

水素化アモルファスカーボン薄膜の合成機構における活性種の寄与度の機械学習を用いた解析

Analysis of Contribution of Active Species to Synthesis Mechanism of Hydrogenated Amorphous Carbon Films Using Machine Learning

名大低温プラズマ科学研究センター¹, 名大院工²

○近藤 博基¹, 黒川 純平², 堤 隆嘉¹, 関根 誠¹, 石川 健治¹, 堀 勝¹

Nagoya Univ. Center for Low-temperature Plasma Sciences², Nagoya Univ. Eng.²

○Hiroki Kondo¹, Jumpei Kurokawa², Takayoshi Tsutsumi¹, Makoto Sekine¹, Kenji Ishikawa¹, Masaru Hori¹,

E-mail: hkondo@nagoya-u.jp

はじめに：水素化アモルファスカーボン (a-C:H) 薄膜は、トライボロジーから半導体まで幅広い分野で用いられている[1]。一方、プラズマ励起化学気相堆積法においてラジカルやイオンの定量計測は重要であるが、多様な活性種による複雑な相互作用の解析は困難である。そこで本研究では、a-C:Hのエッチング耐性に対するラジカル種の寄与を、機械学習を用いて定量的に解析した。

結果と考察：H₂/C₃H₆/CH₄プラズマを用いた

a-C:Hの堆積(120条件)とO₂プラズマによるエッチングを交互に繰り返し、四重極質量分析計(QMS)によって薄膜堆積中のラジカルを、また分光エリプソメトリー(SE)によってエッチングに伴う膜厚変化を測定した(Fig.1)。ランダムフォレストモデルを用いた機械学習によって質量スペクトルからのエッチング速度を予測し、各ラジカルのエッチ

ング速度への寄与度はSHapley Additive exPlanation (SHAP)を用いて定量的に評価した。Fig.2は、寄与度の高いラジカルのSHAP値の分布である。正と負のSHAP値は、QMS強度とSHAP値の相関を表している。CH~CH₄やC₂H₅等の水素比が比較的高いラジカルはエッチング速度の増加に寄与し、C₃H₃やC₅H₅などの水素比が低いラジカルはエッチング率の低下に寄与することを示した。一方、同じ水素比でも、CHはC₃H₃やC₅H₅とは逆の寄与を示した。低水素比と共に、ラジカル中の多重結合が膜密度の増加に寄与し、エッチング速度を低下させたものと考えられる。

[1] M. Hori et. al., U. S. Patent 5707487 (1992).

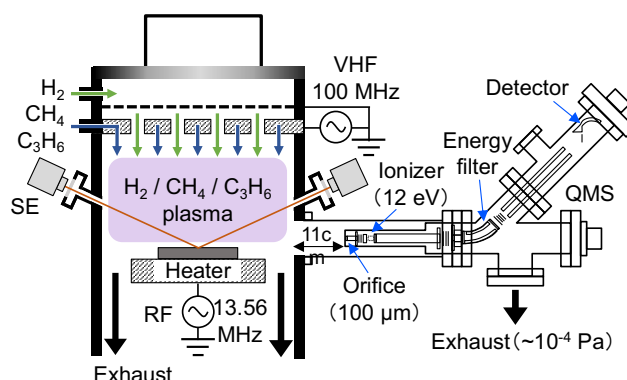


Fig. 1. Schematic illustration of radical-injection plasma-enhanced chemical vapor deposition system.

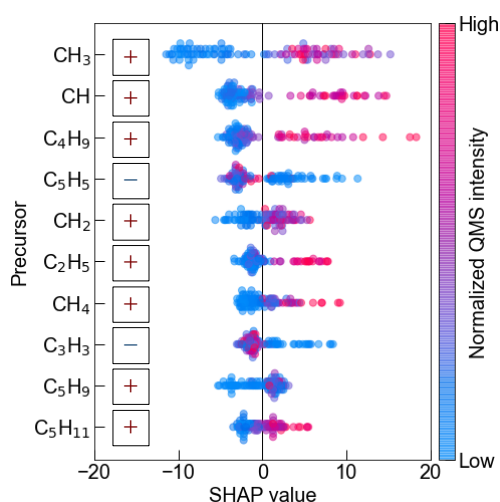


Fig. 2. Distributions of SHAP values and QMS intensities, in which the signs “+” and “-” indicate the direction of the correlation with respect to the etching rate.