

مقدمه

باتوجه به روبه اتمام بودن ذخایر سوخت‌های فسیلی و آلودگی محیطی آنها، یافتن یک منبع انرژی تجدیدپذیر به عنوان جایگزین مناسب ضروری است. خورشید یک منبع انرژی تجدیدپذیر می باشد که به مقدار فراوان و ارزان در دسترس می باشد. لذا استفاده از ابزار فتوولتائیک مانند سلولهای خورشیدی که انرژی خورشید را به الکتریسیته تبدیل می کنند، در سیستم های انرژی در حال افزایش است. سلولهای خورشیدی پروسکایتی برپایه سرب به دلیل سمی بودن عنصر سرب، چالش برانگیز می باشند. از آنجاییکه قلع و سرب در جدول تناوبی به یک گروه تعلق دارند و دارای ویژگیهای مشابه می باشند، مواد پروسکایتی بر پایه قلع مواد مناسبی برای سلولهای خورشیدی پروسکایتی بر پایه سرب هستند. پروسکایت‌های بر پایه قلع پهنای باند کمتر و تحرک بار بیشتری نسبت به پروسکایت مشابه سربی دارد [۱]. بازده سلول خورشیدی پروسکایتی بر پایه قلع کم می باشد و طول عمر کوتاه و پایداری کمی دارند. در سالهای اخیر مطالعات زیادی در راستای بهبود کیفیت لایه های پروسکایت بر پایه قلع انجام شده است [۲]

روش

در پژوهش حاضر شبیه سازی عددی سلولهای خورشیدی با استفاده از نرم افزار اسکپس انجام شده است. شماتیک ساختار سلولهای شبیه سازی شده در شکل ۱-الف نشان داده شده است. در ساختار سلول های خورشیدی پروسکایتی شبیه سازی شده، ماده پروسکایت بین لایه انتقال دهنده الکترون دی اکسید تیتانیوم TiO_2 و یک لایه انتقال دهنده حفره (که CuO یا Cu_2O می باشد)، قرار گرفته است. نور از سمت لایه انتقال زیرلایه اکسید رسانای شفاف (TCO) و لایه انتقال دهنده الکترون و لایه جاذبدهنده الکترون وارد سلول می شود و با گذشتن از، وارد لایه انتقال دهنده حفره می شود. پارامترهایی مانند گاف نواری و موقعیت نوار رسانش و ظرفیت (شکل ۱-ب) برای تحلیل نحوه انتقال الکترون و حفره از ترازهای انرژی لایه های مختلف سلول خورشیدی لازم است [۳]. براساس شکل ۲، با افزایش ضخامت به دلیل افزایش جذب فوتون، بازده به سرعت افزایش می یابد و بعد از ضخامت بهینه $0.6 \mu\text{m}$ میکرومتر به دلیل بازترکیبی، بازده با شیب کمتری افزایش می یابد.

نتایج

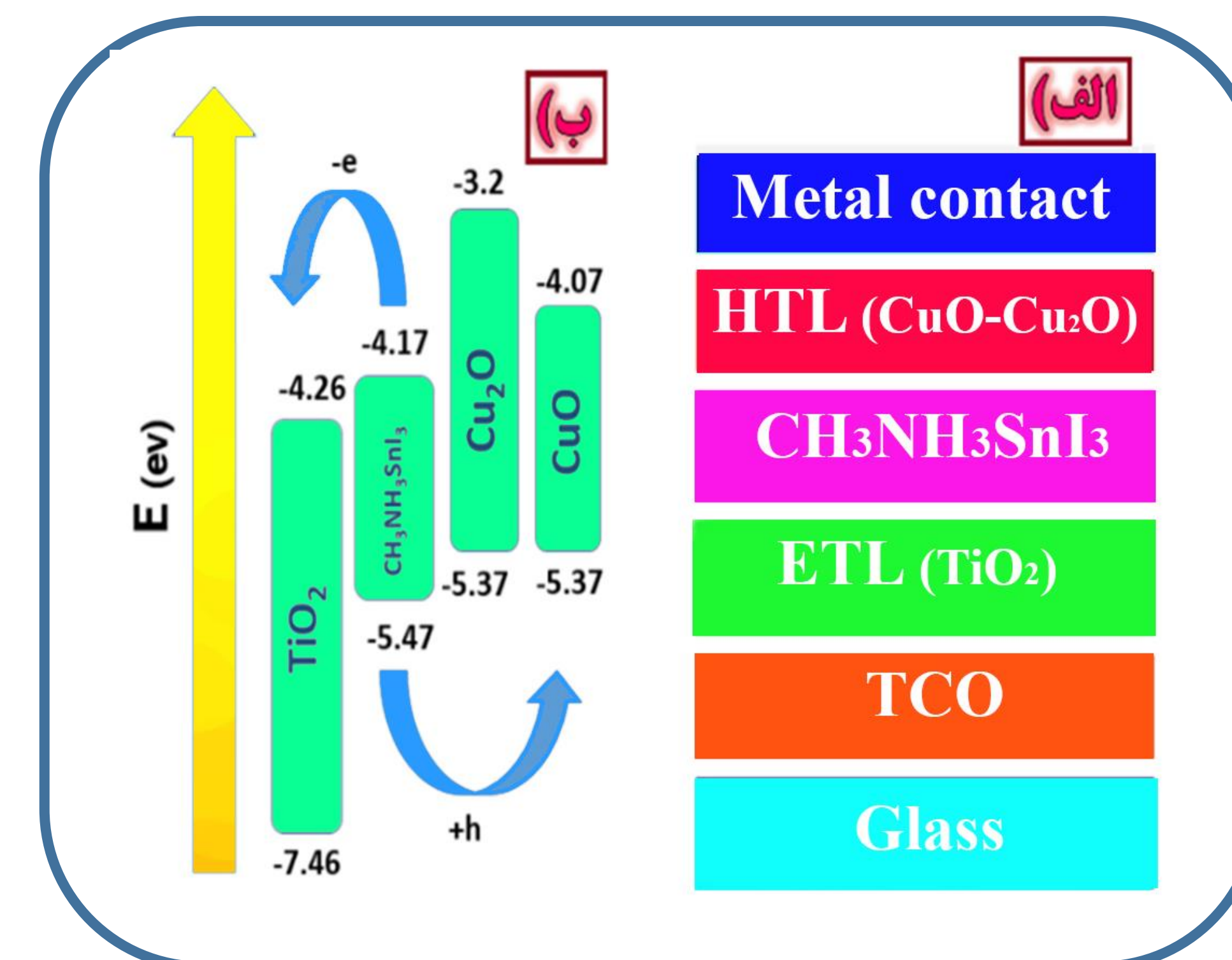
هدف این مقاله بررسی تاثیر لایه های انتقال دهنده حفره برپایه اکسیدمس بر مشخصه های فتوولتائیک سلول خورشیدی پروسکایتی می باشد. مقایسه نتایج حاصل از محاسبات نشان داد سلول خورشیدی بر پایه اکسیدمس ۲ بازده بالاتری دارد.

تحلیل نتایج

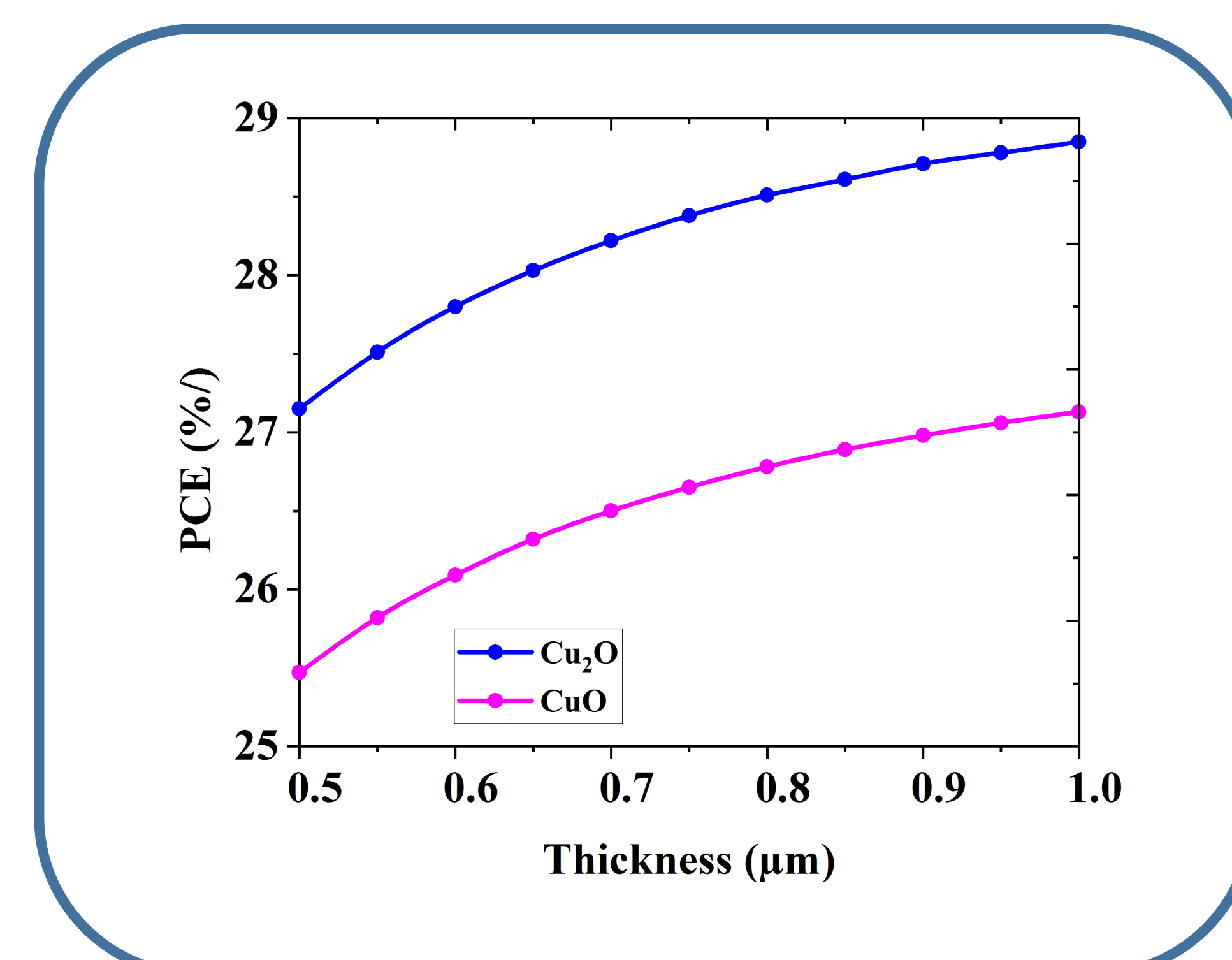
در مطالعات پیشین نتایج آزمایشگاهی انجام شده بر روی سلول های خورشیدی پروسکایتی بر مبنای سرب با دو لایه انتقال دهنده حفره اکسیدمس ۱ و ۲ نشان داد که اکسیدمس ۲ جذب نور بیشتر و پایداری بالاتری نسبت به اکسیدمس ۱ دارد. لذا نتایج حاصل از شبیه سازی سلول خورشیدی برپایه قلع با دو لایه انتقال دهنده حفره اکسیدمس ۱ و ۲ در پژوهش حاضر قابل توجیه می باشد [۴].

مراجع

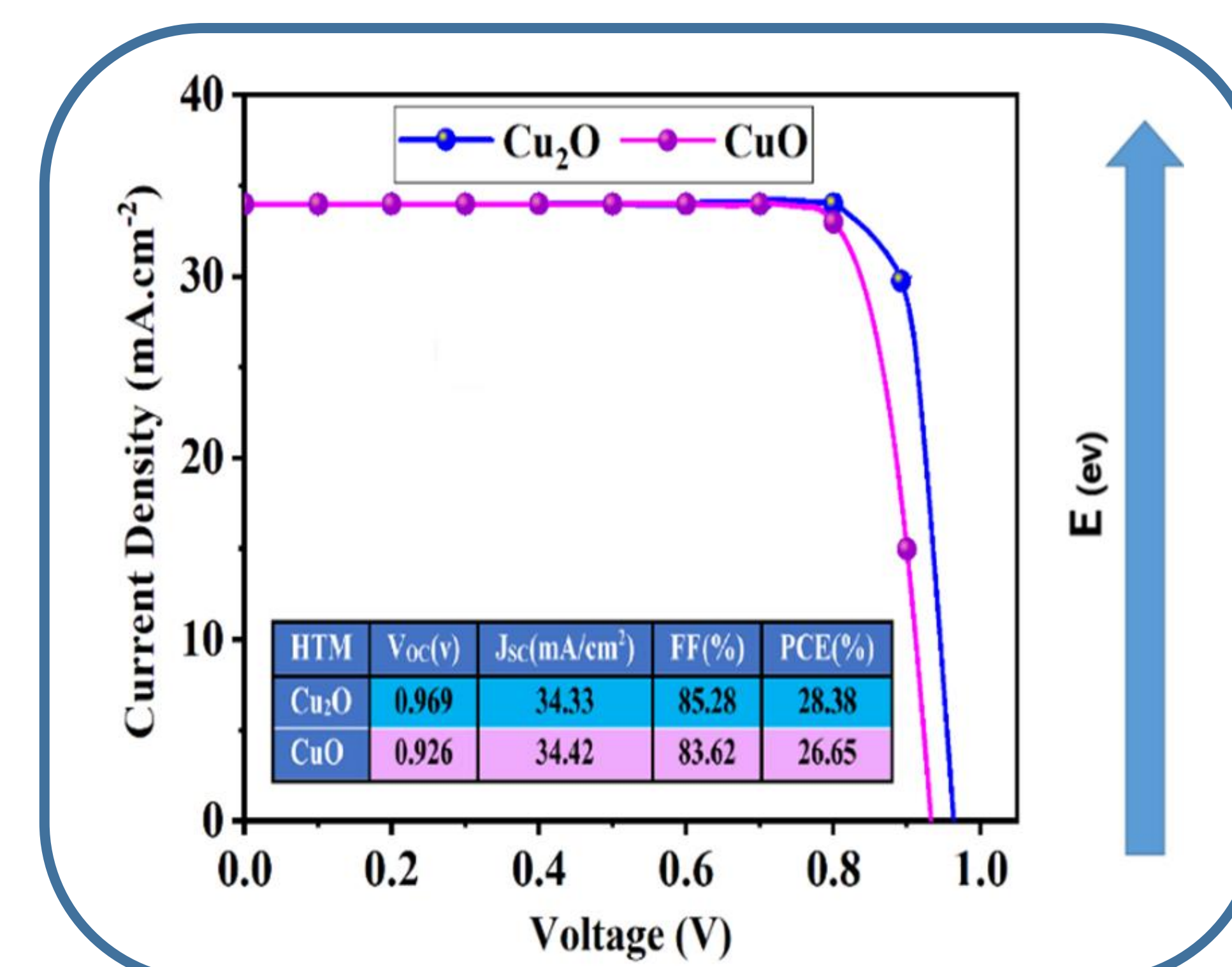
- [1] M .H. Kumar et al; "Lead-free halide perovskite solar cells with high photocurrents realized through vacancy modulation"; Advanced Materials 26, (2014) 7122-7127
- [2] M. A. Kamarudin et al; "Suppression of Charge Carrier Recombination in Lead-Free Tin Halide Perovskite via Lewis Base Post- Treatment"; Physical Chemistry Letters 17, (2019) 5277-5283.
- [3] R. Teimouri, and R. Mohammadpour; "Potential application of CuSbS_2 as the hole transport material in perovskite solar cell: A simulation study"; superlattices and Microstructures 118, (2018) 116-122
- [4] Ch. Zuo, and L. Ding, Solution-Processed Cu_2O and CuO as Hole Transport Materials for Efficient Perovskite Solar Cells, small 11, (2015) 5528–5532



شکل ۱: الف) ساختار سلول خورشیدی پروسکایتی برپایه قلع، ب) نمودار نوارهای انرژی لایه های مختلف.



شکل ۲: تاثیر ضخامت لایه های انتقال دهنده حفره بر بازده



شکل ۳: نمودار جریان-ولتاژ ساختارهای شبیه سازی شده.

Simulation of lead free perovskite solar cell with CuO/Cu₂O based hole transporting layer



Imani, Shayesteh¹; Seyed-Talebi, Seyedeh Mozghan¹; Beheshtian, Javad¹

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran)

Introduction

Regarding the expiration of fossil fuels and their environmental pollutions, it is a necessity to find a clean and renewable energy source. Solar energy is the most abundant and cheapest available renewable source of energy. Therefore, the usage of photovoltaic devices such as solar cells that convert solar energy into electricity is increasing. The lead-based perovskite solar cells pose a serious challenge due to the toxicity of lead element. Tin (Sn) and lead (Pb) elements belong to the same group in the periodic table and also have similar properties. Therefore, Sn-based perovskite materials are good replacements for alternative lead-based solar cells. The Sn-based perovskite materials have the advantages of smaller optical band gaps and higher charge mobility than their Pb-based counterparts. The efficiency and lifetime of Sn-based perovskite solar cells are low and their stability is poor. Recently, many types of research have been performed on improving the quality of the Sn-based perovskite layers [1].

Method

In this study, the numerical simulation of solar cells performed using SCAPS software. The structure schematic of simulated perovskite solar cells is shown in Fig. 1a. In The structure of simulated perovskite solar cells, the perovskite material is sandwiched between TiO₂ as an electron transporting layer and a hole transporting layer (which is CuO or Cu₂O). The light enters the device from the electron transporting layer. After passing through the transparent conductive oxide (TCO), electron transporting layer, and the absorber layer, the light enters the hole transporting layer. The

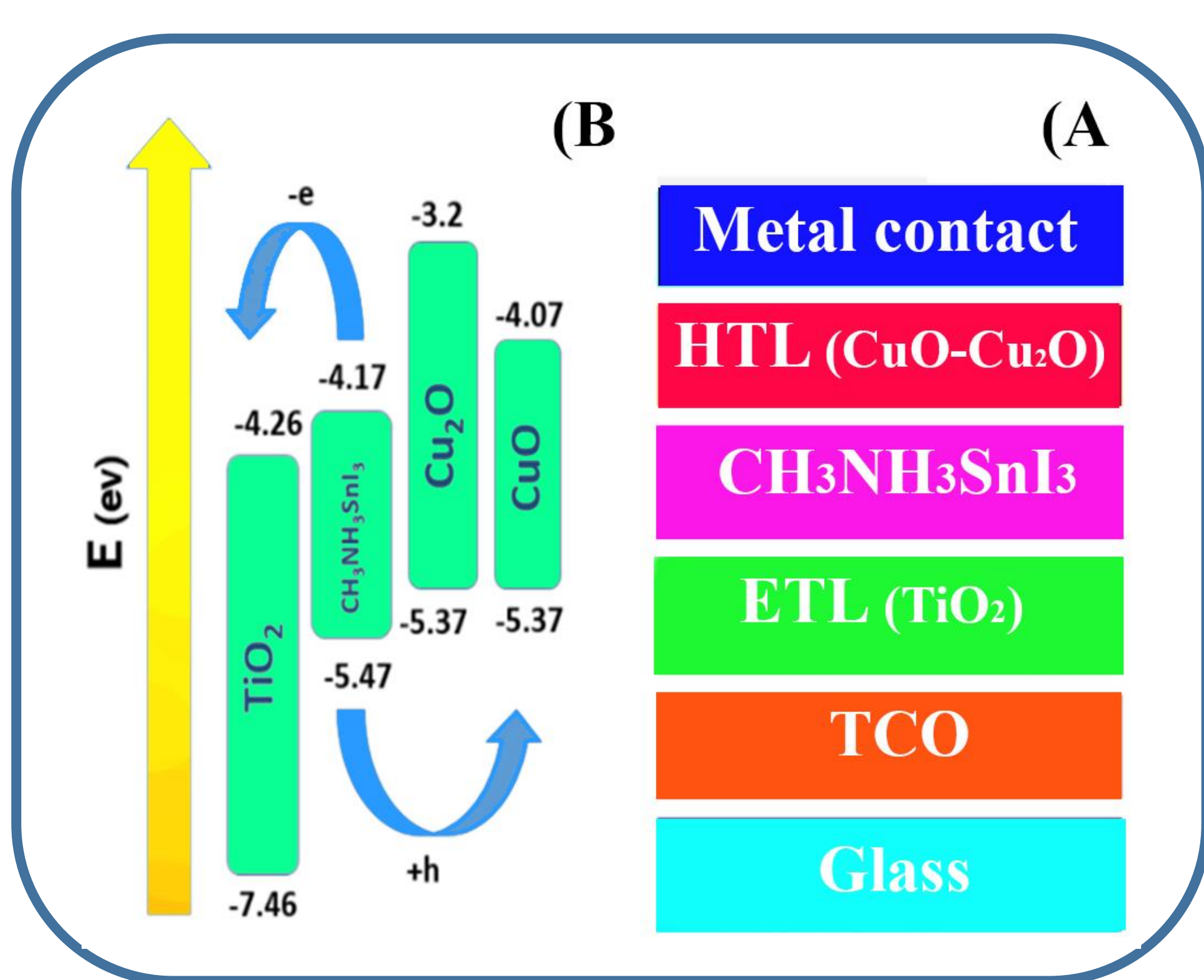


Fig. 1. A) Schematic structure of a tin based perovskite solar cell. B) Energy level diagram of different layers

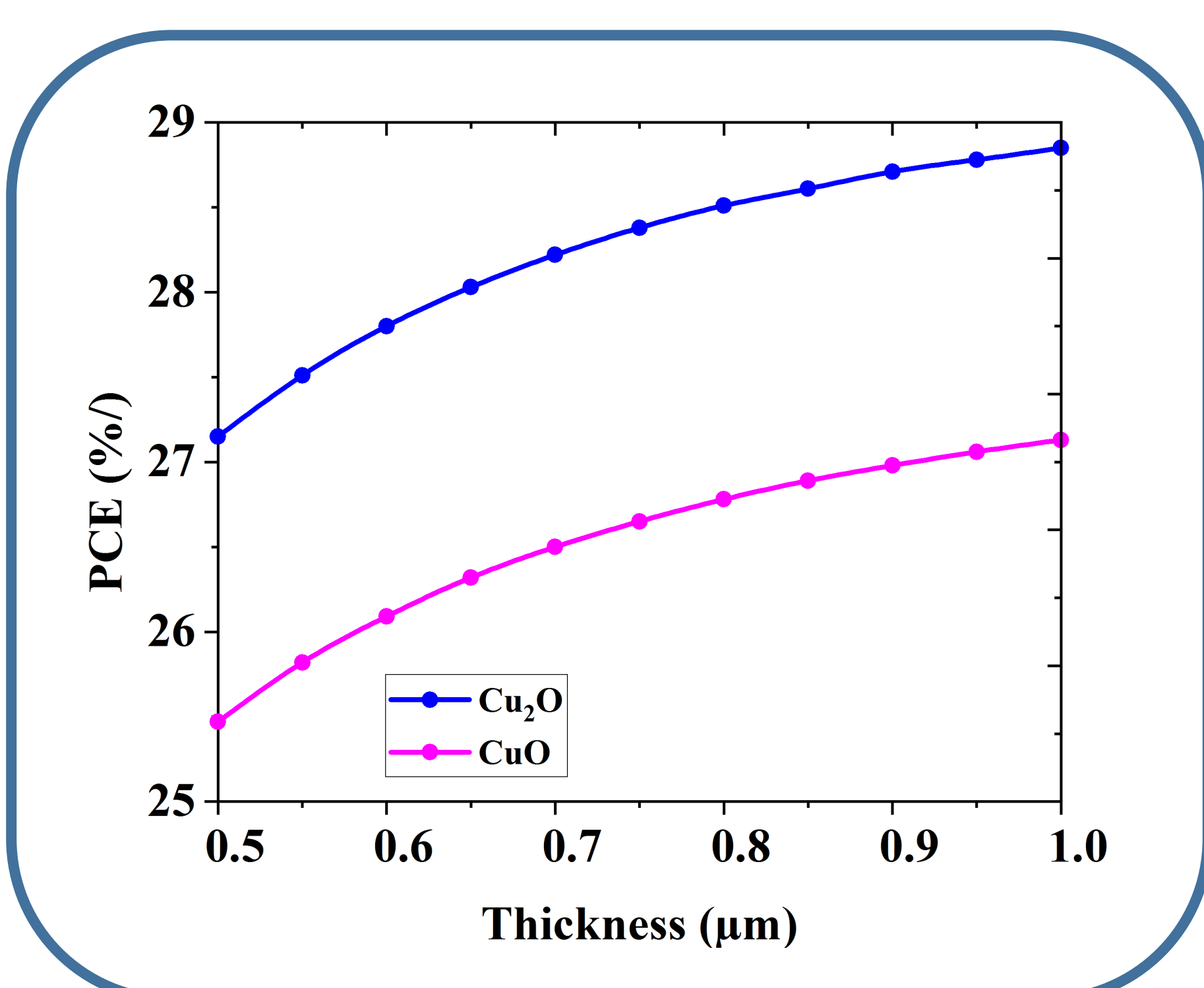


Fig. 2. the effect of thickness of HTL on efficiency

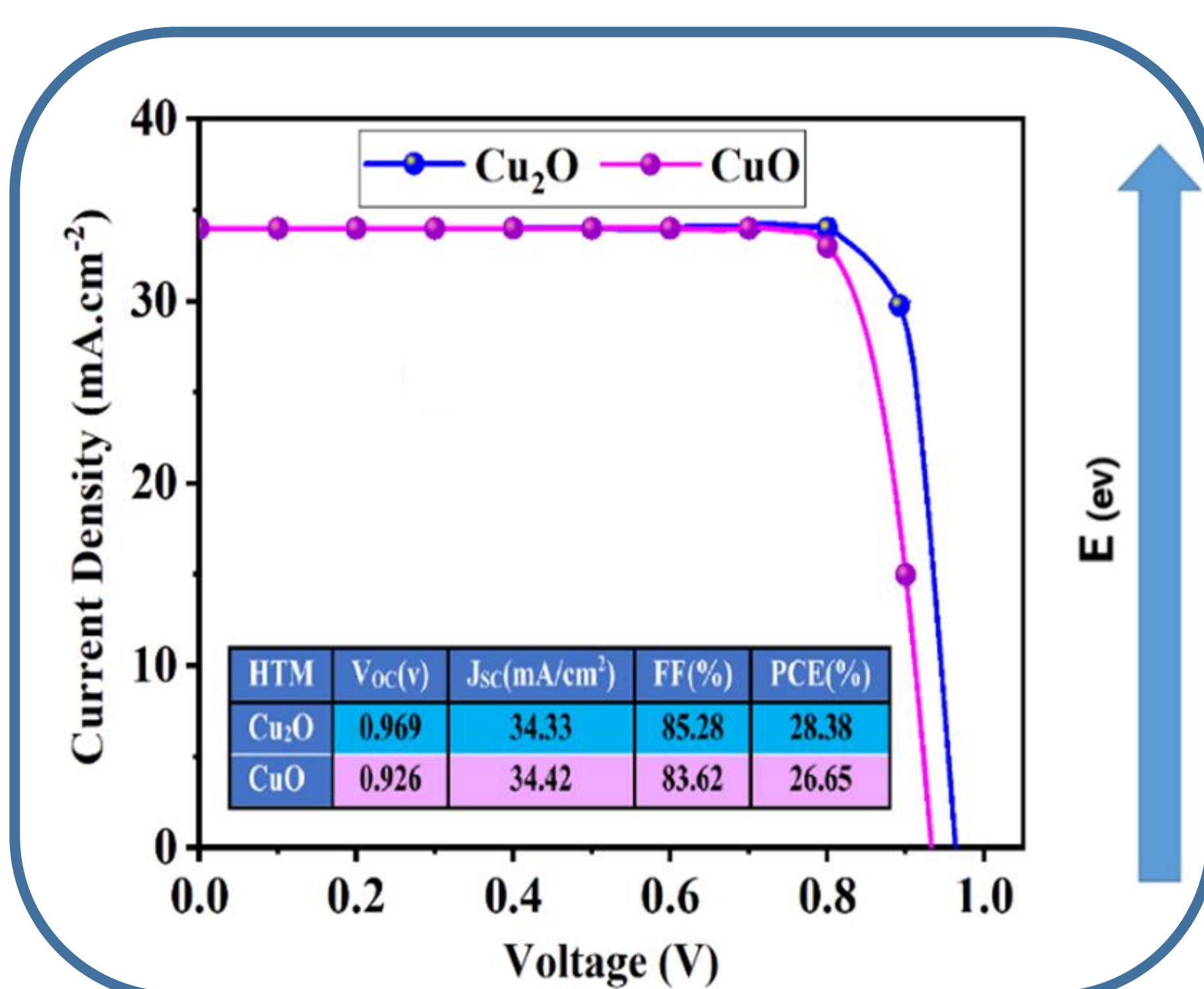


Fig. 3. J-V diagram of simulation structures

parameters such as band gap, and position of the conduction band and valance band (Fig. 1b) are necessary to the analysis of transporting electron and hole from energy levels of different layers in solar cell. According to fig. 2 as thickness increase, photon absorbtion and efficiency increase and after 0.6 μm because of recombination efficiency increase with less slope.

Results

The goal of this article is to study the effect of the different copper oxide-based hole transporting layers on photovoltaic characteristics of perovskite solar cell. Comparing the results of calculations proved that the Cu₂O based solar cell has a higher efficiency than the CuO-based solar cell.

Discussion

In literature, the reported experimental results have been performed on Pb-based perovskite solar cell with Cu₂O and CuO as two different hole transporting layers show that Cu₂O absorbs more light and has higher stability than CuO. Therefore, the results of simulated Sn-based perovskite solar cell with these two hole-transporting layer (Cu₂O and CuO) is acceptable.

References

[1] M. A. Kamarudin et al; "Suppression of Charge Carrier Recombination in Lead-Free Tin Halide Perovskite via Lewis Base Post- Treatment"; Physical Chemistry Letters 17, (2019) 5277-5283.