

フッ素レーザーを用いた非晶質炭素膜の光化学的透明化

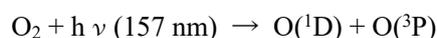
Photochemical Transparency of Amorphous Carbon Films Using Fluorine Laser

防衛大 電気電子, °大越 昌幸, 奥園 聡史

National Defense Academy, °Masayuki Okoshi, Satoshi Okuzono

E-mail: okoshi@nda.ac.jp

1. 序論 これまで当方研究室では、波長 157 nm のフッ素 (F₂) レーザーにより誘起される強い酸化反応を基に、純鉄薄膜表面に極薄く均一な Fe₃O₄ ナノ膜を光化学的に形成して、海水中でも錆び難い、高い耐食性を有する純鉄薄膜を実現してきた[1]。本報告では、アモルファス炭素 (a-C) 薄膜中の sp³ 炭素と sp² 炭素の比を、薄膜形成後の表面に大気中で F₂ レーザーを照射することにより変化させることができる、新たな光化学表面改質法を見出した。具体的には、F₂ レーザーを、a-C 薄膜表面に照射するとともに、その光路中の O₂ 分子を次のように光分解する：



このように生成した励起一重項酸素原子 O(¹D)が、薄膜中の sp² 炭素を優先的に引き抜くことで、a-C 薄膜表面の光化学的透明化が起こることを見出したので報告する[2]。

2. 実験方法 基板には厚さ 525 μm、大きさ 12×12 mm² の合成石英ガラスを用いた。その基板上に、真空中でのグラファイト棒のアーク放電により、a-C 薄膜を室温で形成した。そのときの膜厚は 30~150 nm とした。レーザー未照射部と照射部の境界を明瞭にするため、試料表面には予め開口 5×5 mm² の金属製マスクを密着させ F₂ レーザーを照射した。照射条件は、単一パルスのフルエンス 10 mJ/cm²、パルス繰り返し周波数 10 Hz、照射時間 30~60 min とした。また比較のため、F₂ レーザーに代えて ArF エキシマレーザーも用いた。

3. 結果 a-C 薄膜の膜厚を 30 nm としたときの、F₂ レーザー照射後の試料表面の写真と光学顕微鏡写真を Fig. 1 に示す。レーザー照射時間 60 min のとき、目視でも光学顕微鏡でも照射領域の明確な透明化が認められた。このときの可視透過率は約 40%であった。透明化された a-C 薄膜では、X 線光電子分光分析より、sp² 炭素がわずかに減少していた。また屈折率も 4.0×10⁻³ 程度低下しており、薄膜の密度低下が考えられる。一方 ArF エキシマレーザーを用いた場合、このような光化学的透明化は起こらなかった。

参考文献

- [1] M. Okoshi, Y. Awaiharu, T. Yamashita, N. Inoue: Jpn. J. Appl. Phys. 53(2) (2014) 022702.
 [2] S. Okuzono, M. Okoshi: Carbon 227 (2024) 119234.

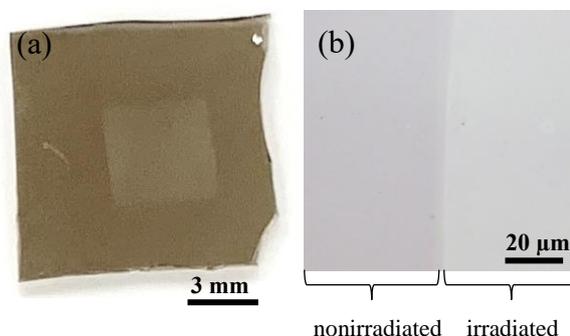


Fig.1 Photograph (a) and optical micrograph (b) of the 30 nm thick a-C thin film on synthetic fused silica glass after F₂ laser irradiation for 60 min.