

LED 発電の研究

2年C組 竹岡 建介
指導教員 米田 隆恒

1. 研究の概要

私は昨年の研究において、発光ダイオード(以下 LED という)の仕組みを調べ、LED を使った発電に関する実験をした。その過程で生じた様々な疑問を解決するために、「LED 発電」の再実験と、「LED 発電」とは逆の発想に立った「LED の臨界電圧と波長」についても調べた。その結果、臨界電圧と波長の間に明確な関係があることがわかったので紹介する。

キーワード 発光ダイオード、LED、光の波長、発電、臨界電圧

2. 研究の背景と目的

研究の目的は、最近家庭でも普及しつつある LED の仕組みを研究し、LED についての理解を深めることである。

私は昨年から LED 発電について研究してきた。LED は電圧を加えると特定の色の光を出す装置である。ところが、LED に光を当てると LED が太陽電池と同様に発電をするということを授業で学習した。そこで、この現象を「LED 発電」とよび、この現象をくわしく調べようと思った。

たとえば赤色の LED の光を、緑色を出すことのできる LED に当てたとき、緑色の LED は何Vの電圧を発電できるかというものである。しかし、昨年の段階では、測定結果を説明することができなかった。

今年の研究では、昨年の実験を再度行い、測定精度の向上を目指した。また、先行研究[1]を参考にして、昨年の実験とは逆の発想で、各色(赤・青・緑・黄・橙・白)の LED を点灯するのに必要な最低電圧(以下「臨界電圧」という)と、LED の出す光の波長を計測し、臨界電圧と波長の関係性を研究した。

3. LED 発電の研究

(1) 仮説1

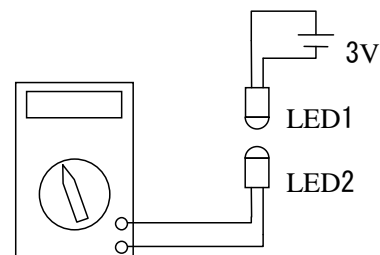
<仮説1>

LED の光を他の LED に当てたときに発電する発電量は、同じ色かその色に近い色ほど発電量が多い。

(2) 仮説1の検証実験

発電量として今回は発電した電圧を測定することにする。

LED での発電電圧を測定するために、図1のような装置を準備した。図1のように、LED1 を 3V の電圧で点灯させ、その光を LED2 に当て、LED2 の発電電圧をデジタルテスターで計測する。LED1 と LED2 の距離は 2 mm とした。



デジタルテスター

図1 実験装置

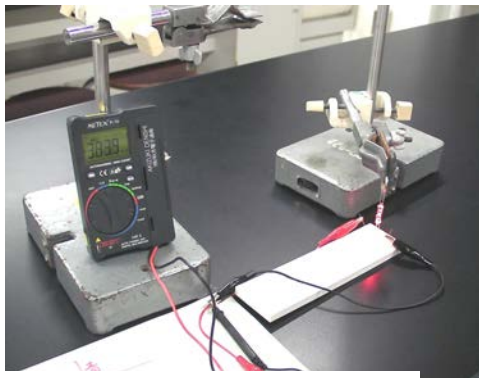


図2 発電電圧の測定装置

(3) 測定結果と考察

上記の方法で測定した結果を表1に示す。表1より、赤色同士・黄色同士などの発電結果は仮説1の通り、同じ色の組み合わせのとき発電電圧が最も大きかった。しかし、橙色同士や緑色同士などの結果は、異なる色の組み合わせに比べて発電電圧が大きいとは言えず、仮説1が正しいとは判断できない。以上の結果から、「同じ色同士の発電電圧は大きくなる」ということを証明することはできなかった。

この実験から、「黄色 LED を点灯、赤色 LED で発電」の組み合わせが2番目に発電電圧が高いということがわかる。なぜこのような結果が出たのかが、今回の実験から生じた課題である。

表1 発電結果

光源側LED [V]	発電側LED[V]					
	赤	黄	橙	緑	青	白
赤	1.538	1.337	0.487	0.177	0.57	0.093
黄	1.542	1.576	0.101	0.101	0.216	0.165
橙	1.363	1.336	0.125	0.125	×	×
緑	1.025	1.293	0.032	0.032	×	×
青	1.438	1.492	×	1.215	0.4~1.3	×

表中の×は、数値が不安定であった

4. LEDの臨界電圧の測定1

(1) 実験装置と実験結果

先の実験において、LEDに光を当てると発電する。しかし、その実験結果が何を意味するかわからなかった。そこで、LED発電とは逆の発想で、LEDにかかる電圧を少しずつ大きくしていったとき、光を出し始める電圧(臨界電圧)を測定することにした。図3が回路図、図4が測定結果である。

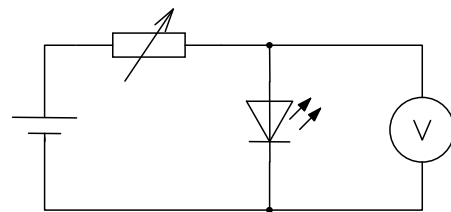


図3 臨界電圧測定の回路図

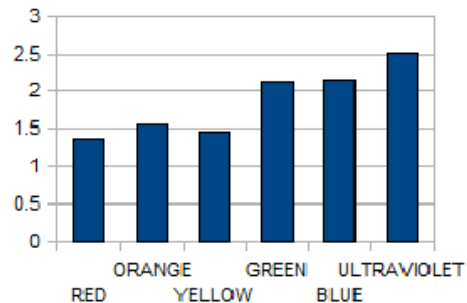


図4 臨界電圧の測定結果[V]

(2) 仮説2

図4の結果、ULTRAVIOLET(紫外線)を出すLEDの臨界電圧が一番高く、赤色を出すRED(赤色)の臨界電圧が一番低いということがわかる。

昨年の実験の際、LEDの光を分光したことがあり、そのとき、光の波長に広がりがある、つまり、スペクトルに広がりがあるとわかった。そこで、このスペクトルの

広がりや臨界電圧と何らかの関係があると考えてみた。

例えば青色の LED の場合、図 5 のように、緑色から紫色の手前の青色までの色が含まれており、さまざまな色を出す必要があるので臨界電圧が高いのではないだろうかと考えられる。このように、さまざまな色を含む光を出す LED を「混合色 LED」ということにする。一方、赤色 LED は、図 6 のようにスペクトルの幅が狭いので、臨界電圧が低いと予想できる。そこで、次のように仮説 2 を立てることにする。

<仮説 2>

青色 LED のように混合色 LED(スペクトル幅が広い)の臨界電圧は高く、赤色 LED のように単色 LED(スペクトル幅が狭い)の臨界電圧は低い。



図 5 青色 LED のスペクトル



図 6 赤色 LED のスペクトル

(3) 仮説 2 の検証実験

仮説 2 を検証するために、LED の発光色の波長を図 7 のスペクトルビジョンで測定した。

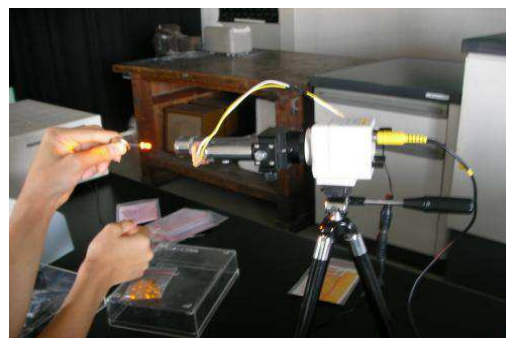


図 7 スペクトルビジョンによる
波長測定

緑色 LED は、スペクトル幅が広く、混合色であり、図 4 のデータから臨界電圧は高いので、仮説 2 に反しない。一方、黄色 LED は図 8 のようにスペクトル幅が赤色から緑色まで広がっている混合色であるにもかかわらず、図 4 のデータから臨界電圧は低い。したがって、黄色 LED は仮説 2 に反する。

以上より、仮説 2 は正しいとはいえないことがわかった。



図 8 黄色のスペクトル

5. LEDの臨界電圧の測定2

(1) 回折格子による光の波長の測定

スペクトルビジョンでは、波長をうまく測定できなかった。そこで、先行研究[2]を参考にして、回折格子を用いてLEDの波長を測定し、臨界電圧と波長の関係をくわしく調べようと考えた。

図9は、青色LEDを点灯させ、スリットで光をしぼり、回折格子を通過させ、スクリーン上の光の位置を測定しているところである。回折格子は1mmに500本の溝のあるものを使った。位置の測定から、波長を計算する方法は難しいので、顧問の米田先生に教えていただいた公式を用いてExcelで計算した。図10は計算の元になる図である。

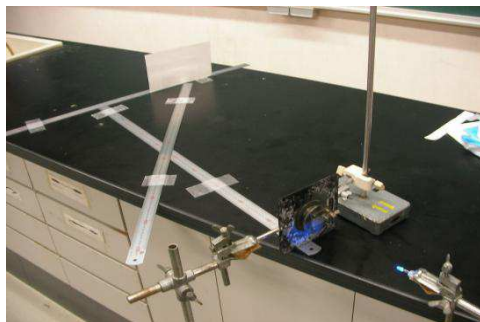


図9 青色LEDの波長測定

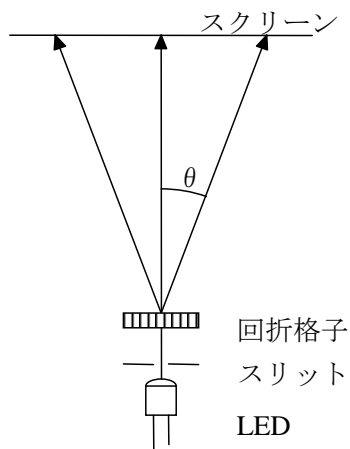


図10 波長測定の間

(2) 実験結果と考察

測定結果とそのグラフを表2および図11に示す。

実験結果から、臨界電圧はスペクトル幅とは無関係であるということがわかる。したがって、仮説2は間違いであることがわかった。青色LEDや緑色LEDなどの混合色LEDの臨界電圧は高く、赤色LEDなどの単色LEDは電圧が低いという仮説は間違いであった。

表2 回折格子によるLEDの発光波長の測定

LEDの色	臨界電圧[V]	中心波長[nm]
赤	1.37	702.0
黄	1.45	551.5
橙	1.55	587.5
緑	2.12	504.5
青	2.15	456.0
紫外線	2.50	417.5

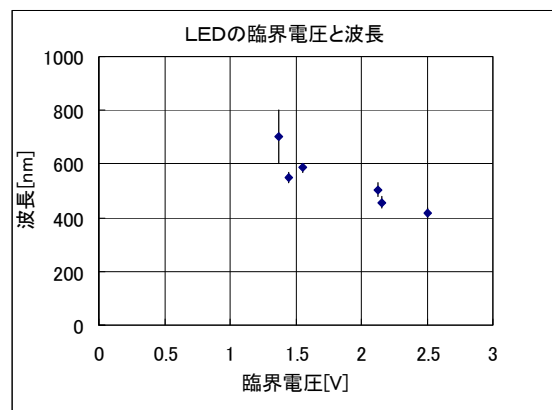


図11 黄色のスペクトル
(グラフ中の縦の線は、波長の幅を示す)

(3) 臨界電圧に関する結論

回折格子による実験からいえる結論は、臨界電圧は光の波長と密接に関係するということである。つまり、波長が短いLEDほど臨界電圧は高く、波長が長いLEDほど臨界電圧は低くなる。

しかも、図11のグラフから、波長が短い紫色に近づくほど臨界電圧は規則的に高くなっていることがわかった。

6. LED発電の疑問についての考察

3.(3)で述べたLED発電に関する疑問を解く鍵は、思わぬことに今回の波長測定実験にあった。3.(3)の実験では、「黄色LEDを点灯、赤色LEDで発電」の組み合わせが2番目に発電電圧が高かった。これは次のようにして説明できる。

(1) 仮説3

<仮説3>

黄色LEDの光の中に赤色の波長が入っていて、これが赤色LEDを発電させる。

(2) 仮説3の検証

実際に、スペクトルビジョンで黄色を分光してみた結果(図12)は、仮説3と一致していることがわかった。つまり、黄色LEDの光を赤色のLEDにあてたとき、黄色LED光の中の赤色の光が赤色LEDをつよく発電させたと考えられる。

しかし、図12では緑色が含まれるのに、表1の結果では、緑色LEDの発電電圧が低いのはなぜかという疑問が残る。



図12 黄色のスペクトル

7. まとめと今後の展開

今回の研究から、LEDの光のスペクトルには幅があるということ、LEDの色と臨界電圧の間には美しい関係があるということなどがわかった。

また、今回の研究では、立てた仮説と実験結果が異なる結果になってしまい残念だが、今回の実験で新たな疑問や課題がたくさん生まれた。今後そのような疑問や課題を解決するために継続して実験をやっていききたい。たとえば、発電については、光の強さを変えて発電電圧を調べる必要がある。

8. 参考文献

- [1] 「LEDについての研究」、羽鹿諒、武田優生、奈良女子大学附属中等教育学校 2007年度SSHサイエンス研究会研究論文集
- [2] 「レーザーの波長の変化と温度の相関性」、古川雄規、小山諒子、山本奈都美、大橋美紗希、中井美嘉、奈良女子大学附属中等教育学校 2009年度SSHサイエンス研究会研究論文集)

9. 謝辞

この研究にあたり、ご指導くださったサイエンス研究会顧問の米田隆恒先生にこの場をお借りして深くお礼申し上げます。