

課題番号 : F-15-UT-0039
利用形態 : 技術補助
利用課題名(日本語) : 炭素機能材料の集束イオンビーム加工
Program Title (English) : Carbon functional material by Focused Ion Beam
利用者名(日本語) : 鈴木 薫, 大野 貴史
Username (English) : Kaoru Suzuki, Takafumi Ohno
所属名(日本語) : 日本大学 理工学部電気工学科
Affiliation (English) : Electrical Engineering, College of Science & Technology, Nihon University

1. 概要 (Summary)

ダイヤモンド状炭素(Diamond-Like-Carbon: DLC)は Graphite 構造(sp^2)と Diamond 構造(sp^3)が入り混じった amorphous 構造^[1]であり, 特徴として耐食・耐摩耗性に優れ異種基板上への堆積も可能である. また, 成膜条件を変化させることによりバンドギャップを可変でき, 炭素系材料のため生体親和性も良好などが挙げられる. この様な特性から, 半導体分野や生体医療分野への応用が期待されている. 本研究では, 絶縁体である DLC 薄膜に導電性を持たせる手法として集束イオンビーム(Focused Ion Beam: FIB)装置を用いた. この FIB 装置は炭素イオンに対してアクセプタとなるIII 属元素のガリウム(Ga)をイオン源とし, ナノスケールでのエッチングやデポジションが可能といった特徴もある. 本稿では DLC 薄膜上に蒸着した電極間に FIB 装置を用いて Ga イオンを注入し, 電流-電圧(I - V)特性を測定した.

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】

形状・膜厚・電気評価装置群

【実験方法】

$2 \times 2 \times 0.5$ mm の n 型シリコン基板(n -Si, $1-10 \Omega$)に対してイオン化蒸着法を用いて真性 DLC 薄膜を成膜した. 成膜条件は, Filament 電流: 30 A, Anode 電圧: 60 V, Reflector 電圧: 20 V, 材料ガス: ベンゼン(C_6H_6), 負パルスバイアス: 0.5 kV(2 kHz, Duty ration 30 %)とし, 成膜時間は 1 時間とした. フォトリソグラフィ加工を施し, 真空蒸着法にてアルミニウム(Al)電極をパターン 状に蒸着した. FIB-走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope: SEM)装置(SII 社製 Xvision200TB 型を用いて, Al 電極パターン間の範囲: $60 \times 75 \mu m^2$ にタングステン(W)電極を堆積, 範囲: $50 \times 450 \mu m^2$ に対し加速電圧: 30kV, ビーム電流: 13.1 nA, 1.0×10^{17} ions/cm² の Ga イオンを注入した.

評価方法としてデジタルマルチメータ(Keithley 社製

2400 型)を用いた, 二端子法での ± 20 V 間 501 点の I - V 特性を測定した.

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

DLC 薄膜に Ga イオンを注入した箇所とタングステン(W)電極, Al 電極を接触させることによりそれぞれオーミック接触, ショットキー接触となる特性を得た. 二端子法による I - V 特性の結果, 整流作用が確認されショットキーダイオードが形成された. また, 閾値電圧 V_{TH} : 12.6 V, 降伏電圧 V_B : -14.2 V となる特性を得た.

次に作製したショットキーダイオードの Cheung 解析^[2]を行った. pn 接合ダイオードの整流方程式を変形したものは, 式(1)となる. この式において J : 電流密度, R_S : ショットキーダイオードの直列抵抗, S : 断面積, n : 理想係数, e : 素電荷, k : ボルツマン定数, T : 絶対温度, $\beta = e/kT$ と定義する.

$$\frac{d(V)}{d\{\ln(J)\}} = R_S S J + \frac{n}{\beta} \quad (1)$$

式(1)より $\beta \cdot d(V)/d\{\ln(J)\}$ と J の特性を求めることでその切片よりダイオードの理想係数 n 値が求まる. 本研究で作製した Al, W 電極ショットキーダイオードの理想係数 n 値は 1.57 と導出された. ダイオードにおける n 値は理想的には 1 となる. 本研究で作製したダイオードの n 値が 1 以上となった理由として, 電極と Ga 注入箇所の接触部分が曖昧, DLC 薄膜が amorphous 構造を有する事などが推察される.

4. その他・特記事項 (Others)

・参考文献

[1] 吉川正信, 表面技術, Vol. 42, No. 12, pp. 1217-1222 (1991).

[2] S. K. Cheung and N. W. Cheung, Applied Physics Letters, Vol. 49, No. 85, pp. 85-87 (1986).

・関連する課題番号 ; A-15-UT-0208

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) T. Ohno, 1st International Conference on Applied Surface Science, 平成 27 年 7 月 29 日(発表日).

6. 関連特許 (Patent) なし.