

ナノカーボンによる新規太陽電池の創製

吉武剛¹, 富永亜希¹, 瀬戸山寛之², 隅谷和嗣², 平井康晴²

¹九州大学大学院総合理工学研究院

²九州シンクロトロン光研究センター

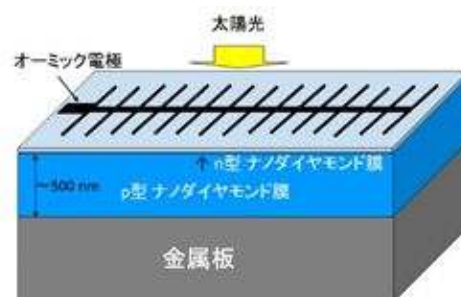
UNCD/a-C:H 膜は、超ナノ微結晶ダイヤモンド (UNCD: ultrananocrystalline diamond) と呼ばれる直径 10 nm 以下のダイヤモンド結晶からなる集合体であり、そのダイヤモンド結晶の間に水素化アモルファスカーボン (a-C:H) が存在する。単・多結晶ダイヤモンドとも a-C:H と異なるユニークな物性を示すことから、物理的および工業的に注目を集めている。UNCD/a-C:H 膜の長所は、a) 硬質アモルファスカーボンと同様に異種基板への形成が容易であること、b) 多結晶ダイヤモンドとは対照的に平滑な膜表面を有すること、c) 高い温度安定性、d) 膜中に内在する無数のダイヤモンド微結晶の界面・粒界が原因と考えられる大きな光吸収係数を有することや n 型化が窒素ドーピングで実現できること、等が挙げられる。UNCD/a-C:H 膜は膜中にダイヤモンド微結晶の結晶表面が多く内在することが特徴であり、これに起因すると考えられるドーピングによる伝導型及びキャリア濃度の変化や大きな光吸収は、太陽電池材料としておもしろい[1,2]。我々は現在、右下に示すような構造の太陽電池の創製を目指して、その薄膜創製から、構造・物性評価、さらにはデバイス試作までを一貫して行っている。最近の取り組みを紹介する。

本研究の一部は、文部科学省先端研究施設共用促進事業 JST ALCA, マツダ財団の援助により行われた。

[1] S. Ohmagari et al., Jpn. J. Appl. Phys. 51 (2012) 090123.

[2] S. Ohmagari et al., Appl. Phys. Express 5 (2012) 065202.

[3] S. Al-Riyami et al., Appl. Phys. Express 3 (2010) 115102. (本文)



ナノカーボンによる新規太陽電池の創製

吉武 剛¹, 富永亜希¹, 瀬戸山寛之², 隅谷和嗣², 平井康晴²

¹ 九州大学 大学院総合理工学研究院 融合創造理工学部門

² 九州シンクロトン光研究センター



背景・経緯

UNCD/a-C:H膜は、図1に示されるように、超ナノ微結晶ダイヤモンド (UNCD) と呼ばれる直径10 nm以下のダイヤモンド結晶からなる集合体であり、そのダイヤモンド結晶の間に水素化アモルファスカーボン (a-C:H) が存在する。単・多結晶ダイヤモンドともa-C:Hとも異なるユニークな物性を示す。その長所は、a) 硬質a-C:Hと同様に異種基板への形成が容易であること、b) 多結晶ダイヤモンドとは対照的に平滑な膜表面を有すること、c) 高い温度安定性、d) 膜中に内在する無数のUNCD結晶の界面・粒界が原因と考えられる大きな光吸収係数を有することやn型化がNドーピングで実現できること、等が挙げられる。UNCD/a-C:H膜は膜中にUNCDの結晶表面が多く内在することが特徴であり、これに起因すると考えられるドーピングによる伝導型及びキャリア濃度の変化や大きな光吸収は、太陽電池材料としておもしろい[1-3]。

これまで、NおよびBドーピングに伴うnおよびp型化をキャリア濃度の増加を伴って実現している。この材料特有のドーピング特性を化学結合構造の視点から明らかにするために、九州シンクロトン光研究センターのBL12においてNEXAFSとXPS測定を、BL15においてXRD測定を行った。

結果

BおよびNドーピング膜ともに室温でpおよびn型伝導が実現する。電気伝導度の温度依存性から、UNCD/a-C:Hでは結晶ダイヤモンドとは明らかに異なるドナーおよびアクセプター準位が形成されることが分かった。NEXAFSスペクトル測定から、Bドーピング膜ではB-C結合が粒界に形成されることでp型化されている可能性が高いことが分かった。Nドーピング膜では、図2に示すようにC-NとC=N結合の存在が予想されこれらのn型伝導への寄与が考えられる。

図3に示すように、Siとのヘテロ接合ダイオードは、UNCD/a-C:H膜の寄与がほとんどの深紫外域にて70%以上の外部量子効率を示すことを実証している。

期待される効果・社会的インパクト

図4に示すような、安価な金属基板上にUNCD/a-C:Hのホモpn接合太陽電池を形成すべく研究を進めている。バンドギャップが可変であることによる高効率化の可能性と、原材料が無毒で無尽蔵である利点がある。

図5に示すような切削工具用硬質皮膜としての応用もおもしろい。

本研究の一部は、文部科学省先端研究施設共用促進事業 JST ALCA, マツダ財団の援助により行われた。

[1] S. Ohmagari et al., Jpn. J. Appl. Phys. 51 (2012) 090123.

[2] S. Ohmagari et al., Appl. Phys. Express 5 (2012) 065202.

[3] S. Al-Riyami et al., Appl. Phys. Express 3 (2010) 115102.

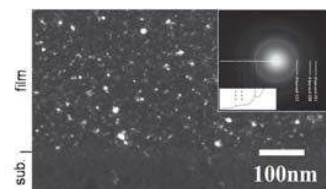


図1 断面TEM像

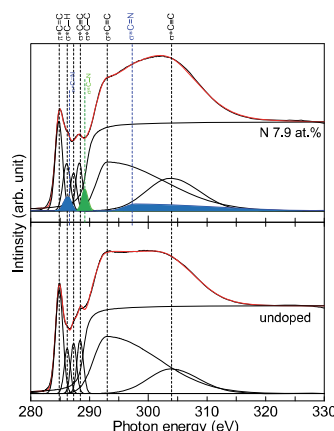


図2 Nドーピングとアンドーピング膜のNEXAFSスペクトラ

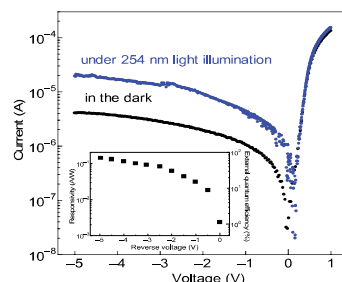


図3 BドーピングUNCD/a-C:H膜とn型Si基板からなるフォトダイオードの深紫外受光特性

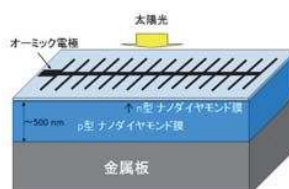


図4 目指すカーボンのみからなる高効率&環境低負荷太陽電池

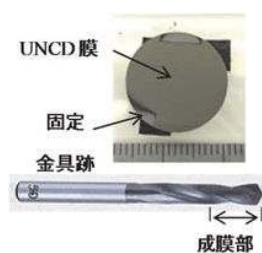


図5 UNCD/a-C:H膜の切削工具への応用例 (JST A-STEP)