

簡易リソプロセスを用いた $\approx 1\ \mu\text{m}$ 径の高品質柱状ダイヤモンド 周期構造の作製とその粒子検出器への応用

Fabrication of Periodic High-Quality Diamond Columns with $\approx 1\text{-}\mu\text{m}$ Diameter Using Conventional Lithography Process and their Application to Particle Detector

大阪大学大学院工学研究科 °清水 彰人, 毎田 修, 伊藤 利道

Graduate School of Eng, Osaka Univ., °Akito Shimizu, Osamu Maida, Toshimichi Ito

E-mail: a.shimizu@daiyan.eei.eng.osaka-u.ac.jp

1. 背景と目的

多くの優れた特性を有するダイヤモンドは、次(々)世代半導体材料として期待されており、種々の電子デバイスの開発が行われてきている。中でも、他材料に比べダイヤモンドが検出対象に対して強い耐性を有するため、紫外線や軟 X 線等の粒子検出器の開発は特に注目されている¹⁾。強力な耐性以外にもダイヤモンド粒子検出器の利点として、5.5 eV の広いバンドギャップを持つことによる室温における良好な雑音特性や、可視光領域における不感性等があげられる。しかし、この広いバンドギャップの故に、ダイヤモンド検出器は Si 検出器や Ge 検出器に比べ、入射粒子当たりの生成キャリアが少なくなる。このため、当研究グループではその欠点を補うべく、検出電流の増幅機構を有する素子の開発を行ってきており、励起キャリアを高密度に収集すると検出電流の増幅現象が生じる可能性がある旨の報告を行っている²⁾。

今回我々は、キャリア密度と検出電流の増幅機構との関連の詳細を調べることを最終的な目的として、キャリア収集領域(微細柱状構造)の位置及び大きさを制御したダイヤモンド検出器が作製可能となる、簡易で再現性の高いプロセスを確立することを目指し、本研究を行った。

2. 実験

高品質ダイヤモンド膜を作製するため、 $\langle 100 \rangle$ 方向に 5° オフした微斜面(001)高压合成(HPHT)Ib 基板に高電力密度マイクロ波プラズマ(MWP)CVD 法を用いて³⁾、アンドープバッファ層(CH_4 濃度 4%)、ボロンドープ層(B/C 比 50 ppm)、アンドープ層(CH_4 濃度 4%)をこの順にホモエピタキシャル成長した。その後、検出領域となる最上面アンドープ層の表面にコンタクト露光方式によるフォトリソグラフィプロセスを用いて酸素プラズマエッチング時の Au マスクを作製した。このフォトリソプロセスにおいて、適切な干渉効果を用いれば、数 μm 程度のフォトマスクパターンよりかなり微小な(数~十分の一程度)構造が作製可能であることを見出し、この形成プロセスの適正化により、直径が $1\ \mu\text{m}$ からサブミクロン程度の柱状ダイヤモンドの周期構造を形成した。

3. 結果及び考察

六角形の対向辺間の距離が $10\ \mu\text{m}$ のパターンを有する汎用フォトリソ用マスクを用いてコンタクト露光を行う際に、レジストの膜厚を変化させることで干渉効果に相

違が生じ、形成された微細構造が大幅に変化した。図 1 にレジスト濃度が異なる条件下で形成したパターンの典型的な光学顕微鏡像を示す。同図(a)–(d)より、溶媒の比率調整により、微細構造が制御できることが分かる。即ち、同図(b)の条件下では各構造の中央付近に微細な穴が生じている。この作製プロセスを用いて形成した Au 薄膜を酸素プラズマエッチング用のマスクとして作製したダイヤモンド柱状構造の一例の SEM 像を図 2 に示した。この一連の作製プロセスを適正化し、最終的には図 3 のような検出器を作製し特性を評価する予定である。

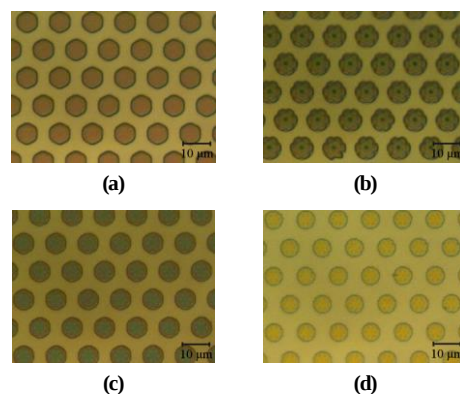


図 1. Differences in formed periodic patterns using contact exposure process with various resist densities
(resist : solvent = (a) 5 : 1, (b) 3 : 1, (c) 2 : 1 and (d) 1 : 1).

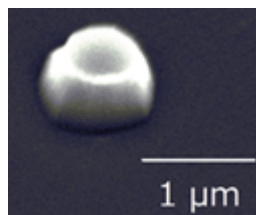


図 2. SEM image of a diamond column fabricated using our proposed process

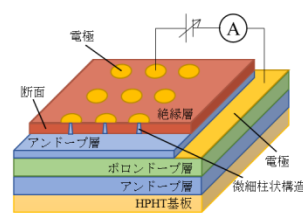


図 3. Schematic diagram of our diamond detector to be studied

参考文献

- 1) T. Teraji, S. Yoshizaki, H. Wada, M. Hamada, T. Ito: Diam. Relat. Mater. **13** (2004) 858.
- 2) H. Matsubara, Y. Saitoh, O. Maida, T. Teraji, K. Kobayashi, T. Ito: Diam. Relat. Mater. **16** (2007) 1044.
- 3) H. Miyatake, K. Arima, O. Maida, T. Teraji, T. Ito: Diam. Relat. Mater. **16** (2007) 679.