

低温下光無線給電に向けた半導体レーザーの抵抗値・効率の温度特性解析

Temperature Characteristics Analysis of Resistance and Efficiency of Semiconductor Lasers for Low Temperature Optical Wireless Power Transmission

東工大未来研 ○(B4)小原 日向, 宮本 智之

FIRST, Tokyo Tech, ○Hinata Kohara and Tomoyuki Miyamoto

E-mail: kohara.h.aa@m.titech.ac.jp; tmiyamot@pi.titech.ac.jp

1.はじめに

光無線給電は有望だが、低い給電効率が課題である。光源と受光器の変換効率の積が給電効率の上限となるため、典型的デバイスでは10%台と低い。しかし、光源の半導体レーザーおよび太陽電池の効率は低温で増加する。このため、低温システム応用や、給・受電部の局所冷却などにより、光無線給電システムの高効率化が期待できる。

本研究は、光無線給電の低温化の適用性解明を目標に、前回、光源の特性温度から効率解析した[1]。今回、限界特性や適用条件の明確化のため、光源の電気抵抗値の温度依存性の影響を解析した。

2.半導体レーザー抵抗値の解析

半導体レーザーの抵抗値 R の概要は、導電率 σ 、デバイス厚 l 、デバイス面積 A より、以下で示される。

$$R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{A} \quad (1)$$

ここで導電率 σ は、移動度 μ とキャリア密度 n より、

$$\sigma = \mu n e \quad (2)$$

で示される。一般に半導体の移動度は温度低下に伴い増加し、キャリア密度は減少する。キャリア密度低下の影響が大きいので、温度低下に伴い導電率は低下し抵抗値は増加する。

抵抗値の温度依存性に関して、移動度は文献[2][3]を参考に設定した。キャリア密度は、伝導帯(または価電子帯)の状態密度とともに不純物準位の状態密度も考慮し、温度依存性のあるフェルミ・ディラック分布関数を掛けて求めた。

3.抵抗値温度依存性を考慮した効率解析

デバイスとして、文献[4]の高効率 GaAs レーザ報告特性を参考にした。解析は、前回[1]と同様にしきい値電流とスロープ効率の特性温度を利用して効率を解析するが、今回は I-V 特性として、先の電気抵抗の温度依存性を利用した。なお、解析対象のレーザーの抵抗値、詳細構造、各層のドーピング濃度が不明であった。そこで、抵抗値を 273K の効率が文献[4]に記載の効率と同一になるように設定し、デバイス構造は比較的厚さがある n 型・p 型クラッド層と基板のみを考慮し、一般的な構造を想定の上で各層のドーピング濃度等を設定した。

以上をもとに得られたデバイス抵抗値の温度依存性を Fig.1 に示す。また、レーザー効率の温度依存性を Fig.2 の実線に示す。Fig.2 には、抵抗値の温度依存性を考慮しない効率解析結果を点線で示した。Fig.1 から、デバイス抵抗値は低温化で単調増加す

るが、特に 120~130K 近傍から大きく増加し始めることが分かる。これは、自由キャリアの急速な減少のためである。この影響は、Fig.2 の効率にも表れ、120~130K でピーク効率が得られ、77K ではピーク効率から約 1.7% 低下する。この傾向は参考文献[4]の実験特性によく一致する。

4.まとめ

光源の低温化によるピーク効率動作において、抵抗値増加が制限要因となることを確認した。抵抗値の温度依存性から、120~130K 程度の運用が最も効率の動作が可能なことを明らかにした。

参考文献

- [1]小原, 宮本, 応物 2018 秋, 18p-232-14.
- [2]赤崎勇, III-V 族化合物半導体, 培風館, 1994.
- [3]M. Sotoodeh et al., "Empirical low-field mobility model for III-V compounds applicable in device simulation codes," JAP, 87, 6, p. 2890, 2000.
- [4]P. Crump et al., "85% power conversion efficiency 975-nm broad area diode lasers at -50°C, 76% at 10°C," CLEO/QELS2006.

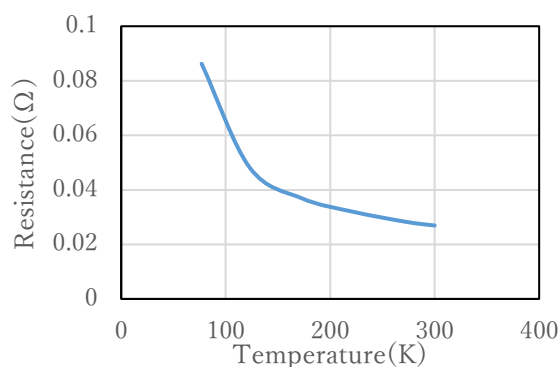


Fig. 1 Resistance of laser

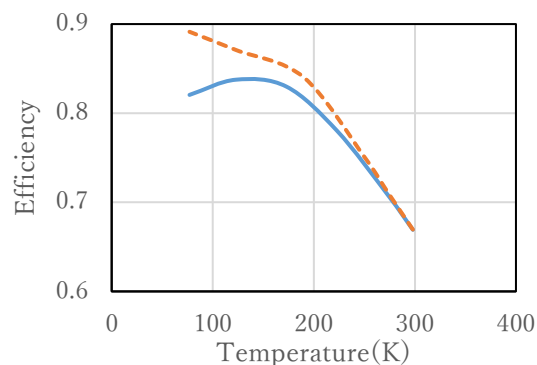


Fig. 2 Efficiency of laser