

相構造制御による高性能低ギャップ Si 添加 a-C 半導体の開発

Development of High Performance Narrow-gap Si-added a-C Semiconductors by Control of its phase Structure

山口大理¹, 山口大院創成² (B) 松本 明香里¹, 近藤 文太¹, 榎木野 宏², ○本多 謙介²

Fac. Sci., Yamaguchi Univ.¹, Grad. Sch. Sci. Technol. Innov., Yamaguchi Univ.², Akari Matsumoto¹, Bunta Kondo¹, Hiroshi Naragino², and ○Kensuke Honda^{2*}

*E-mail: khonda@yamaguchi-u.ac.jp

1. 緒言 光学ギャップを 1.2-3.0 eV の広範囲で制御可能な半導体によって、分解対象のテーラーメイド化が行える光触媒や同一材料で自由に波長選択可能な高効率レーザーの実現が可能となる。これに適した材料として、1.2-2.7 eV^[1]で光学ギャップ可変な Si 添加 a-C 半導体がある。この a-C 半導体は光学ギャップ 2.7 eV では太陽電池として機能するが^[2]、1.2-1.7 eV の半導体は光電気化学測定において量子効率が極端に低く、全ての光学ギャップの半導体が電子デバイスに適用可能ではない。本研究では、電子デバイスに適用可能な半導体特性を有する低ギャップ窒素ドーパ Si 添加 a-C 半導体の具現化を目的とした。a-C は sp² のクラスター相と sp³ のマトリックス相から成る構造である。目標達成には sp² クラスター領域を増大させずに sp³ マトリックスのギャップを狭窄化する合成手法が必要である。そこで、低温-高周波数-低出力の低エネルギープラズマ CVD 合成によって sp² 炭素量の増加を抑制し、クラスターサイズの増加と、量の低減を試みた。これにより sp² クラスターと sp³ マトリックス間でのバンドの重なりを抑制し、光応答性の高い半導体薄膜の実現を図った。

2. 実験・結果および考察 原料に Tetramethylsilane, 1,1,3,3-Tetramethyldisilazane, n-hexane を用いて周波数 60 MHz、基板温度 160 °C の条件で、出力を 5-26 W に変化させプラズマ CVD 合成を行い、光学ギャップ 1.40-2.96 eV の Si 添加 a-C 薄膜を作製した。これらの窒素ドーパ Si 添加 a-C 半導体と p 型 Si によるヘテロ接合太陽電池は、全ての光学ギャップ領域で太陽電池として機能することが確認できた (Table 1, Fig. 1)。低ギャップ半導体による太陽電池の動作に成功したのは、低エネルギープラズマ合成により sp² クラスター相の吸収をレッドシフトさせホールと電子の再結合が抑制したことに起因する。さらに、光学ギャップと太陽電池の開放電圧の関係は Si とのヘテロ接合におけるバンドダイアグラムから想定されるものとなり、既存の半導体と同様の挙動を示す、光学ギャップ可変な半導体材料を創製することに成功したと結論付けられる。^[1] K. Honda et al., *ECS J. Solid State Sci. Technol.* 5, 590 (2006), ^[2] H. Naragino et al., *ECS Trans.* 75, 153 (2016).

Table 1 Optical gap, open-circuit voltage and conversion efficiency of solar cells synthesized with different applied powers.

Power [W]	Eg [eV]	Voc [mV]	η[%]
5	2.96	245	2.74 × 10 ⁻⁴
10	2.46	181	2.76 × 10 ⁻⁵
5	2.03	199	2.63 × 10 ⁻⁴
22	1.82	487	3.10 × 10 ⁻⁴
26	1.40	335	3.70 × 10 ⁻⁴

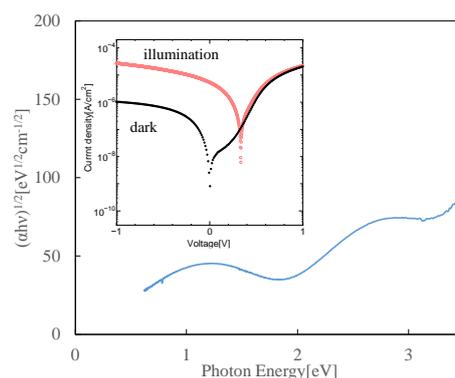


Fig. 1. Tauc's plot of N-doped Si-added a-C film (60 Hz, 26 W). Inset shows I-V curves of N-doped Si-added a-C/p-Si solar cell in the dark and under illumination.