

# DC パルスプラズマ CVD 装置基板ヒーター電源回路の作製

190125 野村 恵吾 (プラズマ応用研究室)

(指導教員 八田 章光 教授)

## 1. はじめに

プラズマ応用研究室では、DC パルスプラズマ CVD 装置を用いて炭素薄膜の合成を行ってきた。炭素薄膜の合成時、CVD 装置内部の基板ホルダー内部に存在するヒーターにて薄膜合成用の基板を加熱する。この基板ホルダーの温度制御は手動で行ってきた。しかし、ヒーターの電圧制御を手動操作で行ってきた為、CVD 装置の操作手順が複雑となっていた。

今回、DC パルスプラズマ CVD 装置のプラズマ発生用高電圧パルスから絶縁したヒーター電源回路を作製した。絶縁ヒーター電源回路は、1次側ハーフブリッジ回路と2次側平滑回路で構成され、1次側回路と2次側回路の間には絶縁用高周波トランスが存在する。この絶縁ヒーター回路が完成したため、今回は絶縁ヒーター電源回路を利用して、ヒーター温度の自動制御を行った。

よって、DC パルスプラズマ CVD 装置基板ヒーターの操作をより簡易にするために作製したヒーター電源回路の動作確認とヒーター温度の自動制御を目的とした。

## 2. 実験条件

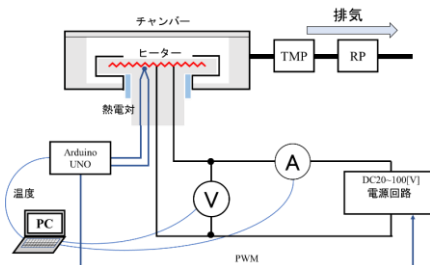


図 2.1 DC パルスプラズマ CVD 装置基板ヒーターの PID 制御

今回、実験内容として DC パルスプラズマ CVD 装置基板ヒーターの加熱特性の測定と作製した電源回路を用いたヒーター温度の制御性を確かめた。図 2.1 に DC パルスプラズマ CVD 装置基板ヒーターに電源回路を接続し、ヒーターを PID 制御した時の構成図を示す。

どちらの実験条件においてもチャンバー内部を  $4.2 \times 10^{-3} \sim 4.8 \times 10^{-3} \text{Pa}$  の高真空[1]とした。

ヒーターの加熱特性を調べるために、AC50V と AC70V、AC100V の定電圧をヒーターへ印加し、ヒーター温度が 400°C に到達するまでの温度変化を測定した。

温度制御では表 2.1 の様に PID 制御の各パラメータを設定して実験を行った。

表 2.1 PID 制御の各ゲインの設定と目標温度

	比例ゲイン ( $K_p$ )	積分ゲイン ( $K_i$ )	微分ゲイン ( $K_d$ )	目標温度
条件1	5	0	0	200°C
条件2	5	0.5	0	200°C
条件3	5	0.5	0.1	200°C

PID 制御では以下の式(2.1)を用いて、制御が行われている。式(2.1)の  $u(t)$  を操作量、 $e(t)$  を偏差、 $K_p$  を比例ゲイン、 $K_i$  を積分ゲイン、 $K_d$  を微分ゲインとする[2]。

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.1)$$

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 DC パルスプラズマ CVD 装置基板ヒーターの加熱特性

DC パルスプラズマ CVD 装置基板ヒーターの加熱特性を測定した時の結果を図 3.1.1 に示す。

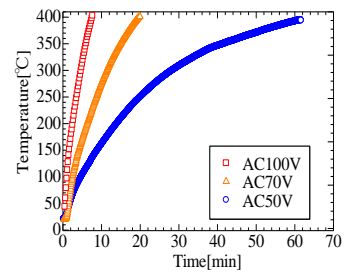


図 3.1.1 各電圧を印加した時の基板ヒーター加熱特性

AC50V と AC70V、AC100V の定電圧を印加した時の、DC パルスプラズマ CVD 装置基板ヒーターの温度変化である。図 3.1.1 の結果より、AC50V では1時間で395°Cまで到達、AC70V は約19分で400°Cに到達、AC100V は約7分30秒で400°Cに到達した。

### 3.2 基板ヒーターの PID 制御

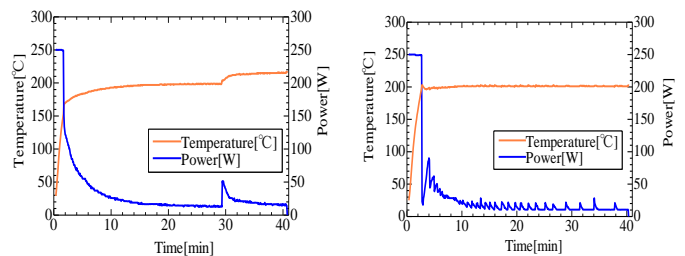


図 3.2.1  $K_p=5, K_i=0, K_d=0$  の結果 図 3.2.2  $K_p=5, K_i=0.5, K_d=0$  の結果

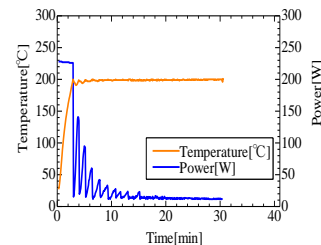


図 3.2.3  $K_p=5, K_i=0.5, K_d=0.1$  の結果

図 3.2.1 は表 2.1 から条件 1、図 3.2.2 は表 2.1 から条件 2、図 3.2.3 は表 2.1 の条件 3 の実験結果である。図 3.2.2 と図 3.2.3 の結果より、DC パルスプラズマ CVD 装置基板ヒーターは約3分で目標温度 200°C に到達し、その後 200°C で温度制御できていることが確認できた。また、図 3.2.1 と図 3.2.2 の制御結果より、PID 制御の比例ゲイン 5 と積分ゲイン 0.5 がヒーター温度の制御に有効であることを示している。また、図 3.2.2 と図 3.2.3 の結果より、ヒーターの温度制御に対して微分ゲイン 0.1 の有効な効果は得られなかった。

## 4. まとめ

DC パルスプラズマ CVD 装置基板ヒーターの加熱特性を測定し、ヒーターの加熱特性を測定した。PID 制御の結果により、DC パルスプラズマ CVD 装置基板ヒーターの安定でかつ高速な温度制御が実現した。

## 参考文献

[1]真空技術基礎講習会運営委員会, "わかりやすい真空技術 第3版", pp4, 日刊工業新聞社, 2017年4月  
 [2]杉江俊治, 藤田政之, "フィードバック制御入門", pp149-150, コロナ社, 2015年5月