

課題番号 : F-14-NM-0115
 利用形態 : 技術代行
 利用課題名 (日本語) : Si の深堀エッチングを用いた超伝導光デバイスと光ファイバの高効率結合技術の開発
 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) : Daiji Fukuda
 所属名 (日本語) : 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 (TES; transition edge sensor) を用いた光子数識別器は、単一光子に対する高い検出効率が期待されることから、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ファイバと結合させる技術の確立を目指し、自己整合型構造を Si 深堀で作製する技術の開発に取り組んだ。

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
- ・ 高速マスクレス露光装置

【実験方法】

TES 素子作製に一般に用いられている Si 基板 (厚さ 400 μm 、直径 3 inch) 上に、 $\phi 2.506 \text{ mm}$ から $\phi 2.518 \text{ mm}$ まで 2 μm 刻みで 7 種のサンプルを各 7 つ、計 49 個のレジストパターンを配置した後、シリコン深堀エッチングによって加工した。加工後の円板部分の外径を、マイクロメータを用いて測定しその直径精度とばらつきを評価した。この実験に先立ち、課題番号 F-14-NM-0114 として大きさ 20 mm 角及び直径 2 inch にて Si 深堀加工を試みているが、この課題ではより大型の 3 inch 基板を用いた場合の加工一様性を明らかにすることを主眼としている。なおシリコン深堀エッチング装置による加工は、技術代行による支援を受けて実施した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

各サンプルは、6 mm \times 6 mm の間隔で配置している。Figure 1 に作製したサンプルの写真を示す。エッチングは、手前側の表面から奥側 (写真上方に向かって) 行っている。Si の断面を見ると、裏面に近い領域に白く変色した領域が見られ、断面形状も直角ではなくテーパ状となっている。これについては今後解決

すべき課題である。また、Table 1 には各サンプルの直径の実測値と設計値からのずれを測定した結果を示す。49 個のサンプルの偏差の平均は 0.06 μm 、標準偏差は 2.67 μm となり、ほぼ設計通りに加工されていることを確認した。ただ偏差の分布をみるとウェハ左右両端ではオーバーエッチング、同心中央～右側ではアンダーエッチングの傾向があり、均一な加工精度を得るためには今後改善が必要であることも分かった。



Figure 1. Micrograph of self-aligned structure

Table 1. Standard deviation distributions of the sample diameter in a wafer (unit: μm)

-1	1	5	0	1	2	-2
-5	-3	4	-3	4	-1	-3
-5	-6	-1	1	5	4	-2
-3	-1	1	-3	-2	1	0
0	-1	2	0	2	2	-1
-3	-1	2	0	1	5	-2
-1	-1	1	3	1	3	3

4. その他・特記事項 (Others)

【共同研究者】産総研 田辺稔、沼田孝之; 東北大学電気通信研究所 藪野正裕、布川佑真、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

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) M. Yabuno et al., 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 平成 27 年 3 月 12 日.

6. 関連特許 (Patent) なし。