



# プラズマ支援化学堆積法で成長した アモルファスカーボン膜における XAFS による結合構造解析

近藤博基、杉浦啓嗣  
名古屋大学大学院工学研究科

## 1. 背景と研究目的

アモルファスカーボン(a-C)は、C の  $sp^2$  結合と  $sp^3$  結合、H の構成比によって多様な構造と物性を示すため、次世代の太陽電池材料としても期待されるが、光起電力効果は実現されていない [1]。またプラズマ支援化学堆積法における a-C 膜の成膜機構から膜構造や電気的特性などの膜特性までの包括的な関係は明らかとなっていない。我々はこれまでに、プラズマ支援化学堆積法において、容量結合型プラズマ源(CCP)に印加する高周波電力の変化により  $C_2$  ラジカルの量を制御し、a-C 膜の光学バンドギャップを制御可能なことを明らかにした[2]。今回、a-C 膜中の結合構造と成膜条件および膜特性との関係を調べるために XAFS を用いて吸収端近傍 X 線吸収微細構造(NEXAFS)の解析を行った。

## 2. 実験内容

表面波励起プラズマ源(SWP, 2.45 GHz)と CCP(100 MHz)の 2 つのプラズマ源が上下に接続されたラジカル注入型 PECVD 装置を用い、550°C、5 Pa において合成石英基板上に a-C 膜を成長させた。基板ステージ(CCP 下部電極)には 50 W, 13.56 MHz の RF バイアスを印加した。SWP に  $H_2$ (250 sccm)を、CCP に  $CH_4$ (500 sccm)と Ar(6 sccm)を導入し、SWP には 400 W を印加し、CCP 電力は 20 W から 250 W まで変化させた。NEXAFS の測定は C-K エッジの吸収端を測定するため 270 - 350 eV のエネルギー範囲で行った。X 線照射による分極の影響をなくすため、X 線入射角度はサンプル面から 54.7° (Magic Angle)で行った。

## 3. 結果および考察

Fig. 1 は各 CCP 電力において成膜した a-C 膜の NEXAFS C 1s スペクトルである。スペクトルは 320 - 350 eV の強度で規格化した。スペクトルにはそれぞれ  $\pi^*C=C$ 、 $\sigma^*C-H$ 、 $\pi^*C\equiv C$ 、 $\sigma^*C-C$ 、 $\sigma^*C=C$ 、 $\sigma^*C\equiv C$  が確認された[3]。CCP 電力の増加に伴って、 $\pi^*C=C$  の増加、 $\pi^*C\equiv C$ 、 $\sigma^*C-C$  の減少が確認された。また  $sp^2$  の割合を(1)式を用いて行った[4]。

$$f_{sp^2} = \frac{I_{sam}^{\pi^*} I_{ref}(\Delta E)}{I_{ref}^{\pi^*} I_{sam}(\Delta E)} \quad (1)$$

$I_{sam}^{\pi^*}$  と  $I_{ref}^{\pi^*}$  は測定サンプルとリファレンスとして測定した HOPG の  $\pi^*C=C$  のピーク面積であり、 $I(\Delta E)$  はスペクトルの  $\Delta E$  の範囲における面積で、 $\Delta E$  は 280 - 320 eV の範囲で計算した。その結果、 $sp^2$  含有量は電力が小さい順に 50%、67%、80% であり高周波電力の増加に伴い  $sp^2$  含有量が増加することがわかった。

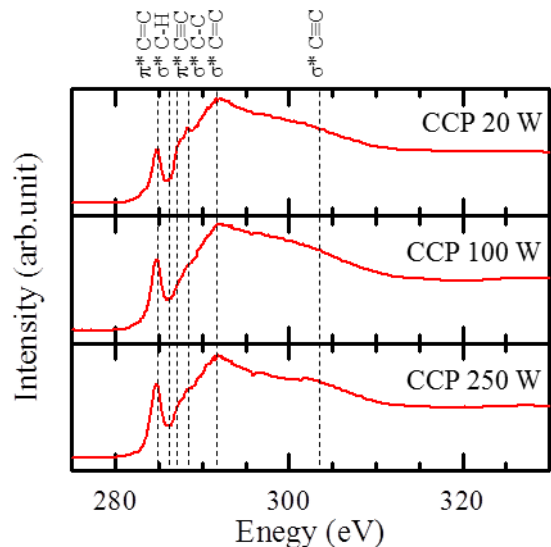


Fig. 1 The NEXAFS C K-edge spectra of a-C films grown by each CCP power.

## 4. 参考文献

- [1] H. Zhu, et al.: *SOL EN MAT.* 93, 1461 (2009).
- [2] 杉浦ら、第 62 回応物春、19a-S9-4 (2015).
- [3] S. Ohmagari et al.: *J. NANOMAT.* 876561 (2009).
- [4] S. D. Berger et al.: *PHIL MAG LETT.* 57, 6, 285 (1988).