

**PENGARUH VARIASI WAKTU RENDAMAN *CHEMICAL BATH*
DEPOSITION PADA PENUMBUHAN FILM TIPIS SnO₂ TERHADAP SIFAT
OPTIK DAN EFISIENSI SEL SURYA PEROVSKIT CH₃NH₃PBI₃**

SKRIPSI

Diajukan untuk penulisan sebuah skripsi untuk memenuhi salah satu
syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika



Oleh
Annisa Turrahmah
1902162

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2023

PENGARUH VARIASI WAKTU RENDAMAN *CHEMICAL BATH DEPOSITION*
PADA PENUMBUHAN FILM TIPIS SnO_2 TERHADAP SIFAT OPTIK DAN
EFISIENSI SEL SURYA PEROVSKIT $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$

Oleh

Annisa Turrahmah

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika

Konsentrasi Fisika Material

FPMIPA UPI

© Annisa Turrahmah

Universitas Pendidikan Indonesia

Juni 2023

Hak cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang,
difotokopi atau cara lainnya tanpa izin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

ANNISA TURRAHMAH

PENGARUH VARIASI WAKTU RENDAMAN *CHEMICAL BATH DEPOSITION*
PADA PENUMBUHAN FILM TIPIS SnO_2 TERHADAP SIFAT OPTIK DAN
EFISIENSI SEL SURYA PEROVSKIT $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PBI}_3$

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I,



Dr. Eka Cahya Prima, S.Pd., M.T.

NIP. 199006262014041001

Pembimbing II,

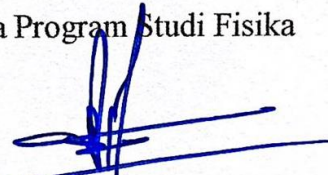


Dr. Yuyu R Tayubi, M.Si.

NIP. 195906081987031012

Mengetahui,

Ketua Program Studi Fisika



Dr. Endi Suhendi, M.Si.

NIP. 197905012003121001

PENYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**PENGARUH VARIASI WAKTU RENDAMAN *CHEMICAL BATH DEPOSITION* PADA PENUMBUHAN FILM TIPIS SnO₂ TERHADAP SIFAT OPTIK DAN EFISIENSI SEL SURYA PEROVSKIT CH₃NH₃PBI₃**” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 21 Juni 2023

Yang membuat pernyataan



Annisa Turrahmah

NIM. 1902162

KATA PENGANTAR

Tak ada kata indah yang terucap di awal, selain puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Waktu Rendaman *Chemical Bath Deposition* Pada Penumbuhan Film Tipis SnO₂ Terhadap Sifat Optik dan Efisiensi Sel Surya Perovskit CH₃NH₃PBI₃”. Kemudian, semoga kedamaian dan berkah selalu terlimpah kepada nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita semua ke jalan kebenaran.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, dan masih banyak mengandung kesalahan di dalamnya. Akhir kata penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan, serta menjadi sumbangan yang cukup berarti bagi dunia ilmu pengetahuan. Semoga semua pihak yang terlibat dalam penyusunan proposal skripsi ini mendapat balasan yang terbaik dari Allah SWT. Aamiin.

Bandung, 22 Juni 2023

Penulis,

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan dukungan berupa moril maupun materil, membimbing dan mengarahkan, meluangkan waktu, berbagi pemikiran, serta tenaganya kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, izinkan penulis mengucapkan terima kasih, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. Eka Cahya Prima, S.Pd., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, fasilitas, motivasi, dan dedikasinya kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Yuyu Rachmat Tayubi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, kesempatan dan motivasi kepada penulis selama penelitian berlangsung.
3. Bapak Dr. Endi Suhensi, M.Si., selaku ketua program studi fisika FPMIPA UPI yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Dadi Rusdiana, M.Si., selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberi saran dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ahmad Aminudin M.Si., selaku Dosen Penguji 2 serta Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberi saran dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi ini.
6. Alm. Bapak Moch Syarpin dan Ibu Ismawati selaku kedua orang tua penulis, serta Nuraini Ocktavia selaku kakak penulis yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, dan doa untuk setiap langkah penulis.
7. Teman-teman riset sel surya (DSSC dan Perovskit) : Putri, Imelda, Siti Maryam, dan Hasna yang telah berjuang bersama, bertukar pikiran dan tidak gentar dalam menghadapi semua halangan dan rintangan sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

8. Teman-teman Poopita : Erni Nuraini, Adelia Nurulswarna, Fanny Maulida, Erlia Wiky Rohani Simatupang, Siti Maryam, Imelda Rara Rahmawati, dan Putri Ekarani yang telah menjadi rumah kedua bagi penulis dan telah berjuang bersama serta berbagi suka duka selama proses perkuliahan berlangsung.
9. Seluruh mahasiswa Arsa Ananta serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis.

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI WAKTU RENDAMAN *CHEMICAL BATH* *DEPOSITION* PADA PENUMBUHAN FILM TIPIS SnO₂ TERHADAP SIFAT OPTIK DAN EFISIENSI SEL SURYA PEROVSKIT CH₃NH₃PBI₃

Oleh

Annisa Turrahmah

NIM 1902162

(Program Studi Fisika)

Urgensi ketebalan lapisan transfer elektron dalam sel surya perovskit terkait langsung dengan efisiensi dan optimalisasi penyerapan cahaya. Dengan memilih ketebalan yang tepat, lapisan transfer elektron dapat meningkatkan efisiensi konversi energi dan kinerja keseluruhan dari sel surya perovskit. Metode *chemical bath deposition* dilakukan untuk menumbuhkan lapisan tipis SnO₂ dengan variasi waktu rendaman 1,5 jam, 3 jam, 4,5 jam dan 6 jam agar didapatkan ketebalan yang berbeda pada setiap sampel. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi waktu rendaman terhadap sifat optik dan efisiensi sel surya perovskit CH₃NH₃PbI₃. Hasil penelitian diperoleh bahwa transparansi dan efisiensi yang optimal dicapai oleh sampel dengan waktu rendaman 1,5 jam dengan masing-masing sebesar 79,2% dan $3,71 \times 10^{-7}$ %. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu rendaman yang digunakan, maka transmitansi SnO₂ dan efisiensi sel surya perovskit semakin menurun.

Kata Kunci : *Chemical bath deposition*, Perovskit, SnO₂, Waktu rendaman, Efisiensi

ABSTRACT

THE EFFECT OF CHEMICAL BATH DEPOSITION SOAK TIME VARIATION ON SnO₂ THIN FILM GROWTH ON THE OPTICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF PEROVSKITE CH₃NH₃PBI₃ SOLAR CELLS

by

Annisa Turrahmah

NIM 1902162

(Physics Study Program)

The urgency of electron transfer layer thickness in perovskite solar cells is directly related to efficiency and light absorption optimization. By optimizing thickness, electron transfer layer can improve the perovskite solar cell's performance. Chemical bath deposition method was carried out to deposit the SnO₂ thin layer with varied soaking time of 1.5, 3, 4.5 and 6 hours in order to obtain different thicknesses on each sample. This study aims to analyze the soaking time variations' effect on the optical properties and efficiency of CH₃NH₃PbI₃ perovskite solar cells. The result shows that the optimum cell performance has been achieved by the cell with a soaking time of 1.5 hours with 79.2% transparency and 3.71×10⁻⁷% efficiency, respectively. The work implies that the longer the soaking time, the lower the SnO₂'s transmittance and the lower the cells efficiency.

Keywords : Chemical bath deposition, Perovskite, SnO₂, Soaking time, Efficiency

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PENYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Struktur Penulisan Laporan.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sel Surya (<i>Photovoltaic</i>)	6
2.2 Perovskit.....	6
2.3 Komponen Sel Surya	8
2.3.1 Elektroda Transparan	8
2.3.2 Lapisan Transfer Elektron.....	9
2.3.3 Lapisan Absorber	11
2.3.4 Lapisan Transfer <i>Hole</i>	12
2.3.5 Elektroda Balik.....	13
2.4 Prinsip Kerja Sel Surya	14
2.5 Metode Deposisi <i>Chemical Bath Deposition</i> (CBD).....	16
2.6 Karakterisasi Sel Surya Perovskit	17
2.6.1 Pengujian Sifat Optik Film Tipis SnO ₂	17
2.6.2 Pengujian Efisiensi Sel Surya Perovskit	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	23

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2	Desain Penelitian.....	23
3.3	Prosedur Penelitian.....	26
3.3.1	Preparasi Pembuatan Film Tipis SnO ₂	26
3.3.2	Preparasi Pembuatan Sel Surya Perovskite.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Pengaruh Variasi Waktu Rendaman CBD Terhadap Sifat Optik SnO ₂	33
4.1.1	Absorbansi	36
4.1.2	Transmitansi.....	37
4.1.3	<i>Bandgap</i>	39
4.2	Fotoelektroda Perovskit CH ₃ NH ₃ PBI ₃	41
4.3	Pengaruh Variasi Waktu Rendaman SnO ₂ Terhadap Kinerja Sel Surya Perovskit 43	
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI		48
5.1	Simpulan	48
5.2	Implikasi.....	48
5.3	Rekomendasi	49
DAFTAR PUSTAKA		50
LAMPIRAN.....		60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Struktur Kristal Perovskit (Kiyoshi Miyata, 2017)	7
Gambar 2.2 Struktur lapisan perovskit	8
Gambar 2.3 Kaca konduktif ITO	9
Gambar 2.5 Struktur Molekular Spiro-MeOTAD (Marinova dkk., 2017)	13
Gambar 2.8 Prinsip kerja perovskit solar cell	15
Gambar 2.9 Metode CBD (Mugle & Jadhav, 2016)	17
Gambar 2.10 Cara Kerja Spektroskopi Uv-Vis (Abbas, 2019).....	18
Gambar 3.1 Struktur Lapisan Sel Surya.....	23
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	25
Gambar 3.3 Proses Pembuatan Larutan SnO ₂ (a) menyiapkan 100 mL distilled water (b) menimbang 1,25 gram Thiourea (c) menimbang 0,257 gram Tin Chloride Dihydrate (d) menambahkan 2,5 µL Acetic Acid ke dalam larutan (e) menambahkan 1,25 mL HCL ke dalam ke dalam larutan.	27
Gambar 3.4 Pembuatan Thin Film SnO ₂ (a) Sampel yang sudah ditemplei selotip (b) proses CBD (c) Pemanasan film tipis SnO ₂	28
Gambar 3.5 Alat uji (Uv-Vis Spectrophotometer).....	28
Gambar 3.6 Pembuatan Larutan Perovskit (a) menimbang 553,2 mg Lead (II) Iodide (PbI ₂) (b) menimbang 190,7 mg Methylamonium Iodide (MAI) (c) menambahkan 900 µL Dimethyl Sulfokside (DMSO) (d) menambahkan 100 µL Dimethyl Formamide (DMF)	29
Gambar 3.7 Pembuatan Larutan Spiro-OMeTAD (a) menimbang 72mg bahan kering Spiro-OMeTAD (b) menimbang 18,2 mg LiTFSI (c) menambahkan 28,8 µL TBP (d) menambahkan 1 ml chlorobenzene.....	30
Gambar 3.8 Fabrikasi Sel Surya Perovskit (a) setelah ditetesi larutan perovskit (b) setelah ditetesi larutan Spiro-OMeTAD (c) sel surya perovskit dengan lapisan sandwich lengkap.....	31
Gambar 3.9 Alat uji (Solar Standard Simulator 1.5 AM filter 100 mW/cm ²)	32

Gambar 4.1 Perbedaan Transparansi Film Tipis SnO ₂ (a) 1,5 Jam (b) 3 Jam (c) Waktu 4,5 Jam (d) 6 Jam	33
Gambar 4.2 Korelasi Waktu Rendaman terhadap Ketebalan.....	35
Gambar 4.3 Spektrum Absorbansi SnO ₂	36
Gambar 4.4 Spektrum Transmisi Semikonduktor SnO ₂	37
Gambar 4.5 Trendline Grafik Korelasi Waktu Rendaman terhadap Transmittansi	38
Gambar 4.6 Touch Plot untuk Energi Celah Pita untuk Sampel 1,5 Jam (a) Touch Plot hv terhadap $(\alpha hv)^2$ (b) Gradien dari daerah linier	39
Gambar 4.7 Touch Plot untuk Energi Celah Pita untuk Sampel 3 Jam (a) Touch Plot hv terhadap $(\alpha hv)^2$ (b) Gradien dari daerah linier	40
Gambar 4.8 Touch Plot untuk Energi Celah Pita untuk Sampel 4,5 Jam (a) Touch Plot hv terhadap $(\alpha hv)^2$ (b) Gradien dari daerah linier	40
Gambar 4.9 Touch Plot untuk Energi Celah Pita untuk Sampel 6 Jam (a) Touch Plot hv terhadap $(\alpha hv)^2$ (b) Gradien dari daerah linier	40
Gambar 4.10 Spektrum Absorbansi Perovskit CH ₃ NH ₃ PBI ₃ Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis	42
Gambar 4.11 Touch Plot untuk Energi Celah Pita Perovskit (a) Touch Plot hv terhadap $(\alpha hv)^2$ (b) Gradien dari daerah linier.....	43
Gambar 4.12 Oksidasi Perovskit.....	45
Gambar 4.13 Skema Transfer Elektron (a) Struktur Sel Surya Perovskit (b) Diagram Level Energi dalam Sel Surya Perovskit.....	46
Gambar 4.13 Trendine Grafik Korelasi Waktu Rendaman terhadap Efisiensi.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Transmittansi Bahan Oksida Logam.....	10
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	24
Tabel 4.1 Ketebalan Lapisan Elektroda SnO ₂	34
Tabel 4.2 Puncak Absorbansi SnO ₂	37
Tabel 4.3 Persentase Transmittansi.....	38
Tabel 4.4 Energi Celah Pita Lapisan Semikonduktor SnO ₂	41
Tabel 4.5 Kinerja Sel Surya Perovskit.....	44

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, Q. (2019). Understanding the UV-Vis spectroscopy for nanoparticles. *Journal of Nanomaterials & Molecular Nanotechnology*, 8(3), 1–3. <https://doi.org/10.4172/2324-8777.1000268>
- Abbasi, T., Premalatha, M., & Abbasi, S. A. (2011). The return to renewables: Will it help in global warming control? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 891–894. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.048>
- Adi Wisnu Ari, E Sukirman, Didin S W, Grace Tj Sulung Budi, M Rifai, & Ridawan. (2002). Pengaruh Grain Alignment Terhadap Rapat Arus Kritis Superkonduktor YBa₂Cu₃O_{7-x}. *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science*, 3(3), 9–14.
- Ajanovic, A. (2011). Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices? *Energy*, 36(4), 2070–2076. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.05.019>
- Anaraki, E. H., Kermanpur, A., Steier, L., Domanski, K., Matsui, T., Tress, W., Saliba, M., Abate, A., Grätzel, M., Hagfeldt, A., & Correa-Baena, J. P. (2016). Highly efficient and stable planar perovskite solar cells by solution-processed tin oxide. *Energy and Environmental Science*, 9(10), 3128–3134. <https://doi.org/10.1039/c6ee02390h>
- Asghar, M. I., Zhang, J., Wang, H., & Lund, P. D. (2017). Device stability of perovskite solar cells – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77(April), 131–146. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.003>
- Asnawi, D., Yudoyono, G., & Pramono, Y. H. (2017). Fabrication of Straight Optical Waveguides Based on SnO₂ Nanomaterials. *Universal Journal of Physics and Application*, 11(4), 135–138. <https://doi.org/10.13189/ujpa.2017.110406>
- Bai, Y., Xing, D., Luo, H., Jiang, Q. S., Yuan, L., Ge, X., Yang, X., Zhang, Y., Xie, F.,

- & Yan, K. (2021). Facilitating the formation of SnO₂ film via hydroxyl groups for efficient perovskite solar cells. *Applied Surface Science*, 552(December 2020), 149459. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.149459>
- Barbier, E. (2002). Geothermal energy technology and current status: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(1–2), 3–65. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(02\)00002-3](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(02)00002-3)
- Bargougui, R., Omri, K., Mhemdi, A., & Ammar, S. (2015). Synthesis and characterization of SnO₂ nanoparticles: Effect of hydrolysis rate on the optical properties. *Advanced Materials Letters*, 6(9), 816–819. <https://doi.org/10.5185/amlett.2015.5844>
- Chen, J., & Park, N. G. (2019). Causes and Solutions of Recombination in Perovskite Solar Cells. *Advanced Materials*, 31(47), 1–56. <https://doi.org/10.1002/adma.201803019>
- Chen, Z., Li, W., Li, R., Zhang, Y., Xu, G., & Cheng, H. (2013). Fabrication of highly transparent and conductive indium-tin oxide thin films with a high figure of merit via solution processing. *Langmuir*, 29(45), 13836–13842. <https://doi.org/10.1021/la4033282>
- Choi, K., Lee, J., Kim, H. Il, Park, C. W., Kim, G. W., Choi, H., Park, S., Park, S. A., & Park, T. (2018). Thermally stable, planar hybrid perovskite solar cells with high efficiency. *Energy and Environmental Science*, 11(11), 3238–3247. <https://doi.org/10.1039/c8ee02242a>
- Dartanto, T. (2005). BBM, Kebijakan Energi, Subsidi, dan Kemiskinan di Indonesia. *Inovasi*, 5(17), 18–21. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45083057/Inovasi-Vol05-Nov2005-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1663467893&Signature=TXpncMNHcCV0~JAd8RCL5fCwCTGiD3EjIA28vCeIRqsHP53elCQpJnDBS1AMsPu4A1dva0wUwpQszM7ljhQBw2TzPpasGhxRiCHZ6CxyN7SBrCXTpuEsySv4N5tuJAJ8UV3CmY>

- Das, S., & Jayaraman, V. (2014). SnO₂: A comprehensive review on structures and gas sensors. *Progress in Materials Science*, 66, 112–255. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2014.06.003>
- Diantoro, M., Kholid, Mustikasari, A. A., & Yudiyanto. (2018). The Influence of SnO₂ Nanoparticles on Electrical Conductivity, and Transmittance of PANI-SnO₂ Films. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 367(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/367/1/012034>
- Doyan, A., Susilawati, Mulyadi, L., Hakim, S., Munandar, H., & Taufik, M. (2021). The effect of dopant material to optical properties: Energy band gap Tin Oxide thin film. *Journal of Physics: Conference Series*, 1816(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1816/1/012114>
- Du, T., Xu, W., Xu, S., Ratnasingham, S. R., Lin, C. T., Kim, J., Briscoe, J., McLachlan, M. A., & Durrant, J. R. (2020). Light-intensity and thickness dependent efficiency of planar perovskite solar cells: charge recombination versus extraction. *Journal of Materials Chemistry C*, 8(36), 12648–12655. <https://doi.org/10.1039/d0tc03390a>
- Gelmetti, I., Montcada, N. F., Pérez-Rodríguez, A., Barrena, E., Ocal, C., García-Benito, I., Molina-Ontoria, A., Martín, N., Vidal-Ferran, A., & Palomares, E. (2019). Energy alignment and recombination in perovskite solar cells: Weighted influence on the open circuit voltage. *Energy and Environmental Science*, 12(4), 1309–1316. <https://doi.org/10.1039/c9ee00528e>
- Głowienka, D., Zhang, D., Di Giacomo, F., Najafi, M., Veenstra, S., Szmytkowski, J., & Galagan, Y. (2020). Role of surface recombination in perovskite solar cells at the interface of HTL/CH₃NH₃PbI₃. *Nano Energy*, 67. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2019.104186>
- Gong, J., Cui, Y., Li, F., & Liu, M. (2023). *Progress in Surface Modification of SnO₂ Electron Transport Layers for Stable Perovskite Solar Cells*. 2200108. <https://doi.org/10.1002/smsc.202200108>

- Gonzales-Pedro, V., J. Juarez-Perez, E., Arsyad, Waode-Sukmawa M. Barea, E., Fabregat-Santiago, F., More-Sero, I., & Bisquert, J. (2014). General Working Principles of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ Perovskite Solar Cells. *Nano Letters*, *14*(2), 888–893.
- Granqvist, C. G., & Hultåker, A. (2002). Transparent and conducting ITO films: New developments and applications. *Thin Solid Films*, *411*(1), 1–5. [https://doi.org/10.1016/S0040-6090\(02\)00163-3](https://doi.org/10.1016/S0040-6090(02)00163-3)
- Hao, F., Stoumpos, C. C., Cao, D. H., Chang, R. P. H., & Kanatzidis, M. G. (2014). Lead-free solid-state organic-inorganic halide perovskite solar cells. *Nature Photonics*, *8*(6), 489–494. <https://doi.org/10.1038/nphoton.2014.82>
- Hodes, G. (2007). Semiconductor and ceramic nanoparticle films deposited by chemical bath deposition. *Physical Chemistry Chemical Physics*, *9*(18), 2181–2196. <https://doi.org/10.1039/b616684a>
- Jang, Y. W., Lee, S., Yeom, K. M., Jeong, K., Choi, K., Choi, M., & Noh, J. H. (2021). Intact 2D/3D halide junction perovskite solar cells via solid-phase in-plane growth. *Nature Energy*, *6*(1), 63–71. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-00749-7>
- Jiang, Q., Chu, Z., Wang, P., Yang, X., Liu, H., Wang, Y., Yin, Z., Wu, J., Zhang, X., & You, J. (2017). Planar-Structure Perovskite Solar Cells with Efficiency beyond 21%. *Advanced Materials*, *29*(46), 1–7. <https://doi.org/10.1002/adma.201703852>
- Jiang, Q., Zhang, X., & You, J. (2018). SnO₂: A Wonderful Electron Transport Layer for Perovskite Solar Cells. *Small*, *14*(31), 1–14. <https://doi.org/10.1002/smll.201801154>
- Jung, E. H., Chen, B., Bertens, K., Vafaie, M., Teale, S., Proppe, A., Hou, Y., Zhu, T., Zheng, C., & Sargent, E. H. (2020). Bifunctional surface engineering on SnO₂ reduces energy loss in perovskite solar cells. *ACS Energy Letters*, *5*(9), 2796–2801. <https://doi.org/10.1021/acsenergylett.0c01566>

- Jung, H. S., & Park, N. G. (2015). Perovskite solar cells: From materials to devices. *Small*, 11(1), 10–25. <https://doi.org/10.1002/sml.201402767>
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K. H. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(August 2017), 894–900. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>
- Khallaf, H., Chen, C. T., Chang, L. B., Lupan, O., Dutta, A., Heinrich, H., Haque, F., Del Barco, E., & Chow, L. (2012). Chemical bath deposition of SnO₂ and Cd₂SnO₄ thin films. *Applied Surface Science*, 258(16), 6069–6074. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.03.004>
- Lokhande, C. D. (1991). Chemical deposition of metal chalcogenide thin films. *Materials Chemistry and Physics*, 27(1), 1–43. [https://doi.org/10.1016/0254-0584\(91\)90158-Q](https://doi.org/10.1016/0254-0584(91)90158-Q)
- Lu, Y., Nakicenovic, N., Visbeck, M., & Stevance, A.-S. (2015). Five Prioridade Ods _Yonglong L_ 2015. *Nature*, 520(433), 7–8.
- Lukasiewicz, S. (2015). Holomorphic extension of fundamental solutions of elliptic linear partial differential operators of higher order with analytic coefficients. *Bulletin des Sciences Mathematiques*, 139(3), 337–356. <https://doi.org/10.1016/j.bulsci.2014.09.004>
- Ma, F., Zhao, Y., Li, J., Zhang, X., Gu, H., & You, J. (2020). Nickel oxide for inverted structure perovskite solar cells. *Journal of Energy Chemistry*, 52, 393–411. <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2020.04.027>
- Maddu, A., Hasiholan, R. T., & Mersi, K. (2009). Penumbuhan Film Nanokristal SnO₂ dengan Metode Chemical Bath Deposition (CBD). *Nanosains & Teknologi*, 1(May 2015), 96–99.
- Mahalakshmi, M., & Professor, A. (2014). *The synthesis and optical properties of TiO₂ thin film by Chemical Bath Deposition (CBD) method*. 2(4), 424–427. www.indiasciencetech.com

- Mane, R. S., & Lokhande, C. D. (2000). Chemical deposition method for metal chalcogenide thin films. *Materials Chemistry and Physics*, 65(1), 1–31. [https://doi.org/10.1016/S0254-0584\(00\)00217-0](https://doi.org/10.1016/S0254-0584(00)00217-0)
- Marinova, N., Valero, S., & Delgado, J. L. (2017). Organic and perovskite solar cells: Working principles, materials and interfaces. *Journal of Colloid and Interface Science*, 488, 373–389. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2016.11.021>
- Mohammad, J. F., Sooud, M. A. A., & Abed, S. M. (2020). Characteristics of pH variation on structural and optical properties of nanocrystalline SnO₂ thin films by cbd technique. *Journal of Ovonic Research*, 16(2), 107–113. <https://doi.org/10.15251/jor.2020.162.107>
- Moreno, L. C., Sandino, J. W., Hernández, N., & Gordillo, G. (2000). pH effect on the deposition of CdS on ZnO and SnO₂:F substrates by CBD method. *Physica Status Solidi (B) Basic Research*, 220(1), 289–292. [https://doi.org/10.1002/1521-3951\(200007\)220:1<289::AID-PSSB289>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/1521-3951(200007)220:1<289::AID-PSSB289>3.0.CO;2-1)
- Mugle, D., & Jadhav, G. (2016). Short review on chemical bath deposition of thin film and characterization. *AIP Conference Proceedings*, 1728. <https://doi.org/10.1063/1.4946648>
- Nair, P. K., Nair, M. T. S., García, V. M., Arenas, O. L., Peña, Y., Castillo, A., Ayala, I. T., Gomezdaza, O., Sánchez, A., Campos, J., Hu, H., Suárez, R., & Rincón, M. E. (1998). Semiconductor thin films by chemical bath deposition for solar energy related applications. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 52(3–4), 313–344. [https://doi.org/10.1016/S0927-0248\(97\)00237-7](https://doi.org/10.1016/S0927-0248(97)00237-7)
- Nair, P. K., Ocampo, M., Fernandez, A., & Nair, M. T. S. (1990). Solar control characteristics of chemically deposited lead sulfide coatings. *Solar Energy Materials*, 20(3), 235–243. [https://doi.org/10.1016/0165-1633\(90\)90008-O](https://doi.org/10.1016/0165-1633(90)90008-O)
- Pockett, A., & Carnie, M. J. (2017). Ionic Influences on Recombination in Perovskite Solar Cells. *ACS Energy Letters*, 2(7), 1683–1689.

<https://doi.org/10.1021/acsenergylett.7b00490>

- Quan, V. A. (2006). Degradation of the solar cell dye sensitizer N719 Preliminary building of dye-sensitized solar cell. 实验室搭建.
- Rahman, M. T., Ahmed, Z., Islam, M. J., Kamaruzzaman, , Khatun, M. T., Gafur, M. A., Bashar, M. S., & Alam, M. M. (2021). Comparative Study of Structural, Optical and Electrical Properties of SnO₂ Thin Film Growth via CBD, Drop-Cast and Dip-Coating Methods. *Materials Sciences and Applications*, 12(12), 578–594. <https://doi.org/10.4236/msa.2021.1212038>
- Setiawan, A., Aminullah, Juansah, J., & Irzaman. (2016). Optical and Electrical Characterizations of Niobium-doped Ba_{0.25}Sr_{0.75}TiO₃ (BSNT) on p-type Silicon and Corning Glass Substrates and its Implementation as Photodiode on Satellite of LAPAN – IPB. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 620–625. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.116>
- Sherkar, T. S., Momblona, C., Gil-Escrig, L., Ávila, J., Sessolo, M., Bolink, H. J., & Koster, L. J. A. (2017). Recombination in Perovskite Solar Cells: Significance of Grain Boundaries, Interface Traps, and Defect Ions. *ACS Energy Letters*, 2(5), 1214–1222. <https://doi.org/10.1021/acsenergylett.7b00236>
- Shinde, V. R., Lokhande, C. D., Mane, R. S., & Han, S. H. (2005). Hydrophobic and textured ZnO films deposited by chemical bath deposition: Annealing effect. *Applied Surface Science*, 245(1–4), 407–413. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2004.10.036>
- Smith, I. C., Hoke, E. T., Solis-Ibarra, D., McGehee, M. D., & Karunadasa, H. I. (2014). A Layered Hybrid Perovskite Solar-Cell Absorber with Enhanced Moisture Stability. *Angewandte Chemie - International Edition*, 53(42), 11232–11235. <https://doi.org/10.1002/anie.201406466>
- Surono, A. T., & Sutanto, H. (2014). SIFAT OPTIK Zinc Oxide (ZnO) YANG DIDEPOSISI DI ATAS SUBSTRAT KACA MENGGUNAKAN METODE

CHEMICAL SOLUTION DEPOSITION (CSD) DAN APLIKASINYA UNTUK DEGRADASI ZAT WARNA METHYLENE BLUE. *Youngster Physics Journal*, 2(1), 7–14.

Tai, Q., Tang, K. C., & Yan, F. (2019). Recent progress of inorganic perovskite solar cells. *Energy and Environmental Science*, 12(8), 2375–2405. <https://doi.org/10.1039/c9ee01479a>

Tala-ighil, R. Z. (2016). Handbook of Nanoelectrochemistry. *Handbook of Nanoelectrochemistry*, July. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-15207-3>

Tay, D. J. J., Febriansyah, B., Salim, T., Wong, Z. S., Dewi, H. A., Koh, T. M., & Mathews, N. (2023). Enabling a rapid SnO₂ chemical bath deposition process for perovskite solar cells. *Sustainable Energy and Fuels*, 7(5), 1302–1310. <https://doi.org/10.1039/d2se01475k>

Tong, J., Jiang, Q., Zhang, F., Kang, S. B., Kim, D. H., & Zhu, K. (2021). Wide-Bandgap Metal Halide Perovskites for Tandem Solar Cells. *ACS Energy Letters*, 6(1), 232–248. <https://doi.org/10.1021/acsenergylett.0c02105>

Wang, H., Yang, Z., Guo, W., Ji, Y., Zhou, Y., Dang, J., & Wang, M. (2022). Functional molecule modified SnO₂ nanocrystal films toward efficient and moisture-stable perovskite solar cells. *Journal of Alloys and Compounds*, 890, 161912. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.161912>

Wu, W. Q., Yang, Z., Rudd, P. N., Shao, Y., Dai, X., Wei, H., Zhao, J., Fang, Y., Wang, Q., Liu, Y., Deng, Y., Xiao, X., Feng, Y., & Huang, J. (2019). Bilateral alkylamine for suppressing charge recombination and improving stability in blade-coated perovskite solar cells. *Science Advances*, 5(3), 1–10. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav8925>

Xiong, L., Guo, Y., Wen, J., Liu, H., Yang, G., Qin, P., & Fang, G. (2018). Review on the Application of SnO₂ in Perovskite Solar Cells. *Advanced Functional Materials*, 28(35), 1–18. <https://doi.org/10.1002/adfm.201802757>

- Yan, J., & Saunders, B. R. (2014). Third-generation solar cells: A review and comparison of polymer:fullerene, hybrid polymer and perovskite solar cells. *RSC Advances*, 4(82), 43286–43314. <https://doi.org/10.1039/c4ra07064j>
- Yang, G., Wang, C., Lei, H., Zheng, X., Qin, P., Xiong, L., Zhao, X., Yan, Y., & Fang, G. (2017). Interface engineering in planar perovskite solar cells: Energy level alignment, perovskite morphology control and high performance achievement. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(4), 1658–1666. <https://doi.org/10.1039/c6ta08783c>
- Yang, G., Yan, Z., & Xiao, T. (2012). Preparation and characterization of SnO₂/ZnO/TiO₂ composite semiconductor with enhanced photocatalytic activity. *Applied Surface Science*, 258(22), 8704–8712. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.05.078>
- Yang, Y., Sun, Y., & Jiang, Y. (2006). Structure and photocatalytic property of perovskite and perovskite-related compounds. *Materials Chemistry and Physics*, 96(2–3), 234–239. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2005.07.007>
- Yang, Z., Rajagopal, A., Jo, S. B., Chueh, C. C., Williams, S., Huang, C. C., Katahara, J. K., Hillhouse, H. W., & Jen, A. K. Y. (2016). Stabilized Wide Bandgap Perovskite Solar Cells by Tin Substitution. *Nano Letters*, 16(12), 7739–7747. <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.6b03857>
- Yoo, J. J., Seo, G., Chua, M. R., Park, T. G., Lu, Y., Rotermund, F., Kim, Y. K., Moon, C. S., Jeon, N. J., Correa-Baena, J. P., Bulović, V., Shin, S. S., Bawendi, M. G., & Seo, J. (2021). Efficient perovskite solar cells via improved carrier management. *Nature*, 590(7847), 587–593. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03285-w>
- Yu, Y., Xia, J., & Liang, Y. (2022). Basic understanding of perovskite solar cells and passivation mechanism. *AIP Advances*, 12(5). <https://doi.org/10.1063/5.0058441>
- Zhu, S., Hou, F., Huang, W., Yao, X., Shi, B., Ren, Q., Chen, J., Yan, L., An, S., Zhou,

Z., Ren, H., Wei, C., Huang, Q., Li, Y., Hou, G., Chen, X., Ding, Y., Wang, G., Li, B., ... Zhang, X. (2018). Solvent Engineering to Balance Light Absorbance and Transmittance in Perovskite for Tandem Solar Cells. *Solar RRL*, 2(11), 1–7. <https://doi.org/10.1002/solr.201800176>

Zuo, C., Bolink, H. J., Han, H., Huang, J., Cahen, D., & Ding, L. (2016). Advances in perovskite solar cells. *Advanced Science*, 3(7), 1–16. <https://doi.org/10.1002/advs.201500324>