

Sensor de humedad en papel: nanopartículas metálicas y análisis inteligente de color

Alvarez Cerimedo, Ma. Soledad¹; Onna, Diego²; Valdés, Matías; Hoppe, Cristina

¹ INTEMA, Mar del Plata, Argentina.

² Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina.

correodeapollonia@gmail.com

Área temática: G. Aplicaciones de nanomateriales en ambiente, energía, agro, alimentos y catálisis

El desarrollo de sensores soportados en papel constituye una estrategia emergente en el campo de la detección química y ambiental debido a su bajo costo, facilidad de fabricación y capacidad de integrar nanomateriales con propiedades ópticas únicas¹. El objetivo de este trabajo es el desarrollo de un sensor de humedad basado en los cambios de color que experimentan distintas gotas de soluciones de oro y plata al impregnarse en papel de filtro común, debido a la formación espontánea de nanopartículas metálicas (NPs).

Se estudió el desarrollo en el tiempo de gotas de 20 μL de HAuCl_4 (5 y 50 mM en agua y en buffer acetato $\text{pH}=4,5$) y AgNO_3 (5 y 50 mM en agua) sobre papel. Las 6 muestras fueron estabilizadas en cuatro cámaras herméticas a 23 °C, cada una ajustada a una humedad relativa distinta: 0% HR con sílica gel (SiO_2), 22, 43 y 75% HR con soluciones saturadas de CH_3COOK , K_2CO_3 y NaCl respectivamente. La formación espontánea de NPs en estos sistemas dio lugar a variaciones cromáticas características, asociadas a fenómenos de resonancia plasmónica localizada dependientes de la composición, el tamaño y la distribución de las partículas².

La evolución de las muestras se caracterizó macroscópicamente mediante fotografías tomadas con un teléfono celular Xiaomi Redmi Note 13 y microscópicamente con un microscopio electrónico de barrido de alta resolución HRSEM. El plasmón superficial localizado se analizó mediante espectroscopía UV-Vis. Las imágenes se procesaron con algoritmos de aprendizaje automático, correlacionando condiciones experimentales y respuesta óptica.

Tras un seguimiento continuo de 93 días, los dispositivos mostraron señales robustas y confiables tanto a corto como a largo plazo. En el régimen corto (12–14 días), el sistema alcanzó su máxima capacidad predictiva, logrando un 100% de precisión desde el séptimo día al analizar una muestra sometida a una única condición de humedad relativa, lo que se denomina “único sensor”. En el régimen largo (60–80 días), el modelo mantuvo estabilidad, permitiendo también la identificación de la humedad. Además, se comprobó que es posible crear combinaciones de sensores, es decir, integrar información de muestras sometidas a más de una condición de humedad relativa, logrando identificar cambios de humedad en apenas 2 días.

Este trabajo aporta una metodología versátil y sustentable para la fabricación de sensores de humedad económicos y ecológicos, integrando química de nanomateriales e inteligencia artificial.

REFERENCIAS

1. Malik, S.; Singh, J.; Saini, K.; Chaudhary, V.; Umar, A.; Ibrahim, A.A.; Akbar, S.; Baskoutas, S. *Anal. Methods* 16 (2024) 2777-2809
2. Lopez Noviello, L.; Alvarez Cerimedo, M.S.; Ayude, M.; Hoppe, C.E.; Bellino, M.G. *Mater. Lett.* 377 (2024) 137477