

CVD ダイヤモンド検出器の keV 電子に対する検出特性 における信号電流増幅現象

Current amplification phenomena in the characterization of CVD diamond detectors for keV electrons

大阪大学大学院工学研究科 °福島 慎市, 清水 彰人, 毎田 修, 伊藤 利道

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

E-mail: s.fukushima@daiyan.eei.eng.osaka-u.ac.jp

1. はじめに

多くの卓越し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いる。中でも、他材料に比べて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、放射線検出器や粒子検出器への応用が期待されている¹⁾。我々は Fig1.(a)に示す、キャリアを高密度に収集可能な微細構造を形成した CVD ダイヤモンド検出器において、keV 電子線の検出信号が予想される値より 10^4 オーダー倍となる増幅現象を見出した²⁾。また、検出信号は概ね電子線エネルギーの増加に対応して増加した。増幅現象の要因が高電界印加効果のみによるものではなく、電極とダイヤモンドのショットキー界面に電子がトラップされて形成される高電界が引き起こす正孔のトンネル現象に起因するものであることが示唆された。

そこで本研究では、Fig1.(a)のダイヤモンド検出器の 6 keV ~ 20 keV の電子に対する検出特性をふまえて、デバイスシミュレータを用いて増幅現象の解析を行った。

2. 実験(シミュレーション)

本研究では簡単のため Fig1(b)に示すような、奥行き方向は一様である 3 次元構造を仮定し、2 次元デバイスシミュレータ(Silvaco 社製 ATLAS)を用いて、シミュレーションを行った。ここで、ショットキー接合界面に厚さ D の界面(負)電荷層の存在を仮定し、トラップされる電子密度 N_T を変化させて I-V 特性を計算した。特に、① N_T と D を適切に設定することで、バルク抵抗が全抵抗の支配的な成分となる程度にトンネル確率が大きくなった場合について、界面電荷層の面積 S を変化させて I-V 特性をシミュレーションした。また、実際の検出器では、トラップ電子は空間的に不均一に分散して存在すると考えられるが、その効果を検討するため、②系を単純化し、 S 一定で n 個の等面積領域に分断した場合の I-V 特性を求めた。

3. 結果と考察

①については、 D は数原子層程度となることが予想されるが、一例として $D = 1 \text{ nm}$ とすると $N_T \geq 6 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ で、バルク抵抗が支配的となり、I-V 特性が概ね線形関係となった。また、 D をこの値

に固定した状態で、 S を変化させたときの I-V 特性を Fig.2 に、 $S = 0.05 \mu\text{m}^2$ に固定し n を変化させたときの I-V 特性を Fig.3 に、一例として示した。両図で示された信号電流の変化は、 S は電流が流れる領域を変化させ、 n はその領域を分散すると当該電荷で生じる電界の最大強度の低下によりトンネル確率が減少すること、から説明される。これらの要因により、Fig1.(a)の検出器で得られた検出特性²⁾は、電子線エネルギー依存性を含め説明できる。

これらの結果より、界面電荷層の電荷密度を制御することができれば、感度の良いダイヤモンド検出器が作製できる可能性が示唆される。

詳細は当日報告する。

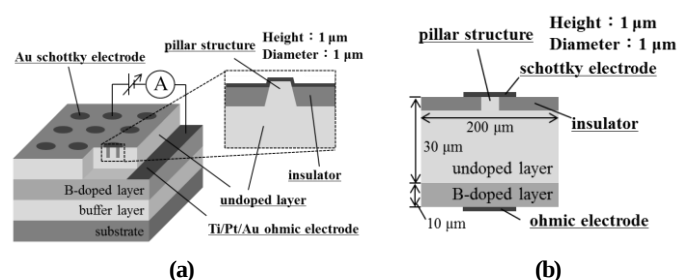


Fig 1. (a) Schematic structure of our diamond detector and (b) its simplified schematic structure for 2D device simulations.

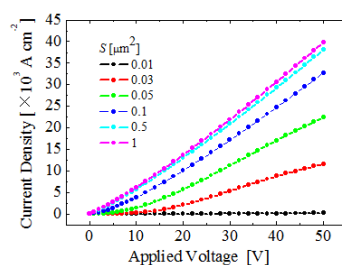


Fig 2. I-V characteristics varied with the area of interface charge layer, S (simulation).

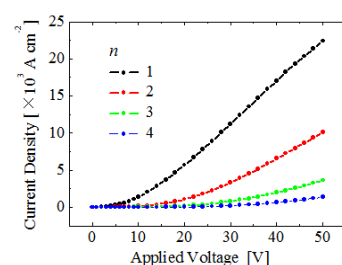


Fig 3. I-V characteristics varied with number of laterally divided interface charge layer, n (simulation).

【謝辞】本研究の一部は科学研究費補助金 基盤研究 (B) (15H03557)の助成により行われた。

参考文献

- 1) T. Teraji, S. Yoshizaki, H. Wada, M. Hamada, T. Ito: Diam. Relat. Mater. **13** (2004) 858.
- 2) 清水、毎田、伊藤：第63回応用物理学会春季講演会誌. 21p-P3-4(2016).