
(国立中央大学 (台湾)) 研修報告書

(研修テーマ) Comsol を用いた半導体の熱解析

工学研究科 機械物理工学専攻 鈴木 裕太郎

1. はじめに

2019 年 9 月 1 日から同年 9 月 28 日の間、台湾の国立中央大学において研究を行った。以下にその報告内容を示す。

2. 共同研究課題の決定

広島大学の熱工学研究室では、白色 LED 材料の開発をトライアンドエラーの実験により行なっている。一方で国立中央大学では物理シミュレーションソフト Comsol を用いた解析を行うことができる。実験ではなくシミュレーションをすることは、手間、時間、コストなどの面でメリットがある。また、熱工学研究室ではこれまでに白色 LED に必要な黄色蛍光体材料に関する研究が行われており、論文も投稿されている。白色 LED が質の高い光、高演色性をもつには黄色蛍光体材料が重要であるが、発光波長が LED と蛍光体の温度に依存することがわかっており、発光時の温度条件も同様に重要である。そこで本研修では特に温度条件に注目し、白色 LED の温度依存性を Comsol を用いたシミュレーションで評価することとした。

3. 共同研究スケジュール

9 月 1 日 出国 (広島空港→桃園国際空港)

9 月 2 日～9 月 27 日 研究, プレゼンテーション

9 月 28 日 帰国 (桃園国際空港→広島大学)

4. 共同研究派遣先の概要

大学名: 国立中央大学

所在地: 台湾桃園市中壢区中大路 300 号

指導教員: Prof. Jyh-Chen Chen

5. 共同研究内容

5. 1 緒言

現在、白熱電球、蛍光灯、LED が光源として利用されている。中でも LED は長寿命であることや消費電力が低いことなどから近年は幅広い用途で使用されている。LED に求められる光とは、直接光として見て同じ色温度の黒体放射に近い質の高い光、色の再現性が高い光である。光の質とは人間が目で見ただけ太陽光に近いのか、色の再現性とは太陽の下で見えている色をどれだけ再現できるかを示している。

白色 LED を作成する方法は主に 3 つある。①赤色 LED、緑色 LED、青色 LED を組み合わせ白色を得る方法、②紫外光と赤色蛍光体、緑色蛍光体、青色蛍光体を組み合わせ白色を得る方法、③青色 LED と黄色蛍光体を組み合わせ白色を得る方法である。①で得られる白色光は色の再現性が低く、②で得られる白色光は発光効率が悪い。一方で③で得られる白色光は明確な欠点が無い。そこで本研究では③の方法に着目した。しかしながら③の方法で一般的に黄色蛍光体材料として使用される YAG は高価であり、コストの面で欠点がある。そこで YAG に代わる黄色蛍光体材料の開発が必要である。それに関する研究は熱工学研究室の飛永らが行っており論文も投稿するな

ど、ある程度進んでいる．白色 LED が質の高い光，高演色性をもつには黄色蛍光体材料が重要であるが，発光波長が LED と蛍光体の温度に依存することがわかっており，発光時の温度条件も同様に重要である．そこで本研究では未だ詳細にわかっていない温度条件に注目し，白色 LED の温度依存性を Comsol を用いたシミュレーションで評価することを目的とした．

5. 2 実験方法

LED の温度依存性をシミュレーションするには Ray tracing と伝熱シミュレーションを組み合わせる必要がある．そこでまず Ray tracing を行なった．本研究では簡易化のため 2D でシミュレーションした．

2D Ray tracing の物理モデルを Fig. 1 に示す．黄色蛍光体には $\text{Li}_2\text{SiSrO}_4$ を使用した． $\text{Li}_2\text{SiSrO}_4$ の物性値を Table 1 に示す．青色 LED の発光波長を 455 nm に設定した．また，青色 LED の表面温度を 400 K に設定した．

次に Ray tracing の数式モデルを以下に示す．

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (1)$$

ただし n は屈折率を， θ は入射角と屈折角を示す．

$$I_z = I_0 e^{-\alpha z} \quad (2)$$

ただし I_z は透過光強度を， I_0 は入射光強度を， α は吸収係数を， z は蛍光体の厚さを示す．

$$T_{\text{trans.}} = 1 - R = 1 - \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (3)$$

ただし $T_{\text{trans.}}$ は透過率を示す．

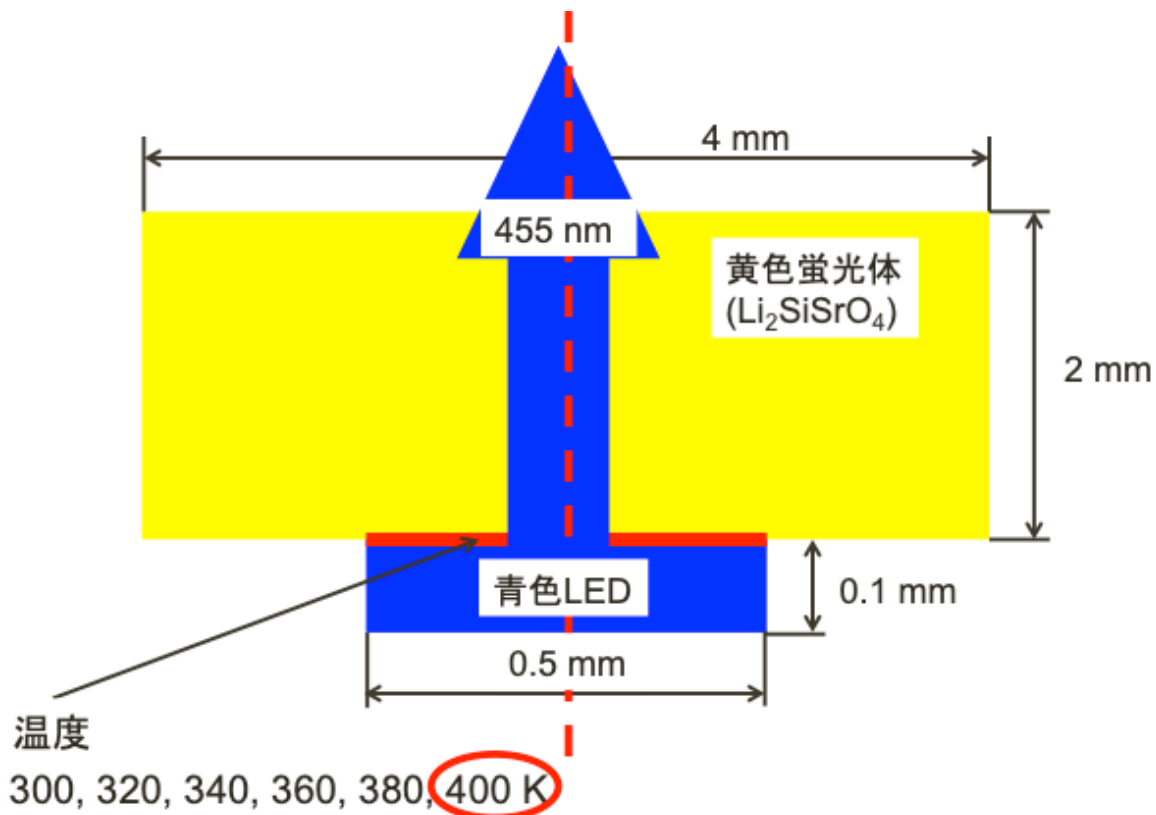


Fig. 1 Physical model

Table 1 Physical property of $\text{Li}_2\text{SiSrO}_4$

Absorption coefficient	0.001448 m^{-1}
Refractive index	1.227
Effective thermal conductivity	0.096 W/m K

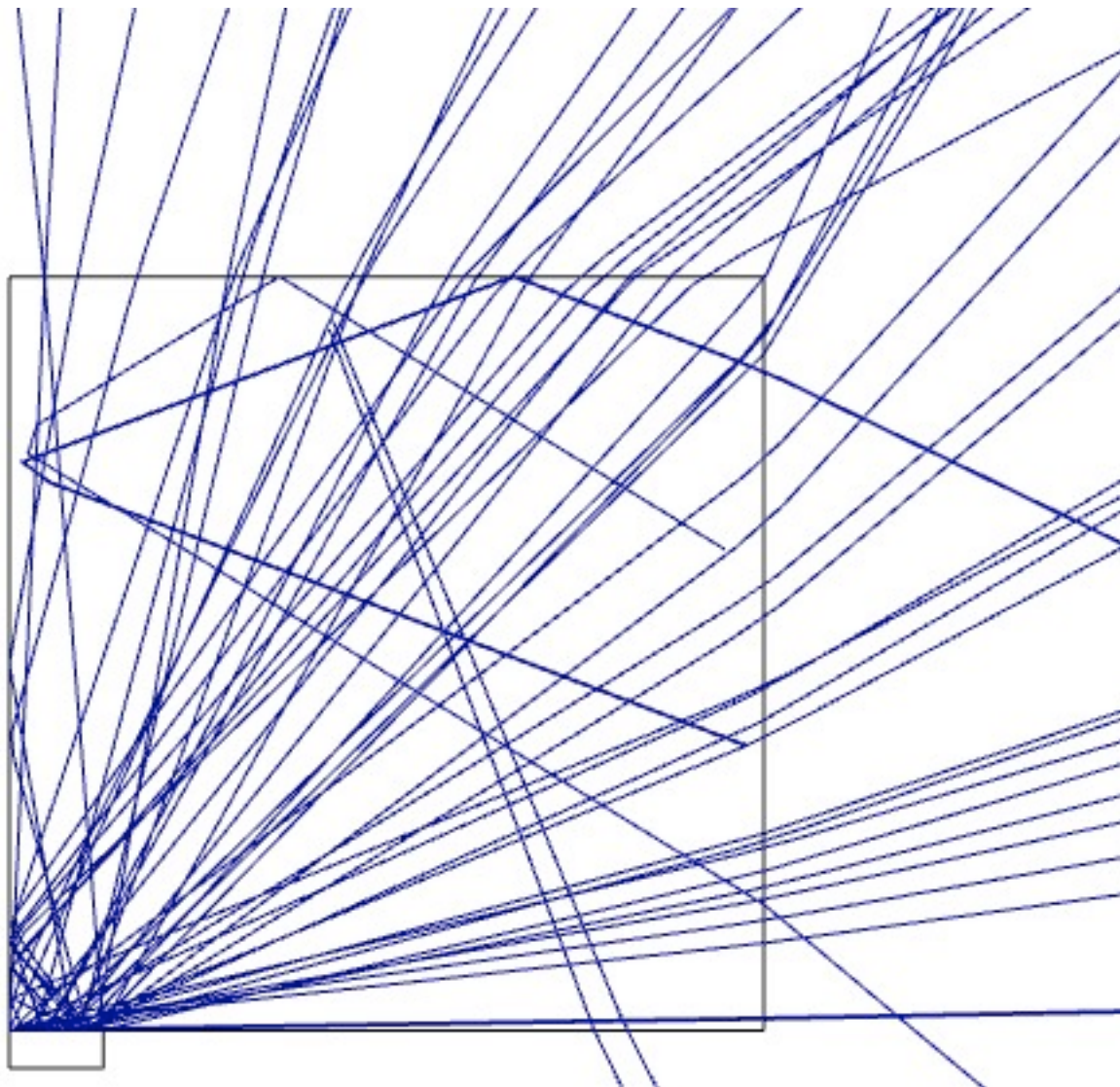


Fig. 2 2D Ray tracing

5. 3 結果と考察

2D Ray tracing の結果を Fig. 2 に示す. 今回の研修では派遣先に Ray tracing をしている学生がいなかったためシミュレーション方法の習得に非常に時間がかかったことや, 2D モデルでは吸収係数を反映させることができなかったことなどから, LED の温度依存性の評価までは至らなかった. 吸収係数は 3D モデルにすることで反映が可能となる.

6. まとめ

今回の研修では 2D モデルで Ray tracing のシミュレーションまでは行うことができた。今後青色 LED 表面の温度条件を変え、3D モデルで同様の Ray tracing と伝熱シミュレーションを行いそれらの結果を組み合わせることで、発光波長の温度依存性を評価できる。

本研修で痛感したことは、私は自分で問題を解決する力が欠如しているということである。この力は社会に出たら間違いなく求められるので、その部分を意識しながら残りの研究生活を送りたい。また、本研修に参加して将来海外で活躍したいという気持ちが非常に高まり、就職活動において選択肢が広がった。

7. 謝辞

本研究において、ご指導してくださった Prof. Chen, Dr. Hu, Mr. Hung, 研究面のみならず現地生活の手助けをして頂いた研究室の学生の方々には、厚く御礼申し上げます。また、このような貴重な機会を与えて頂いた井上修平准教授に厚く御礼申し上げます。最後に、海外共同研究プログラムをサポートしてくださいました実行委員会の諸先生方、学生支援グループ国際事業担当の皆様に深く御礼申し上げます。
