

(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2010-232500

(P2010-232500A)

(43) 公開日 平成22年10月14日(2010.10.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 39/22 (2006.01)	H O 1 L 39/22 A	4 M 1 1 3
H O 1 L 39/24 (2006.01)	H O 1 L 39/22 D	
	H O 1 L 39/24 J	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2009-79643 (P2009-79643)	(71) 出願人	301023238
(22) 出願日	平成21年3月27日 (2009. 3. 27)		独立行政法人物質・材料研究機構
			茨城県つくば市千現一丁目2番地1
		(71) 出願人	504150461
			国立大学法人鳥取大学
			鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101番地
		(74) 代理人	100093816
			弁理士 中川 邦雄
		(72) 発明者	田中 博美
			茨城県つくば市千現一丁目2番地1 独立行政法人物質・材料研究機構内
		(72) 発明者	足立 聡
			鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101番地 国立大学法人鳥取大学内

最終頁に続く

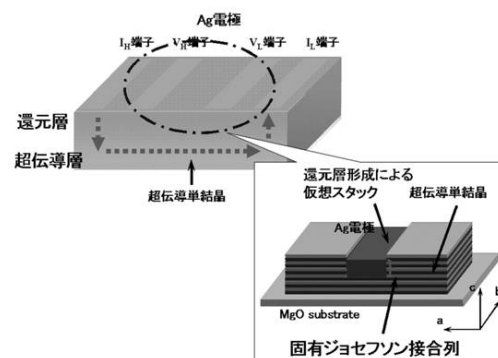
(54) 【発明の名称】 固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法

(57) 【要約】

【課題】 イオン注入やイオンビームエッチングおよびリソグラフィーなど高度で複雑な技術を要することなく、固有ジョセフソントンネルデバイスを作製する固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法を提供する。

【解決手段】 上記課題を解決するために、本発明は、超伝導単結晶の表面に絶縁層と電極を配置してなる固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法であって、前記表面の絶縁層を前記超伝導単結晶の結晶面を表面とし、当該表面を還元雰囲気暴露しながら加熱して、当該表面を還元して絶縁化し、形成することを特徴とする固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法の構成とした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超伝導単結晶の表面に絶縁層と電極を配置してなる固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法であって、

前記表面の絶縁層を前記超伝導単結晶の結晶面を表面とし、当該表面を還元雰囲気暴露しながら加熱して、当該表面を還元して絶縁化し、形成することを特徴とする固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法。

【請求項 2】

前記超伝導単結晶が、Bi-2212であることを特徴とする請求項 1 に記載の固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法。

10

【請求項 3】

前記還元雰囲気が、モル比 95～98%の不活性ガスと、モル比 2～5%の水素ガスの混合ガスであることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法。

【請求項 4】

前記加熱が、150～500℃の範囲で、0.2～5時間行われることを特徴とする請求項 1～請求項 3 の何れか 1 項に記載の固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法。

【請求項 5】

請求項 1～請求項 4 の何れか 1 項に記載の固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法によって製造されることを特徴とする固有ジョセフソントンネルデバイス。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超伝導単結晶の表面に絶縁層と電極を配置してなる固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に示すように、固有ジョセフソントンネルデバイスについては公知であり、その有用性については十分知られている。特許文献 1 に記載の固有ジョセフソントンネルデバイスは、(a) 超伝導単結晶内部に形成される微細な超電流経路と、(b) 該超電流経路を埋め込むようにイオン注入により形成される絶縁化層と、(c) 前記超電流経路と絶縁化層上に形成されるエピタキシャル高温超伝導電極層とを具備することを特徴とする層状高温超伝導体固有ジョセフソン効果装置（請求項 1）である。

30

【0003】

しかしながら、特許文献 1 などに記載の従来の固有ジョセフソントンネルデバイスは、イオン注入やイオンビームエッチングおよびリソグラフィーなど高度で複雑な技術を要するという欠点があり、またコスト面からも実用的ではなかった。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

40

そこで、本発明は、このような実情に鑑み、イオン注入やイオンビームエッチングおよびリソグラフィーなど高度で複雑な技術を要することなく、固有ジョセフソントンネルデバイスを作製する固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法を提供することを課題とした。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために、第 1 に、超伝導単結晶の表面に絶縁層と電極を配置してなる固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法であって、前記表面の絶縁層を前記超伝導単結晶の結晶面を表面とし、当該表面を還元雰囲気暴露しながら加熱して、当該表面を還元して絶縁化し、形成することを特徴とする固有ジョセフソントンネルデバイスの簡

50

易作製法の構成とした。

【0006】

さらに、前記超伝導単結晶が、Bi-2212であることを特徴とする前記固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法の構成、また前記還元雰囲気、モル比95～98%の不活性ガスと、モル比2～5%の水素ガスの混合ガスであることを特徴とする前記何れかに記載の固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法の構成、或いは前記加熱が、150～500℃の範囲で、0.2～5時間行われることを特徴とする前記何れかに記載の固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法の構成とした。そして、前記何れかに記載の固有ジョセフソントンネルデバイスの簡易作製法によって製造されることを特徴とする固有ジョセフソントンネルデバイスの構成とした。

10

【発明の効果】

【0007】

本発明は、上記構成であるから、次の効果を有する。特許文献1に記載の技術ではイオン注入技術により必要とする絶縁層を形成していたが、本発明では代わりに還元雰囲気中の熱処理を用いた非常に簡便な手法で、特許文献1と同様な絶縁層を形成でき、電流パスを制御できた。即ち、本発明では、超伝導単結晶の表面近傍のみを絶縁化することができる。ここいう表面近傍とは、最表面から数nm～数十nmの領域である。これにより、電流の流れる経路が変化し、c軸方向（深さ方向）を通るようになる。それに伴い、固有ジョセフソン特性が観測できる固有ジョセフソントンネルデバイスを簡易に作製することができる。また、本発明は上記従来の欠点を解決できるのみならず、より均一な特性を有する固有ジョセフソントンネルデバイスを得られる。これは、本発明においては絶縁層が深さ方向に1層単位ずつ順次形成されていくためである。

20

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】還元雰囲気中熱処理により絶縁層を形成して作製した本発明である固有ジョセフソントンネルデバイスの模式図を示すグラフである。

【図2】還元雰囲気中熱処理により絶縁層を形成して作製した本発明である固有ジョセフソントンネルデバイスの抵抗-温度特性を示すグラフである。

【図3】還元雰囲気中熱処理により、絶縁層を形成して作製した本発明である固有ジョセフソントンネルデバイスの電流-電圧特性を示すグラフである。

30

【発明を実施するための形態】

【0009】

上記特許文献1の「イオン注入により絶縁化層を形成する工程」を「還元雰囲気中熱処理」に置換えても同様な作用効果を発揮させ得ることは、特許文献1の図2で示されるプロセスで形成されるデバイスの電流パスと、本発明で形成されるデバイスの電流パスが類似していることに起因する。

【0010】

下記実施例では、Bi-2212超伝導単結晶を例示したが、その他、以下のような超伝導単結晶についても同様な方法で、絶縁層を超伝導単結晶表面部に形成することができる。

40

【0011】

【表 1】

	超伝導単結晶		Bi-2212	Bi-2201	Bi-2223	
	絶縁層生成面		酸素不足	酸素不足	酸素不足	
			Bi-2212	Bi-2201	Bi-2223	
雰 囲 気	還 元 成 分	元素	水素	水素	水素	
		分量	下限	2 %	2 %	2 %
			上限	5 %	5 %	5 %
		限度事由	水素の爆発限界以下で極力還元力を有する条件だから			
	不活性成分		窒素	窒素	窒素	
	圧 力	下限	0.1 atm	0.1 atm	0.1 atm	
		上限	1 atm	1 atm	1 atm	
		限度事由	雰囲気圧が低すぎると混合ガスによる熱処理効果が薄れる			
加 熱	温 度 ℃	下限	150	150	150	
		上限	500	500	500	
	限度設定事由		水素の爆発限界以下で極力還元力を有する条件だから			
	時 間 h	下限	0.2	0.2	0.2	
上限		5	5	5		
限度設定事由		長時間加熱をし過ぎると表面絶縁体層において、その構造まで崩れてしまう恐れがあるから。				

10

【実施例 1】

【0012】

以下、本発明である固有ジョセフソントンネルデバイスの一例の作製方法のフローを説明する。本発明によって得られる Bi-2212 超伝導単結晶を用いた固有ジョセフソントンネルデバイスは、次の (1) ~ (4) のプロセスを経て得られた。

【0013】

Bi-2212 は、ビスマス (Bi) を中心とした銅酸化物で、構成する元素記号 (割合) を示すと、Bi (2)、Sr (2)、Ca (1)、Cu (2)、Oy である。ビスマス-2212 は、結晶を作るだけで、自然に、超伝導層と絶縁層が交互に配置されたサンドイッチ層 (ジョセフソン接合列) を形成する。さらに、それら層は極めて薄くできる優れた特性があることから、半導体に代わる素子として期待されている。

20

【0014】

(1) 劈開工程

10 mm × 5 mm × 0.3 mm 程度のサイズを有する Bi-2212 超伝導単結晶をスコッチ (スリーエム社登録商標) テープを用いて劈開し、清浄面を出した。

【0015】

(2) 電極形成工程

工程 (1) で用意した単結晶劈開面上に銀ペーストを用いて電極を 4 つ配列した (図 1)。

30

【0016】

(3) 還元熱処理工程

工程 (2) で作製したものを 2 % H₂ + 98 % N₂ の還元雰囲気中において、400 °C で 1 h 熱処理して還元処理を施した。還元熱処理工程により、Bi-2212 超伝導単結晶の表面近傍層が絶縁体になった。絶縁化は光電子分光による測定で観測された Cu 2p 内殻光電子スペクトルで確認された。具体的には、Cu 2p 光電子スペクトルにおけるサテライトピーク (2p⁵3d⁹) の強度が超伝導を示す場合のそれに比べて著しく低下していることから判別した。

40

【0017】

(4) 電気バス偏向工程

工程 (3) で作製したものにおいて I_H 端子および I_L 端子を電流端子として用い、一方で V_H 端子および V_L 端子を電圧端子として用いることで、電流バスを固有ジョセフソン接合列が存在する深さ方向に偏向できた。

【0018】

電流バスは、図 2 に示すように抵抗-温度特性測定で観測された「超伝導転移温度が不変の状態にも関わらず電気抵抗値が半導体的振舞いを示す」ことから確認された。また、固有ジョセフソントンネルデバイスとしての動作の確認は、図 3 に示すように電流-電圧特性測定で観測された「電圧の不連続な飛び」から確認された。

50

【0019】

これらのプロセスにより高温超伝導体の単結晶上に、c軸方向に存在する固有ジョセフソン接合列を活かした形態のトンネルデバイスが形成された。

【産業上の利用可能性】

【0020】

従来の層状高温超伝導固有ジョセフソントンネルデバイス作製方法では高度で複雑な技術を要するという点およびコスト面から実用的ではないという問題があった。本発明により非常に安価に安定したデバイスを簡易に作製することが可能になった。本プロセスで作製した層状高温超伝導固有ジョセフソントンネルデバイスを用いたHTS (High Temperature Superconductor: 高温超伝導体) - SQUID (Superconducting Quantum Interference Device: 超伝導量子干渉素子) は低コスト及びメンテナンスフリーである為、各種検査装置 (食品・薬品内異物検査装置や半導体デバイス検査装置などの非破壊検査) に応用することが可能である。従って、産業分野への貢献も大きく、経済的効果をもたらす。

10

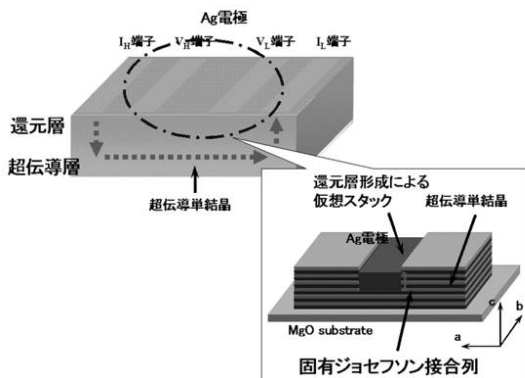
【先行技術文献】

【特許文献】

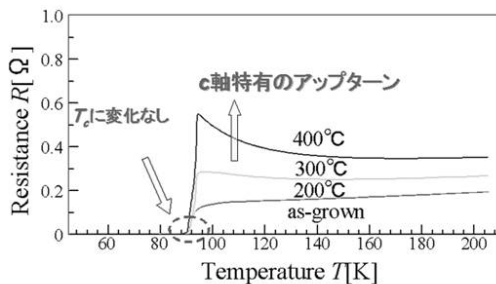
【0021】

【特許文献1】特開平11-274584号公報

【図1】

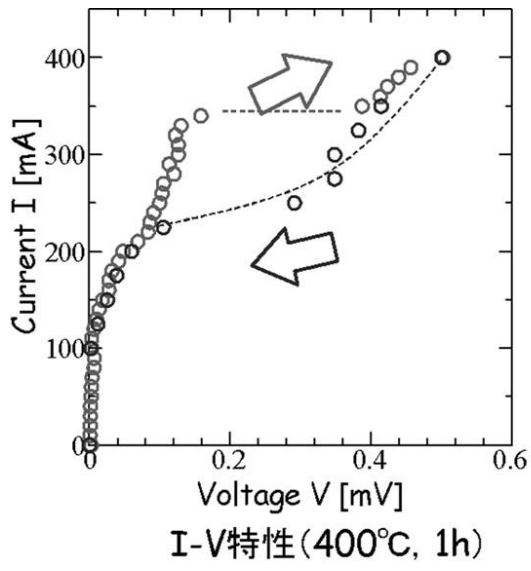


【図2】



R-T特性(アニール温度依存性)

【図 3】



フロントページの続き

- (72)発明者 吉川 英樹
茨城県つくば市千現一丁目2番地1 独立行政法人物質・材料研究機構内
- (72)発明者 坂口 裕樹
鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101番地国立大学法人鳥取大学内
- (72)発明者 岸田 悟
鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101番地国立大学法人鳥取大学内
- Fターム(参考) 4M113 AA01 AC09 AD61 BC26 CA35