28p-PB3-10

アセチレン凝縮層への低速電子線照射により合成した a-C:H の物性評価

Characterization of Carbon Thin Films Fabricated by Low-energy Electron Beam Irradiation on C_2H_2 Solid Films Condensed at Cryogenic Temperature

山梨大学大学院医学工学総合研究部　°小林直樹、山田竜太郎、佐藤哲也、中川清和

Univ. of Yamanashi, Interdisciplinary Graduate School of Medicine. and Engineering

°Naoki Kobayashi, Ryutaro Yamada, Tetsuya Sato, Kiyokazu Nakagawa

E-mail : tetsu-sato@yamanashi.ac.jp

【緒言】我々は、水素原子の極低温トンネル反応と電子線誘起反応を組み合わせた新規薄膜合成法（EBICVD-LTTR；Electron induced chemical vapor deposition -combined with low –temperature tunneling reactions)を考案した。これまでにメタン(CH_4)凝縮層の低速電子衝撃により、低結合水素濃度のアモルファスカーボン薄膜(a-C:H)を合成し、水素濃度とsp^2/sp^3結合比や光学バンドギャップとの相関を明らかにした[1-2]。本研究の目的は太陽電池の応用に向け、欠陥密度が小さく、半導体特性の優れたカーボン薄膜を合成することである。今回、原料ガスとして、アセチレン(C_2H_2)を用い、メタン(CH_4)で合成した薄膜との物性の違いを考察した。さらに、カーボン膜へのNドーピングを試み、膜中の欠陥密度および半導体的特性を評価した。

【実験】1×10^{-7} Pa の超高真空下にてボトルネック型直流放電を用い、He ガスの放電により生起した低速電子や He の準安定励起種(He*)を CH_4 または C_2H_2 と伴に 30K に冷却した基板上に照射し、カーボン膜の合成を行った。また、N_2-DC 放電による合成を行い、膜中への N ドープを試みた。薄膜の光学定数および膜厚は分光エリプソメトリー(SE)から、光学バンドギャップ(E_{opt})はタウツプロットから求めた。結合水素濃度(C_H)は FT-IR を用いて C-H 結合の伸縮振動に起因する赤外透過吸収スペクトルから求めた。電子スピン共鳴法(ESR)による欠陥密度(Ns)の測定には石英基板を、I-V 測定および光学測定には Si 基板を用いた。

【結果・考察】合成したカーボン膜の物性を Table.1 に示す。CH_4 で合成した膜と比較して C_2H_2 で合成した膜は製膜速度が増大し、$E_{opt.}$および C_H が若干減少した。さらに、N_2-DC 放電による N ドープを行ったところ、さらなる $E_{opt.}$の低下が確認された。ESR により求めた欠陥密度(Ns)は、CH_4 で合成した膜と比較し、C_2H_2 の膜は 1/10 に抑制された。また、N ドープによりさらに 1/10 に欠陥密度が低減できることが明らかになった。

Table.1 Characteristics of a-C:H films fabricated at 30K. (source gas flow rate =12 ML/min)

source gas	growth rate (nm/h)	E_{opt} (eV)	C_H (at.%)	Ns (spins/cm^3)
CH_4	30.7	1.9	2.7	1.5×10^{20}
C_2H_2	53.7	1.6	2.3	1.3×10^{19}
C_2H_2(N dope)	53.5	1.3	2.8	1.4×10^{18}

次に、電気的特性を評価するために a-C:H 膜および Si 基板裏面に Al 電極を蒸着し、I-V 測定を行った（Fig.1）。C_2H_2 で合成した場合ショットキーダイオードとしての特性が得られた。N ドープした膜においては導電性が向上し、光伝導効果を示した。これは、原料ガスを CH_4 から C_2H_2 に変更したことにより、膜中の sp^2 サイトの構造変化、および欠陥の低減が起因し、導電性を高める膜構造が形成されたためと考えられる。

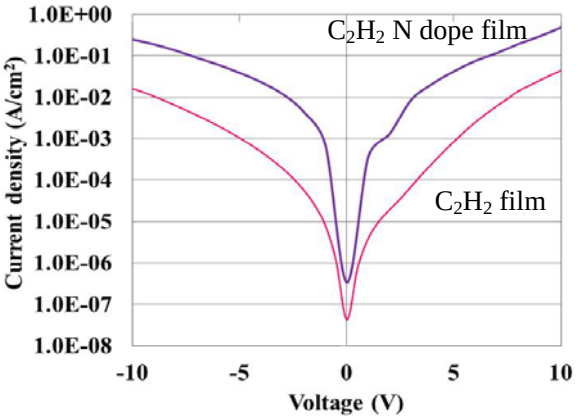

Fig.1 Current density – voltage characteristics of a-C:H (as depo.) and N dope a-C:H films fabricated by C_2H_2 gas source.

【参考文献】

[1]佐藤哲也 他, New Diamond, **96**, pp.29-32(2010).

[2]小林直樹 他, 2011 年秋季第 72 回応用物理学会学術講演会, 31a-P4-5, p.06-090, (2011).

© 2013 年　応用物理学会