(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2005-290537
(P2005-290537A)
(43)公開日　平成17年10月20日(2005.10.20)

(51)Int.Cl.[7]	F I	テーマコード（参考）
C23C 16/50	C23C 16/50	4K030

審査請求 未請求　請求項の数 6　書面　（全 14 頁）

(21)出願番号　特願2004-132262 (P2004-132262)
(22)出願日　平成16年3月31日 (2004.3.31)

(71)出願人　000238016
冨士ダイス株式会社
東京都大田区下丸子２丁目１７番１０号
(72)発明者　斉藤　貴広
東京都大田区下丸子二丁目１７番１０号
冨士ダイス株式会社内
(72)発明者　石川　英樹
東京都大田区下丸子二丁目１７番１０号
冨士ダイス株式会社内
(72)発明者　寺田　修
東京都大田区下丸子二丁目１７番１０号
冨士ダイス株式会社内
(72)発明者　九鬼　康城
埼玉県さいたま市見沼区東大宮四丁目４番
１号　株式会社サーフテック内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】高密度プラズマ表面被覆処理方法および装置

(57)【要約】
【課題】　基材の小内径孔内壁または複雑形状の基材表面に非晶質被膜を被覆することを可能とする高密度プラズマ表面被覆処理方法および装置を提供する。
【解決手段】　被覆処理室内に磁場を直接作用させること、さらには基材にパルスバイアス電圧を印加することにより、高密度に収束された安定なプラズマを発生させ、従来被覆困難であった基材の小内径孔内壁または複雑形状の基材表面に高密度のプラズマを誘引することにより、非晶質被膜を被覆することを可能にした。
【選択図】　なし

【特許請求の範囲】
【請求項１】
被覆処理室内に配置した永久磁石または磁気コイルによる磁場の作用によりプラズマを収束させ、基材の小内径孔内壁または複雑形状の基材表面に非晶質被膜を被覆することを可能としたことを特徴とする高密度プラズマ表面被覆処理方法。
【請求項２】
上記磁場の磁束線の方向がプラズマ発生源から基材への方向と一致していることを特徴とする、請求項１に記載の高密度プラズマ表面被覆処理方法。
【請求項３】
被覆処理時に、基材にパルスバイアス電圧を印加することを特徴とする、請求項１または２に記載の高密度プラズマ表面被覆処理方法。
【請求項４】
被覆処理室内にプラズマ収束用の磁場を作用させ、基材の小内径孔内壁または複雑形状の基材表面に非晶質被膜を被覆することを可能としたことを特徴とする高密度プラズマ表面被覆処理装置。
【請求項５】
上記磁場の磁束線の方向がプラズマ発生源から基材への方向と一致していることを特徴とする、請求項４に記載の高密度プラズマ表面被覆処理装置。
【請求項６】
パルスバイアス電源を接続し、基材にパルスバイアス電圧を印加することを特徴とする、請求項４または５に記載の高密度プラズマ表面被覆処理装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は基材の小内径孔内壁または複雑形状の基材表面に、非晶質被膜を被覆することを可能とする高密度プラズマ表面被覆処理方法および装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
現在、ＰＶＤ（物理気相蒸着）法やＣＶＤ（化学気相蒸着）法のドライプロセスにより、各種の非晶質（アモルファス）被膜を被覆した種々の製品が実用されている。例えば、太陽電池や液晶ディスプレイの駆動用薄膜トランジスタには、非晶質珪素被膜が被覆されている。また、非晶質炭素（ダイヤモンドライクカーボン；ＤＬＣ）からなる被膜は、高硬度かつ低摩擦係数であること、ならびにＡｌやＣｕに対する耐焼付き性、加熱した樹脂やガラスに対する離型性および耐食性等に優れることから、Ａｌ、Ｃｕ、樹脂、ガラス等の加工用工具、金型、ハードディスクデバイスおよび音響素子等の保護膜として用いられている。
【０００３】
非晶質被膜の被覆方法は、ＰＶＤ法およびプラズマＣＶＤ法に分類でき、ＰＶＤ法の中でもさらに幾つかの方法に分類される。現在、イオン化蒸着法、直流または高周波イオンプレーティング法、スパッタリング法等が主に用いられている。またプラズマＣＶＤ法では、直流や高周波を用いた方法が用いられている。これらの方法は何れも低温プロセスであり、原料ガスのプラズマ反応により基材に被膜が被覆される。非晶質被膜成分の供給原料は被覆方法や要求される被膜特性により選択され、成分元素固体、合金または成分元素の化合物ガス等が用いられる。
【０００４】
非晶質被膜の応用例のうち工具、金型については、その高精密化、微細化、複雑形状化が近年顕著に進んでいる。例えば導線接続用端子や光ファイバー用端子は直径０．１～１０ｍｍ程度の細棒端子であり、圧延板の打抜き加工により製造される。当然ながら、打抜き金型にも端子と同レベルか、またはそれ以上の高精密、複雑形状が要求される。これらの工具材料には、高耐摩耗性が求められるため、従来より超硬合金や工具鋼が用いられて

きた。しかし被加工材がＣｕやＰｔ合金の場合、これらは工具表面に凝着し易いため、打抜き加工中に工具寸法変化や焼付きを生じて短寿命となることが問題となっている。

【０００５】

Ｃｕ、ＰｔまたはＡｌ等の軟質金属に対する耐凝着性については、非晶質被膜であるＤＬＣ被膜が優れることが従来より知られている。しかし上述の工具や金型では、内径の小さな（特に直径１０ｍｍ以下）孔内壁にＤＬＣ被膜を被覆することは、現在のＤＬＣ被覆技術では著しく困難であり、実用化されていないのが現状である。被覆が困難である原因は、孔内部ではＤＬＣを生成させるための反応プラズマの密度が著しく低く、不安定であることや、被覆場所によるプラズマ密度の変化が大きいことなどである。

【０００６】

プラズマ密度を増加させる方法として、磁場を用いる方法が従来より知られている。プラズマに磁場を加えると、プラズマを構成する荷電粒子（電子およびイオン）は磁束線方向に沿って円運動する。円運動の半径（ラーマー半径）Ｒｃは、以下の（１）式にて求められる。

【０００７】

【数１】

$$Rc = \frac{mv}{|e| \cdot B} \qquad \cdots (1)$$

【０００８】

ここで、ｍは荷電粒子の質量、ｖは円周方向の運動速度、ｅは電子の電荷、Ｂは磁界強さ（磁束密度）である。これより、磁界強さ（磁束密度）が大きいほど半径は反比例的に小さくなり、プラズマは収束することが分かる。

【０００９】

プラズマが収束するとともにイオン密度は増加するため、基材孔内または複雑形状表面の近傍においてプラズマの安定性が保たれることが期待できる。

【００１０】

この原理を用い、イオンビームや電子ビーム等を発生させ、ＰＶＤ法や、ＣＶＤ法に用いる場合もある。例えば、ホローカソード法によるイオンプレーティングにおいて、金属蒸発源と基材の間に磁気コイルを挿入することにより、プラズマ密度を高くできることが開示されている（例えば、特許文献１参照）。しかしこの場合、蒸発源金属の種類により発生プラズマの制御し易さに差があり、例えばＴｉ、Ｃｒ等は制御し易いが、ＤＬＣ被膜原料である炭素は制御が非常に困難である。その結果、内径が１０ｍｍ以下の孔内壁にＤＬＣ被覆を行う場合、孔内部のプラズマ密度は依然として低く、かつ不均一であるため、孔内壁全面への被覆は困難であった。

【００１１】

また、基材孔内に補助用治具を挿入して内壁にＤＬＣ被覆を行う方法が開示されている（例えば、特許文献２参照）。しかし小内径孔の場合では、依然としてプラズマは不安定であり、被覆は困難であった。

【００１２】

一方、ＰＳＩＩ（Ｐｌａｓｍａ　Ｓｏｕｒｃｅ　Ｉｏｎ　Ｉｍｐｌａｎｔａｔｉｏｎ、またはＰＢＩＩ（Ｐｌａｓｍａ　Ｂａｓｅｄ　Ｉｏｎ　Ｉｍｐｌａｎｔａｔｉｏｎ））法と呼ばれる基材に数十ｋＶの高パルスバイアス電圧を印加したイオン注入法により、基材の複雑形状表面への被膜つき回り及び密着力が向上することが開示されている（例えば、特許文献３および４参照）。しかしこの場合でも、内径１０ｍｍ以下の小内径孔では孔内のプラズマ密度は依然として低く、かつ不均一であることから、非晶質被膜の被覆は困難であった。

【００１３】

【特許文献１】特開平６－２６４２２５号公報

【特許文献２】特開平１０－１２１２４７号公報
【特許文献３】特開平８－２７２１７７号公報
【特許文献４】特開平１１－３３５８３２号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【００１４】
本発明は、以上述べたような問題点を解決し、直径１０ｍｍ以下の小内径の孔内壁や複雑形状の基材表面にも、非晶質被膜の被覆が可能な表面被覆処理方法および装置を提供しようとするものである。
【課題を解決するための手段】
【００１５】
本発明では、基材の上下に磁場を作用させ、その磁場の方向をプラズマ発生源から基材への方向と一致させることにより、内径１０ｍｍ以下の孔内部においてプラズマを高密度かつ均一になるように調整することができるようにし、孔内壁への非晶質被膜の被覆を可能とした。プラズマ発生方法は、イオン化銃を用いたイオン化蒸着法や、高周波電極、マイクロ波等を用いた方法のうちどれでもよいが、イオン化銃や高周波電極を用いた場合、発生プラズマの制御がより容易である。磁場を作用させるには永久磁石、磁気コイルのどちらを用いてもよい。
【００１６】
また、基材にパルスバイアス電圧を印加することにより、孔内部のプラズマ密度をより高くすることができ、これにより直径１ｍｍまでの小径の孔内壁への被覆を可能にした。
【００１７】
更に、プラズマ収束用磁石をプラズマ発生電極と基材との間に円筒状に隙間無く配置することにより、孔内部のプラズマ密度をさらに高くすることができ、直径１ｍｍまでの小径の孔内壁への被覆をさらに容易にした。
【発明の効果】
【００１８】
本発明により、安定した高密度プラズマを発生させることができるようになるため、従来著しく困難であった基材の小内径孔内壁や複雑形状の基材表面への非晶質被膜の被覆が可能となる。
【発明を実施するための最良の形態・実施例】
【００１９】
以下、実施例により本発明を更に詳細に説明する。
（実施例１）図１に従来型のイオン化蒸着法による非晶質被膜被覆装置を示した。この装置の被覆処理室１内の２ヶ所（基材４とプラズマ発生電極（イオン化銃）２の間および基材の上側）に、図２に示すように複数の永久磁石を円筒状に配置することにより、プラズマ収束用の磁場を作用させる新たな本発明装置を作製した。本発明による磁石配置の一例を図３に示す。このとき磁場の方向は、イオン発生源であるイオン化銃から基材への方向と一致させた。また磁場の磁束密度は１．０Ｔとした。
【００２０】
この装置を用い、小内径の基材孔内壁へのＤＬＣ被覆を試みた。ＤＬＣ被膜の炭素供給原料にはベンゼン（C_6H_6）蒸気を、被覆基材にはＶ１０超硬合金を用いた。基材の形状は外径３０ｍｍ、高さ１０ｍｍの円筒とし、その孔径を１．０、２．０、５．０および１０．０ｍｍの４種類とした。これらの基材をアルコールによる脱脂、洗浄後、被覆処理室１中央上部の直流バイアス電極に取り付け、室温にて被覆試験に供した。
【００２１】
被覆手順は以下の通りである。まず被覆処理室１内を所定の真空度（1×10^{-2} Ｐａ）に達するまで真空排気した後、Ａｒガスを導入し、基材表面および孔内壁のＡｒイオンボンバード清浄化処理を行った。清浄化処理条件は、Ａｒガス流量２０ｃｃ／ｍｉｎ、Ａｒガス圧力1.4×10^{-1} Ｐａ、イオン化銃の出力１０Ｖ－３０Ａ、基材のバイアス電

圧－１０００Ｖとし、処理時間１５ｍｉｎとした。その後、被覆処理室内雰囲気をC_6H_6蒸気に切り換え、ＤＬＣ被覆処理を行った。C_6H_6蒸気の流量は２０～１００ｃｃ／ｍｉｎ間で変化させたが、その流量に対応して、被覆処理室内圧力は1×10^{-2}～１．０Ｐａの範囲内で変化した。イオン化銃の出力は１０Ｖ－３０Ａ、基材のバイアス電圧は－１０００Ｖとした。ＤＬＣ被覆処理時間は、基材のイオン化銃側端面に被覆されたＤＬＣ被膜の厚さが約３．０μｍとなるような時間とした（例えば、C_6H_6蒸気の流量２０ｃｃ／ｍｉｎの場合は１２０ｍｉｎ、１００ｃｃ／ｍｉｎの場合は２５ｍｉｎ）。導入されたC_6H_6蒸気はイオン化銃にて分解、イオン化され、プラズマを発生する。プラズマは２ヶ所の磁場によって収束、高密度化し、直流バイアス電圧を印加した基材の孔内部へ誘引される。それにより孔内壁へのＤＬＣ被覆が可能となった。基材はＡｒイオンボンバード清浄化処理～ＤＬＣ被覆処理の際のイオンスパッタ効果により加熱されるが、その温度は最高でも１５０℃程度である。

【００２２】

ＤＬＣ被覆処理終了後の各試料を縦切断し、孔内壁に被覆されたＤＬＣ被膜の厚さを測定した。測定位置は、孔のイオン化銃側口より深さ０ｍｍ（すなわちイオン化銃側端面近傍）、１ｍｍ、２ｍｍ、５ｍｍ、および１０ｍｍ（すなわち上側端面近傍）の５ヶ所とした。なお、被膜厚さが１．０μｍ以上では実用に十分用いることができるが、１．０μｍ未満では被膜強度に劣り、実用には適さない。以上のようにして、磁場無しの従来型のＤＬＣ被覆装置および磁場を有する本発明装置を用いた場合のＤＬＣ被膜厚さを比較した。各試料の孔内壁のＤＬＣ被膜厚さ測定結果をそれぞれ表１および表２に示した。

【００２３】

【００２４】

【表１】

従来型装置における孔内壁 DLC 被膜厚さ測定結果(単位:μm)

ガス流量	ガス圧力	孔径 1.0mm					孔径 2.0mm					孔径 5.0mm					孔径 10.0mm				
cc/min	Pa	端面からの深さ/mm					端面からの深さ/mm					端面からの深さ/mm					端面からの深さ/mm				
		端面	1	2	5	10	端面	1	2	5	10	端面	1	2	5	10	端面	1	2	5	10
20	1×10^{-2}	3.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.1	0.5	0.5	<0.5	<0.5	3.0	1.4	1.4	1.0	0.6
26	5×10^{-2}	3.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.1	0.5	0.5	<0.5	<0.5	3.0	1.5	1.5	1.2	0.8
35	1×10^{-1}	3.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.0	0.6	0.6	<0.5	<0.5	3.1	2.0	1.9	1.5	1.0
70	5×10^{-1}	3.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.1	0.8	0.8	<0.5	<0.5	3.0	2.3	2.2	1.7	1.2
100	1.0	3.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.0	0.9	0.8	<0.5	<0.5	3.0	2.6	2.6	2.0	1.3

被膜厚さ 1.0μm 以上:十分に実用に適する、0.5～1.0μm:被覆されるが、実用には適さない、<0.5:ほとんどまたは全く被膜無し

【表２】

本発明装置における孔内壁DLC被膜厚さ測定結果(単位:μm)

ガス流量	ガス圧力	孔径1.0mm					孔径2.0mm					孔径5.0mm					孔径10.0mm				
cc/min	Pa	端面からの深さ/mm					端面からの深さ/mm					端面からの深さ/mm					端面からの深さ/mm				
		端面	1	2	5	10	端面	1	2	5	10	端面	1	2	5	10	端面	1	2	5	10
20	1×10^{-2}	3.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.0	0.7	<0.5	<0.5	<0.5	3.0	1.4	1.2	0.9	0.5	3.1	2.0	1.8	1.4	1.0
26	5×10^{-2}	3.1	0.6	<0.5	<0.5	<0.5	3.0	0.9	0.8	<0.5	<0.5	3.0	1.5	1.2	0.9	0.6	3.0	2.1	1.9	1.3	1.1
35	1×10^{-1}	3.0	0.6	<0.5	<0.5	<0.5	3.0	1.1	0.7	<0.5	<0.5	3.1	1.8	1.4	1.1	0.8	3.1	2.5	2.4	1.6	1.3
70	5×10^{-1}	3.0	0.7	<0.5	<0.5	<0.5	2.9	1.2	0.8	<0.5	<0.5	3.0	2.0	1.8	1.2	1.1	3.0	2.6	2.5	2.0	1.5
100	1.0	3.0	0.8	<0.5	<0.5	<0.5	3.1	1.3	0.9	<0.5	<0.5	3.1	2.4	2.2	1.6	1.4	3.0	2.8	2.8	2.4	2.0

被膜厚さ1.0μm以上:十分に実用に適する、0.5～1.0μm:被覆されるが、実用には適さない、<0.5:ほとんどまたは全く被膜無し

【００２５】

従来型のＤＬＣ被覆装置においては、表１に示したように孔径が１０．０ｍｍのときに

は何れの原料ガス流量値であっても深さ１０ｍｍの位置まで厚さ０．６μｍ以上のＤＬＣ被膜が得られた。しかし、孔径５．０ｍｍでは深さ２ｍｍの位置までは一応被覆されるが、実用レベルには及ばず、さらに孔径５．０ｍｍ未満では孔内壁への被覆は困難であった。しかし表２に示すように、プラズマ収束用磁場を導入した本発明装置では、孔径１０．０ｍｍでは何れのガス流量値においても深さ１０ｍｍの位置まで十分な厚さのＤＬＣ被膜が被覆された。孔径１．０および２．０ｍｍの場合では、ガス流量が少ないときＤＬＣ被膜がほとんど被覆されない部分があったが、ＤＬＣ被覆可能深さは、従来型装置の場合よりも大であった。

【００２６】

次に本発明装置により被覆したＤＬＣ被膜について、ラマン分光分析を行った。一般に炭素系被膜のラマンスペクトルは、１５００ｃｍ$^{-1}$に炭素のＳＰ^{3}結合に由来するピーク（ダイヤモンドにおいて見られることから、Ｄピークと呼ばれる）と、１３５０ｃｍ$^{-1}$に炭素のＳＰ^{2}結合に由来するピーク（グラファイトにおいて見られることから、Ｇピークと呼ばれる）の２ピークが見られる。本発明装置にて被覆された被膜のラマンスペクトル図を図４に示す。これより、１５００ｃｍ$^{-1}$及び１３５０ｃｍ$^{-1}$の２ヶ所に、ブロードなピークが生じており、このことから、本被膜はＳＰ^{3}結合とＳＰ^{2}結合の混在した非晶質状態（すなわちＤＬＣ）であることが分かる。

【００２７】

（実施例２）実施例１と同様の本発明装置において、基材に印加するバイアス電圧をパルス式に変更した。装置の概略図を図５に示した。被覆時のパルス印加条件は、周波数１ｋＨｚ、負荷時間比（ｄｕｔｙ比）１０％、印加電圧は－１０００Ｖとした。基材は、実施例１と同様の材種、形状、前処理とした。被覆手順もバイアス電圧印加方式以外は実施例１と同様としたが、被覆時のC_6H_6蒸気の流量は１００ｃｃ／ｍｉｎ一定とした。被覆処理後の基材孔内壁におけるＤＬＣ被覆厚さについて実施例１と同様の測定を行った。結果を表３に示すが、本発明装置にパルスバイアス電圧を印加すると、さらに孔径１．０ｍｍまで孔内壁に十分な被膜厚さの被覆が可能となり、バイアス電圧の印加方式をパルス式とすることの効果が確認された。

【００２８】

【００２９】

【表３】

基材にパルスバイアス電圧を印加した、本発明装置における孔内壁DLC被膜厚さ測定結果(1)(単位:μm)

	バイアス方式	孔径1.0mm					孔径2.0mm					孔径5.0mm					孔径10.0mm				
		端面からの深さ/mm					端面からの深さ/mm					端面からの深さ/mm					端面からの深さ/mm				
		端面	1	2	5	10	端面	1	2	5	10	端面	1	2	5	10	端面	1	2	5	10
本発明装置	直流	3.0	0.8	<0.5	<0.5	<0.5	3.1	1.3	0.9	<0.5	<0.5	3.1	2.4	2.2	1.6	1.4	3.0	2.8	2.8	2.4	2.0
	パルス	3.0	1.8	1.7	1.3	1.0	3.1	2.1	2.0	1.4	1.1	3.0	2.6	2.4	1.9	1.6	3.0	3.0	2.9	2.6	2.1
従来装置	直流	3.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.0	0.9	0.8	<0.5	<0.5	3.0	2.6	2.6	2.0	1.3

被膜厚さ1.0μm以上:十分に実用に適する、0.5～1.0μm:被覆されるが、実用には適さない、<0.5:ほとんどまたは全く被膜無し

（実施例３）実施例１または２と同様の本発明装置において、この装置の被覆処理室１内の２ヶ所（基材４とプラズマ発生電極（イオン化銃）２の間および基材の上側）に、複数の永久磁石を円筒状に配置し、その際基材／イオン化銃間の磁石は実施例１よりもさらに長い円筒状に配置し、基材とイオン化銃の間を隙間無く囲む形とした。装置の概略図を図６に示す。基材に印加するバイアス電圧は直流またはパルス式とし、印加条件はそれぞれ実施例１、２と同様とした。基材は、実施例１、２と同様の材種、形状、前処理とした。被覆手順もバイアス電圧印加方式は実施例２と同様に直流式とパルス式とし、被覆時のC_6H_6蒸気の流量は１００ｃｃ／ｍｉｎ一定とした。被覆処理後の基材孔内壁におけるＤＬＣ被覆厚さについて実施例１、２と同様の測定を行い、他の磁場条件の場合と比較した。結果を表４に示すが、磁場をプラズマ発生電極から基材まで囲む形とすると、直流バイアスの場合においても孔径１．０ｍｍでも孔内壁に深さ１０ｍｍまで十分な厚さの被膜が被覆された。パルスバイアスの場合では、深さ１０ｍｍ部分の被膜厚さがさらに改善された。これより本方法により磁場を形成させることの効果が確認された。

【００３０】

【００３１】

【表4】

本発明装置において、2種の磁場形状における孔内壁DLC被膜厚さ測定結果(単位:μm)

	磁場形状	バイアス方式	孔径1.0mm					孔径2.0mm					孔径5.0mm					孔径10.0mm				
			端面からの深さ/mm					端面からの深さ/mm					端面からの深さ/mm					端面からの深さ/mm				
			端面	1	2	5	10	端面	1	2	5	10	端面	1	2	5	10	端面	1	2	5	10
本発明装置	囲み磁場	直流	3.0	1.7	1.5	1.2	1.0	3.0	2.0	1.6	1.3	1.0	3.0	2.5	2.3	1.8	1.8	3.0	3.0	2.8	2.5	2.1
		パルス	3.0	2.4	2.2	1.9	1.4	3.0	2.6	2.5	2.1	1.7	3.0	2.9	2.8	2.4	2.0	3.0	3.0	2.9	2.7	2.4
	薄円筒磁場	直流	3.0	0.8	<0.5	<0.5	<0.5	3.1	1.3	0.9	<0.5	<0.5	3.1	2.4	2.2	1.6	1.4	3.0	2.8	2.8	2.4	2.0
		パルス	3.0	1.8	1.7	1.3	1.0	3.1	2.1	2.0	1.4	1.1	3.0	2.6	2.4	1.9	1.6	3.0	3.0	2.9	2.6	2.1
従来装置	磁場無し	直流	3.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	3.0	0.9	0.8	<0.5	<0.5	3.0	2.6	2.6	2.0	1.3

被膜厚さ1.0μm以上:十分に実用に適する、0.5～1.0μm:被覆されるが、実用には適さない、<0.5:ほとんどまたは全く被膜無し

以上の実施例では、ＤＬＣ被膜を孔内壁に被覆する場合について述べたが、本発明はＤＬＣ被覆に限定されるものではない。例えば、非晶質珪素被膜を被覆する場合には、珪素供給原料にシラン（SiH_4）ガスまたはテトラエチルシラン（$Si(C_2H_5)_4$）等の有機珪素化合物ガスを用い、他は前記実施例と同様の条件で被覆処理すれば、同様の結果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【００３２】

【図１】従来のイオン化蒸着法による表面被覆処理方法および装置の原理と概略を説明する図。

【図２】本発明の、磁場によりプラズマを収束した、高密度プラズマ表面被覆処理方法および装置の原理と概略を説明する図。

【図３】本発明装置における、プラズマ収束用磁石の配置図。

【図４】本発明装置により被覆されたＤＬＣ被膜のラマンスペクトル図。

【図５】本発明品である、基材にパルスバイアス電圧を印加することを特徴とする、高密度プラズマ表面被覆処理方法および装置の原理と概略を説明する図。

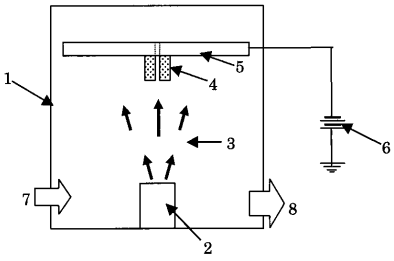
【図６】本発明装置である、磁石を基材／プラズマ発生電極間を隙間無く囲む形とすることを特徴とする、高密度プラズマ表面被覆処理方法および装置の原理と概略を説明する図。

【符号の説明】

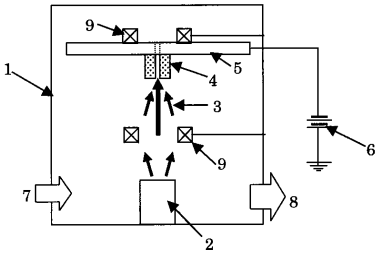
【００３３】

１　被覆処理室
２　プラズマ発生電極
３　発生プラズマの流れ
４　基材
５　基材取付電極
６　直流バイアス電圧電源
７　ガス導入路
８　ガス排気路
９　プラズマ収束用磁石
１０　磁石
１１　固定板
１２　ラマンスペクトルにおけるＤピーク
１３　ラマンスペクトルにおけるＧピーク
１４　パルスバイアス電圧電源

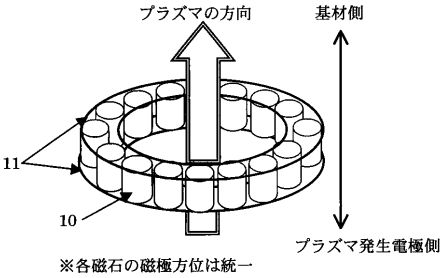
【図１】



【図２】

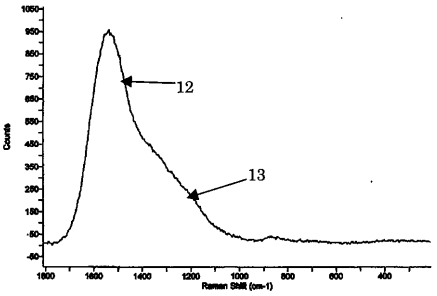


【図３】

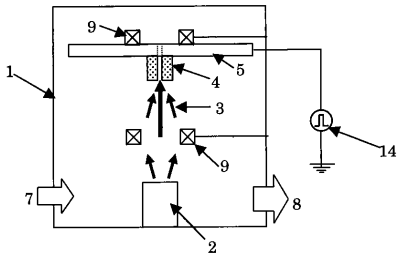


※各磁石の磁極方位は統一

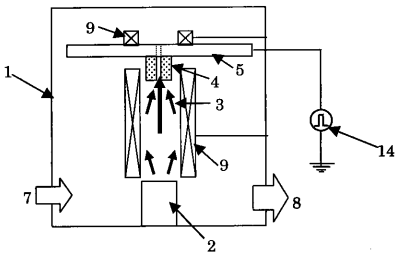
【図４】



【図５】



【図６】



フロントページの続き

Ｆターム(参考) 4K030 AA09 BA28 BB05 CA03 FA01 JA15 KA20 KA34 LA21 LA22