

水素添加ヘリウムプラズマジェットによるグラファイト表面の反応

1230047 川原 優平 (プラズマ応用研究室)

(指導教員 八田 章光 教授)

1. はじめに

現代社会において、燃焼しても二酸化炭素が発生しない水素エネルギーが注目されており、水素エネルギーを利用する際の水素貯蔵や配管に鋼が用いられている。水素には、水素原子が材料中に吸蔵されることで強度を低下させる、水素脆化という現象がある。

現在は水溶液中への浸漬、水溶液中で試験片を分極し試験片状で水素発生を起こさせる陰極水素チャージ、真空中での水素添加ヘリウムプラズマジェット[1]によって実験が行われている。

今回大気圧における二重管構造による水素添加ヘリウムプラズマジェットを提案する。ヘリウムプラズマジェットによる活性酸素種および活性窒素種の発生を抑えながら[2]、水素エネルギーを利用する際の水素配管のように実使用環境における気圧での水素侵入再現ができる。水素脆化は破壊現象であり照射材料の引張試験が多く行われているが、水素の量や照射時間に焦点を置いて、大気圧における水素添加ヘリウムプラズマジェットによるグラファイト表面の反応を観察する。

2. 研究内容・方法

二重管構造の水素添加ヘリウムプラズマジェットを照射するための実験装置を図1に示す。NF社製のWF1943の信号発生器から5kHzの交流信号を発生させ、松定プレジジョン社製のHEOPT-10B10の高圧アンプに繋いで高電圧を発生させ、銅テープ電極につないだ。銅テープ電極を交流高圧電源と繋ぎ、テーブルをグラウンドに繋ぐことで、ピーク間電圧数kVオーダーの交流電圧を電極部に印加して放電させる手法(誘電体バリア放電)となる。

ヘリウム、水素、窒素はガスボンベからPTFEチューブで繋ぎ、FCON社製の1000シリーズのマスフローコントローラ(MFC)に繋いだ。ヘリウムは1L用のMFCに繋ぎ、FCON社製の表示設定付専用電源PA01シリーズに繋いだ。水素は50cc用のMFCをHORIBA社のPE-D20制御ユニットに繋いだ。単管構造部分にヘリウムと水素の混合気体が行くように作製し、二重管構造部分には窒素が行くように作製した。窒素は10L用のMFCに繋ぎ、FCON社製の表示設定付専用電源PA01シリーズに繋いだ。水素とヘリウムは外径4mm、内径2.2mm、長さ13.5cmのバイレックス型ガラス管から噴出させ、窒素は内径6mm外径10mm、長さ7cmのPFAチューブから噴出させることで二重管構造を作成した。

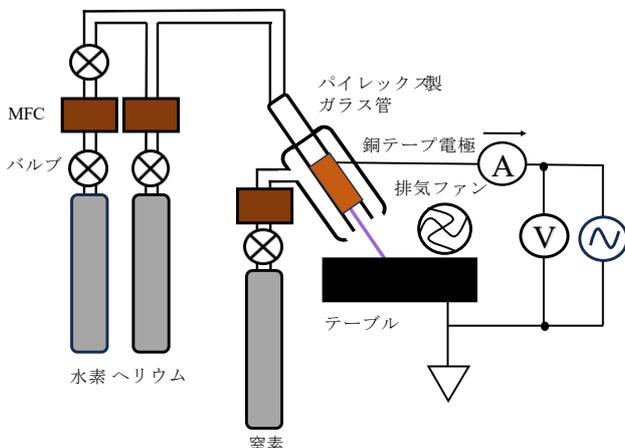


図1.水素添加ヘリウムプラズマジェット

空気中の水素濃度が4%-75%で、水素が可燃性となっている。排気ファンを使用することで実験部屋空気中の水素濃度を小さくし、可燃性とならない4%未満に水素濃度を抑え、安全性を確保した。

水素、ヘリウム、窒素流量を分光解析によって評価し、それぞれの流量、照射電圧、照射時間を定めた。ヘリウムプラズマジェットはヘリウム400sccm、窒素0.8slm、電圧13kV、照射時間60sとし、水素添加ヘリウムプラズマジェットはヘリウム400sccm、水素50sccm、窒素0.8slm、電圧16kV、照射時間300sとした。プラズマジェットをアズワン株式会社の黒鉛平板3-3122-31(グラファイト)に照射し、日立製作所のS-3000Nの走査型電子顕微鏡で観察した。

3. 研究結果・考察

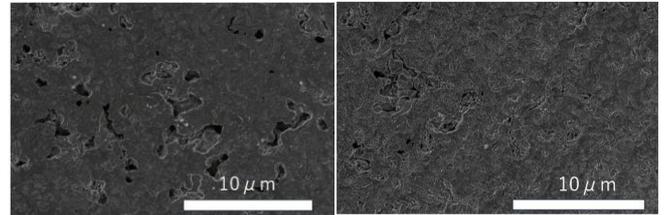


図2.照射結果

図2にヘリウムプラズマジェット(左)と水素添加ヘリウムプラズマジェット(右)をグラファイトに照射したときの反応を走査型電子顕微鏡で観察した結果を示す。ヘリウムプラズマジェットでは、表面の滑らかさからエッチング反応が観察できたが、水素添加ヘリウムプラズマジェットではヘリウムプラズマジェットとは異なるグラファイト表面が観察できた。

単管構造の水素添加ヘリウムプラズマジェットによるグラファイト表面の反応は、図2(左)のように表面が滑らかな反応であった。二重管構造にすることで単管構造の水素添加ヘリウムプラズマジェットとは異なる反応を観察することができた。

4. まとめ

本研究では、ヘリウムプラズマジェットによる活性酸素種および活性窒素種の発生を抑えながら、大気圧による二重管構造の水素添加ヘリウムプラズマジェットをグラファイト表面に照射し観察を行った。単管構造や二重管構造を用いて水素添加ヘリウムプラズマジェットをグラファイトに照射し、表面の反応を観察することができた。

5. 参考文献

- [1]八田 章光, 富松 宏太, 大村 朋彦, 小林 憲司, 青木 貴浩, "SEM 中の局所プラズマ照射による水素脆化き裂発生過程の観察", 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 2023
- [2]小川広太郎, 矢島英樹, 古田寛, 八田章光, "窒素ソースガス流への微量酸素添加による RONS 生成制御", 第66回応用物理学会春季学術講演会, 2019