光線追跡による ECF モデルの検証

Verification of Edge Collection Function model by ray tracing

○(B)杉浦穂乃伽，堤康宏，藤枝一郎（立命館大理工）

○H. Sugiura, Y. Tsutsumi, I. Fujieda (Ritsumeikan Univ.)

E-mail: fujieda@se.ritsumei.ac.jp

Luminescent Solar Concentrator (LSC)は，導光体中の蛍光材料が太陽光を蛍光に変換し，導光体の端面に配置した太陽電池で蛍光を光電変換して発電する[1]. 薄い蛍光層を備えた LSC に強度を変調した励起光を投射することで画像を表示できる[2]. 一般に，蛍光材料の吸収と発光スペクトルは重なり合うため，自己吸収により蛍光が太陽電池へ到達する確率（光学効率）が減少する. Edge Collection Function (ECF)はこれを解析的に求めるモデルで，再発光現象は無視している[3].

以下では，光線追跡ソフトウェア(LightTools™)[4]を利用してモデルを検証する. 蛍光材料（Lumogen F Red 305 [5]）を含む厚さ 0.1 mm の層を 2 枚の透明基板（50 x 50 x 2 mm^3）で挟み，3 つの端面は光を完全に吸収すると仮定する. この構造の y 軸上の 1 点に波長 450 nm の光を入射させて（図 2 の挿入図），量子効率 1 で蛍光を発生させる. 空気層を介して近接させた検出器の出力から光学効率を算出する. 励起光の透過率(T_{ex})と入射点の y 座標を変化させて解析を繰り返す.

再発光現象を無視した場合の結果を図 1 に示す. 文献[3]の式の一部を修正した ECF モデル（曲線）は光線追跡の結果（マーカー）をよく再現している. 光線追跡で再発光を考慮すると，光学効率は増加する（図 2）. 今後は，再発光現象を考慮に入れた ECF モデルの構築を目指す.

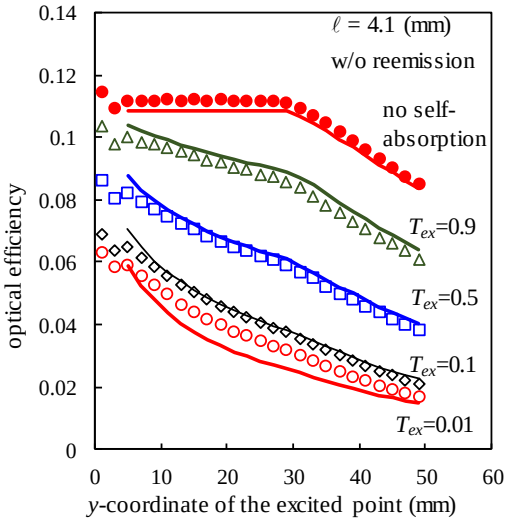


Fig. 1. Optical efficiency of a waveguide with a dye layer with the varying degree of transmission at 450 nm (T_{ex}). Markers and curves represent the ray tracing and the ECF results, respectively.

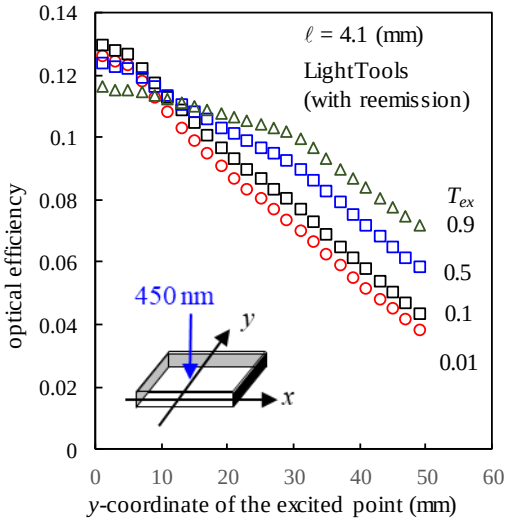


Fig. 2. Optical efficiency calculated by LightTools™ with reemission events taken into account. The ECF results in Fig. 1 significantly underestimates the optical efficiency in the strongly-absorbing cases.

[1] W. H. Weber and John Lambe, Appl. Opt. **15**(10), 2299-2300 (1976).
[2] I. Fujieda, et al., J. Photon. Energy **7**(2), 028001 (2017).
[3] I. Fujieda, et al., Opt. Eng. **58**(10), 104101 (2019).
[4] Available online: http: //optics.synopsys.com/lighttools/pdfs/ModelingPhosphorsInLightTools.pdf.
[5] O. M. ten Kate, et al., Appl. Opt. **53**, 5238-5245 (2014).

© 2020年 応用物理学会