

※課題番号 : F-12-UT-0036
※支援課題名 (日本語) : γ 線超伝導転移端マイクロカロリメータ
※Program Title (in English) : Gamma-ray Superconducting Transition Edge Sensor (TES) microcalorimeter
※利用者名 (日本語) : 高橋浩之
※Username (in English) : Hiroyuki Takahashi
※所属名 (日本語) : 東京大学大学院工学系研究科
※Affiliation (in English) : Department of Engineering, The Univ. of Tokyo.

※概要 (Summary) :

超伝導 Ir/Au 薄膜温度センサ上に金バンプポストを用いて錫バルク吸収体を搭載した TES 検出素子を試作し、数 100keV 領域の γ 線において TES による精密なスペクトロスコピーを世界で初めて実証した。このセンサの実現のためには、ナノテクノロジー・プラットフォームが有する電子線直描装置による、TES 作製用フォトマスクのパターニングが必要不可欠である。

※実験 (Experimental) :

平成 24 年 6 月から 25 年 2 月末まで合計 10 日、高速大面積電子線描画装置を用いたフォトマスク作製、パターニングした基板の反応性プラズマエッチング装置によるエッチング、ならびにドラフトチャンバー潤沢超純水付における素子の前処理を行った。

Ir/Au TES はあらかじめ窒化シリコンを積層されたシリコンウエハ上にスパッタリングにて Ir/Au バイレイヤを積膜し、 BCl_3 ガスを用いたリアクティブイオンエッチングによりパターニングを行うことにより作製する。この Ir/Au 薄膜上に金バンプポストをあらかじめ作製し、その後ウエハ裏面からヒドラジンを用いて Si を除去して、窒化シリコンメンブレン構造を完成させる。そしてこの Ir/Au 薄膜上に構築された金バンプポストの上に、フリップチップボンダを用いて錫バルク吸収体を搭載し、エポキシで固定する。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

図に示すのは Ir/Au 超伝導薄膜と錫バルク放射線吸収体を金バンプポストで接続した TES 素子である。

この素子を希釈冷凍機を用いて 100mK まで冷却して動作させ、 ^{137}Cs 線源からの γ 線入射応答を計測したところ、662keV の光電ピークおよび錫のエスケープピークが明瞭に確認でき、エネルギー分解能はおおよそ 526eV@662keV (Ge 半導体検出器より 3 倍以上優れた値) が得られた。これは、TES による数 100keV 領域の γ 線において高精度なスペクトロスコピーを行っ

た世界で初めての試みとして注目されている。以上より、ナノテクノロジー・プラットフォームの装置利用によって世界最高水準の性能を有する γ 線超伝導転移端センサ素子を実現できることが明らかになった。

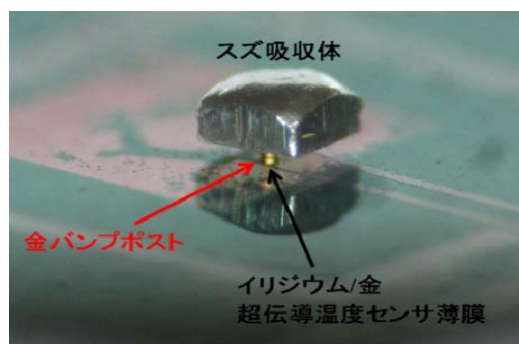


図 試作した錫吸収体付 TES 検出素子

※その他・特記事項 (Others) :

本研究は、JST 産学イノベーション加速事業【先端計測分析技術・機器開発】「超伝導転移端センサによる革新的硬 X 線分光技術の開発」により実施されている。

共同研究者等 (Coauthor) :

Thushara Damayanthi : 東大原子力国際・特任研究員
大野 雅史 : 東大バイオエンジニアリング・特任准教授
論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

- 1) S. Hatakeyama, M Ohno, et al. “Development of hard X-ray and γ -ray spectrometer using superconducting transition edge sensor”, IEEE TRANS. ON APPL. SUPERCONDUCTIVITY, Vol.23, no.3 2100804, 2013
- 2) R. M. T. Damayanthia, M. Ohno, et al. “Development of Bulk Superconducting-Absorber Coupled Transition Edge Sensor Detectors for Positron Annihilation Spectroscopy”, IEEE TRANS. ON APPL. SUPERCONDUCTIVITY, Vol.23, no.3 2100304, 2013

関連特許 (Patent) :

出願 1 件