

課題番号 : F-17-UT-0079  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : 超伝導細線軟 X 線検出器を用いたイメージング検出器の開発  
 Program Title (English) : Development of Superconducting Nanostrip Soft-X ray Imaging Detector  
 利用者名(日本語) : 渡辺千春、浮辺雅宏  
 Username (English) : C. Watanabe, M. Ukibe  
 所属名(日本語) : 産業技術総合研究所  
 Affiliation (English) : AIST  
 キーワード/Keyword : 微細加工、Low- $T_c$  超伝導体、X 線検出器、リソグラフィ・露光・描画装置

## 1. 概要(Summary)

遷移金属酸化物には、高温超伝導体、リチウムイオン電池用電極材及び低消費電力デバイス用スピントロニクス材料等、様々な物質が存在し、その興味深い物性から科学的にも産業的にも非常に重要な物質である。その特異な物性の起源の究明やそれらを用いたデバイスの開発では、構成元素の軌道エネルギー近傍のエネルギーの X 線入射により放出される 2 次 X 線を測定する、共鳴非弾性散乱分光法(RIXS)による直接観測が有効である。現在、回折格子と CCD 検出器を組み合わせた波長分散型スペクトロメーターで、RIXS で必要なエネルギー分解能 ( $E/\Delta E$ )10,000 を実現しているが、CCD の空間分解能の限界(数  $\mu\text{m}$  程度)のため、今後必要な 100,000 以上のエネルギー分解能は実現できない。そこで申請者は、可視光~軟 X 線の広いエネルギー範囲の光子に対し高い感度をもつ超伝導細線光子検出器(SSPD)に Delay line 構造を組み込み、空間分解能 500 nm 以下の高精細 X 線イメージング検出器を開発する。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置

### 【実験方法】

超高空間分解能な大面積超伝導細線光子検出器(SSPD)を作製するためには Fig. (a)で示すように~500 nm の超伝導細線を 100 m 規模で欠陥なく作成する必要がある。しかし一般的な EB 描画装置でこのような大規模構造を描画する場合 1 週間単位の描画時間を要する。

そこで、申請者の所属する施設にて Si ウェハ上に Nb 薄膜を成膜したのち、VDEC にて高速大面積電子線描画装置を用いた描画を行う。この装置であれば前述した大規模構造を 1 時間前後で作製可能である。また、フォト

レジストの塗布および、自動現像装置を用いた描画前後の処理は VDEC 内にて行った。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

本研究は超伝導細線を 100 m 以上に渡って断線や隣接する細線同士のショートや断線なく作製する必要がある。実際に VDEC にて描画を行ったサンプルを加工し、仔細に観測すると Fig. (b), (c)で示すようなレジストゴミが全長~10 m の超伝導細線中に数十点観測されるのみであった。これは VDEC であるからこそ実現できたと考える。

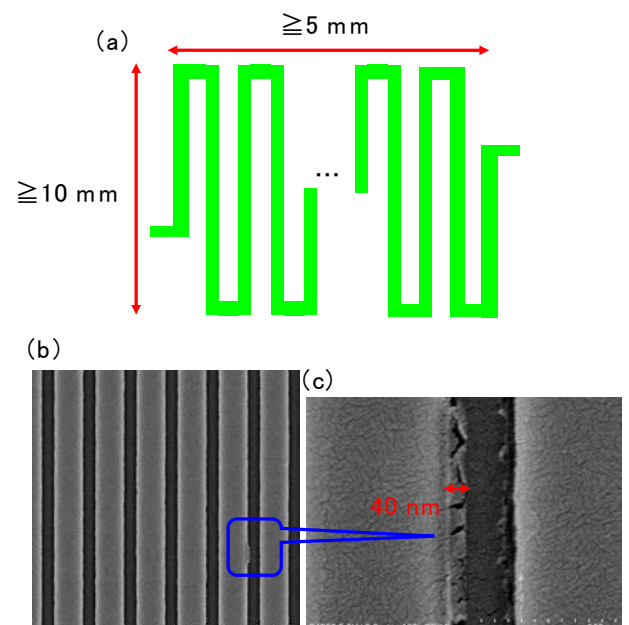


Fig. (a)The image of Superconducting Strip Photon Detector (SSPD). (b) SEM image of super conducting strips. (c) The magnification figure of (b).

#### 4. その他・特記事項 (Others)

本研究は東大微細加工拠点マネージャである三田吉郎准教授および特任研究員 藤原誠氏の御助言、サポートにより円滑に遂行することができましたことを、ここに感謝致します。

#### 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) 渡辺 千春、全 伸幸、藤井 剛、牧瀬 圭正、浮辺 雅宏、大久保 雅隆、応用物理学会第 78 回秋季大会、平成 29 年 9 月 7 日
- (2) 渡辺 千春、全 伸幸、藤井 剛、牧瀬 圭正、浮辺 雅宏、大久保 雅隆 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 平成 30 年 3 月 19 日

#### 6. 関連特許 (Patent)

なし。