

課題番号 : F-18-TU-0123
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 水素アニールを用いたスルーシリコンビアのスキヤロップ平滑化に関する研究
 Program Title(English) : Smoothing of scallop in thorough silicon via using hydrogen annealing
 利用者名(日本語) : 寺井弘高¹⁾, 菱田有二¹⁾
 Username(English) : H. Terai¹⁾, Y. Hishida¹⁾
 所属名(日本語) : 1) 情報通信研究機構 未来 ICT 研究所
 Affiliation(English) : 1) Future ICT Research Institute, National Institute of Information and communications Technology (NICT)
 キーワード/Keyword : 表面処理、超伝導量子ビット、スルーシリコンビア、スキヤロップ、水素アニール

1. 概要(Summary)

量子コンピュータを実現するハードウェアの有力候補として超伝導量子ビットが注目され、Google や IBM といった巨大企業が参入して熾烈な研究開発競争が行われている。超伝導量子ビットの大規模集積化に向けたマイルストーンとして超伝導量子ビットの 2 次元集積化があり、個々の量子ビットをマイクロ波で制御するための超伝導 3 次元配線プロセスの開発が重要な技術課題となっている。今回、シリコン基板の裏面からスルーシリコンビア(TSV)を介して表面の量子ビットにアクセスする超伝導 3 次元配線プロセスの実現を目指し、ボッシュプロセスで形成した TSV 側面の凹凸の水素アニールによる平滑化を試みた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 ランプアニール炉

【実験方法】 保護層形成 1.5 秒→方向性エッチング 1.5 秒→等方性エッチング 1.0 秒/サイクルの条件で TSV を形成したシリコン基板を、以下の条件で水素アニールを行い TSV 断面の SEM による観察、アニールしたシリコン基板上に作製した超伝導共振器の内部 Q 値を評価した。

水素アニール条件

- ・水素ガス流量: 20sccm (Pd フィルムによる純化+30 分かけて配管内の純度の低い水素ガスを置換)
- ・圧力: 10kPa
- ・温度: 1100°C (800°C プリアニール 5 分→ 1100°C アニール→ 800°C ポストアニール 5 分→水素雰囲気中 20 分で 200°C まで自然冷却→試料取り出し)
- ・1100°C アニール時間: 30 分、2 時間の 2 条件で実験

3. 結果と考察(Results and Discussion)

TSV 側壁を SEM で観察した結果を Fig. 1 に示す。水素アニール前の TSV には深さ約 0.4 μm のスキヤロップ(凸凹)があるが、1100°C 30 分の水素アニールにより、

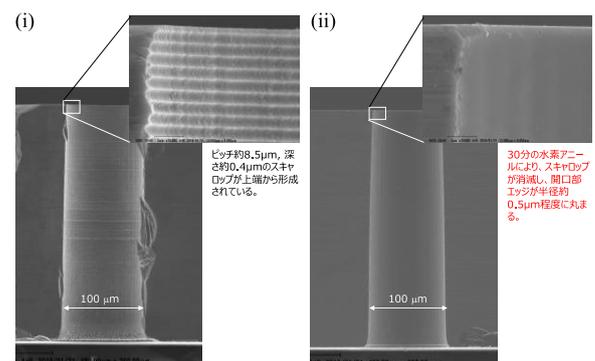


Fig. 1 SEM image of TSV, (i) before hydrogen annealing, (ii) after 0.5-hour hydrogen annealing.

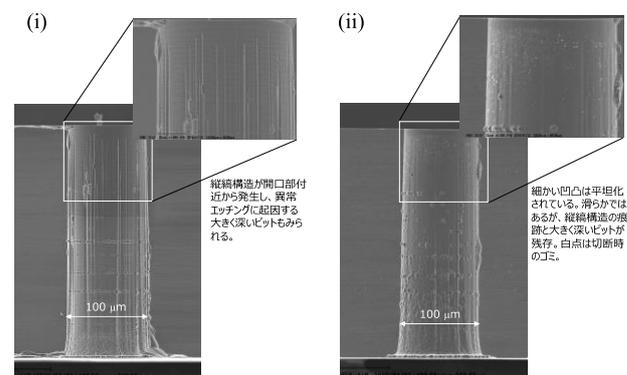


Fig. 2 SEM image of TSV with deep pit structures, (i) before hydrogen annealing, (ii) after 2-hours hydrogen annealing.

きれいに消失していることが確認できた。一方、TSV 側面に深さ 4 μm 以上のピット構造を持つべき悪い TSV では、2 時間の水素アニールを行っても完全に側面を平滑化できないことがわかった。

4. その他・特記事項(Others)

- ・共同研究者: 東北大学 金森義明准教授、東京大学/理化学研究所 中村泰信教授、ボールウェーブ(株) 竹田宣生様
- ・ERATO (JST) 「巨視的量子機械」

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。