

課題番号 : F-20-TU-0060  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : Vapor HF エッチング装置による超伝導量子回路での SiO<sub>2</sub>エッチング  
 Program Title (English) : Etching of SiO<sub>2</sub> layer on superconducting quantum circuits by Vapor HF etching system  
 利用者名(日本語) : 金鮮美  
 Username (English) : S. Kim  
 所属名(日本語) : 国立研究開発法人 情報通信研究機構  
 Affiliation (English) : National institute of Information and Communications Technology  
 キーワード/Keyword : 膜加工・エッチング, 形状・形態観察

### 1. 概要(Summary)

NbN 系の超伝導量子ビット作製の際層間絶縁膜として使う SiO<sub>2</sub>は、マイクロ波測定において誘電損失や2準位系(TLS)の存在による量子ビット測定へのノイズ原にもなるため、測定前に除去する必要がある。今まで我々はバッファードフッ酸(BHF)液でウェットエッチングにより SiO<sub>2</sub>を除去していたが、3次元の細かい構造がある量子ビット付近で、①SiO<sub>2</sub>がきれいに取れず残留すること、②エッチング液の表面張力により細かい3次元構造が壊れられやすいことなどが懸念されている。そのため改善策として、気相のフッ酸(VHF)を用いて、SiO<sub>2</sub>膜をエッチングする装置(Primaxx uEtch)を使い、量子ビットのコヒーレンス特性の向上出来るように完全な SiO<sub>2</sub>除去条件を検討する。

### 2. 実験(Experimental)

#### 【利用した主な装置】

Vapor HF エッチング装置(Primaxx uEtch)

#### 【実験方法】

NbN 系の全窒化物超伝導量子回路をテストサンプルとして準備し気相のフッ酸による SiO<sub>2</sub>酸化膜のエッチングを行った。エッチングレートは1サイクル当たり約 0.5 μm である。サンプルは全窒化物の量子回路上にスパッタ成膜された厚さ 0.5 μm 程度の SiO<sub>2</sub>膜で覆われた構造で、その中の 2 μm 幅のブリッジ構造下の SiO<sub>2</sub>膜の完全除去を目指して、VHF エッチング装置によるエッチング条件を 4 サイクル以上(4、5、8 サイクル)で行い、レーザー顕微鏡で観察した。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1(a)のように 4 サイクルの VHF エッチング処理後レーザー顕微鏡でサンプルを観察した結果、表面に丸い粒々が確認された。これは SiO<sub>2</sub>の残留物だと考え、追加にバッファードフッ酸(BHF)でウェットエッチング(14分)処理を行った結果、Fig. 1(a')のようにサンプル表面の残留物がきれいに無くなった。

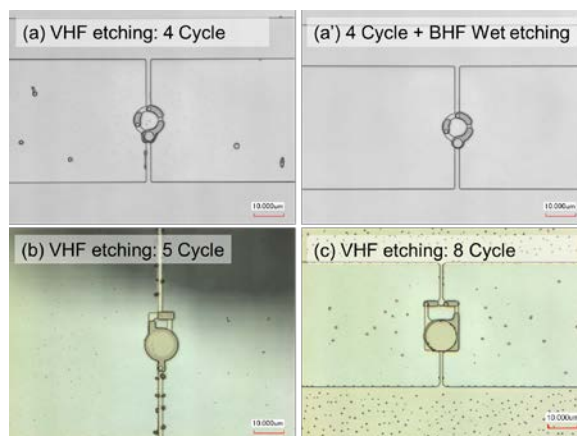


Fig. 1 Laser scanning microscopy images of superconducting quantum circuits with different etching conditions. (a)after VHF etching of 4 cycles, (a') VHF etching of 4 cycles and additional BHF wet etching for 14 min, (b)VHF etching of 5 cycles, (c)VHF etching of 8 cycles.

更に VHF エッチングだけで、サンプル表面の残留物を完全に除去するエッチング条件を探すため、Fig. 1 (b)、(c)のように VHF エッチングのサイクル数を 5 回、8 回までに増やした結果、サイクル回数とともにサンプル表面の粒子のようなものが増えていることが分かった。このような結果からサンプル表面のものは SiO<sub>2</sub>の残留物ではなく、エッチングガスとサンプル表面との化学反応物の可能性があると考えられる。実際、窒化物の SiN を VHF で長時間エッチングすると SiN 変質物が発生することが報告されており[1]、エッチングガスと化学反応した変質物の可能性が高いと考えている。今後 3 サイクル以下の VHF エッチング条件も試す予定である。

### 4. その他・特記事項(Others)

参考文献:[1] [K. Shimaoka et al., IEEJ Trans. SM, vol.126, No.9, p.516 (2006)]

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

なし。

### 6. 関連特許(Patent)

なし。