

カーボン・ナノチューブ織物状ヒータの温度特性評価と恒温制御による光電デバイス効率測定への応用

齋藤研究室 1616210 川名拓実

1. 研究の動機・目的

本研究は、カーボン・ナノチューブ（以下 CNT と略記する）織物状ヒータの温度特性評価と恒温制御による光電デバイス効率測定への応用を目的とした。具体的には、新旧 2 種類の CNT 織物状ヒータを対象に、定電圧・定電流通電時の経時変化や温度係数の測定などの特性評価を行う。さらに、CNT ヒータを温度センサとしても兼用する独自の恒温制御を行う回路方式（追加の温度センサなし）の実験を行い、その評価も実施する。さらには恒温制御回路を利用して吸収熱を電力で置換する方式で光電デバイス効率測定する計画であり、そのために必要となる光電デバイスの基本的な特性評価も実施する。

2. 実験方法

2.1 定電圧通電時の経時変化

CNT 織物状ヒータを負荷として電源を定電圧モードで動作させ、ヒータ両端電圧、電流、表面温度、熱流束をデータロガー(HIOKILR8432)で計測・収録した。

2.2 定電流通電時の経時変化

CNT 織物状ヒータを負荷として電源を定電流モードで動作させ、ヒータ両端電圧、電流、表面温度、熱流束をデータロガー(HIOKILR8432)で計測・収録した。

2.3 温度センサなしの CNT 織物状ヒータの恒温制御

CNT 織物状ヒータを負荷とし、図 1 に示した回路に基づいて温度センサなしの恒温制御をし、初期測定温度(24.7°C)から測定しやすい温度(30.0°C)を初期温度として設定し、そこから 10.0°C刻みで上昇させていくように操作した。

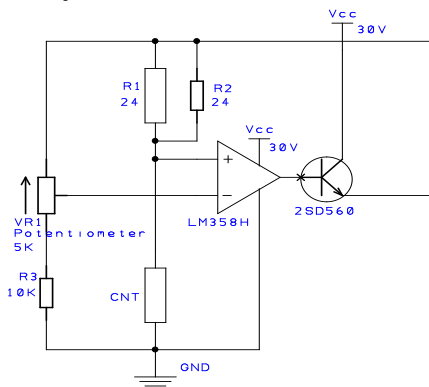


図 1 恒温制御回路図

2.4 CNT 織物状ヒータの温度特性

2 種類の CNT 織物状ヒータについて高温時と低温時のそれぞれの抵抗値を測定した。

2.5 RGB-LED の動作特性

光電デバイス効率測定時に必要となる基本データとして、RGB-LED (OSTCXBC1E)を対象に、各色 LED の動作時の温度上昇の経時変化等を測定した。

3. 結果と考察

3.1 定電圧通電時の経時変化

新型 CNT 織物状ヒータ(B-2)について定電圧で通電し、通電時の電圧をステップ状に変えた場合の温度、熱流束、電流、電力等の時間的変化を計測した。その結果を図 2 に示した。10 cm 角の CNT 発熱体に最大約 16 W の電力を印加した（パワー密度で約 1.6 kW/m²）。CNT 発熱体は後に示すように、負の温度係数を持つため、定電圧動作では熱暴走するリスクが懸念されたが、その兆候は見られなかった。その原因として、温度係数の絶対値が小さいためと推定される。

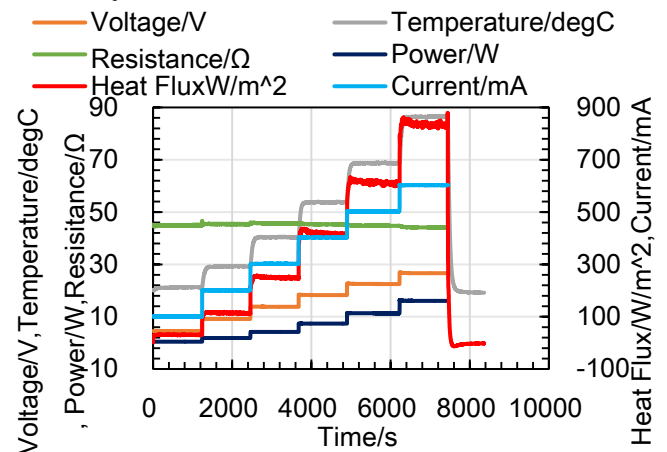


図 2 新型 CNT 織物状ヒータ(B-2)を定電圧通電した場合の経時変化

3.2 定電流通電時の経時変化

新型 CNT 織物状ヒータ(B-2)について定電流で通電し、設定電流をステップ状に変えながら計測した結果を図 3 に示した。定電流通電では、原理上「発熱→抵抗減少→電力減少→ジュール損失（発熱量）減少」という負帰還動作が予想される。期待通り負帰還による安定な動作が確認できた。

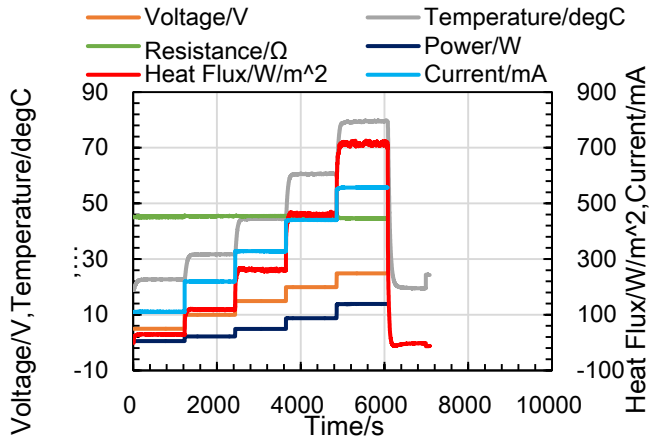


図3 新型 CNT 織物状ヒータ(B-2)を定電流通電した場合の経時変化

3.3 温度センサなしの CNT 織物状ヒータの恒温制御

図1の温度センサなしの恒温制御回路により、一例として、新型の CNT 織物状ヒータ (B-2) について、ステップ状に温度設定を変えつつ通電した場合の実験結果を図4に示す。目標としていた電力 10W を超える電力レベルで温度センサなしの恒温制御をほぼ達成できたことを確認した。その時の最高温度は約 80°C であった。

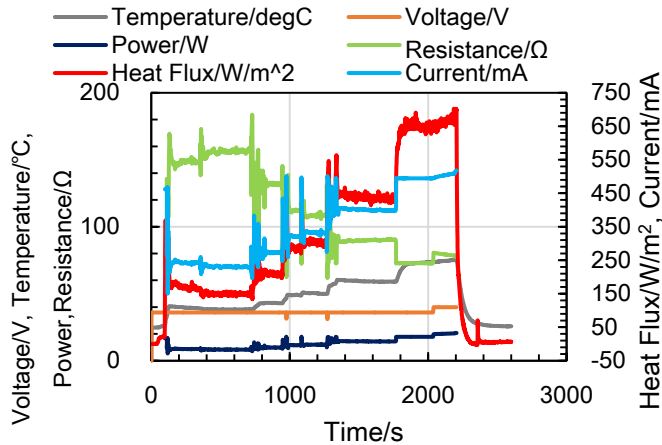


図4 新型 CNT ヒータ(B-2)をヒータ兼温度センサとした恒温制御時の温度、電力等の経時変化

3.4 CNT 織物状ヒータの温度特性

新旧2種類の CNT 織物状ヒータについて高温時と低温時の抵抗値を以下の図5と6に示した。得られた温度係数は表1の通りである。

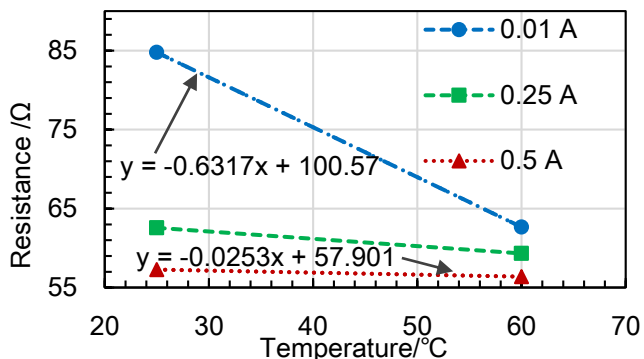


図5 旧型 CNT ヒータ(A-2)抵抗値の温度依存性

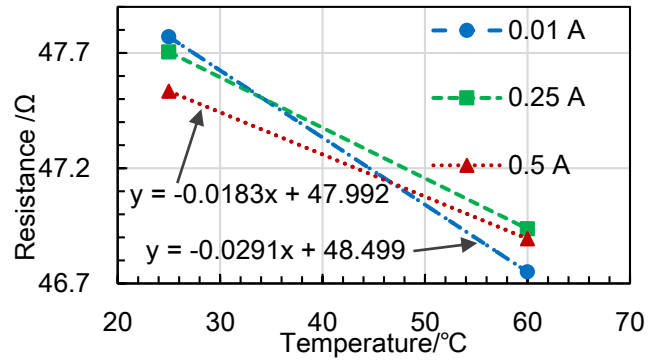


図6 新型 CNT ヒータ(B-2)抵抗値の温度依存性

表1 各種 CNT の抵抗値と温度係数

CNT Type	Resistance [Ω]	$\Delta R/\Delta T$ [Ω/deg]	Temperature Coefficient [1/deg]
A-1	69.1	-0.2043	-3.12E-03
A-2	84.78	-0.6317	-8.57E-03
B-1	58.12	-0.116	-2.07E-03
B-2	47.77	-0.0291	-6.16E-04

3.5 RGB-LED の動作特性

RGB-LED (OSTCXBCBC1E)の赤色 LED について、50 mA の定電流で通電したときの前後の温度等の時間変化を測定した結果を図7に示す。

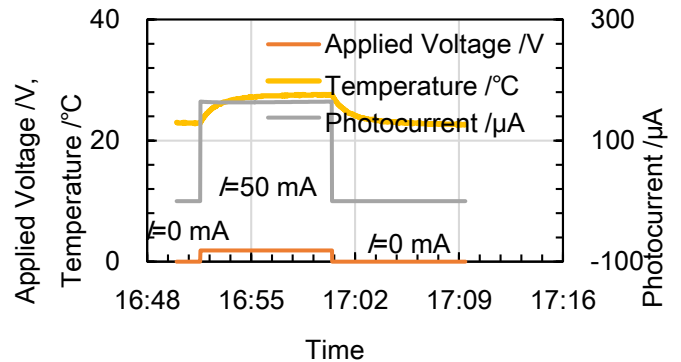


図7 赤色 LED の定電流通電前後の温度等変化

4. 本研究で得られた成果

- 旧型に比べ、電極周辺をカーボン塗料で接触抵抗を減らした新型では、予想通り抵抗値が大きく減少していることが確認できた。
- 新旧2種類の CNT ヒータの温度係数を測定した結果、新型の温度係数の絶対値は小さかった。
- 2種類いずれの CNT 織物状ヒータも、金属と正反対の負の温度係数を持つことが確認され、定電圧動作では熱暴走するリスクが懸念されたが、その兆候は観測されなかった。
- 温度係数の小さい新型 CNT ヒータでも温度センサなしの正常な恒温制御を確認した。

参考文献

- 川名雅広、通電加熱による除雪-太陽光発電パネルの伝熱特性等評価-、2017年度卒論
- <http://www.fabtech.jp/>