

課題番号 : F-15-NM-0103
利用形態 : 技術代行
利用課題名 (日本語) : シリコン深堀エッチングによる超伝導光デバイスと光ファイバの高効率結合開発
Program Title (English) : Development of high efficiency optical fiber coupling technique by Si deep RIE for superconducting optical devices
利用者名(日本語) : 福田 大治
Username (English) : D. Fukuda
所属名(日本語) : 国立研究開発法人産業技術総合研究所
Affiliation (English) : National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. 概要(Summary)

超伝導転移端センサ(TESS; Transition Edge Sensor)を用いた単一光子検出器は、高い検出効率と低い暗計数率を持つことから、量子情報通信や極微弱光計測などの様々な分野での応用が期待されている。本研究では、超伝導光検出素子を高効率かつ容易に光結合させる技術の確立を目指し、Si 深堀エッチングによる光自己整合型構造の技術開発に取り組んでいる。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

- ・ シリコン深堀エッチング装置
- ・ 高速マスクレス装置
- ・ 超高真空電子銃型蒸着装置

【実験方法】

本年度は Si 深堀エッチング断面形状の向上と、光ファイバーと結合した際の光照射位置の評価に注力した研究を行った。試料は、大きさ 3 inch の Si 基板上に ϕ 2.494 mm から ϕ 2.496 mm まで 1 μ m 刻みで 3 種、計 49 個の円形状のパターンをリソグラフィーで配置後、ウエハの厚さ 400 μ m 全てに渡って円形周辺部を Si 深堀により取り除く。また、レーザー光のスポット位置を確認するために、金薄膜によるグリッドパターンを円形状の中心部に蒸着により作成した。なお、試料は技術代行による支援を受けて作成した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

昨年度の結果では、深堀が進むにつれて Si 側壁のサイドエッチングが進行し、断面形状が逆テーパ状になってしまうという現象が観察された。これを解決するため、深堀時の高周波パルスの duty 比等を調整したテーパ抑制プロセスによるエッチングを試みた。プロセス後、各素子の外径を投影機により測定し設計値との差を評価したところ、その標準偏差は 0.5 μ m であった。これは、昨年度

よりも 5 倍ほど小さく、ウエハ全体に渡って高い加工精度が得られていることを確認した。また、形状断面の(逆)テーパ角は 0.40° であり、昨年度の 1.09° と比べて半分にまで抑制することに成功した。次に、光結合特性を評価するため、素子に光ファイバーを接続し、そのレーザースポットをウエハ裏面より観察した時の像を Figure 1 に示す。光強度が最も高い位置を金グリッドパターンから評価した結果、スポット位置の中央からの偏差は平均 2~3 μ m であり、高い位置精度で光ファイバーのスポット位置が制御できていることを確認した。

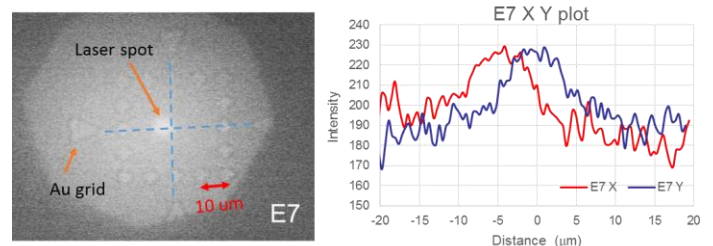


Figure 1 (a) Transmittance image and (b) intensity profile of laser spot from optical fiber.

4. その他・特記事項 (Others)

【共同研究者】 産総研 田辺稔、沼田孝之、渡部謙一；東北大学電気通信研究所 藪野正裕、枝松圭一

【技術支援者】 津谷大樹、大里啓孝、谷川俊太郎

【他の利用した支援機関】 産総研ナノプロセッシング施設 NPF、産総研超伝導クリーンルーム CRAVITY、微細構造解析プラットフォーム ACNP

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) 田辺稔他、電子情報通信学会超伝導エレクトロニクス研究会(SCE)、平成 27 年 10 月 8 日

(2) 福田大治他、応用物理学会第 63 回春季学術講演会、平成 28 年 3 月 21 日

6. 関連特許 (Patent)

なし