

(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2007-179867

(P2007-179867A)

(43) 公開日 平成19年7月12日(2007.7.12)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 J 1/304 (2006.01)	HO 1 J 1/30 F	2HO97
HO 1 J 37/073 (2006.01)	HO 1 J 37/073	5CO30
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 541B	5C135
GO 3 F 7/20 (2006.01)	GO 3 F 7/20 504	5FO56

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2005-376860 (P2005-376860)
 (22) 出願日 平成17年12月28日(2005.12.28)

(71) 出願人 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (72) 発明者 林原 光男
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社日立製作所
 日立研究所内
 (72) 発明者 藤枝 正
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社日立製作所
 日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 繊維状炭素物質を用いた電子源

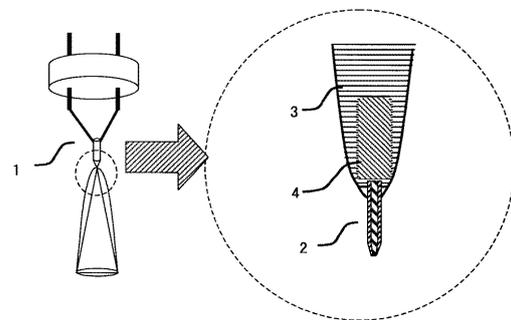
(57) 【要約】

【課題】 繊維状炭素を用いた電子源において、エネルギー幅の小さい電子線を放出可能な電子源を提供する。

【解決手段】 繊維状炭素を基材に接合した電子源において、該繊維状炭素中は窒素、ボロン、リン、硫黄の少なくとも1種類を1~5原子%含有し、ラマン分光強度のIG/ID比(IG; グラファイト構造における炭素の伸縮運動に対応するラマン散乱強度、ID; 結晶格子乱れに対応するラマン散乱強度)が0.75以上であることを特徴とする。グラファイト構造の割合を高めることにより、電子線のエネルギー幅を小さくできる。

【選択図】 図2

図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

繊維状炭素と、前記繊維状炭素が接合された導電性の基材を有する電子源において、該繊維状炭素はボロン、窒素、リン、硫黄の中の少なくとも 1 種類を 0.1 ~ 5 原子% 含有し、

前記繊維状炭素のラマン分光強度の I G / I D 比が 0.75 以上であることを特徴とする電子源。

【請求項 2】

請求項 1 に記載された電子源であって、前記繊維状炭素の先端部が閉構造になっており、先端が概略軸対称であることを特徴とする電子源。

10

【請求項 3】

請求項 1 に記載された電子源であって、前記ボロン、窒素、リン、硫黄のいずれかの原子は繊維状炭素を形成する炭素骨格の一部炭素が置換された構造であることを特徴とする電子源。

【請求項 4】

請求項 1 に記載された電子源であって、前記ボロン、窒素、リン、硫黄のいずれかの原子がピリジン構造であることを特徴とする電子源。

【請求項 5】

請求項 1 に記載された電子源であって、前記ボロン、窒素、リン、硫黄のいずれかの原子の最近接位置に少なくとも同種の不純物原子が存在する構造であることを特徴とする電子源。

20

【請求項 6】

請求項 1 に記載された電子源であって、前記電子源の 1 本の繊維状炭素より真空中に放出される電子のエネルギー幅が、電流密度 0.01 ~ 0.1 μA の領域において、0.25 eV 以下であることを特徴とする電子源。

【請求項 7】

請求項 1 に記載された電子源であって、電子エネルギーの分布の最大ピーク位置を基準点とした時に、電流 0.1 ~ 1.0 μA の領域で、エネルギー分布の高エネルギー側の半値幅位置が基準点から 0.15 eV 以内にあり、低エネルギー側の半値幅位置が基準点から 0.3 eV 以内にあることを特徴とする電子源。

30

【請求項 8】

請求項 1 に記載された電子源であって、電流 0.1 μA ~ 1.0 μA の領域で、電子エネルギー分布の高エネルギー側の半値幅位置の電流値に対する変化が 0.2 eV 以内であることを特徴とする電子源。

【請求項 9】

請求項 1 に記載された電子源であって、前記繊維状炭素は、1 本もしくはバンドル状を有し、前記繊維状炭素の直径は 50 nm ~ 200 nm であることを特徴とする電子源。

【請求項 10】

請求項 2 に記載された電子源であって、前記繊維状炭素の先端部が、概略半球状、もしくは先端部が局所的に平面構造を有するカップ状であることを特徴とする電子源。

40

【請求項 11】

請求項 1 に記載された電子源であって、前記繊維状炭素は長さ 2 ~ 10 μm 、かつ、前記繊維状炭素の導電性基材からの突出長さは 0.5 ~ 3.0 μm であることを特徴とする電子源。

【請求項 12】

請求項 11 に記載された電子源であって、前記繊維状炭素は金属を含有する堆積層により導電性基材に接合されており、前記堆積層の厚さが 50 nm 以上であり、前記堆積層が該繊維状炭素の 0.5 μm 以上の領域を被覆していることを特徴とする電子源。

【請求項 13】

請求項 12 に記載された電子源であって、前記電子源の合計抵抗が 20 k Ω 以下である

50

ことを特徴とする電子源。

【請求項 14】

ボロン，窒素，リン，硫黄の少なくとも 1 種類を 0.1 ~ 5 原子% 含有し、ラマン分光強度の I G / I D 比が 0.75 以上であることを特徴とする繊維状炭素物質。

【請求項 15】

請求項 14 に記載された繊維状炭素物質であって、該繊維状炭素は中実もしくは中空であり、少なくとも一方の先端が閉構造かつ概略軸対称であることを特徴とする繊維状炭素物質。

【請求項 16】

請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載された電子源を用いた電子顕微鏡。

10

【請求項 17】

請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載された電子源を用いた電子線描画装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は繊維状炭素と導電性基材とで構成した電子源に係り、特に、電子顕微鏡，電子線描画装置に好適な電子源の材料，構造に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体の微細化技術の発展に伴い、汎用 SEM，測長 SEM，電子線描画装置等の電子線を用いた計測機器では、より高い分解能や精度が要求されている。これらの課題を解決する技術として、繊維状炭素を用いた電子源が冷陰極電子源，ショットキー電子源などに続く電子源として期待されている。これは、1 本の繊維状炭素を導電性の基材に装着したものである。一般に、繊維状炭素はその先端径がナノレベルであり、仮想光源サイズが小さい。そのため、これを電子顕微鏡の電子源に適用した場合、高輝度な電子ビームが得られる。

20

【0003】

また、X 線分光分析等に使用される微小 X 線源用の電子源として、炭素と共に、ボロン及び窒素からなる群から選択された少なくとも一種を含有する面電子源を使用することにより、電子放出効率が向上するということが、特開 2003 - 36805 号公報（特許文献 1）に開示されている。

30

【0004】

【特許文献 1】特開 2003 - 36805 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

繊維状炭素を用いた電子源の実用化には、半導体微細化対応の観点から、エネルギー幅ならびに電子線の時間安定性をさらに高める必要がある。

【0006】

本発明で解決しようとする課題は、電子源の重要な性質の 1 つであるエネルギー幅、および電流安定性を向上させ、従来電子源以上の機能を付与することにある。すなわち、本発明の課題は、繊維状炭素を用いた電子源において、優れたエネルギー幅と電流安定性を実現可能な電子源、およびそれを達成するための繊維状炭素物質を提供することにある。

40

【0007】

また、高分解能の電子顕微鏡，高精度な電子線描画装置を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記第 1 の課題を解決する本発明の特徴は、繊維状炭素を導電性の基材に接合した電子源であって、該繊維状炭素にボロン，窒素，リン，硫黄の少なくとも 1 種類を 0.1 ~ 5

50

原子%含有させ、そのラマン分光強度のIG/ID比（IG；グラファイト構造における炭素の伸縮運動に対応するラマン散乱強度、ID；結晶格子乱れに対応するラマン散乱強度）を0.75以上としたことにある。特に、繊維状炭素の先端部を閉構造にすることが好ましい。本発明者らは、IG/IDが大きくなることに従って（グラファイト構造の割合が大きくなるに従って）エネルギー幅が小さくなることを見出した。つまり、結晶性がエネルギー幅に大きく影響し、炭素以外の元素、特にボロン、窒素、リン、硫黄を含有する繊維状炭素のグラファイト構造の割合を高めることにより、電子線のエネルギー幅が小さくなることを見出した。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、繊維状炭素を用いた電子源において、電子線のエネルギー幅が小さく、電流安定性の高い電子源を提供できる。また、この電子源を用いることにより高分解能の電子顕微鏡、及び高精細な電子線描画装置を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

上記のとおり、本発明では、一定量のボロン、窒素、リン、硫黄をカーボンナノチューブのような繊維状炭素物質に含有させ、その結晶化度を高めてグラファイト構造を多くしたものを使用した電子源を提供する。

【0011】

特に、エネルギー幅の低減と電流安定性向上のためには、上記繊維状炭素は中実もしくは中空で、先端が概略軸対称（円錐形状のように、ナノチューブの中心軸に対して先端が対称）のものを使用することが好ましい。

【0012】

また、エネルギー幅の低減のためには、上記のボロン、窒素、リン、硫黄等の不純物原子のいずれかが炭素と置換された構造とすることが好ましい。特に、上記のボロン、窒素、リン、硫黄のいずれかがピリジン構造を有するか、もしくはこれらの不純物原子の最近接位置に少なくとも同種の不純物原子が存在する構造となっているものを使用すると、もっともエネルギー幅が低減された。

【0013】

また、エネルギー幅の低減のためには、1本の繊維状炭素より真空中に放出される電子のエネルギー幅は、電流密度0.01～0.1 μ Aの領域において、0.25eV以下とすることが好ましい。特に電流が0.01～0.1 μ Aの低い領域では、他の因子（空間電荷効果等）の影響を受けにくく、材料そのもののエネルギー幅が得られるため、優れた材料特性を活用することが可能である。

【0014】

上記の構成によれば、電子のエネルギー分布の最大ピーク位置を基準点とした時に、電流0.1～1.0 μ Aの領域で、高エネルギー側の半値幅位置を基準点から0.15eV以内、低エネルギー側の半値幅位置を基準点から0.3eV以内とすることができ、好ましい。上記結果は電子が電界放出しており、エネルギー幅の大きい熱電子放出がないことにより得られる。

【0015】

電流0.1 μ A～1.0 μ Aの領域で、電子エネルギー分布の高エネルギー側の立ち上がり（半値幅）位置の電流に対する変化を0.2eV以内にするのが好ましい。電子源の抵抗を小さくすることで、抵抗が大きいと発熱して発生する熱電子の放出を抑制できる。特に、繊維状炭素の先端構造を、概略半球状、もしくは先端部が局所的に平面構造を有するカップ状にすることが好ましい。

【0016】

上記繊維状炭素として、1本もしくはバンドル状の繊維の直径を50nm～200nmとすることが好ましい。上記範囲にすることにより、電子密度が集中することによってエネルギー幅が増大するベルシェ効果を抑制できる。また、カーボンナノチューブの抵抗も

10

20

30

40

50

さがり、発熱による熱電子放出を低減することができる。いずれの効果においても、エネルギー幅が低減される。

【0017】

繊維状炭素として2～10 μ m長のもを用い、導電性基材からの繊維状炭素の突出長さを0.5～3.0 μ mとすることが好ましい。特に、繊維状炭素を導電性基材に接合する際に、接合に用いる金属含有の堆積層の厚さを50nm以上とし、該炭素物質の0.5 μ m以上の領域を被覆することが好ましい。また、導電性基材および繊維状炭素繊維の抵抗を合計で20k以下にすることが好ましい。電子放出中のCNTの発熱による熱電子放出を低減することができ、エネルギー幅低減に効果がある。

【実施例1】

【0018】

本発明で使用した繊維状炭素の作製方法を以下に記載する。

(1) ボロンをドーピングした繊維状炭素の作製法

B₄C粉末を表面に塗布し、黒鉛板を+極、TIG溶接トーチのタングステン電極を-極に接続した。次に、アルゴンガスを流しながら電流200Aで1秒間放電させ、ボロンをドーピングした繊維状炭素を作製した。

(2) ボロン、リン、硫黄をドーピングした繊維状炭素の作製法

ボロン、リン、硫黄を含む黒鉛ターゲットをアルゴンガス中(500Torr)で約1100に加熱した。次にNd:YAGレーザー(1064nm, 10Hz)をターゲットに照射し、ターゲットを溶発させることによって、ボロン、リン、硫黄をドーピングした繊維状炭素を作製した。

(3) 窒素をドーピングした繊維状炭素の作製法

アルミニウムtri-sec-ブトキシ(8g)をメタノール(50ml)に溶解した後、溶液が透明になるまで希釈し、HCl(0.01mM)溶液を加えた。さらに、硝酸鉄Fe(NO₃)₃·9H₂O(3.2g)を加えた後、アンモニア溶液を加え、ゲル化した。それを100で乾燥させた後、600で10時間焼成し、支持触媒を作製した。その支持触媒を石英管が設置された管状の電気炉に入れ、アルゴンガス(200sccm)を流しながら、800まで昇温し、800に達した時点で、水素(100sccm)を1時間導入することにより、支持触媒の酸化物を還元した。その後、アルゴンガスをキャリアガスとして石英管にジメチルホルムアミドHOCN(CH₃)₂を導入すると同時に、無水アンモニアガス(100sccm)を導入することによって、窒素がドーピングされた繊維状炭素を作製した。

(4) 窒素をドーピングした繊維状炭素の作製法(その2)

粉末状のメラミン(s-triaminotriazine)とフェロセン(dicyclopentadieny-liron)の混合粉末(メラミン:フェロセン=4:1)を石英管が設置された管状の電気炉に挿入し、アルゴンガス(0.8l/min)を流した雰囲気(1050, 15分間加熱することにより、窒素がドーピングされた繊維状炭素を作製した。

(5) 結晶度を高めた繊維状炭素の作製法

次に上記(1)～(4)の手法で作製した繊維状炭素を、真空中において1000～2100の範囲で約30分加熱した。

【0019】

1000度と2100度以外の例もあるのであれば、文章だけでも追加ください。

【0020】

1500でも実施。IG/IDは1000と2100の間の値を示した。

【0021】

図1は上記(4)の手法により窒素をドーピングした繊維状炭素の加熱前後におけるラマン分光スペクトルを示す。IG/IDは各スペクトルのピークの部分の面積比から算出した。1000、で熱処理した材料は、従来手法で作製した加熱前の比較材(図1印で表示)のIG/ID比がおよそ0.7であるのに対して、0.75となった。

【実施例2】

10

20

30

40

50

【0022】

本発明の繊維状炭素を用いた電子源の概略構成を図2示す。電子源1は一本の繊維状炭素2を、それを導電性基材3上に接合する導電性被覆層4で構成されている。導電性基材3の材質としては、特に限定されるものではないが、融点、耐酸化性、機械的強度の点から、貴金属（具体的には、金、銀、白金族）、結晶質カーボンあるいは高融点金属（具体的には、タングステン、タンタル、ニオブ、モリブデン等）が好ましい。繊維状炭素2の接合は、導電性元素を含む有機ガスを導入したチャンバー内で、接触部分の少なくとも一部に電子ビームを照射することにより導電性被覆層4を形成させて先端が閉構造の繊維状炭素2を導電性基材3に接合した。なお、接合プロセスで用いた有機ガスとしては、ピレンモノマー、タングステンカルボニル等が好適である。これらの有機ガスに電子ビームを照射することにより、繊維状炭素と導電性基材との接合部のみにカーボン層やタングステン層等の導電性材料を局所的に形成させることができる。

10

【0023】

図3に窒素を含有するCNTを1000で加熱して作製した電子源のエネルギー幅の測定結果を示す。IG/ID比は0.75である。図3からわかるように、本発明の繊維状炭素を用いた電子源は、電流0.01~1.0 μ Aにおけるエネルギー幅は0.25~0.5eVの値を示す。炭素のみからなるカーボンナノチューブを使用した場合の0.5~0.7eVに比べて優れた特性を有していることがわかった。今回の繊維状炭素で優れたエネルギー幅が得られた理由としては、ボロン、窒素、リン、硫黄を含有させることによって形成されたエネルギー準位が、炭素物質の結晶性の向上によって狭エネルギー幅化し、順位がシャープになった、あるいは結晶性の向上に伴って繊維状炭素の抵抗が減少し、エネルギー幅の増大に結びつく熱電子の放出が抑制されたことが考えられる。なお、図3において電流の増加に伴って0.1 μ A以上の領域で顕著にエネルギー幅が増大しているのは、ベルシェ効果によるもので、繊維状炭素の径を増大することにより改善可能である。ベルシェによる増分は0.1eV以下にするのが望ましいが、太さが100nm以上であれば使用上問題のない改善が可能であった。

20

【0024】

図4に電流安定性を示す変動率（電流変動幅÷平均電流値）を示す。繊維状炭素は、先端部が閉じており、かつ軸対称で概略半球状のものを用いた。また、その結果、本発明においては変動率が2%以内と優れた電流安定性を示した。加熱処理を行わない場合には、約5%程度、もしくはそれ以上の変動率を示した。

30

【0025】

また、作製した繊維状炭素の中では、ボロン、窒素、リン、硫黄を含有させることで、まっすぐな繊維状炭素物質の割合が高くなった。従って、高歩留まりで電子源を作製できることがわかった。

【0026】

これらの元素を2~5原子%含有させた繊維状炭素を分析したところ、窒素原子の最近接位置に窒素原子が存在するピリジン構造を有することがわかった。窒素原子の最近接位置に炭素が存在する単純置換構造と比較して、このように不純物原子の最近接位置に同種の不純物が存在する構造を有する繊維状炭素で電子源を構成し、エネルギー幅を測定した結果、図5に示す様に0.01~1.0 μ Aの領域において、0.25eV以下の極めて優れた値を示すことを見出した。これはフェルミ準位近傍にドーピングによる狭エネルギー幅の準位が形成されていることに起因すると考えられる。

40

【実施例3】

【0027】

次に、本発明で作製した別の電子源の実施例を説明する。電子源用の繊維状炭素の径は50~200nmのものが好適であることがわかった。これより小さくすると、ベルシェ効果と呼ばれる電子のエネルギー幅が増大する現象が現れる。所定の電流を得るための電流密度が大きくなるためと思われる。逆に径を大きくすると、繊維状炭素が湾曲する傾向にある。本実施例の繊維状炭素としては、直径約60nmのナノチューブ、長さ約5

50

μm のものを用いた。基材への接合の際、繊維状炭素としては $3 \sim 10 \mu\text{m}$ 長のものが良いことを見出した。繊維状炭素が長くなるとハンドリングが難しくなり、逆に短すぎると基材との接触抵抗が増大するからである。導電性基材からの繊維状炭素の突出部の長さは、 $0.5 \sim 3 \mu\text{m}$ が最適であった。これよりも長すぎると突出部の振動を起こした。また、電子源の抵抗が増大し、エネルギー幅を増大させる熱電子の放出が認められた。逆に突出部が短すぎると、電界強度が弱まるため電子放出がされにくくなった。

【0028】

不純物元素としてCNTに窒素2%を含有させた、IG/ID比が1.0のナノチューブを用いて、基材からの突出長さを約 $1 \mu\text{m}$ として作製した電子源からの電流値 $0.1 \mu\text{A}$ の時の電子のエネルギー分布を図6に示す。電子のエネルギー分布の最大ピーク位置を基準点とした時に、電流 $0.1 \sim 1.0 \mu\text{A}$ の領域で、電子エネルギーの基準点よりも高エネルギーで、半値幅位置(図6にAで表示)までが 0.15 eV 以内にあり、低エネルギー側(図6にBで表示)では 0.3 eV 以内であった。高エネルギー側の急峻な立ち上がりは、電界電子放出の特徴であり、このことから電界電子放出型の電子源を形成できたことを確認できた。

10

【0029】

図7は作製した電子源を電流 $0.1 \sim 5.6 \mu\text{A}$ の範囲で電流値を変化させた時のエネルギー分布変化を測定した結果を示す。エネルギー幅の変化は0が望ましく、変化しても 0.1 eV 以下である必要があるが、図7からわかるように、電流の増加に伴い、高エネルギー側の立ち上がりが鈍くなり、かつエネルギー幅も顕著に増大した。これは主として、抵抗によってナノチューブが加熱され、それに伴って温度が上昇し、熱電子が放出されたことによると考えられる。

20

【0030】

次に、図8は接合用の導電性被覆層の厚さを 50 nm 以上とし、該繊維状炭素の $0.5 \mu\text{m}$ 以上を覆って形成した電子源のエネルギー分布の変化を示す。この場合の立ち上がり位置の変化は 0.2 eV 以内で、エネルギー幅の増大抑制できることを見出した。このような改善が見られたのは、接合部の抵抗を低減し、電子源としての抵抗を 20 k 以下としたことによる。なお、図7の場合は、導電性被覆層の厚さを 60 nm とし、該繊維状炭素の $0.7 \mu\text{m}$ 程度を覆った電子源である。

【実施例4】

30

【0031】

図9に本発明の電子銃を用いた走査型電子顕微鏡(SEM)の全体構成図を示す。走査型電子顕微鏡は、電子銃から放出される電子ビームに沿って、アライメントコイル、コンデンサレンズ、非点補正コイル、偏向・走査コイル、対物レンズ、対物絞りが配置されている。試料は、試料ステージに設置され、電子ビームが照射されるようになっている。試料室内の側壁部に二次電子検出器が設けられている。また、試料室は排気系によって高真空に保持されるようになっている。このように構成されることから、電子銃から放出された電子ビームは陽極で加速され、電子レンズによって集束されて試料上の微小領域に照射される。この照射領域を二次元走査し、試料から放出される二次電子、反射電子等を二次電子検出器により検出し、その検出信号量の違いを基に拡大像を形成する。

40

【0032】

本発明の電子銃を走査型電子顕微鏡に適用することにより、従来機種と比べて格段に高分解能かつ高輝度な二次電子像や反射電子像を短時間で得られる走査型電子顕微鏡を実現することが可能となる。また、半導体プロセスにおける微細加工パターンの観察や寸法測長を行う測長SEMの電子光学系の基本構成も図13と同様で、本発明の電子銃を適用することによって、同様の効果が得られる。

【0033】

なお、電界放出型電子銃を搭載する走査型電子顕微鏡の構成は図13で示したものに限定されることはなく、電界放出型電子銃の特性が十分引出せる構成であれば従来周知の構成を採用できる。

50

【 0 0 3 4 】

図 1 0 は本発明の電子銃を搭載した電子線描画装置の全体構成例である。電子光学系の基本構成は前記した走査型電子顕微鏡とほぼ同様である。電子銃から電界放射により得られた電子ビームをコンデンサレンズで絞り、対物レンズで試料上に絞込み、ナノメータオーダーのビームスポットを得る。この時、試料への電子ビーム照射の ON / OFF を制御するブランキング電極の中心は、コンデンサレンズで作られるクロスオーバー点に一致した方がよい。

【 0 0 3 5 】

電子線描画は、電子ビームをブランキング電極で ON / OFF しながら、偏光・走査コイルにより試料上で電子ビームを偏光，走査させながら照射することで実施される。

10

【 0 0 3 6 】

電子線描画装置は、電子線に感応するレジストを塗布した試料基板に電子ビームを照射し、各種回路パターンを形成するものであるが、各種回路パターンの高精細化に伴い、極細プローブ径が得られる電子銃が必要になってきている。本発明の電子銃を適用することにより、従来機種に比べ、格段に高輝度かつ極細プローブ径が得られるため、高効率かつ高精細な電子線描画が可能となる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 3 7 】

本発明の電子源は、ならびにそれを実現する繊維状炭素繊維は、電子線を用いた分析装置，加工装置などに利用でき、特に、次世代，次々世代の半導体技術にも対応可能な計測システム，加工システムに適用できる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 8 】

【 図 1 】 本発明の材料のラマン分光スペクトルである。

【 図 2 】 本発明の電子源の基本構成図である。

【 図 3 】 本発明の電子源におけるエネルギー幅の測定結果である。

【 図 4 】 本発明の電子源における電流安定性の測定結果である。

【 図 5 】 本発明の電子源におけるエネルギー幅の測定結果である。

【 図 6 】 本発明の電子源におけるエネルギー分布の測定結果である。

【 図 7 】 本発明の電子源におけるエネルギー分布の測定結果である。

30

【 図 8 】 本発明および比較した電子源におけるエネルギー分布の測定結果である。

【 図 9 】 本発明の電子源を用いた走査型電子顕微鏡の構成を示す図である。

【 図 1 0 】 本発明の電子源を用いた電子線描画装置の構成を示す図である。

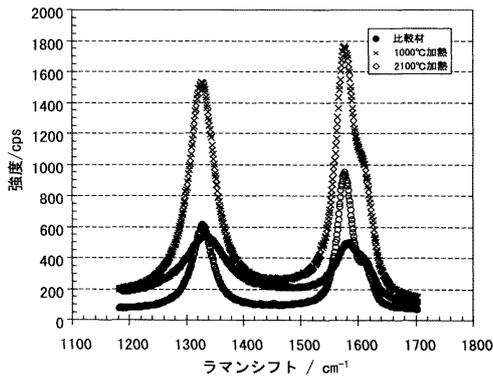
【 符号の説明 】

【 0 0 3 9 】

1 ... 電子源、 2 ... 繊維状炭素、 3 ... 導電性基材、 4 ... 導電性被覆層、 1 3 ... 電界放出型陰極、 1 4 ... 電子銃、 1 5 ... アライメントコイル、 1 6 ... コンデンサレンズ、 1 7 ... 非点補正コイル、 1 8 ... 対物レンズ、 1 9 ... 偏向，走査コイル、 2 0 ... 試料、 2 1 ... 二次電子検出器、 2 2 ... 対物レンズ絞り、 2 3 ... 試料ステージ、 2 4 ... 排気系、 2 5 ... ブランカ。

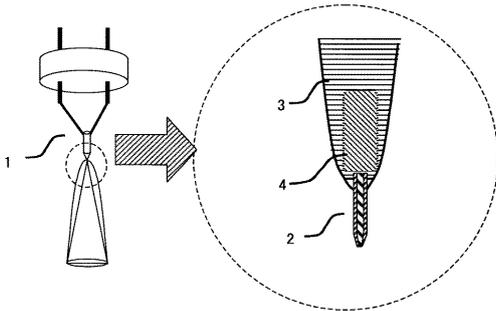
【 図 1 】

図 1



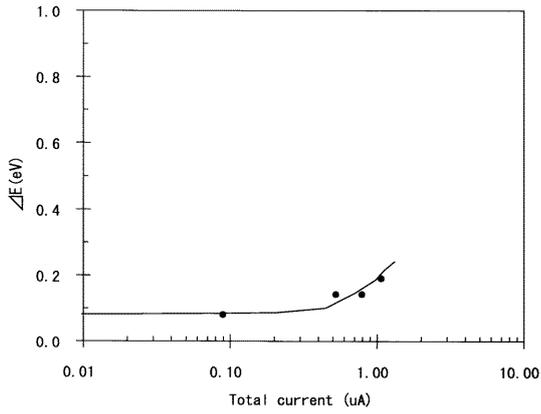
【 図 2 】

図 2



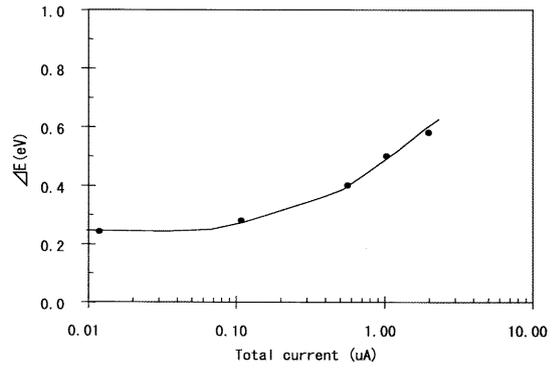
【 図 5 】

図 5



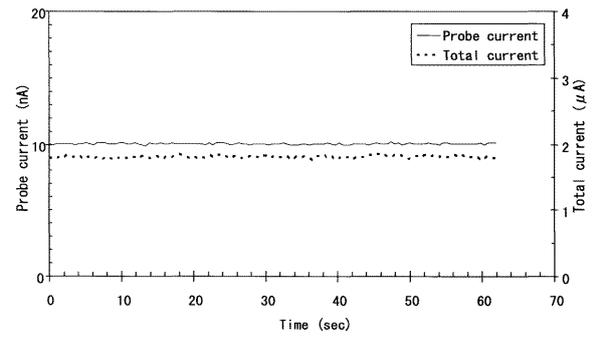
【 図 3 】

図 3



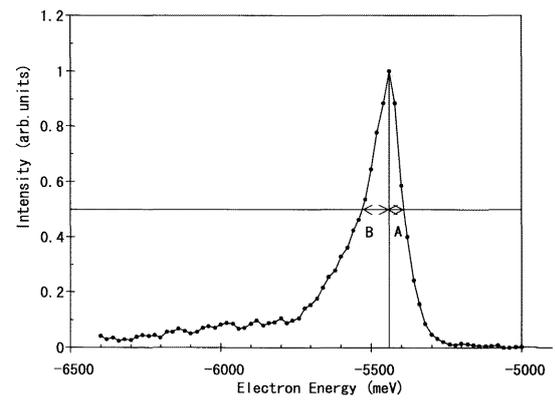
【 図 4 】

図 4



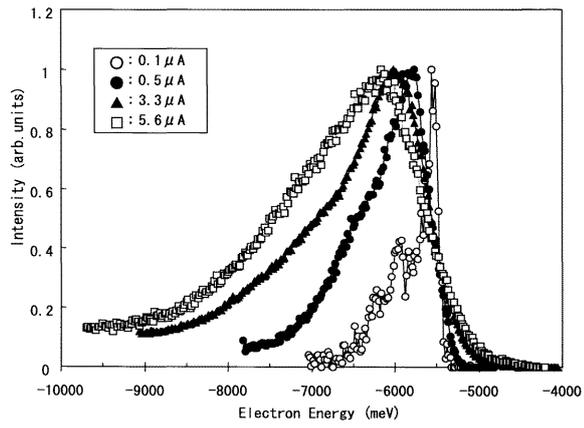
【 図 6 】

図 6



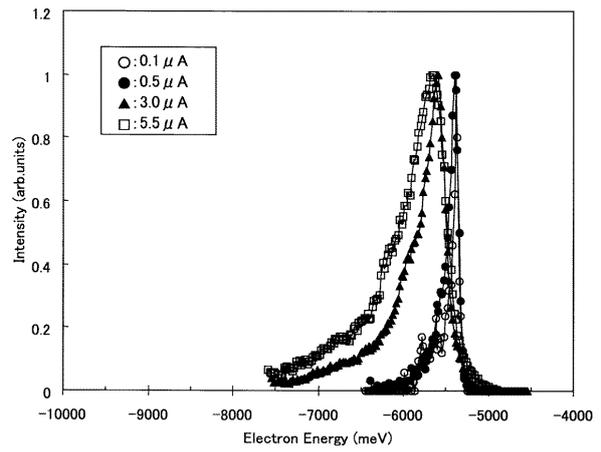
【 図 7 】

図 7



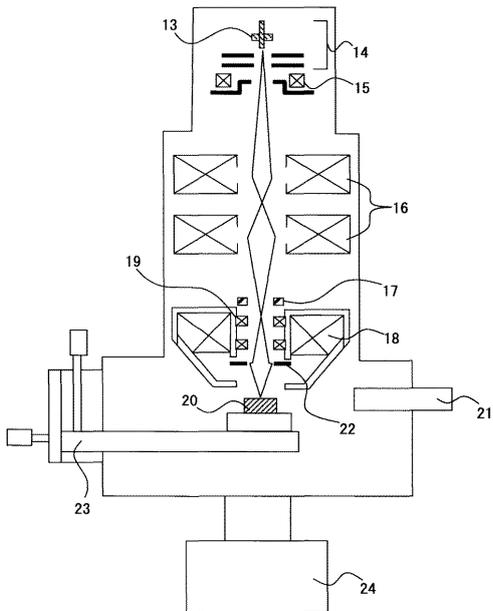
【 図 8 】

図 8



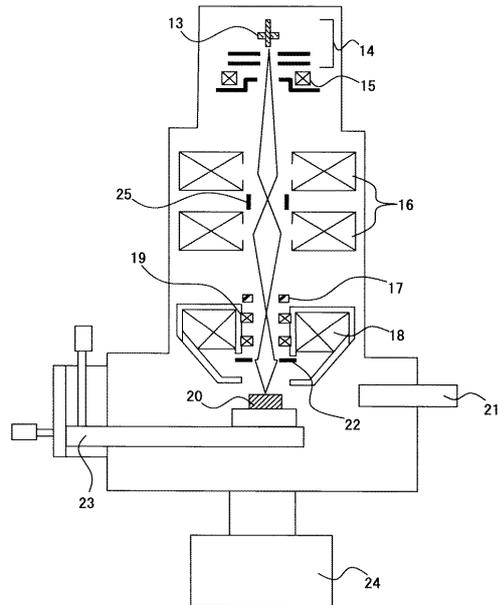
【 図 9 】

図 9



【 図 10 】

図 10



フロントページの続き

(72)発明者 日 高 貴志夫

茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号

株式会社日立製作所日立研究所内

Fターム(参考) 2H097 CA16

5C030 CC02

5C135 AA10 AA13 AB02 AB05 GG09 HH03 HH20

5F056 EA02