

課題番号 : F-15-NM-0049
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : ダイヤモンド中窒素空孔中心生成制御のためのダイヤモンド微細加工
Program Title (English) : The microfabrication of diamond substrate for generation control of nitrogen - vacancy centers in diamond
利用者名(日本語) : 花野 郁也
Username (English) : Ikuya Hanano
所属名(日本語) : 慶應義塾大学理工学部
Affiliation (English) : Faculty of Science and Engineering, KEIO University

1. 概要(Summary)

近年, ダイヤモンド中窒素空孔中心(Nitrogen-Vacancy center; NV 中心)を用いた量子計測や量子情報処理・通信に関する研究が盛んに行われている^[1]. 応用上, NV 中心の生成位置や配向を制御することが非常に重要である. 近年我々の研究グループは, ダイヤモンド基板微細加工と化学気相成長 (Chemical Vapor Deposition; CVD)を組み合わせた新たな NV 中心生成法を開発し, NV 中心の位置と配向を同時に制御することに成功した^[2]. しかし微細加工には集束イオンビーム装置を用いており, 大面積の加工は困難であった. そこで本研究では, 大面積の異方性エッチングに優れた反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching; RIE)を用いて, μm オーダーのピラーやホール 2 次元アレイ構造およびライン&スペース構造をダイヤモンド基板に加工した.

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

- ・プラズマ CVD 装置
- ・レーザー露光装置
- ・多目的エッチング装置
- ・酸化膜ドライエッチング装置

【実験方法】

まず高純度(001)面ダイヤモンド基板に, CVD法により SiO_2 膜を500 nm成膜し, マスクレスレーザー露光装置を使ってレジストのパターニングを行なった. 次にレジストパターンをマスクとして SiO_2 膜をRIEでエッチングした後, SiO_2 をハードマスクとしてダイヤモンドのエッチングを誘導性結合型(Inductive Coupled Plasma; ICP)RIEで行なった. SiO_2 のエッチングガスには CHF_3 を, ダイヤモンドのエッチングガスは O_2 と CF_4 の混合ガスを用いた. そしてダイヤモンドエッチングの際のエッチング速度, 選択比, ダイヤモンドの表面形状, 表面粗さを考察した.

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

加工に最適なガスの混合比をだすことに成功した. 当初マイクロマスクによる表面粗さが問題となったが, CF_4/O_2 を大きくすると CF_4 による等方性エッチングの占める割合が大きくなり, 異方性が低減する代わりに表面粗さを20 nmに抑えられることが分かった. 表面粗さを抑えた異方性エッチングに最適な条件は $\text{CF}_4/\text{O}_2=7\%$, ガス圧力0.5 Pa, Bias power 100 W, ICP power 500 W, 選択比1:4.7, エッチング速度140.5 nm/minであった. 最適化された条件を用いて, サイズの異なるピラーやホール2次元アレイ構造およびライン&スペース構造を, 1.5 mm四方にわたって作製することに成功した. 一例として, 作製したピラー構造の断面図と走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope; SEM)像をFig. 1(a), (b)に示す.

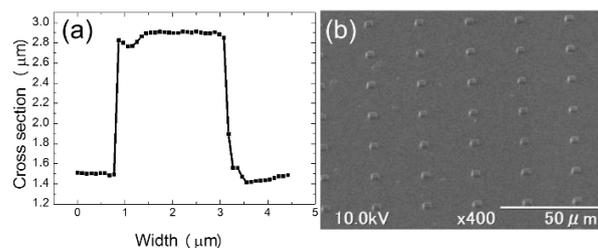


Fig. 1(a) Cross section and (b) SEM image of fabricated pillar structures (width 2 μm , height 1.4 μm).

4. その他・特記事項 (Others)

[1] L.Childress, *et al.*, Phys. Rev. A **72**, 052330 (2006).

[2] K. Kaneko, *et al.*, CLEO, Austing, USA (2014).

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし.

6. 関連特許 (Patent)

なし.