

テトラメチルシラン添加炭化水素混合凝縮層への 低速電子線照射により極低温合成した a-C:Si:H の物性評価

Characterization of a-C:Si:H Thin Films Fabricated by Low-energy Electron Beam Irradiation on
Solid Thin Films formed from Hydrocarbon and Tetramethylsilane at Cryogenic Temperature

山梨大学 大学院医学工学総合研究部

○山田竜太郎, 関溪太, 坂巻直, 小林直樹, 佐藤哲也, 中川清和

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

○R. Yamada, K. Seki, N. Sakamaki, N. Kobayashi, T. Sato, K. Nakagawa

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

1. Introduction: 本研究室で、電子線誘起化学気相堆積法(Electron Beam-induced Chemical Vapor Deposition)と、水素原子の低温トンネル反応(Low-Temperature Tunneling Reaction)を組み合わせた極低温薄膜合成法「EBICVD-LTTR 法」を開発した。この成膜法を用い、水素化アモルファスカーボン(a-C:H)薄膜をナノレベルで構造制御するための低温合成プロセスに関する基礎研究を行い、半導体特性の優れたデバイスへの応用を目指している。これまでの研究により、CH₄およびC₂H₂凝縮層から極低温合成した a-C:H 薄膜の物性を制御可能であることを明らかにした¹⁻²⁾。今回、a-C:H 薄膜に Si をドーピングし、sp²/sp³ 結合界面の構造緩和や光学バンドギャップ(E_{opt})制御などの知見を得るため、原料ガスとして CH₄ および C₂H₂ とテトラメチルシラン Si(CH₃)₄ を添加した混合ガスを用いて、シリコン添加水素化アモルファスカーボン(a-C:Si:H)薄膜を極低温で合成し、各種分光計測により物性を評価した。

2. Experimental: 極低温に冷却した Si 基板もしくは石英基板上に Si(CH₃)₄ や混合ガスを真空蒸着しながら、He の直流(DC)放電により生成した低速電子、および準安定励起種(He*)を同時に

照射することにより a-C:Si:H 薄膜を合成した。合成した膜を、UV-VIS-NIR 分光法(透過)や分光エリプソメトリー(SE)により光学定数(n, k)、膜厚および E_{opt} を、フーリエ変換赤外分光法(FTIR)により C_H を求めた。また、組成および結合状態を X 線光電子分光法(XPS)、電子スピン共鳴法(ESR)により欠陥密度(Ns)を求め、薄膜の物性諸値を比較した。

3. Results and discussion: Table 1 に極低温(T_{sub.} = 30 K)合成した a-C:Si:H 薄膜の物性値、Fig. 1 に SE から求めた屈折率 n、消衰係数 k を示す。カーボンに Si を添加することによって、バンドギャップの制御が可能である事と、a-C:H 薄膜の欠陥密度を大幅に減少可能である事から、カーボン膜の構造緩和に Si 添加が有効であることを示唆する結果が得られた。

Table 1. Properties of a-C:H, a-C:Si:H films fabricated by He-DC discharge spray at 30 K. (Flow rate :12 Monolayer/min)

Source gas	Si/C	Growth rate (nm/min)	C _H (%)	E _{opt} (eV)	Ns (spins/cm ³)	g-value
CH ₄	—	0.12	4.0	1.3	1.5 × 10 ²⁰	2.0030
CH ₄ :Si(CH ₃) ₄ =1:9	0.47	0.29	3.5	1.9	1.7 × 10 ²⁰	2.0030
Si(CH ₃) ₄	0.41	3.9	4.3	2.6	3.2 × 10 ¹⁸	2.0020

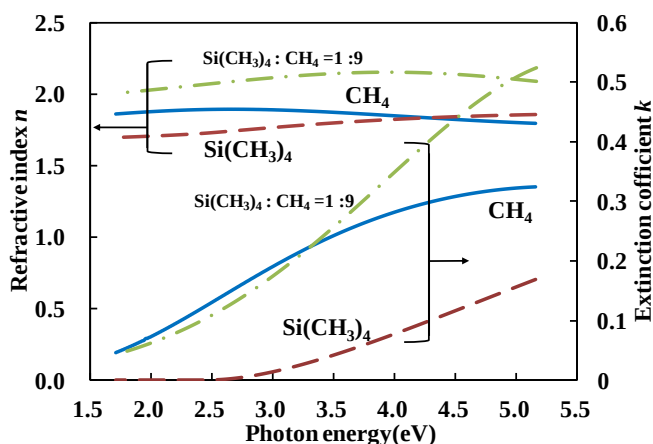


Fig. 1. Refractive index (n) and extinction coefficient (k) of a-C:H, a-C:Si:H films as a function of Photon energy.

【References】

- [1] 佐藤哲也 他, New Diamond, 96, pp.29-32 (2010).
- [2] 小林直樹 他, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 28p-PB3-10 (2013).
- [3] 山田竜太郎 他, 春季第 59 回応用物理学関係連合講演会, 17p-F315 (2012).