

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS DE DEPOSIÇÃO PARA DIFERENTES NANOPARTICULAS DE OXÍDO DE NIQUEL UTILIZADAS COMO HTL DE CÉLULAS DE PEROVSKITA

Maria L. P. Vilela^{1*}, Adriano S. Marques¹, David C. Pereira¹, Yasmin D. R. Tadim¹, Jair F. Rodrigues¹, Gabriela A. Soares¹, Diego Bagnis¹

¹Oninn Centro de Inovações, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31035-536.

*e-mail: mluizavilela@oninn.com

As perovskitas (PVS) são uma promissora tecnologia para a próxima geração de energia fotovoltaica por apresentar características físicas e químicas singulares. Com eficiências recordes certificadas de 26,1% para células de laboratório¹, a PVSK apresenta crescentes esforços de pesquisa. Atualmente a ONINN trabalha no desenvolvimento de PVS de estrutura invertida (P-I-N) por apresentar vantagens em relação a estrutura regular (N-I-P), como a possibilidade de utilizar materiais de transporte de lacunas (HTL) sem dopantes e fabricação em baixas temperaturas². O óxido de níquel (NiOx) é um HTL inorgânico promissor por apresentar baixo custo, fabricação em baixas temperaturas, resistência química, térmica e à luz. Ele é utilizado em conjunto com as monocamadas automontadas (SAMs) de modo corrigir defeitos inerentes ao NiOx como baixa condutividade³. O objetivo desse trabalho foi avaliar um novo material de NiOx em desenvolvimento, que possui características diferentes do material atualmente adotado, como solvente, concentração e/ou tamanho de nanopartículas, e compará-lo com o material padrão. Para isso, o processo de deposição foi otimizado para a fabricação de dispositivos fotovoltaicos em pequena e larga escala. A validação foi feita inicialmente utilizando a técnica de deposição por *blade coating*, gerando células com 0,55 cm² de área ativa. Após a definição de uma janela de processos, promoveu-se o escalonamento da fabricação para um processo rolo-a-rolo por *slot-die coating*, aumentando-se a área ativa de forma gradativa (8,94 e 26,82 cm²). Durante os testes iniciais, foram observadas dificuldades de formação de menisco e filme uniforme devido à natureza aquosa da solução. Foram adotadas modificações no processo, como a redução do *gap*, para minimizar estes problemas e permitir a transferência para o processo rolo a rolo. Após as etapas de otimização, foi possível a impressão de dispositivos com resultados elétricos consistentes em pequenas e grandes áreas, indicando uniformidade e reprodutibilidade na deposição do filme de NiOx. Os dispositivos fabricados como a nova solução atingiram eficiência máxima de 13,58%, valor superior ao observado com a solução padrão, de 12,88%, e que utiliza álcool como solvente. Dessa forma, foi possível concluir que a nova nanopartícula, em solvente aquoso, quando devidamente diluída e processada em maiores temperaturas que a padrão, tem potencial para ser utilizada como substituta ao material padrão em álcool.

[1] Best Research-Cell Efficiency Chart. National Renewable Energy Laboratory, Colorado, 15 de julho 2025. Disponível em: <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency> Acesso em: 21 de agosto 2025.

[2] CAO, Li; TONG, Yu; KE, Yewen; ZHANG, Wen; LI, Tianxiang; KANG, Ziyong; WANG, Hongqiang; WANG, Kun. Modification of Nickel Oxide via Self-Assembled Monolayer for Enhanced Performance of Air-Processed FAPbI₃ Perovskite Solar Cells. ACS Applied Energy Materials, Washington, v. 7, p. 1508-1516, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsaelm.3c03076>.

[3] JIANG, Ting; YANG, Yajie; HAO, Xia; FAN, Jingya; WU, Lili; WANG, Wenwu; ZENG, Guanggen; HALIM, Mohammad Abdul; ZHANG, Jingquan. Self-Assembled Monolayer Hole Transport Layers for High-Performance and Stable Inverted Perovskite Solar Cells. Energy & Fuels, Washington, v. 38, n. 21, p. 21371-21381, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.4c03889>.