

機械学習を利用した Si 熱輻射光源の温度推定

Estimation of temperatures of Si thermal emitters using machine learning

京大工, °池田圭佑, 井上卓也, 浅野卓, 渡辺晃平, 古山隆章, 野田進

Kyoto Univ. , °K. Ikeda, T. Inoue, T. Asano, K. Watanabe, T. Koyama, S. Noda

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

[序] 高効率熱光発電の実現には、近赤外熱輻射の増強と長波長熱輻射の抑制が重要である。我々はこれまで、Si 中間透明基板を介して、Si 薄膜熱輻射光源と InGaAs 太陽電池を近接させることで、発電に寄与しない長波長領域の熱輻射伝達を抑制しつつ、近赤外熱輻射強度の増強が可能であることを数値計算により明らかにした。^{1,2,3)} また提案構造を作製し、近接場熱輻射伝達を実証する上で極めて重要な、Si 薄膜熱輻射光源の温度の面内分布および光源と中間基板との距離の面内分布を評価する方法として、広帯域反射スペクトルを実験的に取得して、多層構造の理論反射スペクトルと比較する手法を提案・実証した⁴⁾。しかしこの手法では、フィッティングに多大な時間を要するためリアルタイム推定が不可能であった。そこで今回、機械学習を利用して高速に熱輻射光源の温度を推定する手法を検討したので報告する。

[温度推定の原理] Fig. 1 に反射率スペクトルの測定例を示す。本構造においては Si スラブ（熱輻射光源）内 (①) および Si スラブ・Si 中間基板間 (②) で Fabry-Perot 干渉が生じる。光源温度が上昇すると、Si の屈折率が上昇し、①の干渉波長が長波長側にシフトするため、この変化量を解析結果と比較することで、光源温度の推定が可能となる。ただし、実際には温度上昇に伴う Si スラブの変形が生じ、②の干渉波長もシフトするため、基板間距離と光源温度の 2 つのパラメータについてのフィッティングが必要となり、リアルタイムでの温度推定は困難である。

[機械学習の適用] より高速に Si 光源の温度推定を行うために、Fig. 2 に示すニューラルネットワークを用いた予測モデルの構築を検討した。入力データは反射スペクトルの各波長の強度データ (0.4nm 間隔、計 1000 個) とし、ノード数 100 の中間層 1 層と 1 ノードの出力層をもつ全結合ネットワークを用意した。出力と比較を行う正解データには、前項の手法で予め推定した光源温度を用いた。学習データセットとして様々な光源温度で測定した反射スペクトルとその推定光源温度の組 525 個を用意し、それらを学習させた後に 50 組のテストデータの温度を推定させた結果を Fig.3 に示す。同図より正解との誤差の平均値は 14.5 K となり、ほぼ全てのテストスペクトルについて、 ± 20 K の精度で温度が推定可能であった。ただし、現在は、特定のパラメータ（厚さ、基板間距離）をもつ光源の温度のみが推定可能であるため、今後、より多様なパラメータの光源の温度分布の推定可能性を検証する予定である。本研究の一部は科研費の支援を受けた。

[文献] 1) T. Inoue et al., Opt. Express **26**, A192 (2018). 2)井上他、本応物. 3)古山他、本応物. 4) 渡辺他、秋季応物 20a-225B-3 (2018).

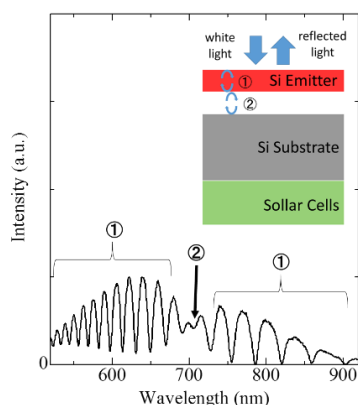


Fig. 1. Example of the measured reflection spectrum of the Si emitter.

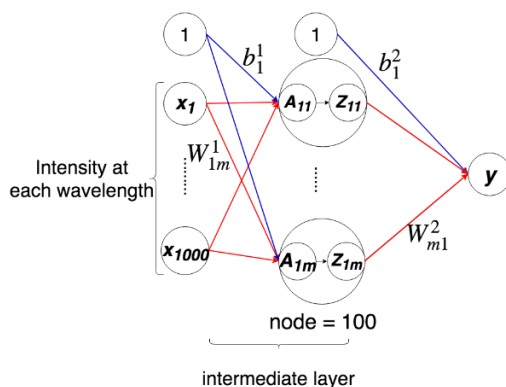


Fig. 2. Architecture of the machine learning for estimating the temperature of Si emitter

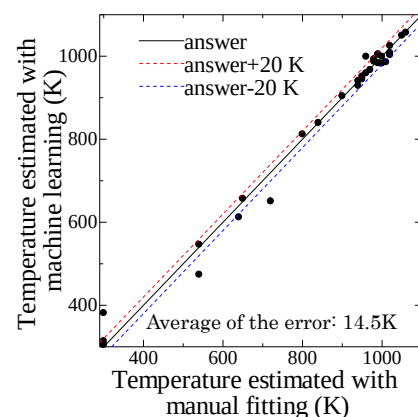


Fig. 3. Accuracy of the temperature estimated