 4 mm の加速電極出口孔 33 が設けられている。接地電極に保たれた加速電極 15 はカソード 11 とカソード 12 と永久磁石 14 とを囲むように、イオンガンベース 17 の周辺部に固定されている。

[0030] ガス供給機構 40 はイオンガンベース 17 に接続され、イオン化させるガスの流量を調整し、イオンガン内部に供給するための構成要素をすべて含んでいる。イオンガンベース 17 およびカソード 11 には孔が設けられており、その孔を経由して、ガス導入機構 40 から導入されたアルゴンガスがイオン化室 18 に導入される。

[0031] イオン化室 18 に導入されたアルゴンガスを適切なガス分圧を保った状態とし、放電電源 21 によりカソード 11、カソード 12 とアノード 13 の間に 0 ～ 4 kV 程度の放電電圧を印加させ、放電（グロー放電）させてアルゴンイオンを発生させる。このとき、永久磁石 14 の磁界によって放電により生じた電子を回転させ、電子のパスを長くして放電効率を上げることができる。さらに、加速電源 22 によりカソード 12 と加速電極 15 の間に、0 ～ 10 kV 程度（もしくはそれ以上）の加速電圧を印加してアルゴンイオンを加速させて、イオンビーム 2 をイオンガン 1 の外に射出させる。なおカソード 12 に電氣的に接続された永久磁石 14 とカソード 11 はカソード 12 と同電位に保たれる。

[0032] このような電圧印加により、カソード 11 表面とカソード 12 表面から電子が放出され、その放出された電子はアノード 13 に向けて加速される。その際、カソード 11 とカソード 12 表面から放出された電子は、イオン化室 18 にカソード 11 とカソード 12 および永久磁石 14 により形成された磁場でその軌道が曲げられ旋回運動を行う。

[0033] ここで、イオン化室 18 内を旋回する電子がアルゴンガスに衝突すると、

その衝突を受けたアルゴンガスはイオン化し、陽イオンがイオン化室１８で発生する。イオン化室１８で発生した陽イオンの一部は、カソード１２のカソード出口孔３２を通り、加速電極１５で加速されて加速電極出口孔３３からイオンガン１の外部に放出され、陽イオンからなるイオンビーム２によって試料６が加工される。

[0034] 本願発明者は、従来よりも著しく大きいミリング速度を得ることが可能なペニング放電方式のイオンガンを目的として実験を繰り返し行い、イオンガン構成として、永久磁石１４の磁場強度と、イオン化室の領域を設定するアノード１３の内径とが特定の範囲にある時に、従来からは予見できないほど大きなミリング速度が得られることを独自に見出した。従って、本発明によれば、従来よりも著しく大きいミリング速度を得ることが可能なペニング放電方式のイオンガンおよびそれを有するイオンミリング装置、イオンミリング方法を提供することができる。

[0035] [表１]

表１

【表１】

	磁石A	磁石B	磁石C	磁石D
最大エネルギー積: (BH) max (kJ/m ³)	302~334	223~247	127~143	68~80
残留磁束密度: Br (mT)	1250~1320	1080~1150	≥ 850	≥ 590
保持力: HcB (kA/m)	≥ 859	≥ 796	≥ 660	≥ 460
軸上磁束密度 (mT)	220	200	145	100

[0036] 表１に実験に使用した磁石の性能一覧を示す。また図３は本発明のイオンガン内部の軸上磁場強度の比較を示す図の一例である。図３は、表１に示した磁石Ａから磁石Ｄまでの４種類の磁石を、イオンガン１の永久磁石１４として組み込んだ場合のイオンガンの中心軸上の磁束密度を磁場シミュレータにて算出した結果である。計算に用いた残留磁束密度および保持力は表１に示した数値を用いている。

- [0037] 図3の横軸となるZ軸座標のうち磁石が配置される位置は $Z = -34.5$ から -22.5 の範囲である。この領域がイオンガン内部でプラズマ生成室として作用し、その軸上磁束密度は磁石Aが約 220 mT 、磁石Bが約 200 mT 、磁石Cが約 145 mT 、磁石Dが約 100 mT となる。
- [0038] 図4は本発明の効果を説明するミリング速度とイオンガンの軸上磁束密度の関係を示す図である。(a)はアノード内径が 8 mm 、(b)はアノード内径が 6 mm 、(c)はアノード内径が 5 mm 、(d)はアノード内径が 4 mm の結果を示す。実験に適用したミリング条件は、加速電圧条件が 5 kV と 6 kV の2種類とし、放電電圧は 1.5 kV 、イオンガンに導入するガスにはアルゴンガスを用い、その流量は $0.07\text{ cm}^3/\text{分}$ とした。被加工材料にはシリコンを用い、遮蔽板となるマスクなしでのミリング加工を1時間実施した場合の結果である。図4の結果から、加速電圧が 6 kV であって、イオンガンの軸上磁束密度が 140 mT 近傍であって、アノード内径が 5 mm 以下の場合にのみ、他の条件の2倍以上のミリング速度が得られることが分かる。
- [0039] 図5は本発明の効果を説明するミリング速度と永久磁石の最大エネルギー積の関係を示す図である。(a)はアノード内径が 8 mm 、(b)はアノード内径が 6 mm 、(c)はアノード内径が 5 mm 、(d)はアノード内径が 4 mm の結果を示す。図5の結果から、加速電圧が 6 kV であって、永久磁石の最大エネルギー積が 127 kJ/m^3 から 143 kJ/m^3 の範囲であって、アノード内径が 5 mm 以下の場合にのみ、他の条件の2倍以上のミリング速度が得られることが分かる。
- [0040] 図6は本発明の効果を説明するミリング速度と永久磁石の残留磁束密度の関係を示す図である。(a)はアノード内径が 8 mm 、(b)はアノード内径が 6 mm 、(c)はアノード内径が 5 mm 、(d)はアノード内径が 4 mm の結果を示す。図6の結果から、加速電圧が 6 kV であって、永久磁石の残留磁束密度が 850 mT であって、アノード内径が 5 mm 以下の場合にのみ、他の条件の2倍以上のミリング速度が得られることが分かる。

[0041] 図7は本発明の効果を説明するミリング速度と永久磁石の保持力の関係を示す図である。(a)はアノード内径が8mm、(b)はアノード内径が6mm、(c)はアノード内径が5mm、(d)はアノード内径が4mmの結果を示す。図7の結果から、加速電圧が6kVであって、永久磁石の保持力が660mTであって、アノード内径が5mm以下の場合にのみ、他の条件の2倍以上のミリング速度が得られることが分かる。

[0042] 図8は本発明のビームプロファイルを示す図の一例である。ここでは、表1に示した磁石Aから磁石Dまでの4種類の磁石をイオンガン1の永久磁石14として組み込み、アノード内径を4mmとしたイオンガン構成において、加速電圧を6kV、放電電圧を1.5kVとし、イオンガンに導入するガスには流量0.07cm³/分のアルゴンガスを用いた。被加工材料にはシリコンを用い、遮蔽板となるマスクなしでのミリング加工を1時間実施した場合のビームプロファイルである。図8の結果から、磁石Cの場合のみでビーム痕の深さが300μmとなり、すなわちミリング速度は毎時300μmを記録し、他の条件に比べて約2倍のミリング速度を得ることが可能であることが分かる。また、この場合においてもイオンビームスポット径は縮小していない。

[0043] 図9は本発明のビームプロファイルを示す図の他の一例である。ここでは、表1に示した磁石Cをイオンガン1の永久磁石14として組み込み、アノード内径を5.0mm、5.2mm、5.4mm、5.6mm、5.8mmの5種類とした場合のイオンガン構成において、加速電圧を6kV、放電電圧を1.5kVとし、イオンガンに導入するガスには流量0.07cm³/分のアルゴンガスを用いた。被加工材料にはシリコンを用い、遮蔽板となるマスクなしでのミリング加工を1時間実施した場合のビームプロファイルである。図9の結果から、アノード内径が5.0mmの場合にはビーム痕の深さが290μmとなり、5.4mm以上の場合に比べて約2倍のミリング速度を得ることが可能であることが分かる。またアノード内径5.2mmの場合であってもミリング速度の若干の向上が見て取れることから、アノード内径が

5. 2 mm以下ならば、本発明の思想の範疇に含まれるとし、その中でも特に顕著な効果が現れる領域は、アノード内径が5.0 mm以下の条件であるとした。

[0044] [表2]

表2

【表2】

	磁石E	磁石F	磁石C	磁石G
最大エネルギー積: (BH) max (kJ/m ³)	175~191	150~167	127~143	110~127
残留磁束密度: Br (mT)	≥ 950	≥ 900	≥ 850	≥ 810
保持力: HcB (kA/m)	≥ 637	≥ 653	≥ 660	≥ 620
軸上磁束密度 (mT)	160	155	145	140

[0045] 表2に実験に使用した他の磁石の性能一覧を示す。また図10は本発明のイオンガン内部の軸上磁場強度の比較を示す図の他の一例である。図10は、表2に示した磁石Cから磁石Gまでの4種類の磁石を、イオンガン1の永久磁石14として組み込んだ場合のイオンガンの中心軸上の磁束密度を磁場シミュレータにて算出した結果である。計算に用いた残留磁束密度および保持力は表2に示した数値を用いている。

[0046] 図10の横軸となるZ軸座標のうち磁石が配置される位置は $Z = -34.5$ から -22.5 の範囲である。この領域がイオンガン内部でプラズマ生成室として作用し、その軸上磁束密度は磁石Eが約160 mT、磁石Fが約155 mT、磁石Cが約145 mT、磁石Gが約140 mTとなる。

[0047] 図11は本発明のビームプロファイルを示す図の他の一例である。ここでは、表2に示した磁石Cから磁石Gまでの4種類の磁石をイオンガン1の永久磁石14として組み込み、アノード内径を4 mmとしたイオンガン構成において、加速電圧を6 kV、放電電圧を1.5 kVとし、イオンガンに導入するガスには流量0.07 cm³/分のアルゴンガスを用いた。被加工材料にはシリコンを用い、遮蔽板となるマスクなしでのミリング加工を1時間実施した場合のビームプロファイルである。図11の結果から、磁石Cから磁石G

までの4種類の磁石全てにおいてビーム痕の深さが $300\mu\text{m}$ となり、すなわちミリング速度は毎時 $300\mu\text{m}$ が可能であることが分かる。

[0048] 図12は本発明の効果を説明するミリング速度と磁場強度の関係を示す図の一例である。(a)ミリング速度とイオンガンの軸上磁束密度の関係、(b)はミリング速度と永久磁石の最大エネルギー積の関係を示す。ここでは、表1および表2に示した磁石Aから磁石Gまでの7種類の磁石をイオンガン1の永久磁石14として組み込み、アノード内径を 4mm としたイオンガン構成において、加速電圧条件を 6kV とし、放電電圧は 1.5kV 、イオンガンに導入するガスにはアルゴンガスを用い、その流量は $0.07\text{cm}^3/\text{分}$ とした。被加工材料にはシリコンを用い、遮蔽板となるマスクなしでのミリング加工を1時間実施した場合の結果である。図12の結果から、磁石C、磁石E、磁石F、磁石Gの場合において他の磁石の2倍以上のミリング速度が得られることが分かる。これらの磁石の磁場強度は、最大エネルギー積が $110\text{kJ}/\text{m}^3$ から $191\text{kJ}/\text{m}^3$ の範囲であり、残留磁束密度が 810mT から 950mT の範囲内であり、保持力が 620mT から 660mT の範囲である。

[0049] 以上に示したように、本発明によればイオンガン1の構成として、(1)適切な磁場強度として最大エネルギー積が $110\text{kJ}/\text{m}^3$ から $191\text{kJ}/\text{m}^3$ の範囲である磁石を永久磁石14として適用し、イオンガン1の軸上磁束密度を 140 から 160mT の範囲内に制御することと、(2)適切なイオン化室領域としてアノード内径を 5mm 以下に制限することと、(3)加速電圧を 6kV 以上に制限することにより、イオンガンから放出されるイオンの量を飛躍的に多くすることが可能となり、従来の2倍以上のミリング速度を得ることが可能となる。

[0050] また、図4から図7の結果から、加速電圧が 5kV の場合であってもミリングレートの若干の向上が見て取れることから、加速電圧 5kV 以上ならば、本発明において良好な条件が実現できていることも分かる。したがって、加速電圧は 5kV 以上ならば、本発明の思想の範疇に含まれるとし、その中

でも特に顕著な効果が現れる領域は、加速電圧 6 k V 以上の条件であるとした。

[0051] また、図 9 の結果から、アノード内径 5. 2 mm の場合であってもミリング速度の若干の向上が見て取れることから、アノード内径が 5. 2 mm 以下ならば、本発明の思想の範疇に含まれるとし、その中でも特に顕著な効果が現れる領域は、アノード内径が 5. 0 mm 以下の条件であるとした。

[0052] 図 1 3 は本発明のマスクからの試料突き出し量とミリングレートの関係を示す図の一例である。ここでは、加工される試料の上面にイオンビームの遮蔽板となるマスクを載せ、マスク端面からの突出部分がミリングされる断面加工を行い、図 1 3 の横軸はマスクからの試料突き出し量をとっている。ここで、実施例として表 1 の磁石 C をイオンガン 1 の永久磁石 1 4 として組み込み、アノード内径を 4 mm、アノード出口孔 3 1 の直径を 4 mm とアノード内径と同一寸法としたイオンガン構成の評価を行い、従来例として表 1 の磁石 A をイオンガン 1 の永久磁石 1 4 として組み込み、アノード内径を 8 mm、アノード出口孔 3 1 の直径を 4 mm としたイオンガン構成の評価を行った。加速電圧は 6 k V、放電電圧を 1. 5 k V とし、イオンガンに導入するガスには流量 0. 0 7 c m³/分のアルゴンガスを用いた。被加工材料にはシリコンを用い、ミリング時間は 1 時間に設定した。図 1 3 の結果から、マスクからの試料突き出し量を 5 0 μ m とする加工条件において、実施例では毎時 1 3 5 0 μ m のミリング速度を得ることが可能であり、従来例の毎時 4 5 0 μ m と比較してミリング速度は約 3 倍と著しく向上する。

[0053] 以上のように、本発明によればイオンガンから放出されるイオンの量を理想的に多くすることが可能となり、従来よりも著しく大きいミリング速度を得ることが可能なペニング放電方式のイオンガンおよびそれを有するイオンミリング装置、イオンミリング方法が提供できる。

[0054] 図 1 4 は、本発明のイオンガンと関連する周辺部の構成を示す断面図の他の一例である。カソード 1 1 は例えば純鉄など導電性のある磁性材料により円盤状に形成されており、イオン化室 1 8 にアルゴンガスを導入するための

孔が設けられている。永久磁石 14 は、例えば残留磁束密度が 810 mT から 950 mT の範囲であることを特徴とするサマコバ磁石であり、円筒状に形成され永久磁石 14 の一端は、磁性材料で作られたカソード 11 に繋がっている。カソード 12 は例えば純鉄など導電性のある磁性材料により円盤状に形成されており、中央部には例えば直径 4 mm のカソード出口孔 32 が設けられている。カソード 12 は、永久磁石 14 の他端に繋がっており、カソード 11 と永久磁石 14 との構成によりイオンガン 1 内に磁場を発生させている。円筒状に形成されているインシュレータ 16 は、永久磁石 14 の内側に配置され、インシュレータ 16 の外面は永久磁石 14 の内面に接触している。インシュレータ 16 は例えばセラミックスなどの電気絶縁性を有する非磁性材料で形成されている。アノード 13 はインシュレータ 16 の内側にはめ込まれており、アノード 13 の外面はインシュレータ 16 の内面に接触しており、内面はイオン化室 18 に面している。アノード 13 は例えばアルミニウムなど導電性を有する非磁性材料で形成され、例えばその内径は 5 mm であり、アノード出口孔 31 の直径は 4 mm である。アノード 13 はインシュレータ 16 によりカソード 11 とカソード 12 および永久磁石 14 に対して電氣的に絶縁されている。加速電極 15 は例えばステンレスなどの導電性を有する非磁性材料により円筒状に形成されており、中央部には例えば直径 2 mm の加速電極出口孔 33 が設けられている。接地電極に保たれた加速電極 15 はカソード 11 とカソード 12 と永久磁石 14 とを囲むように、イオンガンベース 17 の周辺部に固定されている。ガス供給機構 40 はイオンガンベース 17 に接続され、イオン化させるガスの流量を調整し、イオンガン内部に供給するための構成要素をすべて含んでいる。イオンガンベース 17 およびカソード 11 には孔が設けられており、ガス導入機構 40 から導入されたアルゴンガスがイオン化室 18 に導入される。

[0055] 図 15 は、本発明のイオンガンと関連する周辺部の構成を示す断面図の他の一例である。カソード 11 は例えば純鉄など導電性のある磁性材料により円盤状に形成されており、イオン化室 18 にアルゴンガスを導入するための

孔が設けられている。永久磁石 1 4 は、例えば保持力が 6 2 0 m T から 6 6 0 m T の範囲であることを特徴とするサマコバ磁石であり、円筒状に形成され永久磁石 1 4 の一端は、磁性材料で作られたカソード 1 1 に繋がっている。カソード 1 2 は例えば純鉄など導電性のある磁性材料により円盤状に形成されており、中央部には例えば直径 3 m m のカソード出口孔 3 2 が設けられている。カソード 1 2 は、永久磁石 1 4 の他端に繋がっており、カソード 1 1 と永久磁石 1 4 との構成によりイオンガン 1 内に磁場を発生させている。

[0056] 円筒状に形成されているインシュレータ 1 6 は、永久磁石 1 4 の内側に配置され、インシュレータ 1 6 の外面は永久磁石 1 4 の内面に接触している。インシュレータ 1 6 は例えばセラミックスなどの電気絶縁性を有する非磁性材料で形成されている。アノード 1 3 はインシュレータ 1 6 の内側にはめ込まれており、アノード 1 3 の外面はインシュレータ 1 6 の内面に接触しており、内面はイオン化室 1 8 に面している。アノード 1 3 は例えばアルミニウムなど導電性を有する非磁性材料で形成され、例えばその内径は 4 m m であり、アノード出口孔 3 1 の直径は 3 m m である。アノード 1 3 はインシュレータ 1 6 によりカソード 1 1 とカソード 1 2 および永久磁石 1 4 に対して電氣的に絶縁されている。加速電極 1 5 は例えばステンレスなどの導電性を有する非磁性材料により円筒状に形成されており、中央部には例えば直径 2 m m の加速電極出口孔 3 3 が設けられている。

[0057] 接地電極に保たれた加速電極 1 5 はカソード 1 1 とカソード 1 2 と永久磁石 1 4 とを囲むように、イオンガンベース 1 7 の周辺部に固定されている。ガス供給機構 4 0 はイオンガンベース 1 7 に接続され、イオン化させるガスの流量を調整し、イオンガン内部に供給するための構成要素をすべて含んでいる。含んでいる。イオンガンベース 1 7 およびカソード 1 1 には孔が設けられており、ガス導入機構 4 0 から導入されたアルゴンガスがイオン化室 1 8 に導入される。

符号の説明

[0058] 1 イオンガン、2 イオンビーム、3 イオンガン制御部、4 真空チャ

ンバー、5 真空排気系、6 試料、7 試料台、8 試料ステージ、9
試料ステージ駆動部、11 カソード、12 カソード、13 アノード、
14 永久磁石、15 加速電極、16 インシュレータ、17 イオンガ
ンベース、18 イオン化室、21 放電電源、22 加速電源、31 ア
ノード内径、32 アノード出口孔、33 カソード出口孔、34 加速電
極出口孔、40 ガス供給機構、41 ガス源、50 電流測定部、51
電流測定子駆動部、52 電流測定子

請求の範囲

- [請求項1] 外部から供給されたガスに電子を衝突させイオンを生成するイオン生成部と、前記イオン生成部から放出される前記イオンを加速させる電極に5 kV以上の電圧が印加された加速電極と、を有し、前記加速されたイオンを試料に照射し加工するイオンミリング装置において、
- 前記イオン生成部は、
- 前記電子が放出されるカソードと、
- 前記イオン生成部の内部に設けられ、かつ内径が5.2 mm以下のアノードと、
- 最大エネルギー積が 110 kJ/m^3 から 191 kJ/m^3 の範囲である磁石によって前記イオン生成部の内部に磁場を発生させる磁場発生部と、を有することを特徴とするイオンミリング装置。
- [請求項2] 請求項1記載のイオンミリング装置において、
- 前記磁石はサマリウムコバルト磁石であることを特徴とするイオンミリング装置。
- [請求項3] 請求項1記載のイオンミリング装置において、
- 前記加速電極は、6 kV以上の電圧が印加されることを特徴とするイオンミリング装置。
- [請求項4] 請求項1記載のイオンミリング装置において、
- 前記イオン生成部は、ペニング型であることを特徴とするイオンミリング装置。
- [請求項5] 請求項1記載のイオンミリング装置において、
- 前記磁場発生部の残留磁束密度は、810 mTから950 mTまでの範囲であることを特徴とするイオンミリング装置。
- [請求項6] 請求項1記載のイオンミリング装置において、
- 前記磁場発生部の保持力は、620 mTから660 mTまでの範囲であることを特徴とするイオンミリング装置。

- [請求項7] 請求項1記載のイオンミリング装置において、
前記アノードの形状は筒状であり、かつアノード内径とアノードの
出口孔の直径が同一寸法であることを特徴とするイオンミリング装置
。
- [請求項8] 請求項1記載のイオンミリング装置において、
前記アノードの出口孔の直径がアノード内径より小さいことを特徴
とするイオンミリング装置。
- [請求項9] 請求項8記載のイオンミリング装置において、
前記アノードの出口孔の直径が4 mm であることを特徴とするイ
オンミリング装置。
- [請求項10] 外部から供給されたガスに電子を衝突させイオンを生成するイオン
生成部と、前記イオン生成部から放出される前記イオンを加速させる
電極に5 k V 以上の電圧が印加された加速電極と、を有し、前記加
速されたイオンを試料に照射し加工するイオンミリング装置に用いら
れるイオン源において、
前記イオン源は、
前記電子が放出されるカソードと、
前記イオン生成部の内部に設けられ、かつ内径が5. 2 mm以下の
アノードと、
最大エネルギー積が $110 \text{ kJ} / \text{m}^3$ から $191 \text{ kJ} / \text{m}^3$ の範囲
である磁石によって前記イオン生成部の内部に磁場を発生させる磁場
発生部と、を有することを特徴とするイオン源。
- [請求項11] 請求項10記載のイオン源において、
前記磁石はサマリウムコバルト磁石であることを特徴とするイオン
源。
- [請求項12] 請求項10記載のイオン源において、
前記加速電極は、6 k V以上の電圧が印加されたことを特徴とする
イオン源。

- [請求項13] 請求項10記載のイオン源において、
前記イオン源はペニング型であることを特徴とするイオン源。
- [請求項14] 請求項10記載のイオン源において、
前記磁場発生部の残留磁束密度は、810 mTから950 mTまでの範囲であることを特徴とするイオン源。
- [請求項15] 請求項10記載のイオン源において、
前記磁場発生部の保持力は、620 mTから660 mTまでの範囲であることを特徴とするイオン源。
- [請求項16] 外部から供給されたガスに電子を衝突させイオンを生成するイオン生成部と、前記イオン生成部から放出される前記イオンを加速させる電極に5 kV以上の電圧が印加された加速電極と、を有し、前記加速されたイオンを試料に照射し加工するイオンミリング装置において、
前記イオン生成部は、
前記電子が放出されるカソードと、
前記イオン生成部の内部に設けられ、かつ内径が5.2 mm以下のアノードと、
前記イオン生成部の中心軸上に140 mTから160 mTの範囲で磁場を発生させる磁場発生部と、を有することを特徴とするイオンミリング装置。
- [請求項17] 請求項16記載のイオンミリング装置において、
前記加速電極は、6 kV以上の電圧が印加されたことを特徴とするイオンミリング装置。
- [請求項18] カソードから電子が放出される放出ステップと、
内径が5.2 mm以下のアノードの内側にて外部から供給されたガスに前記電子を衝突させイオンを生成するイオン生成ステップと、
最大エネルギー積が110 kJ/m³から191 kJ/m³までの範囲である磁石により発生させた磁場に前記イオンを作用させる磁場

発生ステップと、

前記イオンへ5 kV以上の電圧を印加し加速させる加速ステップと

、

前記加速されたイオンを試料に照射し加工する加工ステップと、を有することを特徴とするイオンミリング方法。

[請求項19]

請求項18記載のイオンミリング方法において、

前記加速ステップは、前記イオンへ6 kV以上の電圧を印加し前記イオンを加速させる加速ステップであることを特徴とするイオンミリング方法。

[請求項20]

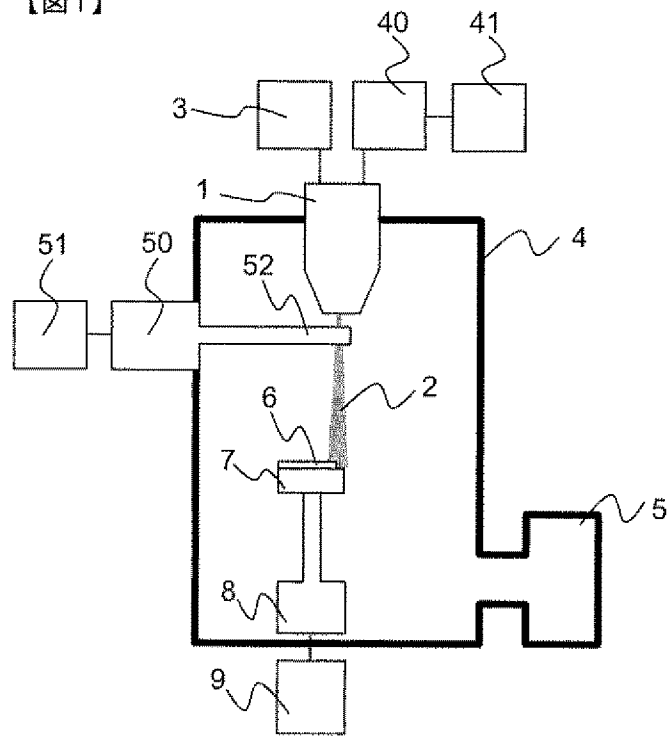
請求項18記載のイオンミリング方法において、

前記磁場発生ステップは、イオン生成部の中心軸上に140 mTから160 mTまでの範囲の磁場を発生させるステップであることを特徴とするイオンミリング方法。

[図1]

図1

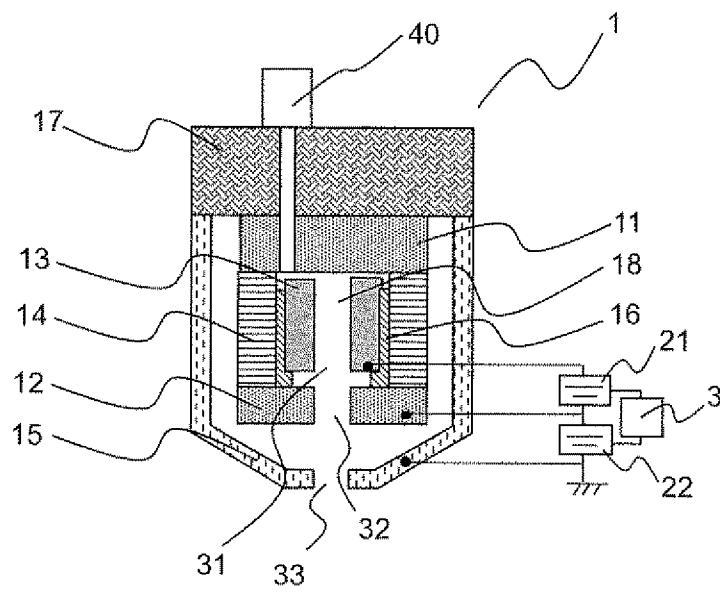
【図1】



[図2]

図2

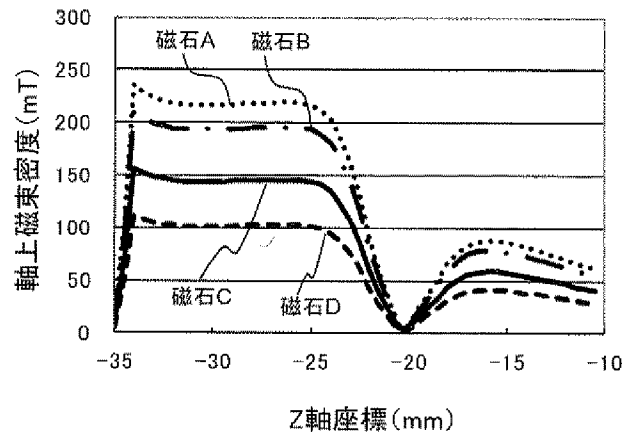
【図2】



[図3]

図3

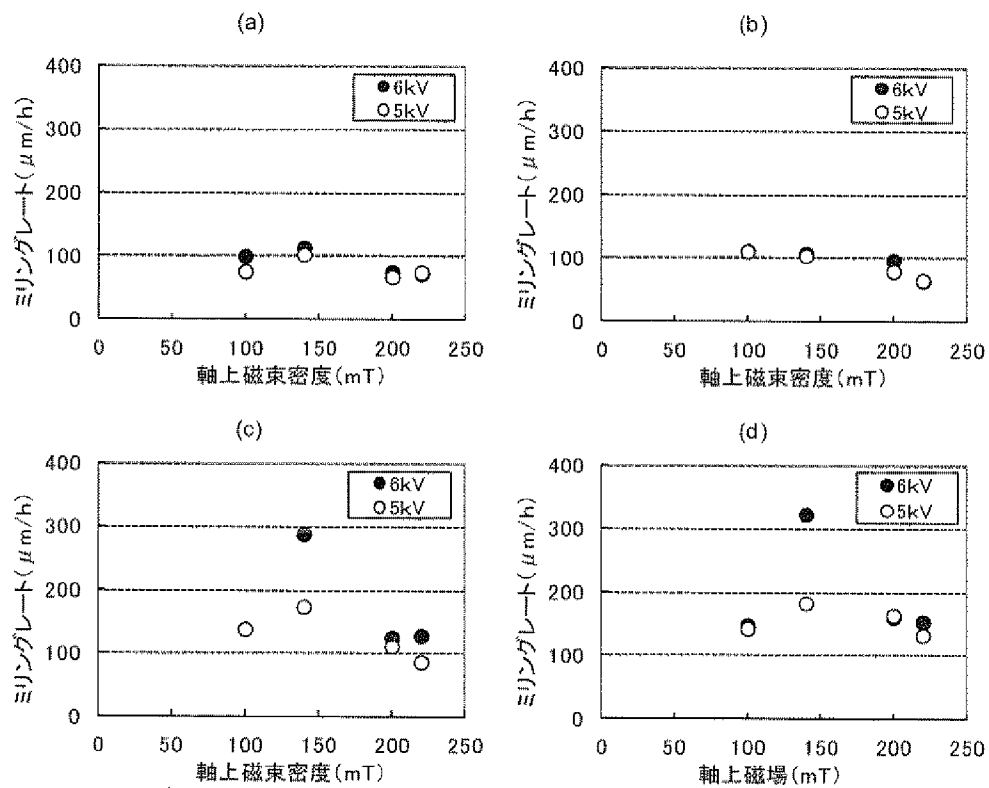
【図3】



[図4]

図4

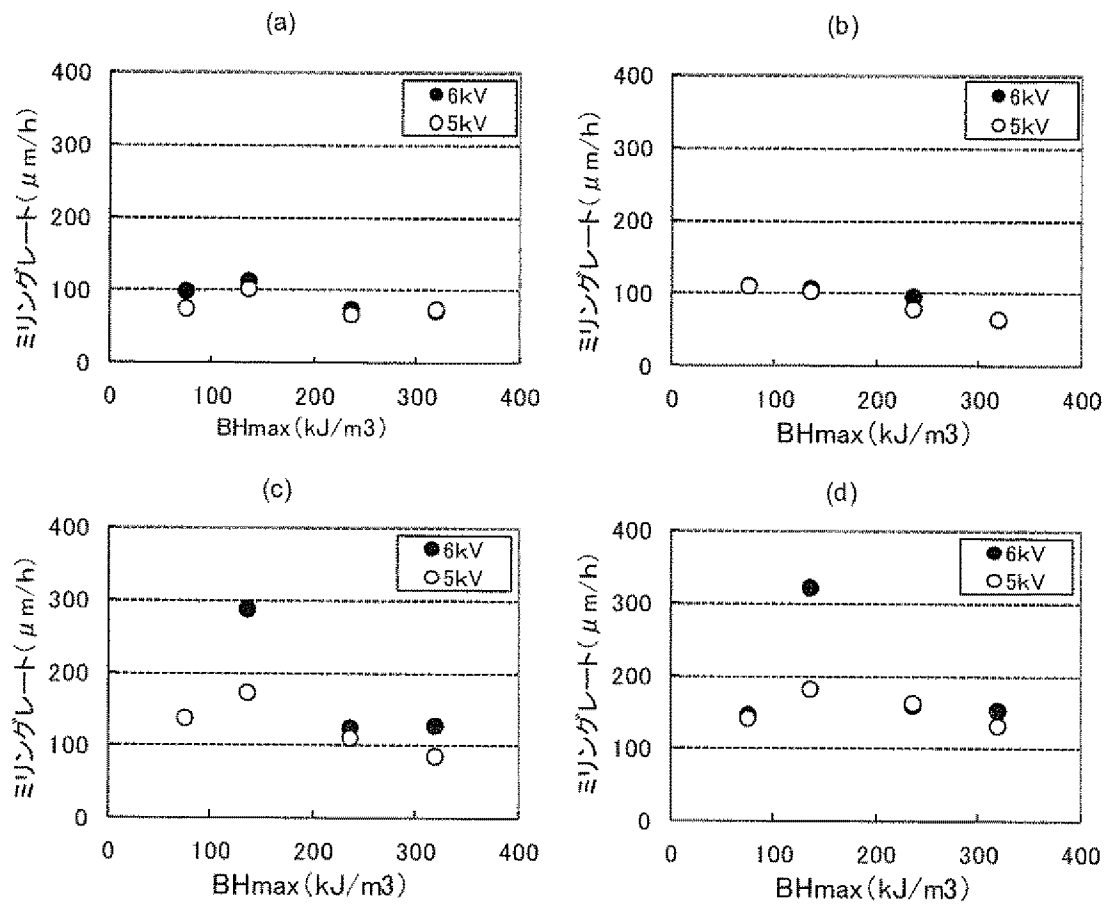
【図4】



[図5]

図5

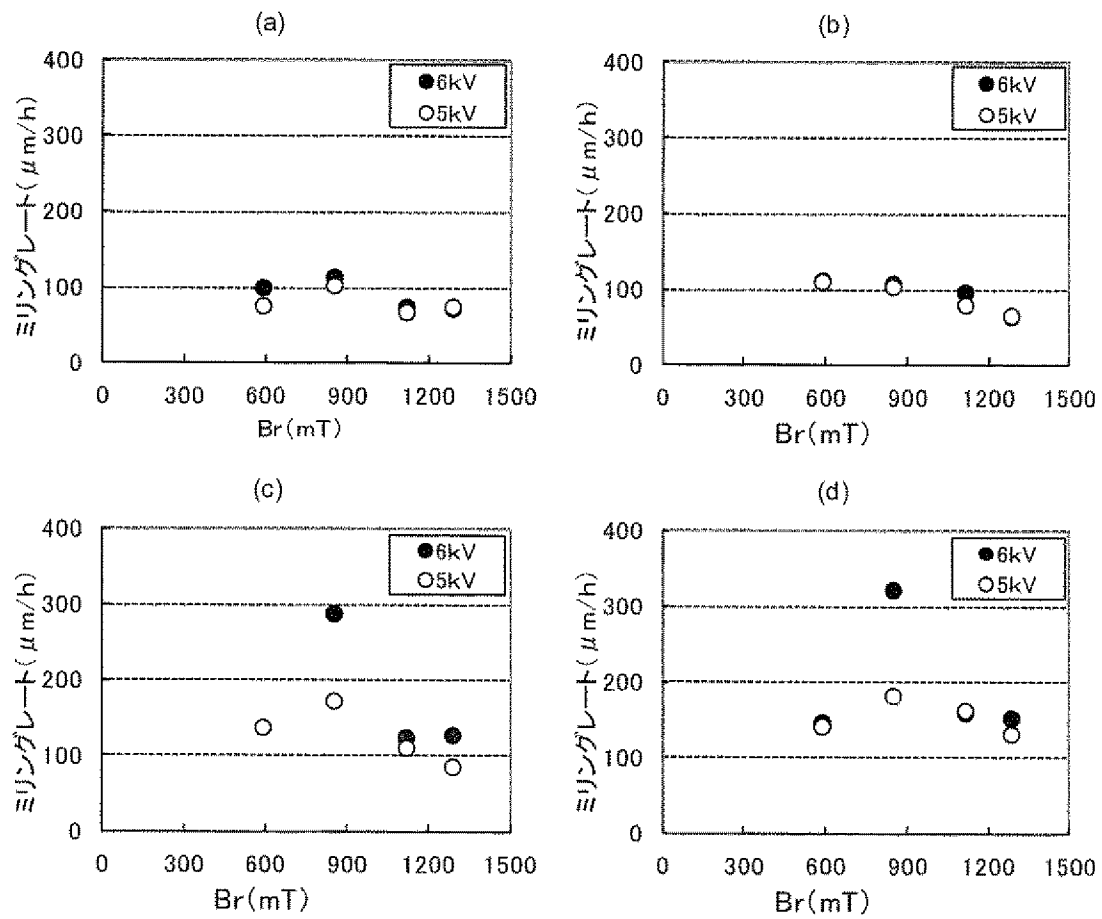
【図5】



[図6]

図6

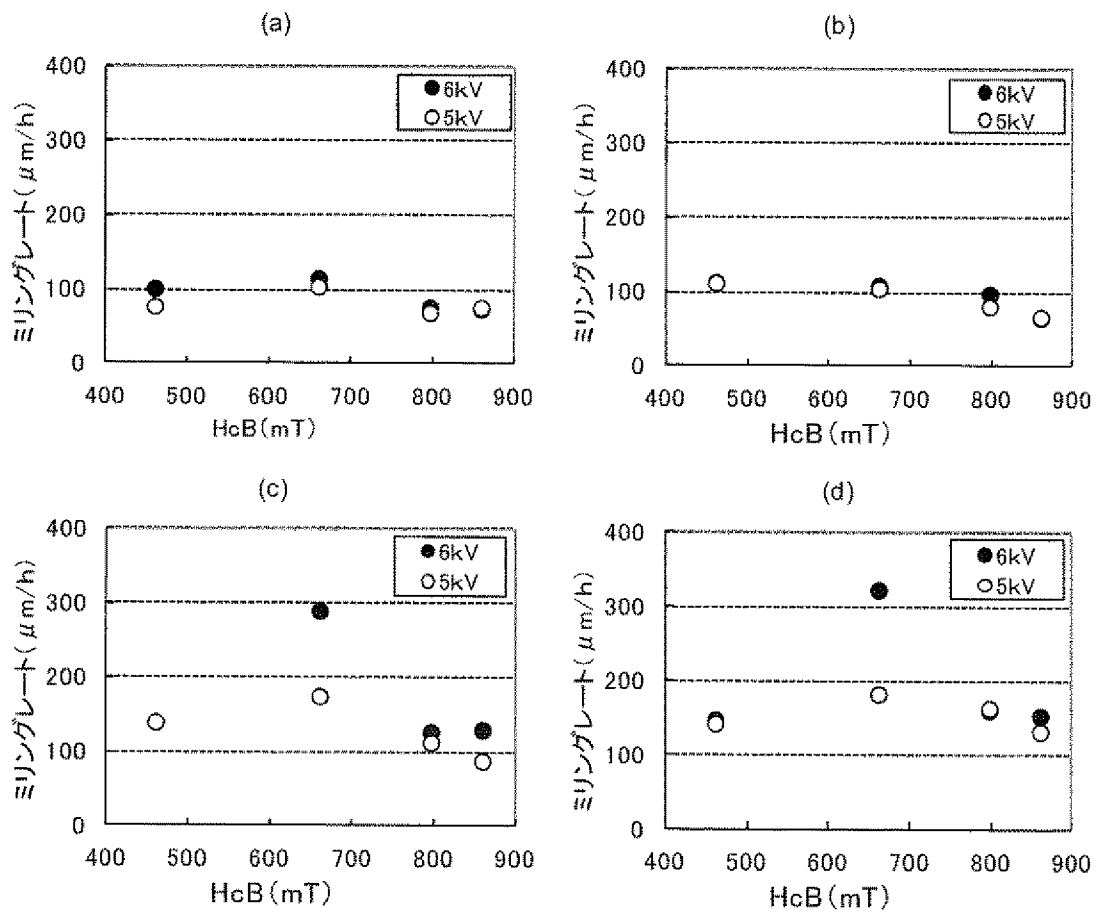
【図6】



[図7]

図7

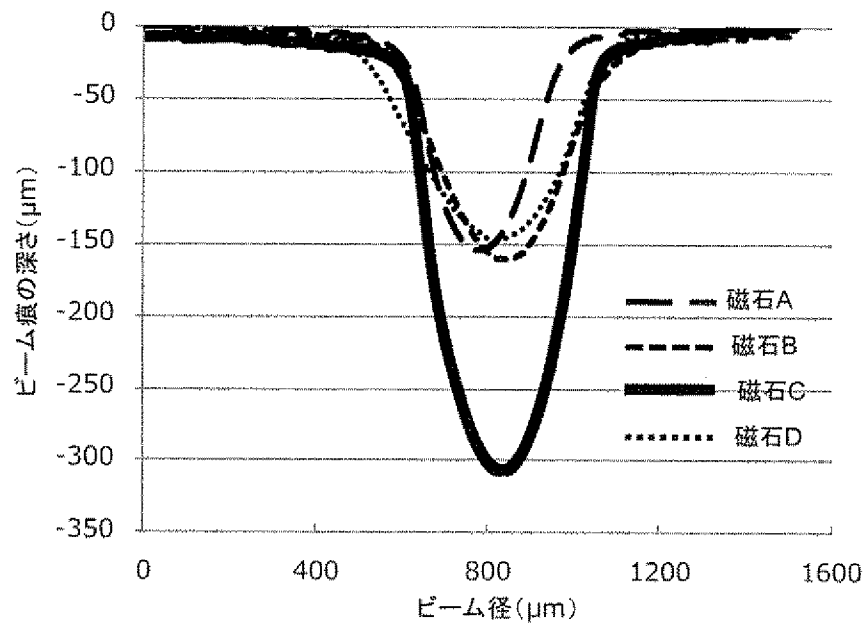
【図7】



[図8]

図8

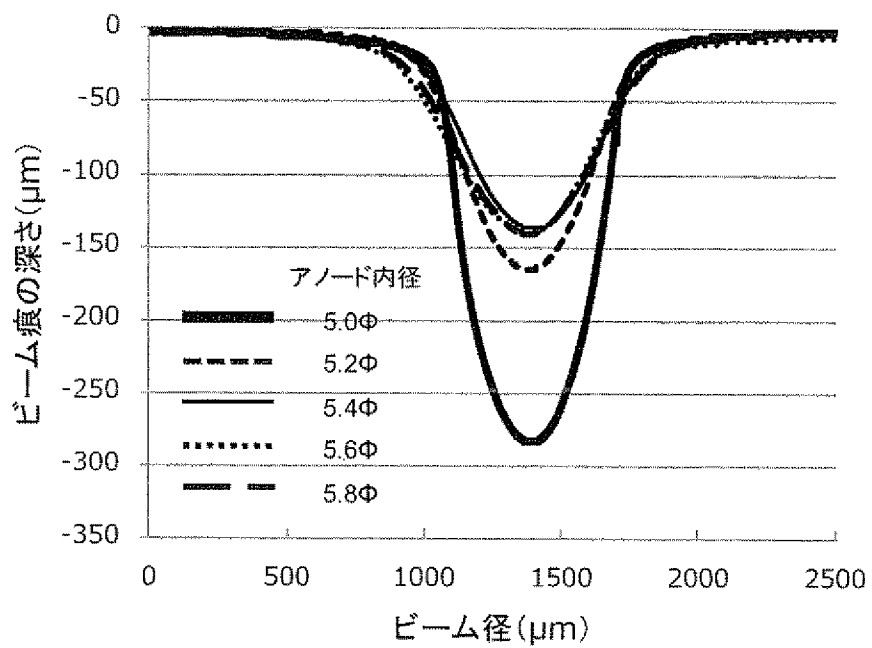
【図8】



[図9]

図9

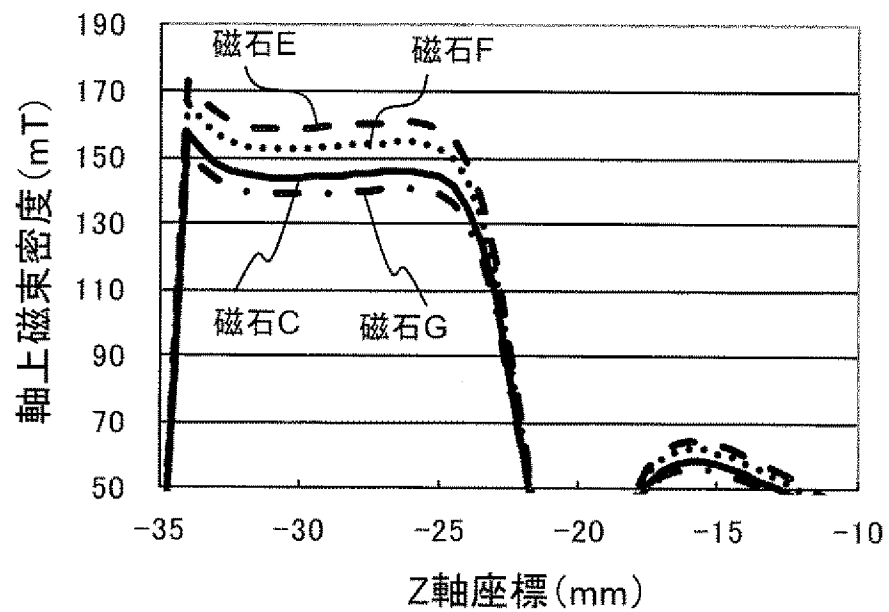
【図9】



[図10]

図10

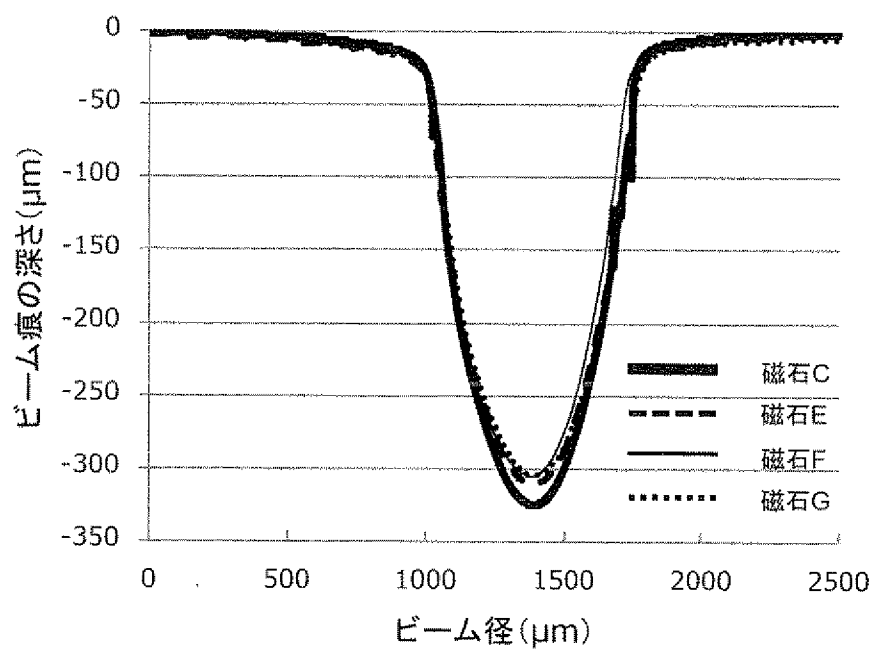
【図10】



[図11]

図11

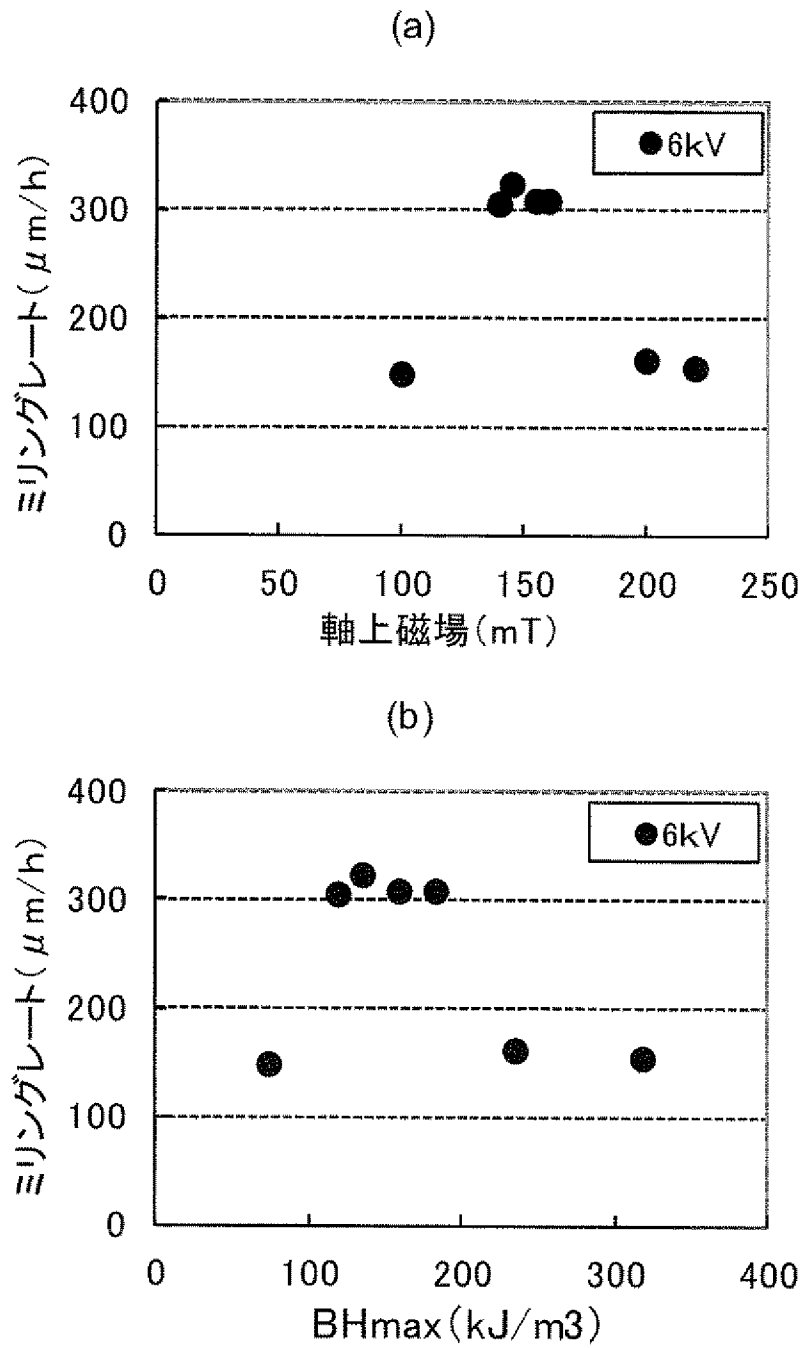
【図11】



[図12]

図12

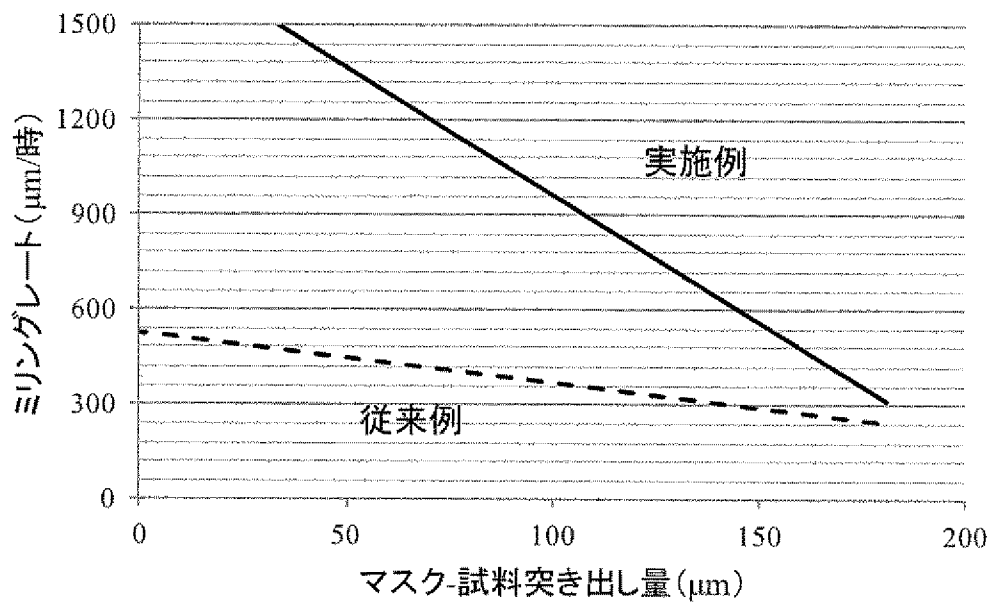
【図12】



[図13]

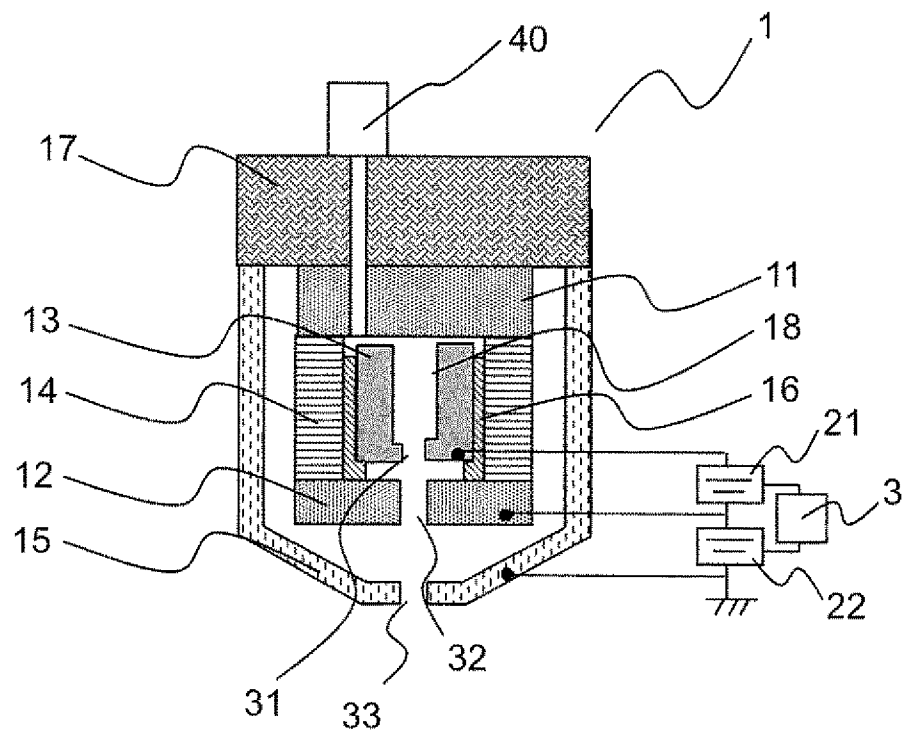
図13

【図13】



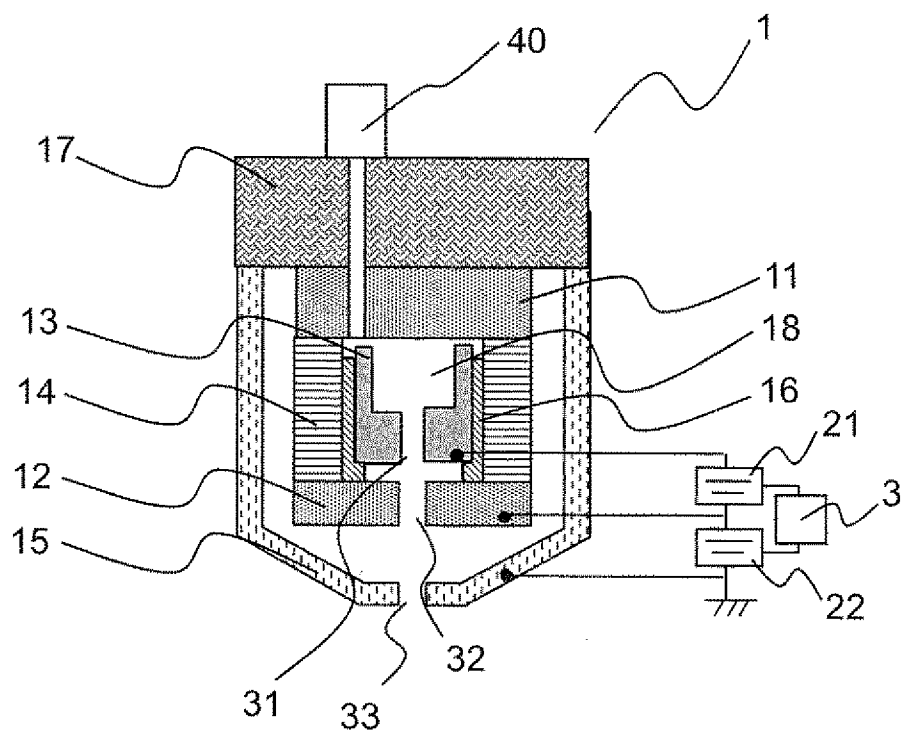
[図14]

【図14】 図14



[図15]

【図15】 図15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/071433

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J27/04(2006.01)i, H01J37/08(2006.01)i, H01J37/305(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J27/02-27/26, H01J37/08, H01J37/30, H01J37/305

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII) & Keyword: PENINGU, KOGATA
(in Japanese), Scopus & Keyword: penning, anode, small

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-351374 A (JEOL Ltd.), 28 December 2006 (28.12.2006), paragraphs [0001], [0009] to [0013]; fig. 1 & US 2006/0284105 A1 paragraphs [0002], [0018] to [0030]; fig. 1	1-20
Y	US 4423355 A (TOKYO SHIBAURA DENKI KABUSHIKIKAISHA), 27 December 1983 (27.12.1983), column 1, line 40 to column 2, line 17; fig. 1 & JP 56-134454 A & JP 57-27538 A & JP 57-27539 A & JP 57-65648 A & JP 57-75136 A & JP 57-87050 A & JP 57-87051 A & EP 36665 A1 & DE 3164277 D	1-20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 October 2015 (06.10.15)

Date of mailing of the international search report
20 October 2015 (20.10.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/071433

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-355764 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 26 December 2000 (26.12.2000), paragraph [0019]; fig. 2 (Family: none)	1-20

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01J27/04(2006.01)i, H01J37/08(2006.01)i, H01J37/305(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01J27/02-27/26, H01J37/08, H01J37/30, H01J37/305			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 5 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 5 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII) & キーワード：ペニング，小型 Scopus & キーワード：penning, anode, small			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
Y	JP 2006-351374 A（日本電子株式会社）2006.12.28, [0001], [0009] - [0013], 図1 & US 2006/0284105 A1 ([0002], [0018] - [0030], FIG. 1)	1-20	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 0 6 . 1 0 . 2 0 1 5		国際調査報告の発送日 2 0 . 1 0 . 2 0 1 5	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 小野 健二 電話番号 03-3581-1101 内線 3226	2 G 5 0 6 1

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	US 4423355 A (TOKYO SHIBAURA DENKI KABUSHIKIKAI SHA) 1983. 12. 27, 第1欄40行―第2欄17行, FIG. 1 & JP 56-134454 A & JP 57-27538 A & JP 57-27539 A & JP 57-65648 A & JP 57-75136 A & JP 57-87050 A & JP 57-87051 A & EP 36665 A1 & DE 3164277 D	1-20
Y	JP 2000-355764 A (旭硝子株式会社) 2000. 12. 26, [0019], 図2 (ファミリーなし)	1-20