

カーボン・ナノチューブ織物状ヒータの電流電圧特性等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 1616126 長沼拓海

1. 研究の動機・目的

本研究では、カーボン・ナノチューブ（以下 CNT と略記する）織物状ヒータの電流電圧特性や温度係数の測定などの特性評価を行った。さらに、これらの評価結果を基にして、CNT ヒータを温度センサー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）の方式により、光電デバイス効率測定へ応用するため、通電後の温度、熱流束等の時間変化を測定し、基礎データを収集することを目的とした。

2. 実験方法

実験対象とした CNT 織物状ヒータを表 1 に示す。新型の CNT は電極部分をカーボンブラックで塗布しているのに対し、従来型の CNT はカーボンブラックでの塗布をしていない。電極部分を炭素成分を含むカーボンブラックで塗布することにより、接触抵抗を低減することができる。

表 1. 使用した CNT 織物状ヒータの種類

	CNT 旧型 (A-1, A-2)	CNT 新型 (B-1, B-2)
特徴	電極部分にカーボンブラック無し	電極部分にカーボンブラックを塗布
外形サイズ	縦 99 mm 横 119 mm	縦 101 mm 横 101 mm
電極間距離	89 mm	86 mm
ラミネート	あり	あり

2.1. CNT 織物状ヒータの電流電圧特性

CNT の電流電圧特性を ADCMT 製ソース・メータ 6241 を用いて、23°C および 65°C の温度条件下で測定した。CNT の旧型と新型で電流電圧特性とこれから導かれる抵抗の電圧依存性、さらにこれらの温度依存性を比較した。

2.2. 温度センサーなしの CNT ヒータの恒温制御

CNT 織物状ヒータの温度係数が比較的大きいことを利用して、図 1 に示す温度センサーなしで恒温制御する回路方式を使用した。この回路では、OP アンプの入力側にある CNT ヒータ、ポテンシオメータを含む抵抗ネットワークがブリッジを構成しており、仮に温度が上昇すると CNT ヒータの

抵抗が減少し、オペアンプの出力電圧が減少し、抵抗ネットワークへの印加電圧も減少し、CNT ヒータへの印加電力も減少して、一定温度を保つように動作する。

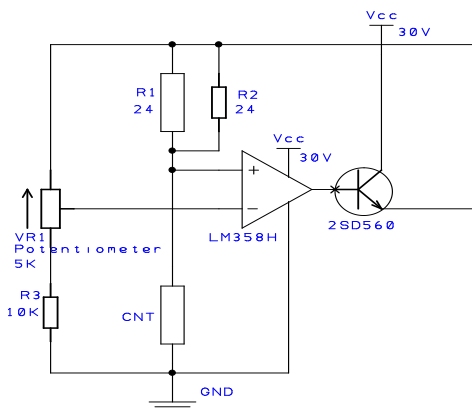


図 1. 恒温制御回路図

2.3. RGB-LED の電流電圧特性

光電デバイスの一つとして RGB-LED (OSTCXBCBC1E) の各色 LED について、ソース・メータ 6241 を用いて電流電圧特性を測定した。

3. 結果と考察

3.1. CNT 織物状ヒータの電流電圧特性

CNT 織物状ヒータの旧型 (A-2) について、電流と抵抗の電圧依存性をそれぞれ図 2、図 3 に示す。新型 (B-2) については、電流と抵抗の電圧依存性をそれぞれ図 4、図 5 に示す。旧型、新型とも温度が高くなると抵抗が低くなる負の温度係数を持つヒータであることが確認できた。

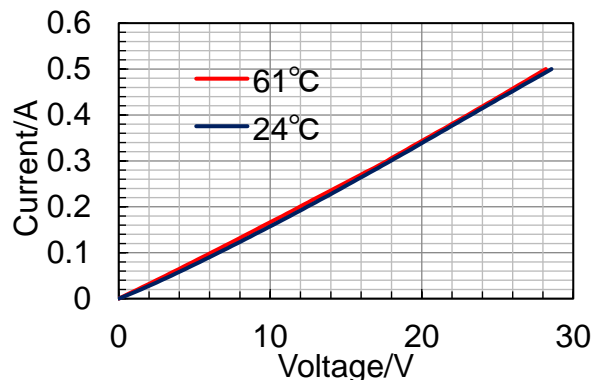


図 2. 旧型 CNT(A-2)ヒータの電流の電圧依存性

また、電流電圧特性に関してはどちらもほぼ直線的で、Ohmic に近い。旧型は、約 15 V 以下の領

域で電圧の上昇とともに抵抗値が小さくなり多少ダイオードに似た特性があるが、新型は抵抗値変化が小さく、図5の62°Cの抵抗の曲線のみ他と様相が異なっている。高温についての測定は長時間通電して高温にした直後に電流電圧測定を実施しており、電流電圧測定中に実は温度が変化（低下傾向）している。これが影響している可能性があるが、詳細は不明である。

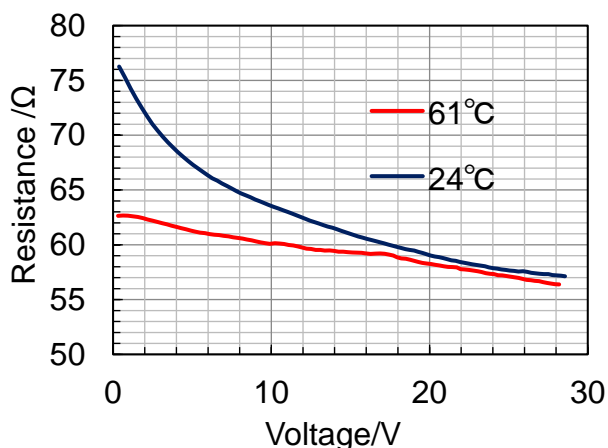


図3. 旧型 CNT(A-2)ヒータの抵抗の電圧依存性

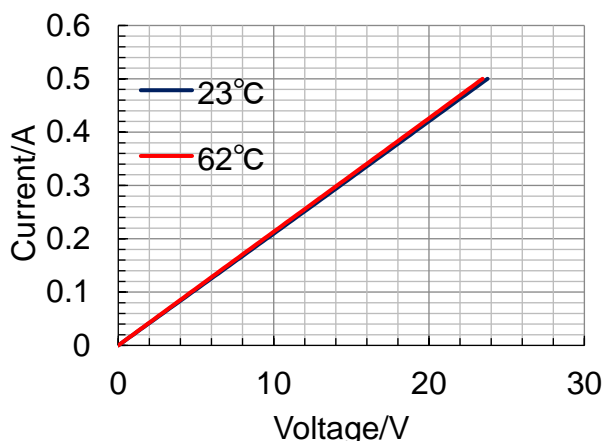


図4. 新型 CNT(B-2) ヒータの電流の電圧依存性

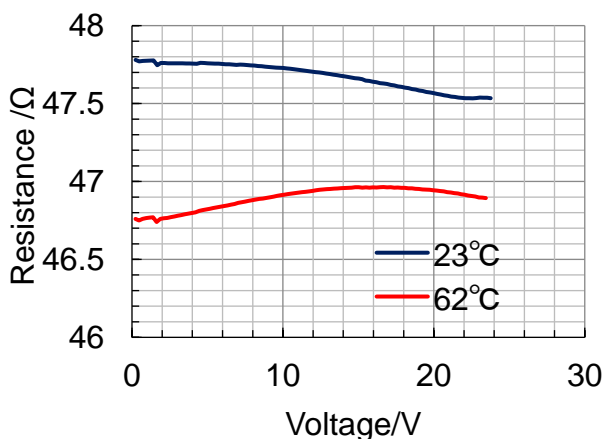


図5. 新型 CNT(B-2)ヒータの抵抗の電圧依存性

また旧型と新型の抵抗値の比較に関しては、新型の方が小さくなっており、電極部分にカーボンブラックを塗布した効果が出ているのが確認できた。

3.2. 温度センサーなしの CNT 織物状ヒータの恒温制御

図1の温度センサーなしの恒温制御回路により、新旧の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する実験を行った。温度係数の小さい新型CNTでも正常な恒温制御を確認した。

3.3. RGB-LEDの電流電圧特性

RGB-LED (OSTCXBCBC1E)の各色LEDについて測定した電流電圧特性を図6に示す。電流が立ち上がる点灯開始電圧は、赤LEDが約1.5V、緑・青LEDがともに約2.2Vである。緑・青LEDの点灯開始電圧がほぼ同じとなるのは、緑LEDは、青LEDに蛍光体を組み合わせて構成されているからと考えられる。

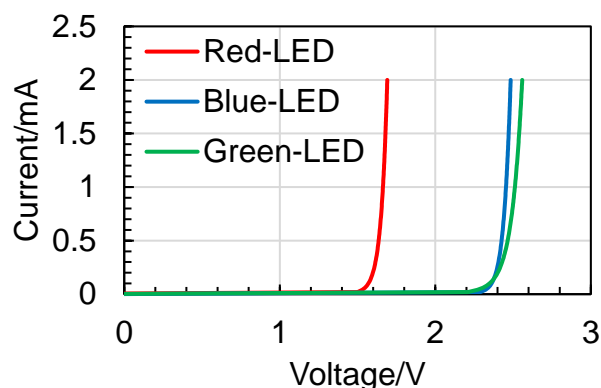


図6. RGB-LEDの電流電圧特性

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、予想通り抵抗値が減少していることが確認できた。
- ・電流電圧特性について、旧型はダイオードのような顕著な非直線性が認められたが、新型はほぼ直線の Ohmic に近い特性であった。
- ・2種類いずれのCNT織物状ヒータも、負の温度係数を持つことが確認できた。
- ・CNT織物状ヒータは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ーなしの正常な恒温制御を確認した。

参考文献

1. 今野友貴、温度センサーなしのカーボン・ナノチューブ織物状ヒータの恒温制御ならびに融雪への応用-2018年卒論