

課題番号	: F-19-TU-0052
利用形態	: 技術相談
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 on through 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. Terai ¹⁾ , Y. Hishida ¹⁾
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て、超伝導量子ビットの2次元集積化が大きな目標となっており、2次元に集積化した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。昨年度から、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側面の凹凸の解消について東北大学ナノテク技術支援センターに技術相談し、水素アニールによる平滑化を試みている。今年度は水素アニールの超伝導共振器の特性に及ぼす影響を調べた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 ランプアニール炉

【実験方法】 昨年度の実験で、水素 10 kPa、1100°C、30 分のアニールでスルーシリコンビア(TSV)側壁のスキヤロップが平滑化されていることが確認され、2 時間アニールしたシリコン基板では著しい水素脆化がみられたことから、水素アニール時間を 30 分に固定し、シリコン基板に取り込まれた水素を取り除くためのポスト処理として、真空アニールを行った。真空アニールの条件は、1100°Cと750°Cの2種類とし、アニール時間は30分とした。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

30 分のアニール処理で TSV 内壁が平滑化することは確認済みなので、今回は水素アニールのみ 30 分、水素アニール 30 分+真空アニール 30 分を行ったシリコン基板上(TSV 無し)に超伝導薄膜として TiN 薄膜を 50 nm 成膜、準平面型(CPW)共振器を作製し、20 mK 以下に

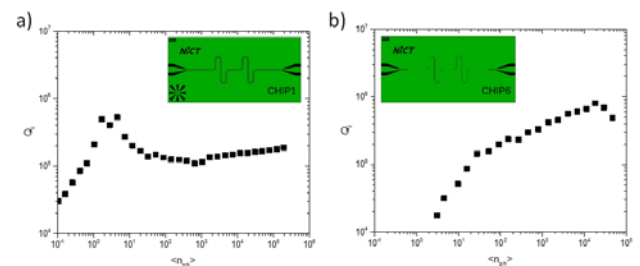


Fig. 1 Average photon number dependence of internal quality factor in CPW resonators made of TiN thin film for two different substrate annealing conditions; a) 30-min hydrogen annealing, b) 30-min hydrogen annealing + 30-min vacuum annealing.

冷却して、CPW 共振器の内部 Q 値(損失の逆数)を評価した。ただし、1100°Cで真空アニールしたサンプルは残留ガスによるものと思われる白濁が表面に生じたため、真空アニール温度 750°Cの試料のみ CPW 共振器を評価した。その結果、Fig. 1 a)に示すように水素アニールを行った試料では共振器内部のマイクロ波光子数が1という低パワーで内部 Q 値が 10^5 程度と、水素アニールを行わない通常の TiN 共振器で観測される 10^6 という内部 Q 値を大きく下回った。また、Fig. 1 b)に示すように真空アニールを追加で行った試料でも、低パワーでは内部 Q 値が 10^5 以下という結果となり、水素アニールによる共振器の損失増大が確認されるという結果となった。

4. その他・特記事項(Others)

- ・共同研究者: 東北大学 金森義明教授、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
- ・JST ERATO「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。