

(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2006-118917

(P2006-118917A)

(43) 公開日 平成18年5月11日(2006.5.11)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 1 T 1/24 (2006.01)	G O 1 T 1/24	2 G O O 1
G O 1 N 23/225 (2006.01)	G O 1 N 23/225 Z A A	2 G O 8 8
G O 1 T 7/00 (2006.01)	G O 1 T 7/00 A	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-305403 (P2004-305403)	(71) 出願人	503460323 エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地
(22) 出願日	平成16年10月20日 (2004.10.20)	(74) 代理人	100079212 弁理士 松下 義治
		(72) 発明者	小田原 成計 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 エ スアイアイ・ナノテクノロジー株式会社内
		(72) 発明者	田中 啓一 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 エ スアイアイ・ナノテクノロジー株式会社内
		F ターム (参考)	2G001 AA03 AA05 AA10 BA05 BA07 BA30 CA01 CA03 CA10 DA01 GA06 GA11 KA01 PA07 SA02 SA10
			最終頁に続く

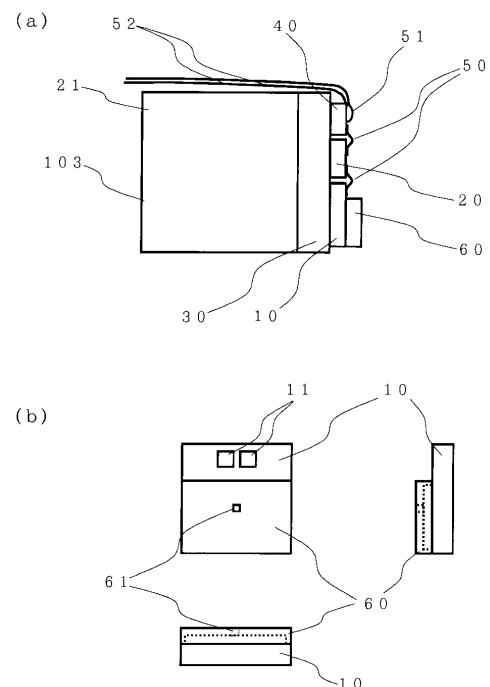
(54) 【発明の名称】 超伝導 X 線検出装置及びそれを用いた超伝導 X 線分析装置

(57) 【要約】

【課題】 超伝導 X 線検出器と、低温初段増幅器と、コリメータとからなる超伝導 X 線検出装置の先端部分において、該検出器と該コリメータとの位置の粗調整が容易な構造とし、かつ、ボンディング配線を保護できる超伝導 X 線検出装置およびそれを用いた超伝導 X 線分析装置を提供する。

【解決手段】 超伝導 X 線検出器の検出部とコリメータの貫通穴との位置を、該検出器と該コリメータの少なくとも外周の一部を位置の基準として製作し、基準とした外周の一部が一致するように該検出器と該コリメータを装着固定する、あるいはセンサーホルダに設けた溝の壁に基準とした外周の一部が接するように装着固定する構造としたものである。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷凍機と、前記冷凍機によって冷却される冷却ヘッドと、前記冷却ヘッドの先端部分に固定されるセンサーホルダと超伝導 X 線検出器と低温初段増幅器とコリメータとからなる超伝導 X 線検出装置において、

前記コリメータの外周が前記超伝導 X 線検出器の外周の少なくとも一部と一致する形状とし、かつ、前記コリメータと前記超伝導検出器との外周を一致させて重ねた際に前記超伝導 X 線検出器の検出部の上部に前記コリメータの貫通穴が位置する構造としたことを特徴とする超伝導 X 線検出装置。

【請求項 2】

前記コリメータの外周の少なくとも交差する二辺が前記超伝導 X 線検出器と一致する形状である事の特徴とする請求項 1 記載の超伝導 X 線検出装置。

【請求項 3】

前記センサーホルダに、前記超伝導 X 線検出器および前記コリメータ形状溝を設けた事を特徴とする請求項 1 記載の超伝導 X 線検出装置。

【請求項 4】

前記コリメータに前記超伝導 X 線検出器のボンディング配線が通る空間を設けた事を特徴とする請求項 1 記載の超伝導 X 線検出装置

【請求項 5】

前記コリメータが前記超伝導 X 線検出器および前記低温初段増幅器のボンディング配線を覆う形状である事の特徴とする請求項 1 記載の超伝導 X 線検出装置。

【請求項 6】

冷凍機と、前記冷凍機によって冷却される冷却ヘッドと、前記冷却ヘッドの先端部分に固定されるセンサーホルダと超伝導 X 線検出器と低温初段増幅器とコリメータとからなり、電子やイオンの荷電粒子が照射された試料から発生する X 線を検出し分析する超伝導 X 線分析装置において、

前記コリメータの外周が前記超伝導 X 線検出器の外周の少なくとも一部と一致する形状とし、かつ、前記コリメータと前記超伝導検出器との外周を一致させて重ねた際に前記超伝導 X 線検出器の検出部の上部に前記コリメータの貫通穴が位置する構造としたことを特徴とする超伝導 X 線分析装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超伝導 X 線分析装置に関し、特に超伝導材料を用いて作製される高感度 X 線検出器と、該検出器へ目的とする X 線のみを入射させるためのコリメータの実装に特徴を有する超伝導 X 線検出装置及びそれを用いた超伝導 X 線分析装置に関する。

【背景技術】

【0002】

最近に至り、TES (Transition Edge Sensor) や STJ (Superconducting Tunnel Junction) と称される超伝導 X 線検出器が開発されている。超伝導 X 線検出器は、従来の X 線検出器に比べ、高感度、かつ、高いエネルギー分解能を有する事から、現在、さまざまな用途に対応するためのシステム化研究が行われている。上記超伝導 X 線検出器は共に超伝導を応用した素子であるため、駆動するには低温に冷却する必要がある。より低温で駆動させた方が熱ノイズの影響が少なく高性能化が望めるため、通常 100 mK 程度の極低温まで冷却されている。

【0003】

TES は、超伝導状態の物質が温度上昇に伴って常伝導状態へ遷移する際に起こる急激な抵抗値変化を利用した温度センサーであり、X 線照射のエネルギーを熱に変換して検出を行う X 線センサーである。適当なバイアス電流を印加して超伝導転移端に動作点を固定すると、TES に X 線を照射した際に急激な温度上昇が起こって抵抗変化が生じる。

10

20

30

40

50

【0004】

この抵抗変化によりTESに流れる電流値が変化するため、電流値をモニターすることでX線を検出することができる。X線照射に伴う電流変化は数pAと微弱であるために、通常SQUID（超伝導量子干渉素子；Superconducting QUantum Interference Device）アレーを低温初段増幅器として用いて信号増幅を行う。

【0005】

TESの応用としては、主にX線分析装置や宇宙線検出装置などが挙げられる。X線分析装置として使用するには、例えば走査型電子顕微鏡（SEM）と組み合わせて使用する。TESは常温で真空環境に保たれたSEMの試料室へ挿入され、X線の検出効率を向上させるためにサンプルへ接近させて設置される。電子線の照射によってサンプルから発生するX線が超伝導X線検出器に照射すると、TESの両端にX線のエネルギー強度に応じた抵抗変化が生じて電流値が変化する。この電流値の変化量を計測することにより、サンプルの材料分析を行うことができる。一般にX線検出器を使用する際には、検出したいサンプル部分から発生したX線をX線検出器の検出部のうち希望する部分のみに照射させる目的でコリメータが用いられることが多い。TESにおいても、検出部以外でX線の吸収が起きると検出部で吸収した時と異なる抵抗変化が生じて計測するエネルギー密度に誤差が生じるなど性能に悪影響を及ぼすことがあるため、コリメータを用いて検出部のみにX線を照射させる。

【0006】

サンプル付近にはサンプルを設置するサンプルステージの他、電子線を照射する電子銃や電子線の焦点を合わせる電子レンズ等から構成される鏡筒、サンプルから発生する電子を検出する二次電子検出器などが設置されており、超伝導X線検出器を100mK以下に冷却するための冷凍機を設置するためのスペースは確保できない。そのため、SEMとは別体に冷凍機を設け、冷却ヘッドを断熱構造に施工されたスナウトと呼ばれる細い筒の中へ備え、冷却ヘッド先端へ超伝導X線検出器を固定する構造とする。スナウトをSEMの試料室のポートから挿入することで、サンプルと超伝導検出器を近接して設置する構造とする。

【0007】

図6（a）に従来のTESを用いた超伝導X線検出装置の先端部分の構造を示す（例えば、非特許文献1参照）。主に先端部分は、真空を保持するスナウト外層102、輻射熱シールドを行う2層程度の輻射熱シールド板70、検出器を装着する冷却ヘッド103、そして輻射熱シールド板70の内外層に施工するスーパーインシュレーション80で構成される。

【0008】

図6（b）に従来の超伝導X線検出装置の超伝導X線検出器およびコリメータの構成を示す。

【0009】

コリメータ60は大きさ3mm角、厚さ300μm程度のシリコン製のチップで、外周数百μmを残して裏面の検出器側から半分程度の厚さまでエッチングされ、一部分にX線検出器の検出部よりも小さい微小な貫通穴61を設けられたチップである。超伝導X線検出器10の検出部と試料（図示せず）との光軸に相当する部分に微小な貫通穴61が位置するように設置して使用される。超伝導X線検出器10の表面には、コリメータ60の位置合わせマーク12が設けられている。

【0010】

コリメータ60を超伝導X線検出器10へ装着固定させる方法は、コリメータ60のコーナーが位置合わせマーク12と重なるように目視により確認しながら位置決め粗調整を行い接着剤となるワニスにより仮止めを行う。次に、接着剤が固まる前にコリメータの貫通穴61を顕微鏡により観察しながら、貫通穴61の内部に超伝導X線検出器10の検出部が位置するようにコリメータ60の位置を微妙に動かして微調整を行い固定する。TESなどの超伝導X線検出器10と低温初段増幅器20は、接続パッド40と共に無酸

素銅やサファイアなどの熱伝導率の高い材料で製作されたセンサーホルダ 30 に接着される。

【0011】

センサーホルダ 30 を冷却ヘッド 103 の先端断面部へネジ止めにて装着することで、超伝導 X 線検出器 10 および低温初段増幅器 20 が冷却され、X 線検出器として駆動可能な状態となる。

【0012】

超伝導 X 線検出器 10 への配線は、低温初段増幅器 20 を介してボンディング配線 50 により接続パッド 40 へ接続され、接続パッド 40 から常温の回路までは配線 52 で接続される。

10

一方、低温初段増幅器 20 の駆動信号および出力信号の配線も、超伝導 X 線検出器 10 の駆動信号配線と共にボンディング配線 50 により接続パッド 40 へ接続され、接続パッド 40 から常温の回路までは配線 52 で接続される。

【非特許文献 1】 Simmnacher B. et al. “Semiconductor material analysis based on microcalorimeter EDS” Microelectronics Reliability, Elsevier Science, September 2003, vol. 43, iss. 9, pp. 1675-1680

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

従来の超伝導 X 線検出装置にあっては、超伝導 X 線検出器のチップ表面にコリメータの位置合わせマークを設け、超伝導 X 線検出器よりも形状が小さいコリメータを位置合わせマークへ目視により合わせることで位置の粗調整を行い、その後顕微鏡による観察を行いながら超伝導 X 線検出器の検出部とコリメータの位置の微調整を行っていたことから、位置合わせがやりづらく作業性が悪いという問題点があった。

20

【0014】

さらに、超伝導 X 線検出器よりも小さいコリメータの形状から超伝導 X 線検出器の検出部のみがコリメータチップで覆われる形であり、超伝導 X 線検出器の駆動信号および出力信号などの入出力を行うボンディングパッドがコリメータの外に位置するため、ボンディングを行うとボンディング配線が完全に露出する構造であるために、作業中の接触等により断線しやすいという問題点があった。本発明は、コリメータの形状を変更することで上記問題点を解決し、該検出器と該コリメータとの位置合わせを容易にして作業性を向上させ、かつ、ボンディング配線が露出しない構造とすることでボンディングの断線を防ぎ、安定した X 線検出を実現できる実装を有する超伝導 X 線検出装置及びそれを用いた超伝導 X 線分析装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記の課題を解決するために、本発明の超伝導 X 線検出装置においては、前記コリメータの外周が前記超伝導 X 線検出器の外周の少なくとも一部と一致する形状とし、かつ、前記コリメータと前記超伝導検出器との外周を一致させて重ねた際に前記超伝導 X 線検出器の検出部の上部に前記コリメータの貫通穴が位置する構造とした。

40

また、センサーホルダに超伝導 X 線検出器およびコリメータの外周に寸法を合わせた溝を設けてもよく、この場合には溝の壁に超伝導 X 線検出器およびコリメータを合わせて順に装着固定する構造とした。

【0016】

その後、必要に応じて顕微鏡観察を行いながら超伝導 X 線検出器の検出部とコリメータの貫通穴の位置の微調整を行うことで正確に位置合わせを行い、電子線を照射されたサンプルから発生する X 線のみを超伝導 X 線検出器で検出・分析する構造とした。

さらに、本発明の超伝導 X 線検出装置及び超伝導 X 線分析装置において、コリメータにボンディング配線が通る空間を設けることで、超伝導 X 線検出器とコリメータとを同一サイズにする事を可能とすると共に、超伝導 X 線検出器と低温初段増幅器とのボンディング配

50

線の一部をコリメータで覆う構造とした。

【0017】

さらにまた、本発明の超伝導X線検出装置及び超伝導X線分析装置において、超伝導X線検出器および低温初段増幅器に施工した全てのボンディング配線を覆うような形状のコリメータを装着する構造とした。

【0018】

また、本発明の超伝導X線分析装置においては、冷凍機と、前記冷凍機によって冷却される冷却ヘッドと、前記冷却ヘッドの先端部分に固定されるセンサーホルダと超伝導X線検出器と低温初段増幅器とコリメータとからなり、電子やイオンの荷電粒子が照射された試料から発生するX線を検出し分析する超伝導X線分析装置において、

10

前記コリメータの外周が前記超伝導X線検出器の外周の少なくとも一部と一致する形状とし、かつ、前記コリメータと前記超伝導検出器との外周を一致させて重ねた際に前記超伝導X線検出器の検出部の上部に前記コリメータの貫通穴が位置する構造とした。

【発明の効果】

【0019】

本発明は、以下に記載されるような効果を奏する。上記のように構成された超伝導X線検出装置及び超伝導X線分析装置によれば、超伝導X線検出器とコリメータの少なくとも外周の一部が一致するように装着固定する、あるいはセンサーホルダに設けた溝の壁に外周が接するように装着固定することにより、コリメータの貫通穴と超伝導X線検出器の検出部の位置合わせの粗調整が実施できるため、実装作業の操作性が容易となり作業性が向上する。

20

【0020】

さらに、コリメータにボンディング配線が通る空間を設けることにより、超伝導X線検出器とコリメータとを同一サイズにすることができ、超伝導X線検出器のボンディング配線の一部をカバーする構造となるため、実装作業の操作性が容易となり作業性が向上すると共に、作業中の接触等によるボンディング配線の断線の可能性を少なくすることが可能となり、安定したX線の検出及び分析を行うことが可能となる。

【0021】

さらにまた、超伝導X線検出器のボンディング配線をコリメータでカバーする構造とすることにより作業中の接触等によるボンディング配線の断線を防ぐことが可能となり、安定したX線の検出及び分析を行うことが可能となる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【実施例】

【0023】

図1(a)は本発明による超伝導X線検出装置の実施例を示した概略図である。超伝導X線検出器10としてはTES(Transition Edge Sensor; 超伝導遷移端温度計)を用い、低温初段増幅器20としては250個のSQUID(Superconducting QUantum Interference Device; 超伝導量子干渉素子)を直列接続させたSQUIDアレーを用いた。超伝導X線検出器10と低温初段増幅器20および接続パッド40は、センサーホルダ30へワニスで接着される。

40

【0024】

図1(b)は本発明による超伝導X線検出器の構成を示す。図1に示される実施例では、コリメータ60の外周の三辺が超伝導X線検出器10の三辺と一致する形状に製作されている。さらにコリメータ60には、超伝導X線検出器10の三辺と一致させて設置した際に超伝導X線検出器の検出部に相当する位置に貫通穴が設けられている。

【0025】

超伝導X線検出器10へのコリメータ60の装着方法は、コリメータ60の裏面外周の4辺にワニスを塗布して超伝導X線検出器10の外周と一致させて重ね合わせて接着を行

50

う。その後必要に応じて、ワニスが固まる前に貫通穴 61 を顕微鏡で観察しながら、貫通穴 61 と超伝導 X 線検出器 10 の検出部の位置を微調整して装着固定を行う。

【0026】

図 2 に示される実施例では、図 1 に示した実施例からさらに、センサーホルダ 30 に超伝導 X 線検出器 10 およびコリメータ 60 の三辺が数十 μm 程度の隙間で収まる形状のセンサー実装用の溝 31 を設けた。図 2 (a) はセンサーホルダ 30 の超伝導 X 線検出器の実装方向から観察した形状を示す。図 2 (b) はセンサーホルダ 30 へ超伝導 X 線検出器 10 およびコリメータ 30、低温初段増幅器 20 と接続パッド 40 を実装した概略図を示す。図 2 (c) は図 2 (b) の A-B 断面図を示す。

【0027】

センサー実装用の溝 31 と超伝導 X 線検出器 10 およびコリメータ 30 の寸法をマイクロオーダーの精度で作製し、超伝導 X 線検出器 10 およびコリメータ 30 の外周をセンサー実装用の溝 31 に合わせて装着する構造とした。

【0028】

図 3 に示される実施例では、図 1 に示した実施例からさらに、コリメータ 60 の外周を超伝導 X 線検出器 10 と等しくし、さらに、ボンディング配線 50 が通る空間を設けるために、エッチングをしないで残しておいたコリメータ 60 の外周 4 辺の内の 1 辺をコリメータ 60 の中心部と同様にエッチングする構造とした。超伝導 X 線検出器 10 へのコリメータ 60 の装着方法は、センサーホルダ 30 へ超伝導 X 線検出器 10 および低温初段増幅器 20 を固定しボンディング配線を実施した後に、コリメータ 60 の裏面外周の 3 辺にワニスを塗布し、コリメータ 60 のエッチングを行った外周の辺を超伝導 X 線検出器 10 のボンディングパッド側に配置させて超伝導 X 線検出器の外周と一致させて重ね合わせて接着を行う。

【0029】

図 4 に示される実施例では、図 3 に示した実施例からさらに、コリメータ 60 の大きさを超伝導 X 線検出器 10 および接続パッド 40 まで覆うような構造とした。超伝導 X 線検出器 10 へのコリメータ 60 の装着方法は、センサーホルダ 30 へ超伝導 X 線検出器 10 および低温初段増幅器 20 を固定しボンディング配線 50 を接続した後に、コリメータ 60 の裏面外周の 3 辺にワニスを塗布し、コリメータ 60 のエッチングを行った外周の辺を超伝導 X 線検出器 10 のボンディングパッド側に配置させて超伝導 X 線検出器の外周と一致させて重ね合わせて接着を行う。

【0030】

図 5 は本発明による超伝導 X 線分析装置の構成を示した概略図である。超伝導 X 線検出器は、冷却ヘッド 103 の先端部に固定され、常温で真空環境に保たれた SEM 試料室 110 へ挿入される。電子顕微鏡の鏡筒 111 から出射された電子線の照射によってサンプル 120 から発生する X 線は、超伝導 X 線検出器で検出される。超伝導 X 線検出器は、X 線の検出効率を向上させるためにサンプル 120 へ接近させて設置させる必要がある。サンプル 120 付近にはサンプルを設置するサンプルステージ 113 の他、電子線を照射する電子銃や電子線の焦点を合わせる電子レンズ等から構成される鏡筒 111、サンプル 120 から発生する電子を検出する二次電子検出器 112 などが設置される。

【0031】

超伝導 X 線検出器を冷却するため、SEM とは別体に冷凍機 100 を設け、冷却ヘッド 103 を断熱構造に施工されたスナウト 101 の中へ備え、冷却ヘッド先端へ超伝導 X 線検出器を固定する構造とする。スナウト 101 を SEM 試料室 110 のポートから挿入することで、サンプル 120 と超伝導 X 線検出器を近接して設置する構造とした。

【0032】

冷却ヘッド 103 の先端部に設けられたセンサーホルダに低温初段増幅器を固定し、その上に超伝導 X 線検出器を重ねて装着する構成とした。この場合、超伝導 X 線検出器と低温初段増幅器との間に超伝導部材を挿入しても良い。また、低温初段増幅器とセンサーホルダの間に超伝導部材を挿入する構成としても良い。

10

20

30

40

50

尚、本発明で用いたコリメータ60は、従来技術と同様にシリコンをエッチング加工により形成したチップを用いたが、シリコン以外の金属材料を加工したチップでも良い。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】(a)本発明による超伝導X線検出装置の先端部分の実施例を示した概略図である。(b)本発明による超伝導X線検出装置の超伝導X線検出器を示した概略図である。

【図2】(a)本発明による超伝導X線検出装置のセンサーホルダの形状を示した概略図である。(b)本発明による超伝導X線検出装置のセンサーホルダ周辺の構成を示した概略図である。(c)図2(b)に示した概略図のセンサーホルダ周辺の断面図である。

【図3】本発明による超伝導X線検出装置の先端部分の実施例を示した概略図である。 10

【図4】本発明による超伝導X線検出装置の先端部分の実施例を示した概略図である。

【図5】本発明による超伝導X線分析装置の構成を示した概略図である。

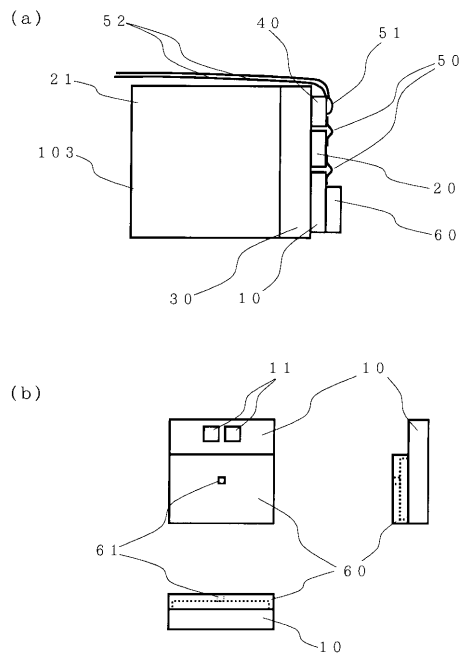
【図6】(a)従来の超伝導X線検出装置の先端部分の構造を示した概略図である。(b)従来の超伝導X線検出装置の超伝導X線検出器を示した概略図である。

【符号の説明】

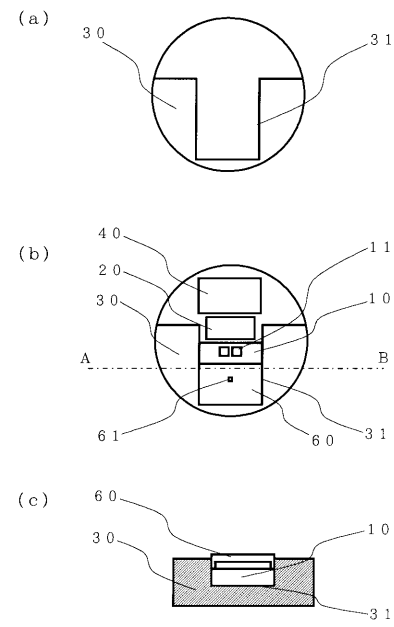
【0034】

10	超伝導X線検出器	
11	ボンディングパッド	
12	位置合わせマーク	
20	低温初段増幅器	20
30	センサーホルダ	
31	センサー実装用の溝	
40	接続パッド	
50	ボンディング配線	
51	ハンダ	
52	配線	
60	コリメータ	
61	貫通穴	
70	輻射熱シールド板	
71	X線透過ウィンドウ	30
80	スーパーインシュレーション	
100	冷凍機	
101	スナウト	
102	スナウト外層	
103	冷却ヘッド	
110	SEM試料室	
111	鏡筒	
112	二次電子検出器	
113	サンプルステージ	
120	サンプル	40

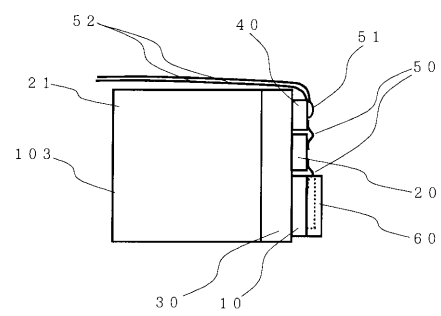
【図 1】



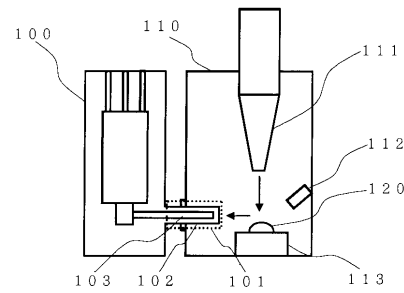
【図 2】



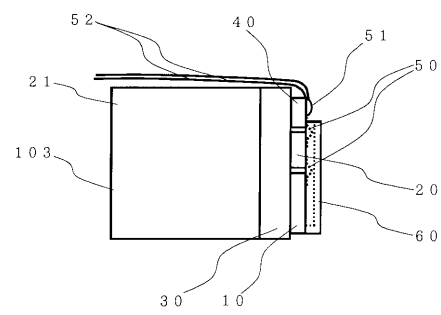
【図 3】



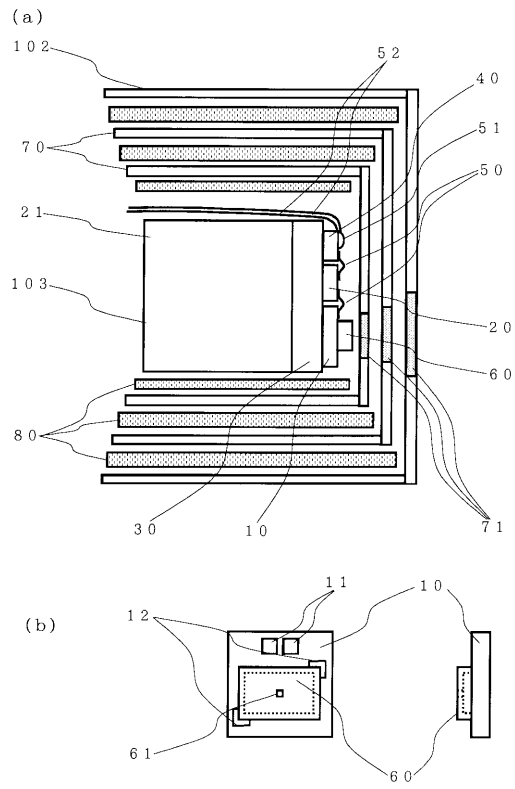
【図 5】



【図 4】



【図 6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G088 EE29 FF02 GG22 GG23 JJ09 JJ16 JJ17 JJ22 JJ33 JJ37