

L-39

## PLD 法による Al ドープ DLC 太陽電池の成膜及びレーザフルエンスの関係

Al-Doped Diamond Like Carbon as Photovoltaic cell by Pulsed Laser Deposition and Laser Fluence relationship

○池脇良真<sup>1</sup>, 米川栄<sup>2</sup>, 胡桃聡<sup>3</sup>, 鈴木薫<sup>3,4</sup>Ryoma Ikewaki<sup>1</sup>, Sakae Yonekawa<sup>2</sup>, Kurumi Satoshi<sup>3</sup>, Kaoru Suzuki<sup>3,4</sup>

Abstract: Al doped diamond like carbon (DLC) films were deposited on n-type silicon (n-Si) substrates by YAG laser (355 nm) deposition method. This experiment investigated the relationship between the efficiency of the laser fluence during deposition. The value of laser fluence varied between 16.3 to 7.9 J/cm<sup>2</sup>. p-DLC/n-Si is obtained the highest efficiency (1.247×10<sup>-2</sup> %) at a laser fluence of 8.8 J/cm<sup>2</sup>.

## 1. はじめに

ダイヤモンド様炭素 (Diamond-Like Carbon: DLC) はダイヤモンドに類似した炭素薄膜材料である。炭素材料は原子間の結合状態によって様々な結晶構造をとるが、このうち DLC はダイヤモンドとグラファイトの中間的な結晶構造を持つ。つまりダイヤモンド結合とグラファイト結合の両方の結合が混在しているアモルファス構造をとる<sup>[1]</sup>。DLC は硬質、耐摩耗性、高い化学的安定性といった特徴を有し、太陽電池などの成膜に応用される<sup>[1]</sup>。DLC の成膜にはパルスレーザ堆積法 (Pulsed Laser Ablation : PLD) を用いる。PLD 法は堆積速度、レーザフルエンス、基板温度、雰囲気ガス圧力などのパラメータを独立して制御することが可能である。本研究は DLC 太陽電池の効率に依存する結合状態を制御できるレーザフルエンスを変化させ、発電効率の高い成膜ができる条件について報告する。

## 2. 実験方法

DLC 太陽電池成膜には Figure 1 の PLD 法を用いる<sup>[2]</sup>。まずチャンバー内を十分排気 (~3 mTorr) し、不活性ガスである Ar (30 m Torr) で雰囲気調整する。ターゲットバルクには C (グラファイト) の粉末に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.7 wt%) 粉末を混合し、圧縮成型したものを用いる<sup>[3]</sup>。Si 基板 (n 型, (100)面, 1-10 Ω・cm, SUMCO 社製) とターゲットバルクを向かい合うようにチャンバー内に置く。

成膜室内に置かれたターゲットバルクへ集光したパルスレーザ (LOTIS,LS2147 Nd : YAG 波長: 355 nm エネルギー: 200 mJ/pulse) を 15 分間照射し、瞬間的に昇華 (アブレーション) させ、アブレーションルームを放出させる。アブレーションルームは Si 基板上に蒸着させる。レンズの焦点距離が 19 cm のため、焦点付近での DLC を成膜する。集光距離を 19~23 cm の間で 1 cm 間隔で変化させことで、レーザフルエンスの値を 16.3, 12.1, 11.3, 8.8, 7.9 J/cm<sup>2</sup> に変化させる。

成膜された DLC はラマン分光法 (Renishaw

system-1000) を用いて炭素の結合状態を確認し、二端子法 (KEITHLEY : 2400) から I - V 特性のグラフを用いて効率を調べる。

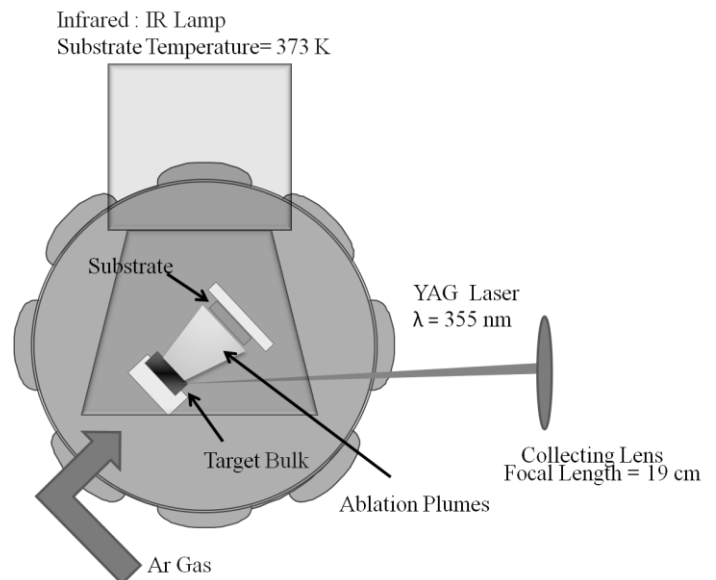


Figure 1 Experimental setup

## 3. 実験結果と検討

Figure 2 はラマン分光法により得られた炭素の結合状態を示すグラフである。それぞれのグラフにグラファイト結合に起因する 1580 cm<sup>-1</sup> の G peak, ダイヤモンド結合に起因する 1360 cm<sup>-1</sup> の D peak が見られる<sup>[1]</sup>。これより DLC が成膜されていることがわかる。また、レーザフルエンスが小さくなるにつれ G peak, D peak の強度比が異なっている。

Figure 3 は Figure 2 の波形よりレーザフルエンスに対する D/G 比を表したグラフである。このグラフではレーザフルエンスの値が 11.3 J/cm<sup>2</sup> の場合に D/G 比が 0.45 で最も低くなっている。レーザフルエンスの値が 7.9~8.8 J/cm<sup>2</sup> に増加させたとき D/G 比が減少

していった。また、レーザフルエンスの値が 11.3, 12.1, 16.3 J/cm<sup>2</sup> と大きくなるにつれて成膜される DLC の G peak 強度が小さくなるため D/G 比は大きくなる。

Figure 4 は I - V 特性から求めたレーザフルエンスに対する効率を表したグラフである。フルエンス 8.8 J/cm<sup>2</sup> のとき最も効率よく成膜できている。レーザフルエンスの増加に伴い効率が落ちていく。

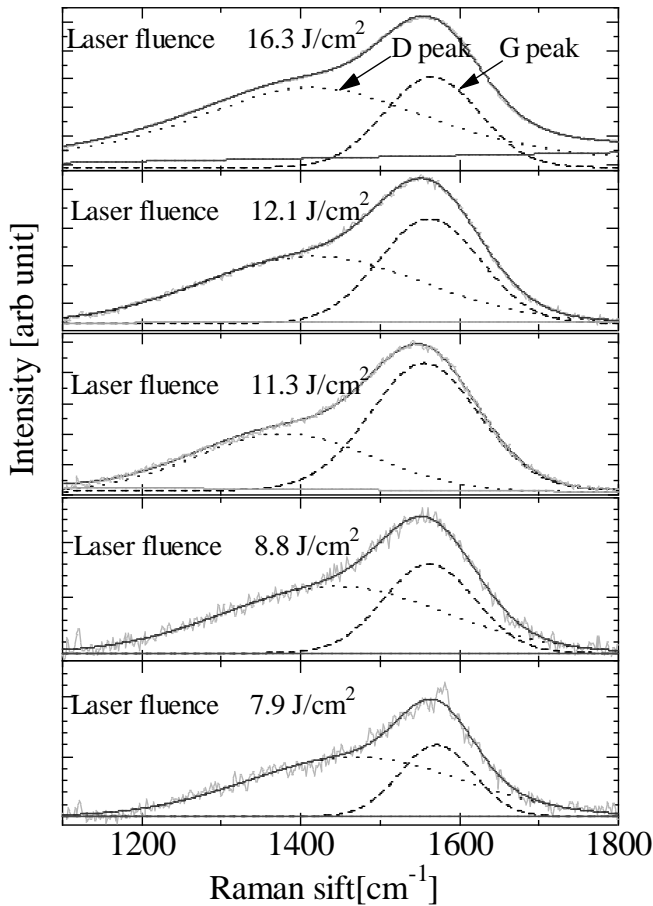


Figure 2 Raman spectra

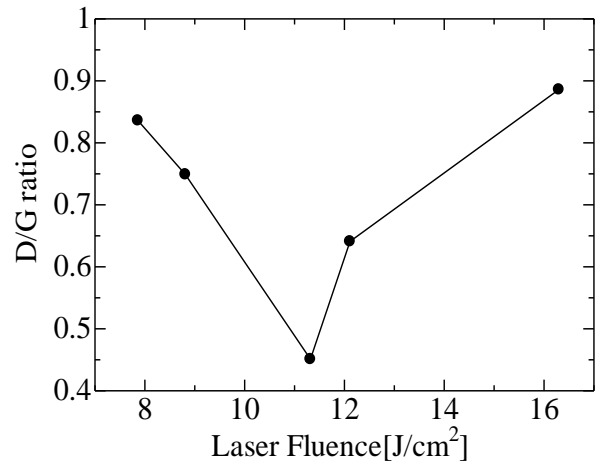


Figure 3 D/G ratio vs fluence Characteristic

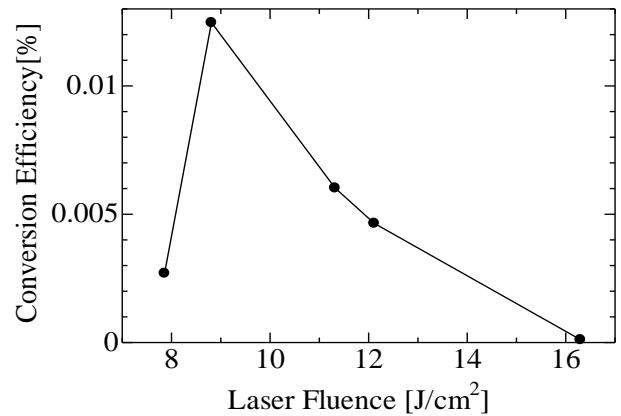


Figure 4 Generating efficiency vs Fluence Characteristic

#### 4. まとめ

レーザフルエンスが小さくなるにつれてラマンスペクトルの強度が小さくなり、クラスターが蒸着し膜厚が増加した。発電効率が最も良いものはレーザフルエンス 8.8 J/cm<sup>2</sup> (集光距離 22 cm) となった。今回の実験でレーザフルエンスは太陽電池の効率に関係している事がわかる。

#### 5. 参考文献

- [1] 大竹尚人, 「DLC の応用技術」, シーエムシー出版
- [2] 電気学会 レーザーアブレーションとその産業応用調査専門委員会編, 「レーザーアブレーションとその応用」, コロナ社
- [3] K. Takayama, et al. J. Appl. Phys A **101** 727 (2010)