

高繰り返しナノ秒パルスグロー放電を用いた
ダイヤモンドライクカーボンの高速成膜技術
～高速・低コストで高機能性付与を目指して～

◎M2 峯 卓馬, 教授 菊池 祐介

兵庫県立大学 大学院 工学研究科 電気物性工学専攻

課題と目指す姿(研究背景)

ダイヤモンドライクカーボン(Diamond-like carbon: DLC)

ダイヤモンドとグラファイトの中間的な物性を示すアモルファスカーボン膜

- **優れた特性**: 高硬度、低摩擦性、耐食性、ガスバリア性等

- ➡ 自動車部品、機械部品、切削工具、金型、医療器具

DLC市場: 約80億円(2013年度)、年率10%以上の成長分野

参考: 中谷, プラズマ・核融合学会誌(2016)450.

- ➡ **DLCビジネスの成長を加速させるには?**

- **現在のDLC成膜技術の課題**: 「成膜レートが低い」、「高コスト」

従来の成膜レート: 0.013 $\mu\text{m}/\text{min}$

- ➡ **我々のアプローチ**: 新しいプラズマCVD技術開発

課題解決の考え方

課題解決の指針:

(1) 成膜レートの上昇:

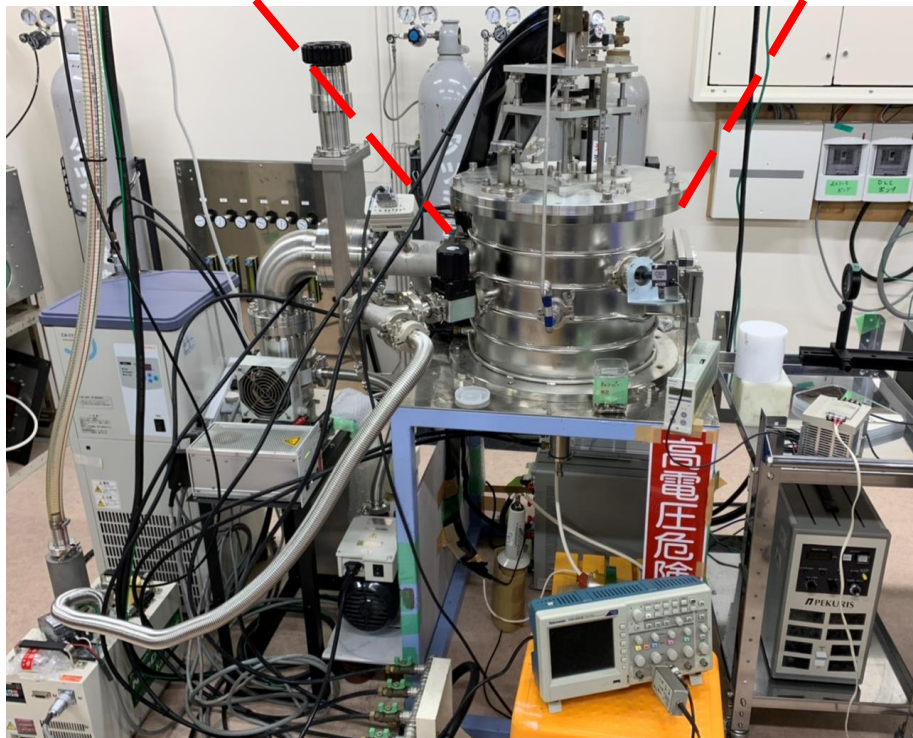
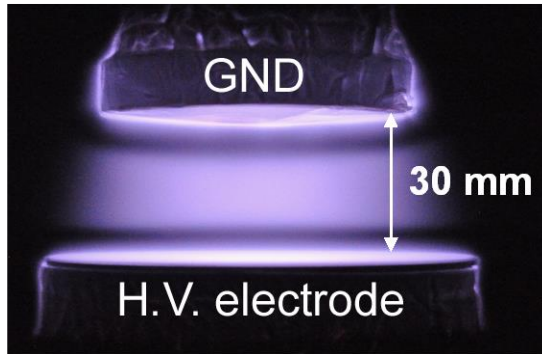
- プラズマの高密度化
- ➡ 原料の中性ガス圧力を高める。
- ➡ 大気圧・準大気圧プラズマの採用

(2) 膜硬度の制御:

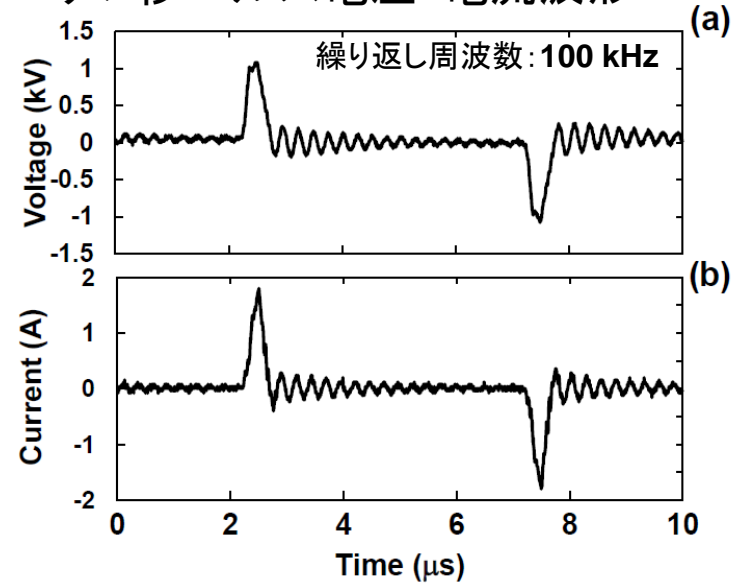
- 最適な入射イオンエネルギー
- ➡ 従来の大気圧・準大気圧プラズマ源では困難(グラファイト化)
- ➡ 本研究の特徴:
 - ・高繰り返しナノパルスプラズマ源の利用
 - ・基板温度制御+水素ラジカル照射による高硬度化

高繰り返しナノ秒パルスグロー放電

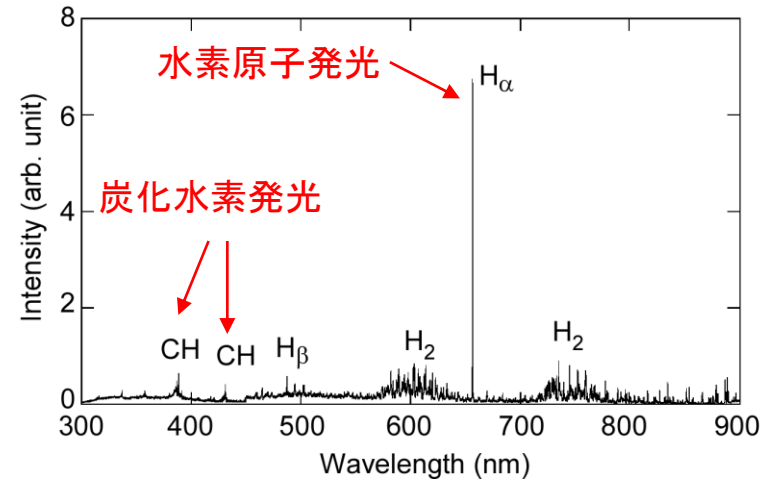
ナノ秒パルスで高気圧でも安定なグロー放電



ナノ秒パルス電圧・電流波形

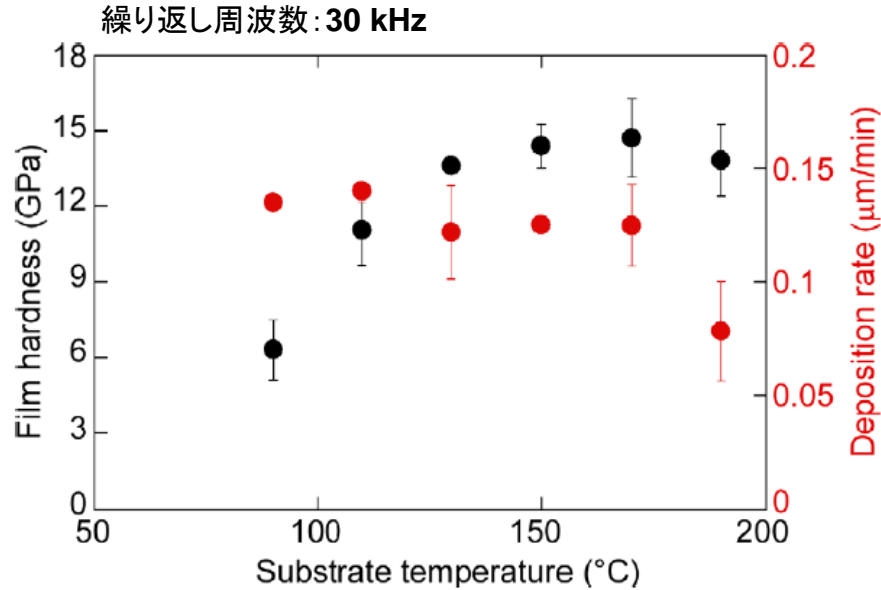


プラズマ発光分光計測



成果：基板温度の膜質への影響

膜硬度と成膜レートの基板温度依存性

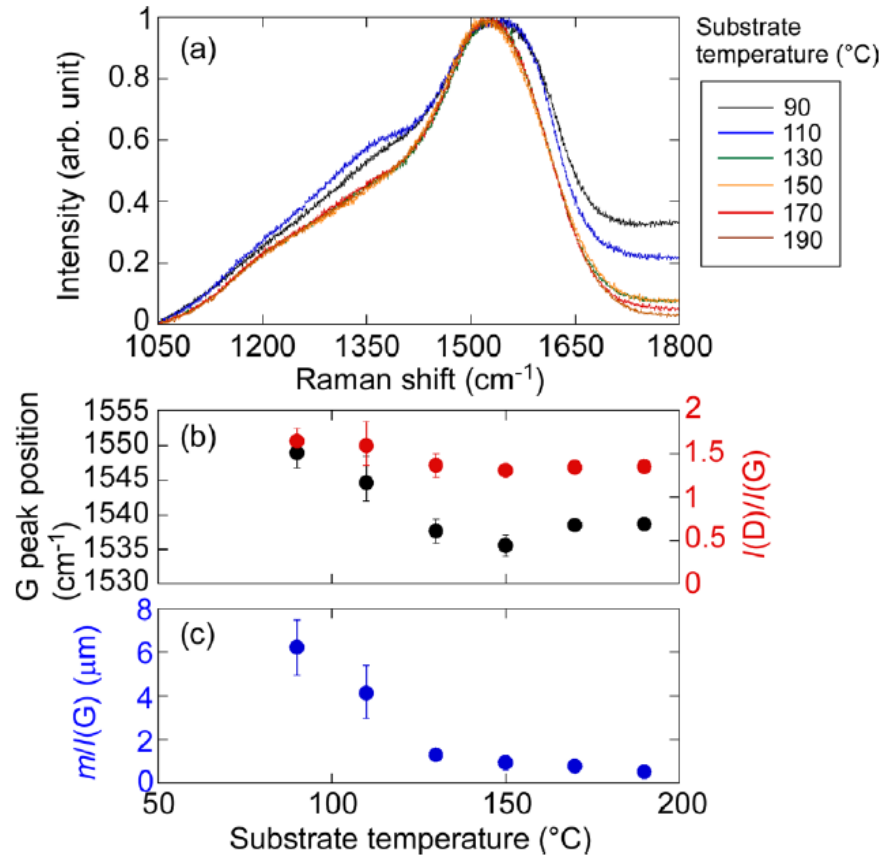


従来の10倍の成膜レート
硬度: 15 GPa

基板温度上昇:

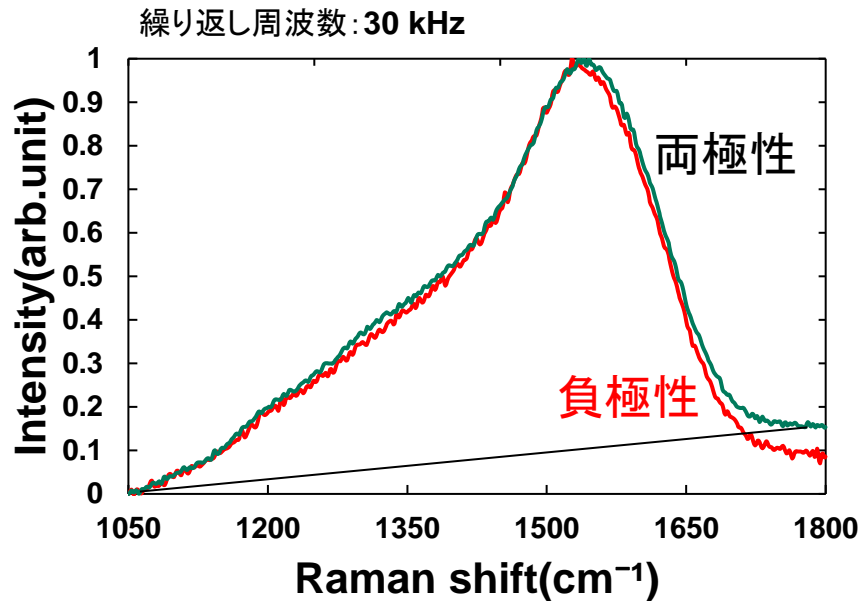
- ・水素原子ラジカルによるグラファイト成分のエッチング効果
- ・膜中の水素引き抜き効果

ラマンスペクトルの基板温度依存性



基板温度上昇による
膜中水素の減少

成果：単極性放電の利用による高硬度化



硬度：

- ・両極性：15 GPa
- ・負極性：18 GPa

- ・負極性パルス放電(基板に正イオンが照射)により、高硬度のDLCが成膜できた。

まとめ

高繰り返しナノ秒パルスグロー放電により、**従来の約10倍の成膜レートで、硬度18 GPaのDLC膜を成膜することに成功した。**水素原子ラジカル照射によるエッチング効果と水素引き抜き効果を援用することで、高い中性ガス圧力下においても高硬度の**DLC**が得られると考えられる。

大学HP:

<http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/faculty/ykikuchi/index.html>

連絡先: ykikuchi@eng.u-hyogo.ac.jp