

# 高効率多接合型太陽電池に向けてアモルファス構造を制御した Si 添加アモルファスカーボン(a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub>)半導体薄膜の開発と合成手法の確立

## Development of Si-added amorphous carbon semiconductor thin films by controlling amorphous structure and establishment of its synthesis method for high efficiency multi-junction solar cells

山口大院創成科学 ○(M2) 近藤 文太, 本多 謙介

Grad. Sch. Sci. Technol. Innov., Yamaguchi Univ., °Bunta Kondo, Kensuke Honda

1. 緒言 PV 2030+で定められた 2050 年時点の太陽光発電による国内エネルギー供給量を 10%に引き上げるために、効率 40%以上の高効率太陽電池の開発が必須であり、これには異なる光学ギャップ( $E_g$ )のセル積層による多接合化が有効である。a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub> 半導体薄膜は、 $E_g$  を 1.25-2.76 eV の範囲で制御可能であり<sup>[1]</sup>、多接合化による高効率化が可能である。しかし、a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub> を太陽電池として利用するための最適な構造とそれを実現する手法は確立されていない。本研究では、n 型 a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub>/p-Si ヘテロ接合太陽電池単セルの高効率化を図ることで、太陽電池に最適な a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub> 半導体の創出を試みた。カソードカップリングを用いたプラズマ CVD により、均一なアモルファス構造と  $E_g$  の狭窄化を実現した a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub> の作製を試みることで、単セルの変換効率の向上を図った。理論変換効率  $4.24 \times 10^{-1} \%$  の達成を目標とした。

2. 実験・結果及び考察 n 型 a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub> はテトラメチルシランおよびヘキサメチルジシラザンを原料としたプラズマ CVD により p-Si 上に成膜した。周波数 40.68MHz のカソードカップリングにおいて、出力 10W・8W・5W・2W を適用することでアモルファス構造を制御した。

Fig. 1 に各出力で作製した n 型 a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub> の Tauc's plot を示す。出力の低下に伴い a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub> バンドの  $E_g$  を 2.72 eV・2.33 eV・1.66 eV・1.69 eV に狭窄した。また、10W・8W では 1.0eV 以下に炭素クラスター由来のバンドテイルの存在が示唆されるが、5W・2W ではバンドテイルの形成を抑制できた。これは、低出力カソードカップリング法では、原料の C-Si 結合の分解が不完全であるため、生成する炭素ラジカルが減少し炭素クラスターの形成が抑制されたためであると考えられる<sup>[2]</sup>。Fig.2 に作製した n 型 a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub>/p-Si ヘテロ接合単セルの I-V 特性を示す。5W・2W を適用した場合、a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub> バンドの  $E_g$  が 1.70 eV 以下に低下し、 $V_{oc}$  がそれぞれ 407mV および 429mV を示した。これは、a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub> バンドの狭窄化により、p-Si(1.1eV)とのバンドオフセットを形成しづらく、p-n 界面でのキャリア再結合が抑制されたためであると考えられる。また、2W の場合、a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub> バンドの狭窄化による光吸収エネルギーの増加と、1.0eV 以下にバンドテイルを形成せずキャリア再結合を抑制した 2つの効果が、 $J_{sc}$  の増加に寄与したと考えられる。この結果、出力 2W において単セルの  $V_{oc}$  と  $J_{sc}$  を増加させ、最大の変換効率  $1.73 \times 10^{-3} \%$  を達成した。<sup>[1]</sup>K. Honda et al., *ECS J. Solid State Sci. Technol.* **5**, 590 (2016), <sup>[2]</sup>S.-H. Hwang et al., *Thin Solid Films* **729**, 138701 (2021)

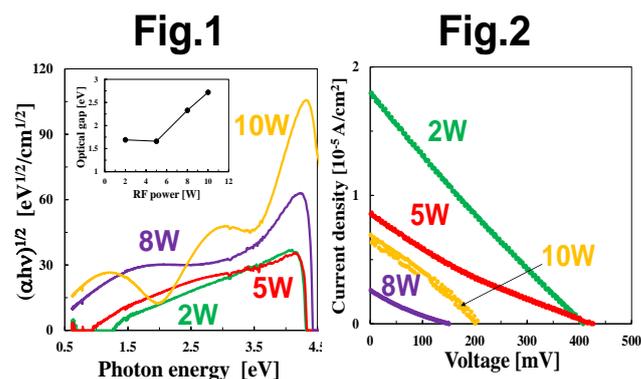


Fig. 1 Tauc's plot of n-type a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub> thin films by the cathode coupling process with varying output power. Inset shows the optical gaps of n-type a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub>.

Fig. 2 I-V curves of n-type a-Si<sub>x</sub>C<sub>1-x</sub>/p-Si hetero-junction solar cells by the cathode coupling process under simulated sunlight.