

(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2010-86967

(P2010-86967A)

(43) 公開日 平成22年4月15日 (2010.4.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01J 37/073 (2006.01)	H01J 37/073	5C030
H01J 1/304 (2006.01)	H01J 1/30	5C127
H01J 9/02 (2006.01)	H01J 9/02	5C135

審査請求 未請求 請求項の数 30 O L 外国語出願 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2009-228377 (P2009-228377)	(71) 出願人	504020452
(22) 出願日	平成21年9月30日 (2009.9.30)		カール・ツァイス・エヌティーエス・ゲー エムペーハー
(31) 優先権主張番号	10 2008 049 654.5		Carl Zeiss NTS GmbH
(32) 優先日	平成20年9月30日 (2008.9.30)		ドイツ連邦共和国、73447 オベルコ ッヘン、カール・ツァイス・シュトラッセ 56
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(71) 出願人	509272436
			ナノツールズ ゲーエムペーハー
			ドイツ国 80468 ミュンヘン ライ ヒエンバッハシュトラッセ 33
		(74) 代理人	100147485
			弁理士 杉村 憲司
		(74) 代理人	100134005
			弁理士 澤田 達也

最終頁に続く

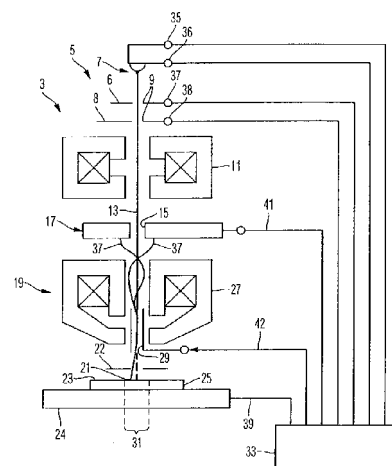
(54) 【発明の名称】 電子ビーム源および電子ビーム源を作製する方法

(57) 【要約】

【課題】取付易く、耐用寿命が長い電子ビーム源を提案する。

【解決手段】ビーム電子源は、ベースと、ベースに固定され、ベースから離れて延在するチップし、第1材料からなる表面および第2材料からなる被覆層を塗布されたコアを備え、第2材料がチップの表面を提供するチップと、被覆層に電氣的に接続された第1電気端子と、チップに向かい合う間隙を有する抽出電極と、抽出電極に電氣的に接続された第2電気端子とを備える。第1材料の電気伝導率が、 10^5 S/m 、 10^3 S/m 、 10 S/m 、 10^{-1} S/m 、 10^{-3} S/m 、 10^{-5} S/m または 10^{-7} S/m よりも低いか、第2材料の電気伝導率が、 10^{-7} S/m 、 10^{-5} S/m 、 10^{-3} S/m 、 10^{-1} S/m 、 10^2 S/m 、 10^4 S/m または 10^6 S/m よりも高いか、第2材料と第1材料の電気伝導率との比率が、 $10:1$ 、 $100:1$ 、 10^4 、 10^6 または 10^8 よりも大きいかの少なくとも1つの条件を満たす。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ベースと、

ベースに固定され、前記ベースから離れる方向に延在するチップであって、第 1 材料からなる表面を有し、第 2 材料からなる被覆層を塗布されたコアを備え、第 2 材料がチップの表面を提供するチップと、

前記被覆層に電氣的に接続された第 1 電気端子と、

前記チップに向かい合って配置された間隙を有する抽出電極と、

該抽出電極に電氣的に接続された第 2 電気端子とを備えるビーム電子源において、

前記第 1 材料の電気伝導率が、 10^5 S/m よりも低いか、 10^3 S/m よりも低いか、 10 S/m よりも低いか、 10^{-1} S/m よりも低いか、 10^{-3} S/m よりも低いか、 10^{-5} S/m よりも低いか、または 10^{-7} S/m よりも低いかの少なくともいずれかであるという条件、

前記第 2 材料の電気伝導率が、 10^{-7} S/m よりも高いか、 10^{-5} S/m よりも高いか、 10^{-3} S/m よりも高いか、 10^{-1} S/m よりも高いか、 10^2 S/m よりも高いか、 10^4 S/m よりも高いか、または 10^6 S/m よりも高いかの少なくともいずれかであるという条件、

前記第 2 材料の電気伝導率と前記第 1 材料の電気伝導率との間の比率が、 $10:1$ よりも大きいか、 $100:1$ よりも大きいか、 10^4 よりも大きいか、 10^6 よりも大きいか、または 10^8 よりも大きいかの少なくともいずれかであるという条件のうち、少なくとも 1 つの条件を満たすことを特徴とする電子ビーム源。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電子ビーム源において、

前記チップにおける前記ベースから離れた終端部の表面の曲率半径が、 100 nm よりも小さいか、 80 nm よりも小さいか、 60 nm よりも小さいか、またはこれよりも小さいかの少なくともいずれかである電子ビーム源。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の電子ビーム源において、

前記ベースから離れて縦方向に延在するチップ寸法が、縦方向に直交する横方向に延在するチップ最大寸法よりも少なくとも 2 倍大きいか、少なくとも 5 倍大きいか、または少なくとも 10 倍大きいかの少なくともいずれかである電子ビーム源。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、

前記チップの縦方向最大寸法が、 50 nm よりも大きいか、 100 nm よりも大きいか、または 300 nm よりも大きいかの少なくともいずれかである電子ビーム源。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、

前記チップの横方向寸法が、 500 nm よりも小さいか、 100 nm よりも小さいか、または 50 nm よりも小さいかの少なくともいずれかである電子ビーム源。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、

前記第 2 材料からなる前記被覆層の厚さが、 2 nm よりも大きいか、 5 nm よりも大きいか、または 10 nm よりも大きいかの少なくともいずれかである電子ビーム源。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、

前記第 2 材料からなる前記被覆層の厚さが、 50 nm よりも小さいか、 30 nm よりも小さいか、または 20 nm よりも小さいかの少なくともいずれかである電子ビーム源。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、

前記コアの中心が前記第 1 材料からなっている電子ビーム源。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

請求項 8 に記載の電子ビーム源において、

前記第 1 材料の弾性係数が、 150 kN/mm^2 よりも大きいか、 300 kN/mm^2 よりも大きいか、 600 kN/mm^2 よりも大きいか、または 700 kN/mm^2 よりも大きいかの少なくともいずれかである電子ビーム源。

【請求項 10】

請求項 8 または 9 に記載の電子ビーム源において、

前記第 1 材料の弾性係数が、 1100 kN/mm^2 よりも小さいか、 1000 kN/mm^2 よりも小さいか、または 800 kN/mm^2 よりも小さいかの少なくともいずれかである電子ビーム源。

10

【請求項 11】

請求項 1 から 7 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、

前記チップの前記コアが、第 1 材料とは異なる第 3 材料からなる内部コアを備え、第 1 材料から形成された層が前記内部コアに塗布されている電子ビーム源。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の電子ビーム源において、

前記第 3 材料の弾性係数が、 150 kN/mm^2 よりも大きいか、 300 kN/mm^2 よりも大きいか、 600 kN/mm^2 よりも大きいか、または 700 kN/mm^2 よりも大きいかの少なくともいずれかである電子ビーム源。

20

【請求項 13】

請求項 11 または 12 に記載の電子ビーム源において、

前記第 3 材料の弾性係数が、 1100 kN/mm^2 よりも小さいか、 1000 kN/mm^2 よりも小さいか、または 800 kN/mm^2 よりも小さいかの少なくともいずれかのいずれかである電子ビーム源。

【請求項 14】

請求項 1 から 13 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、

前記第 1 材料がダイヤモンド状炭素である電子ビーム源。

【請求項 15】

請求項 1 から 14 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、

前記第 1 材料が sp^3 結合炭素を含む電子ビーム源。

30

【請求項 16】

請求項 15 に記載の電子ビーム源において、

前記第 1 材料が、 sp^2 結合炭素、水素、窒素、フッ素、ホウ素からなる群の少なくともいずれか 1 種の添加剤を含む電子ビーム源。

【請求項 17】

請求項 1 から 16 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、

前記第 1 材料が、実質的にダイヤモンド状炭素からなる電子ビーム源。

【請求項 18】

請求項 1 から 17 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、

前記第 2 材料が金属を含む電子ビーム源。

40

【請求項 19】

請求項 18 に記載の電子ビーム源において、

前記金属が、Ti、Pt、Al、W、V、Hf、Fe、Co、Ni からなる群の少なくともいずれか 1 種の元素を含む電子ビーム源。

【請求項 20】

請求項 1 から 19 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、

前記第 2 材料が、半導体材料を含む電子ビーム源。

【請求項 21】

請求項 20 に記載の電子ビーム源において、

前記半導体材料が、Si、Ge、In、Ga および As、P、Sb からなる群の少なく

50

ともいずれか 1 種を含む電子ビーム源。

【請求項 2 2】

請求項 1 から 2 1 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、
前記第 1 電気端子および前記第 2 電気端子に電氣的な供給電圧を供給するための電圧供給器をさらに備える電子ビーム源。

【請求項 2 3】

請求項 1 から 2 2 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、
前記ベースの表面が、前記チップにおける前記ベースに隣接する終端部付近に延在する凸面部を備える電子ビーム源。

【請求項 2 4】

請求項 2 3 に記載の電子ビーム源において、
前記ベースの前記凸面部に関連した曲率半径が、 $10\text{ }\mu\text{m} \sim 0.1\text{ }\mu\text{m}$ 、 $3\text{ }\mu\text{m} \sim 0.3\text{ }\mu\text{m}$ または $0.6\text{ }\mu\text{m} \sim 0.4\text{ }\mu\text{m}$ の少なくともいずれかである電子ビーム源。

【請求項 2 5】

請求項 1 から 2 4 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源において、
前記ベースが、対称軸線に対して軸線対称の表面形状を有する表面部を有し、対称軸線と前記チップの縦方向との間の角度が 10° 未満である電子ビーム源。

【請求項 2 6】

電子ビーム源を作製するための方法、特に請求項 1 から 2 5 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源を作製するための方法において、該方法が、

電子ビーム蒸着またはイオンビーム蒸着の少なくともいずれかを用いてベースに第 1 材料のコアを成長させるステップと、

第 2 材料の被覆層を前記コアに塗布するステップと、

該コアを抽出電極の間隙に向かい合わせに配置するステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項 2 7】

電子ビームシステムにおいて、

請求項 1 から 2 5 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源または請求項 2 6 に記載の方法により作製された電子ビーム源を備えることを特徴とする電子ビームシステム。

【請求項 2 8】

請求項 1 から 2 5 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源、または請求項 2 6 に記載の方法により作製された電子ビーム源の使用法において、

$0.1\text{ }\mu\text{A}$ よりも大きいか、 $0.5\text{ }\mu\text{A}$ よりも大きいか、または $1\text{ }\mu\text{A}$ よりも大きいかの少なくともいずれかの電子ビーム電流を有する電子ビームを生成するために使用することを特徴とする使用法。

【請求項 2 9】

請求項 1 から 2 5 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源、または請求項 2 6 に記載の方法により作製された電子ビーム源の使用法において、

物体の電子顕微鏡画像を生成するために使用することを特徴とする使用法。

【請求項 3 0】

請求項 1 から 2 5 までのいずれか一項に記載の電子ビーム源、または請求項 2 6 に記載の方法により作製された電子ビーム源の使用法において、

所定パターンにより感光性層を露光するために使用することを特徴とする使用法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子ビーム源、特により高い輝度および / または小さいエネルギー幅を有する電子ビームを生成することのできる電子ビーム源および電子ビーム源を作製するための方法に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

従来の電子ビーム源は、電位、熱励起、光子励起または複合的に電位、熱励起および光子励起に電極をさらすことにより、電子ビームを抽出することのできる電極を備える。幾つかの用途では、生成された電子ビームは小さいエネルギー幅を有することが好ましい。すなわち、生成されたビームの電子は動的エネルギーに関しわずかにしか異なることが好ましい。比較的小さいエネルギー幅を有する電子ビーム源のための実施例は、ショットキー・エミッタおよび冷電界放出源である。

【 0 0 0 3 】

このようなビーム源のカソードは終端部に向けてテーパ状となるチップ形状を有していてもよい。なぜなら、チップの曲率半径が小さい場合、チップからの電界電子放出が容易となるからである。国際公開第 9 5 / 2 3 4 2 4 号パンフレットにより、電子ビーム源のチップとして炭素ナノチューブを用いることが公知である。さらに米国特許第 7 , 2 8 8 , 7 7 3 号明細書により、電子ビーム源のチップとして半導体材料で作られたナノワイヤを用いることが公知である。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 国際公開第 9 5 / 2 3 4 2 4 号パンフレット

【 特許文献 2 】 米国特許第 7 , 2 8 8 , 7 7 3 号明細書

【 発明の概要 】

20

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

表面半径が小さい電極チップは、炭素ナノチューブおよびナノワイヤから作製することができるが、これらは取扱性、取付易さおよび耐用寿命に関し動作性が不十分である。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本発明の実施形態は、半径が比較的小さい電極チップを含む電子ビーム源を提案する。

【 0 0 0 7 】

本発明の別の実施形態は、容易に作製することができ、簡単に扱うことができる電子ビーム源を提案する。

30

【 0 0 0 8 】

本発明の別の実施形態は、耐用寿命が長い電子ビーム源を提案する。

【 0 0 0 9 】

本発明の実施形態によれば、コアを備えるチップを有する電子ビーム源を提案し、コアに少なくとも部分的に導電性被覆層を設ける。

【 0 0 1 0 】

本発明の実施形態によれば、コア表面を被覆材料よりも電気伝導率が低い材料により形成する。電子ビーム源のチップは微小なので、チップを形成する材料の導電性をチップ自体で測定することは難しい場合がある。それ故、本発明に関しては、チップを形成するために用いる材料の導電率または弾性係数の値は、それぞれの材料の全体で測定することもできる抵抗値および弾性係数の値に関連している。

40

【 0 0 1 1 】

本発明の実施形態によれば、電気伝導率の比較的低い別の材料を、チップ表面を少なくとも部分的に提供する比較的導電性のある材料からなる被覆層の下方に設ける。より導電率の高い材料からなる被覆層を導電率のより低い材料からなる表面に直接に塗布し、両材料を相互に直接に接触させることも可能である。しかしながら、別の材料からなる層を 2 つの材料の間に配置し、これにより、例えば導電率のより低い材料における導電率のより高い材料からなる被覆層の付着性を改善することも可能である。

【 0 0 1 2 】

本発明の実施形態によれば、コアの表面は導電率がより低い材料により形成され、コア

50

には導電率がより高い材料から形成された被覆層が塗布される。コアは、内部コアと、内部コアに塗布された導電率がより低い材料の層とからなる。内部コアは、導電率がより低い材料とは異なり、特にこれよりも導電率が高い第3材料から形成される。

【0013】

本発明の実施形態によれば、内部コアを形成する第3材料は、 150 kN/mm^2 よりも大きいか、 300 kN/mm^2 よりも大きいか、 600 kN/mm^2 よりも大きいか、または 700 kN/mm^2 よりも大きい弾性係数のうち少なくともいずれかの弾性係数を有する。

【0014】

物体の弾性係数は、弾性変形領域における応力・歪み曲線の勾配として、すなわち、力が加えられた面積により割った、変形を生じさせる力と、物体の初期状態に加えられた応力により生じる変化と間の比率として定義される。材料の弾性係数は、軸線に沿って圧力を加え、この軸線に沿った材料の相対変形を決定することにより測定してもよい。

10

【0015】

特に第3材料の弾性係数は、プラスチック材料の弾性係数よりも大きくてもよい。特に第3材料の剛性は、プラスチック材料の剛性よりも高い。このように、チップは、電界発生時にチップに作用する抵抗力に対して堅固である。このようにして、チップの形状および電子ビーム源全体の形状を保持し、発生した電界の分布を実質的に維持し、好ましい形で電子が放出される。

【0016】

本発明の実施形態によれば、内部コアを形成する第3材料は、 1100 kN/mm^2 よりも小さいか、 1000 kN/mm^2 よりも小さいか、または 800 kN/mm^2 よりも小さい弾性係数のうち少なくともいずれかの弾性係数を有する。第3材料は、約 770 kN/mm^2 の弾性係数を有するダイヤモンド状炭素であってもよい。

20

【0017】

本発明の例示的な実施形態によれば、コアの中心は、 150 kN/mm^2 よりも大きいか、 300 kN/mm^2 よりも大きいか、 600 kN/mm^2 よりも大きいか、または 700 kN/mm^2 よりも大きい弾性係数のうち少なくともいずれかの弾性係数を有する第1材料から形成される。第1材料は、 1100 kN/mm^2 よりも小さいか、 1000 kN/mm^2 よりも小さいか、または 800 kN/mm^2 よりも小さいか弾性係数のうち少なくともいずれかの弾性係数を有していてもよい。

30

【0018】

本発明の例示的な実施形態によれば、第1材料により内部コア上に形成された層は、層材料からなる単層よりも厚い。例示的な厚さは、 $0.1\text{ nm} \sim 100\text{ nm}$ 、特に $1\text{ nm} \sim 50\text{ nm}$ 、または $1\text{ nm} \sim 30\text{ nm}$ である。

【0019】

コアに塗布された導電率がより高い材料からなる層は、 $2\text{ nm} \sim 50\text{ nm}$ 、特に $2\text{ nm} \sim 30\text{ nm}$ 、または $20\text{ nm} \sim 50\text{ nm}$ の厚さを有していてもよい。本発明の実施形態によれば、チップはベースに固定され、ベースから離れて延在する終端部表面の曲率半径は小さい。本発明の実施形態によれば、この曲率半径は、 100 nm よりも小さいか、 80 nm よりも小さいか、または 60 nm よりも小さい。例示的な実施形態によれば、曲率半径は 5 nm よりも大きく、特に 10 nm よりも大きい。

40

【0020】

本発明の別の実施形態によれば、チップの縦方向最大寸法は、 50 nm よりも大きく、特に 100 nm よりも大きいか、または 300 nm よりも大きい。別の例示的な実施形態によれば、チップの横方向最大寸法は、 500 nm よりも小さく、特に 200 nm よりも小さいか、 100 nm よりも小さいか、または 50 nm よりも小さくてもよい。

【0021】

さらに別の例示的な実施形態によれば、チップの縦方向寸法とチップの横方向寸法との比率（アスペクト比）は、 $2:1$ よりも大きいか、 $5:1$ よりも大きいか、 $10:1$ より

50

も大きいか、またはこれよりも大きい。さらにチップは終端部に向けてテーパしていてもよい。

【0022】

本発明の実施形態によれば、少なくとも部分的にチップ表面を提供する材料の電気伝導率は、 10^{-7} S/m よりも高いか、 10^{-5} S/m よりも高いか、 10^{-3} S/m よりも高いか、 10^{-1} S/m よりも高いか、 10^2 S/m よりも高いか、 10^4 S/m よりも高いか、または 10^6 S/m よりも高くてもよい。

【0023】

本発明の実施形態によれば、電気伝導率が比較的高い材料からなる被覆層が塗布されるチップのコア表面を提供する材料は、 10^5 S/m よりも低いか、 10^3 S/m よりも低いか、 10 S/m よりも低いか、 10^{-1} S/m よりも低いか、 10^{-3} S/m よりも低いか、 10^{-5} S/m よりも低いか、または 10^{-7} S/m よりも低い電気伝導率を有していてもよい。

10

【0024】

別の実施形態によれば、電子ビーム源のチップのコアに塗布される被覆材料の電気伝導率と、被覆層が塗布される材料の電気伝導率との間の比率は、 $10:1$ よりも大きい、 $100:1$ よりも大きい、 10^4 よりも大きい、 10^6 よりも大きい、または 10^8 よりも大きい。

【0025】

本発明の別の実施形態によれば、電子ビーム源のチップの被覆材を塗布される材料はダイヤモンド状炭素から形成される。ダイヤモンド状炭素は、天然ダイヤモンドの幾つかの特性を有する非晶質炭素材である。特にダイヤモンド状炭素は、 sp^3 混成の炭素原子を相当量含む。現在、ダイヤモンド状炭素の7種の形態が知られている。これらの7種の形態に関し、3種の水素を含まない形態が存在し、 $a-C$ 、 $pa-C$ および $a-C:Me$ で表され、後者はドーパントとして金属(Me)を含む。7種の形態のうちさらに4種の水素化され、水素を含む形態が存在し、これらは $a-C:H$ 、 $ta-C:H$ 、 $a-C:H:Me$ および $a-C:H:X$ で表され、後者2種はドーパントとして金属(Me)および他の元素(X)をそれぞれ含む。金属 Me は、特にタングステン、チタン、金、モリブデン、鉄およびクロムを含んでいてもよく、他の元素 X は、特にシリコン、酸素、窒素、フッ素およびホウ素を含んでいてもよい。

20

30

【0026】

ダイヤモンド状炭素を作製するための異なる方法が知られている。これらの方法では共通して材料を基板に蒸着させ、圧力、運動量、触媒作用、またはこれらを複合的に蒸着原子に加え、これにより、これらの原子はかなりの確率で既に蒸着された炭素原子と共に sp^3 結合を形成する。

【0027】

本発明の実施形態によれば、ダイヤモンド状炭素からなる材料に異なった元素をドーピングすることができ、特に Au 、 Mo 、 Fe 、 Cr などをドーパントとして用いることができる。

【0028】

本発明の実施形態によれば、電子ビーム源のチップのコアに被覆材として塗布され、コア表面の少なくとも一部を形成する材料は金属である。金属は、場合によっては電子の放出作用を低減する酸化層を有していてもよい。本発明の例示的な実施形態によれば、金属は、 Ti 、 Pt 、 Al 、 W 、 WTi 、 V 、 Hf 、 Zr など、およびこれらの酸化物、例えば TiO_x 、 VO_x 、 HfO_x 、 ZrO_x などを含む。

40

【0029】

本発明の代替的な実施形態によれば、この材料は半導体材料である。本発明の例示的な実施形態によれば、半導体材料は Ge および/または $GaAs$ を含んでいてもよい。

【0030】

本発明の実施形態によれば、電子ビーム源は、ベースに固定され、ベースから離れる方

50

向に延在するチップであって、第 1 材料により形成された表面を有し、第 2 材料により形成された被覆層を塗布されたコアを備え、第 2 材料が少なくとも部分的にチップの表面を提供しているチップと、被覆層に電氣的に接続された第 1 電気端子と、抽出電極に電氣的に接続された第 2 電気端子とを備える。

【 0 0 3 1 】

本発明の例示的な実施形態によれば、ベースの表面は、チップにおけるベースに隣接した終端部付近に延在する凸面部を含む。凸面部は、好ましくはチップから電極を放出するための電界を形成するための役割を果たす。

【 0 0 3 2 】

本発明の実施形態によれば、ベースの凸面部に関連した曲率半径は、 $10\ \mu\text{m} \sim 0.1\ \mu\text{m}$ 、 $3\ \mu\text{m} \sim 0.3\ \mu\text{m}$ または $0.6\ \mu\text{m} \sim 0.4\ \mu\text{m}$ である。

【 0 0 3 3 】

本発明の実施形態によれば、ベースは対称軸線に対して軸線対称の表面形状を有する表面部を有し、対称軸線とチップの縦方向との間の角度は 10° よりも小さい。これにより、適宜な電位がベースおよび抽出電極に印加された場合に生じるチップの周囲の電界が、好ましくは電子ビーム源から電子を放出するために形成されることがさらに確実となる。

【 0 0 3 4 】

本発明の実施形態によれば、コアに被覆層を備えるチップは電子ビーム源のチップとして用いてもよい。電子ビーム源は、1つ以上のビーム形成部材、例えば開口部、電子光学系、ビームディフレクタなどを備える電子ビームシステムに組み込まれている。上記チップは、さらに電子を用いて物体の像を生成するために用いることもできる。特にチップは、電子顕微鏡システムの1本以上の一次ビームを生成するために用いることができる。

【 0 0 3 5 】

別の実施形態によれば、1本以上の書込みビームを生成するためにチップを用いて所定パターンにより感光性層を露光してもよい。特にチップは電子リソグラフィシステムで用いることもできる。

【 0 0 3 6 】

本発明の実施形態によれば、電子ビーム源を作製するための方法が提供され、この方法は、蒸着法を用いて第 1 材料によりベースにコアを成長させ、第 2 材料からなる被覆材をコアに塗布するステップを含む。本発明の例示的な実施形態によれば、蒸着法は、電子ビーム蒸着法、イオンビーム蒸着法、例えばリソグラフィ法またはイオン蒸着法を用いて塗布される非晶質炭素、局所的触媒からベースを成長させる方法またはその他の方法を含む。またはその他の方法を含んでもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 7 】

本発明により、半径が比較的小さい電極チップを含み、容易に作製することができ、取扱いが簡単で耐用寿命の長い電子ビーム源が提案され、取扱性、取付易さおよび耐用寿命に関する動作性の不十分さを克服した電子ビーム源および電子ビーム源を作製するための方法が得られる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 8 】

【 図 1 】 本発明の実施形態による電子ビームシステムの概略図である。

【 図 2 A 】 図 1 の電子ビームシステムで用いる電子ビーム源の概略断面図である。

【 図 2 B 】 図 1 の電子ビームシステムで用いる図 2 A の電子ビーム源のさらなる幾何学特性を示す概略図である。

【 図 3 】 図 2 に概略的に示す電子ビーム源のチップの写真である。

【 図 4 】 本発明の他の実施形態による電子ビーム源の概略断面図である。

【 図 5 】 電子ビーム源を作製するための本発明の他の実施例による方法を説明するフローチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

以下に本発明の実施形態を図面に基づき説明する。構成および機能に関して対応する構成部材には同じ参照数字を付すが、区別するために付加的な符号を付している。それ故、構成部材を説明するためには、それぞれの前後説明も全て参照する。

【 0 0 4 0 】

図 1 は、本発明の実施形態による電子ビームシステムの概略図である。電子ビームシステム 3 は電子ビーム源 5 を備え、電子ビーム源 5 は、以下に詳述するカソード 7 と、連続して配置され、それぞれ間隙 9 を設けた 2 つのアノード開口もしくは電極 6 および 8 とを有している。2 つの電極 6 および 8 はカソードに隣接して配置されており、間隙 9 はカソードの先端に向かい合わせとなるように配置されており、ビーム源 5 が作動した場合に電子ビーム 1 3 は間隙 9 を横断する。ビーム源 5 により生成された電子ビーム 1 3 はコンデンサレンズ 1 1 および第 2 電子検出器 1 7 の間隙 1 5 を横断し、さらなる電子光学系 1 9 により物体 2 5 の表面 2 3 における所定位置 2 1 に向けられる。図 1 の概略図では、電子光学系 1 9 は、磁気式対物レンズ 2 7 を備え、図 1 には示していない磁界または静電レンズをさらに備えていてもよい。さらに光学系 1 9 は、電子ビーム 1 3 を直線的な伝搬方向から偏向させるディフレクタ 2 9 を備え、これにより、物体 2 5 の表面 2 3 における拡大領域 3 1 内の選択可能な位置 2 1 に電子ビームを向けることができる。

【 0 0 4 1 】

電子ビーム 1 3 の電子は、物体 2 5 に衝突する位置 2 1 で 2 次電子を放出する。2 次電子は、適宜な電圧を印加された電極 2 2 により物体 2 5 の表面 2 3 から離れて加速され、2 次電子は対物レンズ 2 7 に入り込む。2 次電子の例示的な軌跡が図 1 の参照符号 3 7 により示されている。2 次電子の一部はディフレクタ 1 7 に衝突し、そこで検出される。

【 0 0 4 2 】

コントローラ 3 3 は、ライン 3 5 , 3 6 により電子源 5 のカソード 7 を介して、必要に応じてこれを加熱するために電流を供給する。一般にカソードは加熱することなしに作動させることができる。ライン 3 5 , 3 6 はさらに所定の電位、例えば地電位をカソード 7 の先端に印加する役割を果たす。ライン 3 7 , 3 8 は、カソード 7 の先端に関してそれぞれの所定電位を 2 つの電極 6 および 8 に印加する役割を果たし、これにより、先端からの電子放出が支援され、先端領域における電界分布により、好ましくは先端から放出された電子からビーム 1 3 が形成される。ライン 3 9 を介して、アノード 7 に関して所定の電位が、コントローラ 3 3 によって物体 2 3 のためのホルダ 2 4、ひいては物体 2 3 そのものに印加され、ビーム 1 3 の電子は所定の動的エネルギーにより物体 2 5 に衝突する。これにより、放出されて検出器 1 7 に衝突する 2 次電子は検出器において信号を発信し、これらの信号はライン 4 1 を介してコントローラ 3 3 から読み出される。制御ライン 4 2 を介して、コントローラ 3 3 はディフレクタ 2 9 を制御して電子ビーム 1 3 が物体 2 5 に衝突する位置 2 1 をシフトさせる。電子ビーム 1 3 の偏向に応じて検出器 1 7 により供給された信号を記録することにより、物体 2 5 から電子顕微鏡画像情報を得ることが可能である。

【 0 0 4 3 】

上記においては、電子ビームシステム 3 は S E M (走査電子顕微鏡) タイプの電子顕微鏡の機能を有する。しかしながら、本発明の実施形態は、他のタイプの電子ビームシステム、例えば L E E M (low electron emission microscope: 低エネルギー電子顕微鏡) タイプおよび T E M (transmission electron microscope: 透過電子顕微鏡) タイプの電子顕微鏡システムをも含む。本発明の実施形態はさらにリソグラフィシステムを含み、リソグラフィシステムでは、1 本以上の電子ビームが所定パターンを有する感光性層 (レジスト) を露光するために用いられる。これにより、電子ビームは図 1 のに関して説明したように感光性層を横断して系統的にスキャンされ、強度を制御され、感光性層の選択領域を衝突電子エネルギーにより露光する。層に衝突するビームの強度をビーム源の制御により変化させてもよいし、または別個のビームブランカをビームをオン・オフ切換するために設けてもよい。このようにして露光された感光性層は、次いで現像することができ、次いでさらなるリソグラフィステップ、例えばイオン注入、スパッタリングまたは材料蒸着などで

処理され、微小構成部材が作製される。

【0044】

図2Aは、電子ビーム源5の詳細を断面図で示している。ここに示す実施形態の電子ビーム源はキャリアプレート51を備え、キャリアプレート51は金属から形成されていてもよく、この金属を介してカソードを加熱するために電流が流れることもできる。キャリアプレート51は制御ラインのための端子を有し、電子ビームシステムのほかの構成部材に対して規定された電位をカソードに印加する。

【0045】

ベース53がプレート51に固定されており、ベース53には円筒状凹部55が設けられている。ベース53のための材料は、例えばシリコンであってもよく、凹部55は、例えばベース53の本体にエッチングを施すことにより設けてもよい。カソード7のチップ60のコア57は凹部55に固定されている。コアは、実質的に電氣的に非伝導性の材料から形成されていてもよい。例えば、コアの電気伝導率は 10^{-6} S/m より低くてもよい。この示す実施形態では、コアはダイヤモンド状炭素から形成されている。ダイヤモンド状炭素からなるコア57を作製するための一つの可能性は、電子ビームによる蒸着である。この方法ではベースは真空チャンバに配置され、真空チャンバには、例えば炭素化合物を用いることもできる所定のプロセスガス雰囲気充填されている。この方法では、さらにもう1本の電子ビームが凹部55の底に向けられ、この位置でダイヤモンド状炭素の蒸着が開始される。プロセスにおける所定の時点で炭素材料を蒸着させたい位置に電子ビームを選択的に向けることにより、プロセスガスが活性化され、表面に炭素原子が蒸着され、これらの炭素原子は、この位置に既に蒸着されている炭素原子と少なくとも部分的に sp^3 結合を形成する。ここで、蒸着材料が炭素の他に不純物、例えば水素を含むようにプロセスガスを選択することも可能である。

【0046】

ここに示す実施例では、蒸着は、コア57がベース53から離れる延在方向に約560 nmの寸法1を有するように制御される。さらに蒸着は、コアが実質的に円形横断面を有し、ベースに隣接して縦方向に対して直交方向に約150 nmの最大寸法bを有するように設計されており、コア57の横断面は、ベース53から離れた終端部に向けて連続的にテーパしている。ベース53から離れた終端部においてコアの表面は約13 nmの曲率半径 r_1 を有している。

【0047】

上記方法を用いて速い角速度でチップをベースに成長させることができる。チップの縦方向軸線は、例えばベースの対称軸線と 0.5° 未満の角度をなすように配向し、ベースの対称軸線から0.1 mm未満離間させてもよい。

【0048】

コア57の表面は、Tiおよび TiO_x よりなる導電性被覆層59により被覆されている。この被覆層は、10 nmの厚さcを有し、例えばスパッタ被覆または電子ビーム蒸着によりコア57に塗布される。この被覆層はベース53の表面にわたってプレート51まで延在し、これにより、比較的良好な電気接続がプレート51と、ベース53から離れた先端7との間に形成される。図2Aに概略的に示した状態では、ベース53から離れる方向に向いたコア57の終端部も、カソード7の外面が終端部に約23 nmの曲率半径 r_2 を有するように、被覆層59により被覆されている。

【0049】

図2Bは、図2Aの電子ビーム源5のさらなる幾何学特性を示している。ベース53は表面53'を露出しており、この露出された表面53'は導電性被覆層59により形成されている。ベース53の他の表面領域、例えばチップ60を固定する凹部55は電子ビーム源の作製時には露出されてもよい。しかしながら、凹部55は完成した電子源では露出されない。領域52は、ベース53の露出される表面53'の一部を規定している。この表面部分は、ベースの露出される表面53'全体の少なくとも50%、特に少なくとも80%に達してもよい。このように規定された表面部分は、ベース53に近接したチップ6

0の終端部周辺に延在している。しかしながら、ベースの露出した表面53'全体が凸状でなくてもよい。

【0050】

図2Bに示すように、ベース53の表面53'の凸面形状は、中心Cおよび凸面部に適宜な半径Rを有する球の球面に近くてもよい。図示の実施例では、最適な球は半径 $R = 0.5 \mu m$ を有し、これは露出された表面53'の表面部の曲率半径に相当する。他の実施形態では、曲率半径Rは $0.1 \mu m \sim 10 \mu m$ であってもよい。

【0051】

図示の実施例では、チップ60の周囲におけるベース53の表面形状は、対称軸線54に関して軸線対称的に形成されている。対称軸線は、チップ60の縦軸線61と一致する。他の実施形態では、ベースは対称軸線に関して回転対称的に形成されていてもよい。他の実施形態では、チップ60の縦軸線61とベース53の対称軸線54とは 10° 未満の角度をなす。

【0052】

図3は、図2に関して前述したカソード7の写真を示す。

【0053】

図3に示す構成のカソードは、かなり長時間にわたり比較的強度の高い電子ビームを生成することができる。実施した実験では、 $3 \mu A$ のビーム電流が得られ、1500時間にわたって保持することができる。これにより、ビーム電流は比較的一定に保たれ、最大で10%の電流振動が生じるが、電流振動は数分間にわたって3%未満である。

【0054】

発明者は、電子ビーム源としての図2の構成の可能性を完全に説明することはまだできない。推量によれば、作製された構成では長さとの比率が比較的大きく、チップの半径は小さく、これにより、電界の好ましい振幅が生じることで説明がつく。別の理由は、コアの材料は耐性が高く、長時間にわたり真空チャンバ内のチップの周囲に存在する残留ガスのイオンによる作動中の衝撃に抵抗することにある。チップの終端部の被覆層59がこのような衝撃により損なわれた場合であっても良好な電子放出が行われる場合がある。なぜなら、チップは、チップの終端部までコア57の周囲に円筒状に延在する被覆層59を横断して電子を誘導するからである。さらなる考察によれば、チップから放出された電子は円形リング面の形状を有する導電性被覆層内を移動し、そこで電子の状態は量子化される。これにより生じる被覆層内における電子のためのエネルギー準位は占有され、被覆層からの放出作用は、占有されたより高いエネルギー準位のいずれかに存在する電子については比較的低いか、またはチップから電子が通り抜ける可能性が比較的高い。

【0055】

図4は、電子ビーム源7aのためのチップ60aの別の実施形態を示している。図4に示すチップ60aは、図2を参照して説明したチップと類似の構成および機能を有している。しかしながら、図2とは異なりコア57aは唯一の材料片により一体的に形成されてはいない。コア57aは内部コア65を備え、内部コア65は、縦方向に延在する形状を有し、ベース53aから離れた終端部に円形表面を有する。内部コア65は、非導電性材料よりなる層57aにより被覆されている。層57aは、さらに導電性材料よりなる層59aにより被覆されており、層59aは、ベース53aから離れたコア57aの終端部まで延在し、さらにプレート51aまで延在しており、プレート51aでは、ベース53aがプレート51aと、ベース53aから離れたコア57aの終端部との間に導電接続をもたらしように保持される。

【0056】

図2を参照して説明した実施形態と同様に、チップ60aは少なくとも部分的に表面に設けた導電性の被覆層59aを備え、被覆層59aは、チップ領域で非導電性材料63に塗布される。それ故、内部コア65をそれ自体導電性または非導電性の材料から形成することも可能である。

【0057】

10

20

30

40

50

内部コアのための例示的な材料はダイヤモンド状炭素であり、層 57a のための例示的な材料は SiO_2 であり、外側被覆層 59a のための例示的な材料は Ti および TiO_x である。

【0058】

図 5 を参照して電子ビーム源を作製するための方法の実施形態を以下に説明する。方法はステップ 101 で始まる。ステップ 101 ではベースを設け、ベースには後続ステップで適宜なチップを固定する。それ故、ステップ 103 では、チップのコアをベースに成長させる。図 2 および図 4 を参照して説明した実施形態では、ベースは、成長するコアを固定する凹部を備える。しかしながら、コアがベースに十分に固定されるように、コアをベースの凹部にではなく、ベースの平滑な表面に直接に成長させることも可能である。望ましい長さ、望ましい横断面およびベースから離れた終端部に向けた望ましいテーパ部を備えるようにチップのコアを成長させた後に、必要に応じてステップ 105 でコアを導電性材料により被覆する。ステップ 105 により、本発明の実施形態による電子ビーム源のためのチップを製造する方法が完了する。

10

【0059】

ここに説明した発明の実施形態により電子源を作製するための方法は、さらに続くステップ 107 を含む。ステップ 107 では、ベースを備えるチップを電子ビーム源の形に組み立てる。ここで開口部がチップに向かい合わせとなるように 1 つ以上の開口部をベースに対して配置し、開口部とベースとの間に電圧を印加した場合に開口部とチップとの間の電界分布が生じ、チップから電子を取り出し、ビームを形成することができる。ステップ 107 における電子ビーム源の組立てにより、電子ビーム源を作製するための方法の実施形態は完了する。

20

【0060】

これとは異なり、電子ビームシステムを作製するための実施形態は、さらなるステップ 109 を備える。ステップ 109 では、電子ビーム源を電子ビームシステムに組み込む。電子ビームシステムは、例えば電子顕微鏡システムまたは電子リソグラフィシステムであってもよい。

【0061】

コアは、電子ビーム蒸着によりベースに蒸着させてもよい。しかしながら、ベースに蒸着させるための別の方法、例えば、触媒作用による非晶質炭素の成長法を用いることも可能である。さらに初期には大きいブランクの寸法を方向性アブレーションにより減じ、チップ半径が小さいチップを有するコアを作製することも可能である。このような方法のための実施例は、ガリウムイオンまたはアルゴンイオンを用いたフライス加工法である。

30

【0062】

さらに走査型トンネル顕微鏡または原子間力型顕微鏡のために用いるチップを本発明の実施形態による電子ビーム源のチップのためのコアとして使用することも可能である。一例は、ドイツ国ミュンヘン 80469 のナノツールズ社 (Nanotools GmbH, 80469 Munich, Germany) により市販の AFM プロブである。次いで、本発明の実施形態による電子ビーム源のためのチップを形成するために、得られたコアに導電性材料による被覆を施すステップ 105 を実施する。

40

【0063】

本発明の実施形態によれば、電子ビーム源のチップは、被覆層を有するコアを備える。被覆層は、コア表面を形成する材料よりも導電率の高い材料により形成される。

【符号の説明】

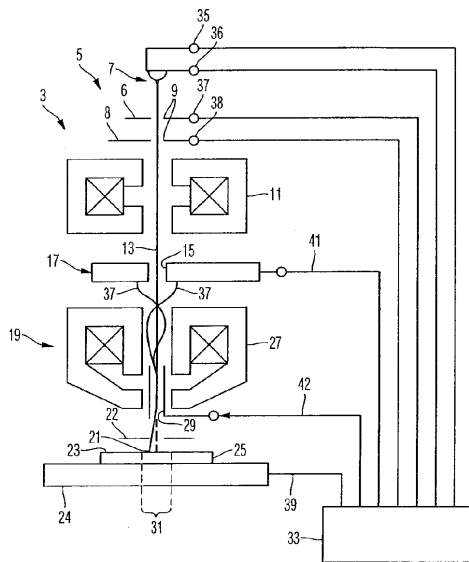
【0064】

- 3 電子ビームシステム
- 5 電子ビーム源
- 6, 8 電極
- 7 カソード (チップ)
- 9 開口部

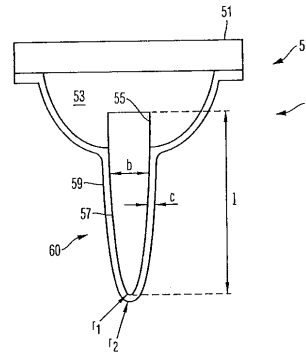
50

1 1	コンデンサレンズ	
1 3	電子ビーム	
1 5	開口部	
1 7	二次電子検出器	
1 9	電子光学系	
2 1	位置	
2 3	表面	
2 5	物体	
2 7	レンズ	
2 9	ディフレクタ	10
3 1	拡大領域	
3 3	コントローラ	
3 5 , 3 6 , 3 7 , 3 8 , 3 9 , 4 1	ライン	
4 2	制御ライン	
5 1	キャリアプレート	
5 2	領域	
5 3	ベース	
5 3 ,	表面	
5 4	対称軸線	
5 5	凹部	20
5 7 , 5 7 a	コア	
5 9 a	被覆材	
6 0 , 6 0 a	チップ	
6 1	縦方向軸線	
6 3	非導電性材料	
6 5	内部コア	
1 0 3 , 1 0 5 , 1 0 7	ステップ	
l	寸法	
b	最大寸法	
c	厚さ	30

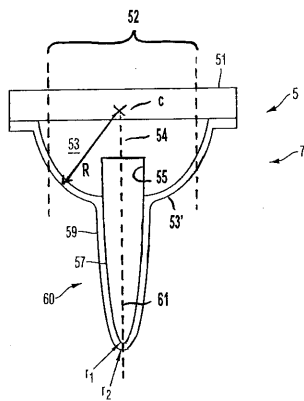
【図 1】



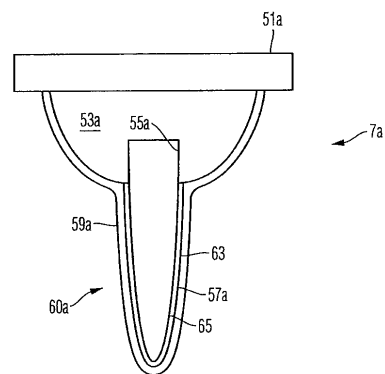
【図 2 A】



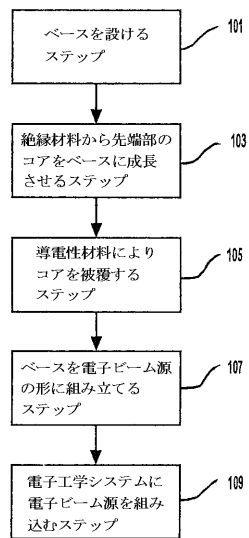
【図 2 B】



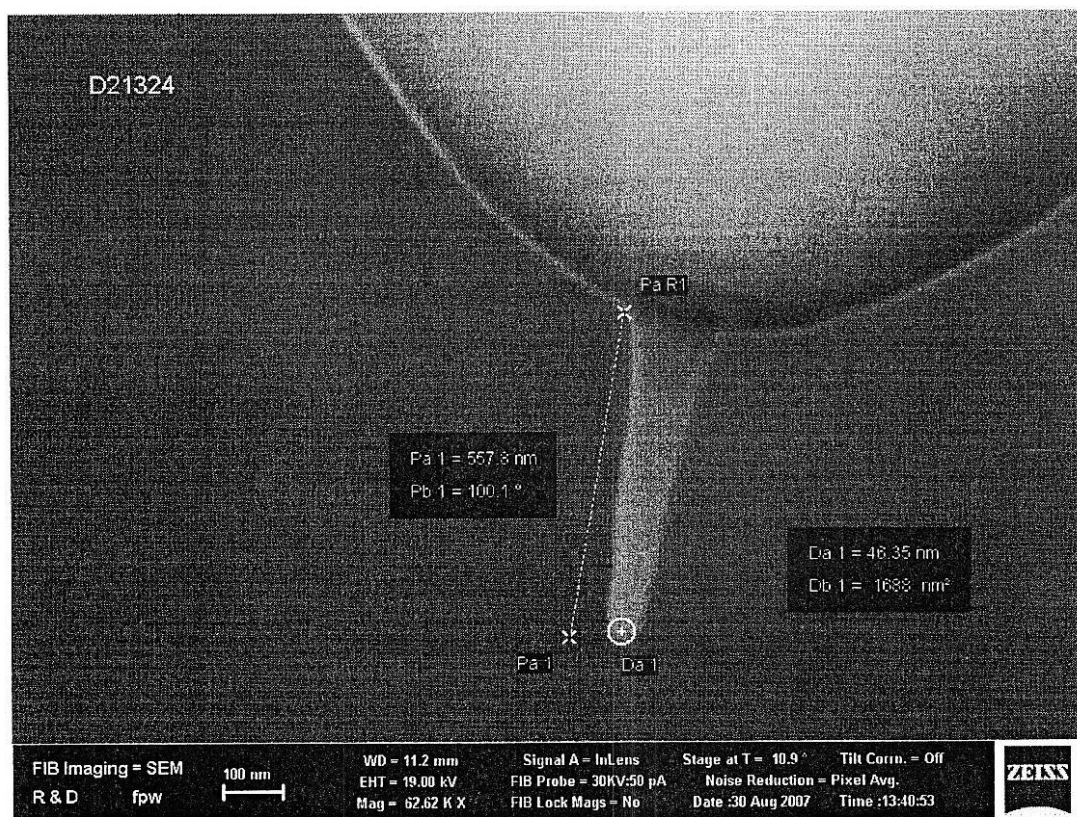
【図 4】



【 図 5 】



【 図 3 】



フロントページの続き

(74)代理人 100147692

弁理士 下地 健一

(72)発明者 フォルケル ドレクセル

ドイツ国 8 9 5 5 1 ケーニヒスブロン アムゼルヴェーク 6

(72)発明者 ウルリッヒ マンツ

ドイツ国 8 9 6 0 1 シェルクリンゲン リートヴィーゼンヴェーク 2 1

(72)発明者 ベルント イルメル

ドイツ国 8 0 4 6 9 ミュンヘン ライヒエンバッハシュトラッセ 3 3

(72)発明者 クリスチアン ペンゾコフェル

ドイツ国 8 0 4 6 9 ミュンヘン ライヒエンバッハシュトラッセ 3 3

F ターム(参考) 5C030 CC02

5C127 AA04 AA05 AA20 BA10 BB02 BB06 BB08 BB12 BB18 CC07

DD02 DD35 DD69 EE03 EE07 EE15

5C135 AA10 AB02 AB06 AB08 AB12 AB18 AC03 AC04 AC09 GG20

HH03 HH07 HH15

【外国語明細書】
2010086967000001.pdf