

課題番号 : F-16-WS-0069
 利用形態 : 共同研究
 利用課題名(日本語) : 水素終端ダイヤモンド(001)表面伝導層上の金オーミック電極直下シート抵抗値
 Program Title (English) : Sheet resistivity underneath the Au ohmic-contact on hydrogen-terminated surface-conductive diamond (001)
 利用者名(日本語) : 河野省三
 Username (English) : Shozo KONO
 所属名(日本語) : 東北大学 多元物質科学研究所
 Affiliation (English) : Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University

1. 概要(Summary)

水素終端ダイヤモンド表面伝導層はダイヤモンド FET として活用されている[1]。この表面上の金オーミック電極についても多くの応用がみられる。しかし基礎的な点で不明なところが多い。特に金オーミック電極直下のダイヤモンドシート抵抗値(R_{sk})については、金電極の存在しないダイヤモンド表面伝導層のシート抵抗値(R_{sh})と同じであるとした解析が大部分である。本研究では特殊な抵抗計測方法により、 R_{sk} が R_{sh} の約 100 倍であることを見出したので、報告する。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

高性能半導体デバイス・アナライザ

【実験方法】

試料は、Ib (001)基板(3×3 mm²)上に CVD 成長と水素プラズマ処理により作製されたもので、空気中において、 $R_{sh} \sim 10 \text{ K}\Omega/\text{sq}$ である。この試料の対角線上に円形(径 200 μm)の金オーミック電極(Au-Dot)を 4 個、0.5, 0.75, 1.0 mm 離して蒸着し、それらの間の室温・空気中における電気特性を特殊な方法の 4 端子 I-V 法により測定した。Fig.1 にその模式を示す。測定は Au-Dot 1 と 4 の間に 1 μA の電流を流しておいて、Au-Dot1 を基準とした Au-Dot 2, 3 の電圧(V_2, V_3)を測定した。また、電圧測定は 100K Ω の Probe 内蔵抵抗を介して行った。一方、 $R_{sh} = R_{sk}$ の場合は、例えば Au-Dot1 を基準とした Au-Dot 2 の電圧(V_2_Ref)はシミュレーションにより求めることができる。 $R_{sk} > R_{sh}$ の場合は $V_2 > V_2_Ref$ となる。従って、 V_2 と V_2_Ref の比較から Au-Dot2 直下のシート抵抗 R_{sk} が抽出できる。結果の解析は有限要素シミュレーションにより行った。シミュレーションの有効性については簡単な TLM 系において確かめた。

実験結果では $V_2 = 1.54 * V_2_Ref$ であった。また、シミュレーションは $R_{sk} = R_{sh}, = 10 * R_{sh}, = 50 * R_{sh}, = 80 * R_{sh}, = 100 * R_{sh}, = 200 * R_{sh}, = 300 * R_{sh}$ の 7 つ場合について行った。また、シミュレーションでは、接触低効率 $R_c \leq 1 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}^2$ とした。シミュレーション結果と実験値との比較を Fig.2 に示す。図から、実験

の $V_2 = 1.54 * V_2_Ref$ を与える R_{sk} は $\sim 1.3 \times 10^6 \Omega/\text{sq}$ であることが分かる。つまり、 $R_{sk}/R_{sh} \sim 130$ である。

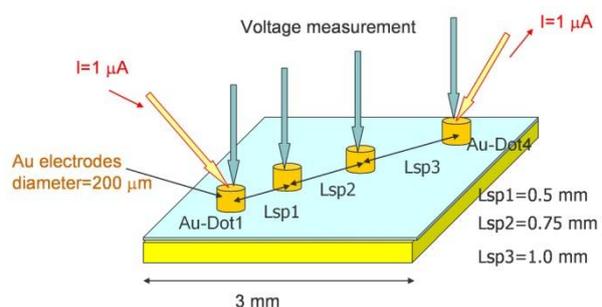


Fig.1 Scheme of special I-V measurements used in this study.

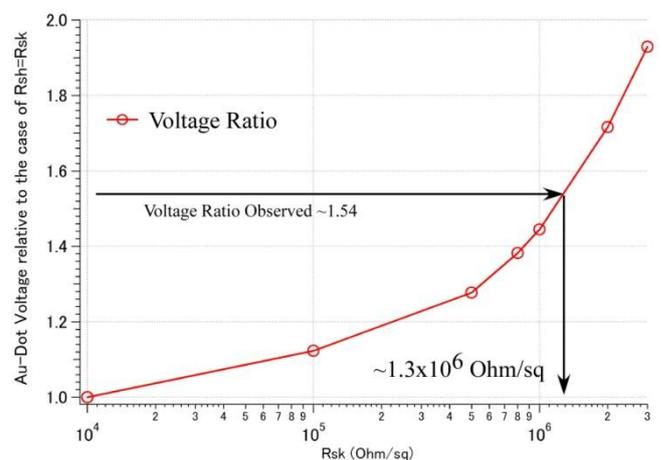


Fig.2 Results of simulation of the voltage ratio V_2/V_2_Ref and the corresponding experimental value.

3. 結果と考察(Results and Discussion)

今回用いた Fig.1 の様な電極配置では、 $R_c \leq 1 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}^2$ であれば、シミュレーション上、結果に差異が生じない。つまり、接触抵抗率を求める方法としては不向きである。しかし、電極直下のシート抵抗 R_{sk} を求める方法としては有効である。一方、TLM 法においては、 $R_c \propto 1/(R_{sk}/R_{sh})$ である。従って、TLM 法を用いた既報の R_c から $R_{sk}/R_{sh} \sim 130$ を考慮して

R_c を求めると、 $R_c \sim 5 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ が妥当な値となる。

4. その他・特記事項 (Others)

・参考文献

[1] C. I. Pakes et al. ; MRS Bulletin 39 (2014) 542.

・関連文献

「水素終端ダイヤモンド(001)表面電動騒擾の金オーミック電極直下のシート抵抗値」 河野昭三、佐々木敏夫、稲葉優文、平岩篤、川原田洋、第30回ダイヤモンドシンポジウム、P2-20、東京、2016年11月17日。

・共同研究者

早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構 佐々木敏夫 次席研究員。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。