

機械学習を用いた Si 熱輻射光源の温度推定の精度向上

Improvement of estimation accuracy of temperature of Si thermal emitters using machine learning

京大院工、[○]池田圭佑、井上卓也、浅野卓、古山隆章、野田進

Kyoto Univ. [○]K. Ikeda, T. Inoue, T. Asano, T. Koyama, S. Noda

E-mail: k.ikeda@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序] 熱輻射光源と太陽電池を近接させて発電を行う近接場熱光発電では、黒体輻射強度を超えた熱輻射伝達が生じ、高出力・高効率な発電が実現可能である。我々はこれまで、Si 熱輻射光源と InGaAs 太陽電池を近接させたデバイスの作製に成功し、近接場効果を実証してきた¹⁾。その際、光源温度分布の評価手法としては、Fig. 1(a)に示すように光源面内の複数の場所で広帯域反射スペクトル(Fig. 1(b))を取得し、屈折率の温度依存性を考慮して計算した多層構造の理論反射スペクトルと手動で比較する手法を用いていた¹⁾。しかし、反射スペクトルが光源温度(T)・光源厚さ(t)・近接距離(d)の3つの変数に依存して複雑に変化するため、比較に時間を要し、リアルタイム推定が困難であった。前回、機械学習を利用した光源温度の自動推定を試み²⁾、特定の t および d において高い精度での温度推定に成功した。今回、学習用データ数を飛躍的に増やすため、数値解析により生成した多数の反射スペクトルデータを用いることで、より多様な条件での温度推定精度の向上を試みたので報告する。

[温度推定モデル] まず学習データセットとして、 T, t, d を様々に変化させ、厳密結合波解析により50万通りの反射スペクトルを計算した。これを畳み込みニューラルネットワーク (CNN)に学習させることで、反射スペクトルを入力すると光源温度が出力される温度推定モデルを構築した。

[推定精度] 温度推定モデルの精度検証は、様々な条件で実験的に取得した575個の反射スペクトルを上記の温度推定モデルに入力して得られた自動推定温度と、同スペクトルから手動で推定した手動推定温度を比較することで行った(Fig.2(a))。手動推定温度が正しいとしたとき、自動推定の誤差の標準偏差は44 Kとなった。また一部のデータに対しては誤差が100 K以上と大きくなったが、その原因を調べたところ、その際の反射スペクトルは特異的に複数の(T, t, d)の組と対応しており、一意的な推定が不可能な状況であることが分かった。そこで、上記のCNNの出力を2つに増やして光源面内の各点に対して温度の候補を2つ出力したのち、光源面内の温度の連続性を考慮してより確からしい温度を選択するモデルを検討した。改良モデルによる推定結果をFig.2(b)に示す。誤差の標準偏差が31 Kへと改善され、推定精度が大きく向上した。詳細は当日報告する。本研究の一部は、科研費の支援を受けた。

[文献] 1) T. Inoue et al., Nano lett. **19**, 3948 (2019). 2) 池田他、春季応物 10p-PB3-10 (2019).

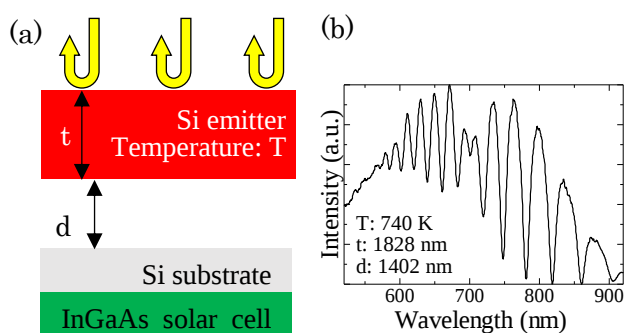


Fig.1 (a) Temperature estimation through the measurement of reflection spectra. (b) Example of the measured reflection spectrum.

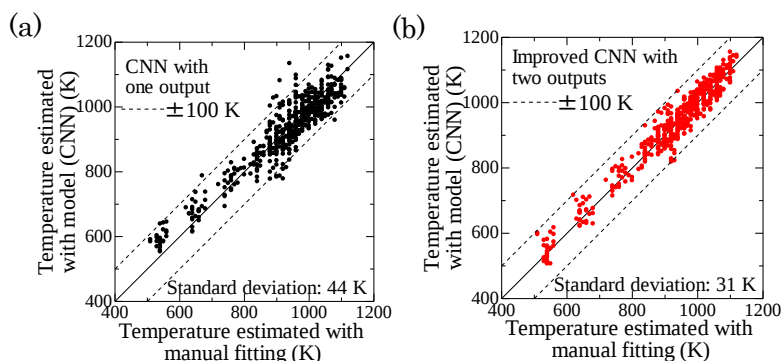


Fig.2 Accuracy of the estimation of temperature
(a) Temperature estimated with CNN with one output
(b) Temperature estimated with CNN with two outputs