

Comunicación

Propiedades fotocromáticas en luz visible de un material inorgánico-orgánico Película delgada híbrida de ácido fosfomolibdico/politiofeno

Wanqing Zhao ¹, Hongmei Zhao ¹, wei feng ²  y Honggang Zhao ^{1,*}¹ Escuela de Química e Ingeniería Química, Universidad Normal de Xinjiang, Urumqi 830054, Laboratorio clave² de recursos de aguas subterráneas y medio ambiente de China, Ministerio de Educación, Universidad de Jilin, Changchun 130021,

China * Correspondencia: xjnu1609@xjnu.edu.cn

Resumen: Se sintetizó una película híbrida fotocromática de luz visible a partir de la combinación de ácido fosfomolibdico (PMoA) con la matriz de politiofeno (PTh). La microestructura y las propiedades fotocromáticas de los materiales se analizaron mediante microscopía de fuerza atómica (AFM), espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), espectroscopia fotoelectrónica de rayos X (XPS) y espectros ultravioleta-visible (UV-vis). Según los espectros FTIR, las geometrías de PMoA y PTh se conservaron bien en una película híbrida y existe una fuerte interacción en la interfaz de PMoA y PTh. Los espectros XPS revelaron el cambio en el microambiente químico y la reducción de átomos de Mo6+ en la reacción de fotorreducción. Bajo irradiación de luz visible, la película compuesta cambió de transparente a azul y se profundizó gradualmente, generando un azul heteropolio. La película híbrida también muestra reversibilidad en presencia de oxígeno. Los resultados indicaron que la reacción fotocromática era inconsistente con el mecanismo de transferencia de electrones fotoinducido.

Palabras clave: ácido fosfomolibdico; politiofeno; fotocromismo; película híbrida



Cita: Zhao, W.; Zhao, H.; Feng, W.; Zhao, H.

Propiedades fotocromáticas de luz visible de una película delgada híbrida de ácido fosfomolibdico inorgánico-orgánico/politiofeno. *Química* 2024, 6, 469–475. <https://doi.org/10.3390/química6030026>

Editor académico: Matthias Lehmann

Recibido: 25 de abril de 2024

Revisado: 1 de junio de 2024

Aceptado: 5 de junio de 2024

Publicado: 7 de junio de 2024



Copyright: © 2024 por los autores.
Licenciario MDPI, Basilea, Suiza.

Este artículo es un artículo de acceso abierto.
distribuido bajo los términos y

condiciones de los Creative Commons
Licencia de atribución (CC BY)

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introducción

Los materiales fotocromáticos se consideraron un foco de investigación prometedor en materiales funcionales y se aplicaron en los campos de materiales ópticos de almacenamiento de información, dispositivos fotoeléctricos, conmutación óptica e investigación biomédica [1–4]. En los últimos años, el desarrollo de materiales compuestos inorgánicos/orgánicos y la introducción de tecnología de autoensamblaje, química de plantillas y otros métodos en la preparación mejoraron en gran medida las propiedades fotocromáticas de los materiales, proporcionando una dirección de aplicación más amplia [5,6].

Los heteropolioxometalatos son uno de los materiales fotocromáticos más populares debido a su alta reducibilidad por oxidación, alta conductividad de protones y excelente solubilidad [7,8]. Para aumentar el potencial de aplicación de los heteropolioxometalatos, se han realizado esfuerzos para introducirlos en redes poliméricas para mejorar las propiedades físicas de los materiales fotocromáticos, como la resistencia mecánica, la transparencia óptica y la maquinabilidad [9–11]. Los heteropolioxometalatos, como portadores de carga aniónica, se utilizaron en películas desordenadas, como las películas sol-gel, uniéndose con grupos catiónicos en cadenas de polímeros orgánicos a través de interacciones débiles como enlaces de hidrógeno, fuerza electrostática y fuerza de van der Waals. Sun y sus compañeros de trabajo [12] sintetizaron una película híbrida de PMoA/polivinilpirrolidona (PVP) y descubrieron que la causa principal de la reacción fotoquímica era la transferencia de protones entre la matriz de PMoA y PVPd. La interacción de polioxometalatos y polímeros a través de enlaces no covalentes ofreció un enfoque útil para mejorar las propiedades físicas y químicas de los materiales fotocromáticos inorgánicos/orgánicos.

El politiofeno (PTh) tiene buena estabilidad fotoeléctrica, buenas propiedades de formación de película, alta conductividad y un ancho de banda prohibida bajo de 2,02 eV, lo que tiene un gran potencial de aplicación en química fotoeléctrica. La PTh tiene un gran sistema de electrones conjugados con π y su capacidad de dar electrones es mejor que la del polipirrol y la polianilina. PTh puede for

Los experimentos fotocrómáticos se llevaron a cabo utilizando una lámpara Xe de 300 W (PLS-SXE, Beijing Perfectlight Technology Co., Ltd., Beijing, China) con un filtro UV (que pasa por encima de una longitud de onda de 400 nm) como fuente de luz visible sin ninguna otra luz. fuentes. La distancia entre la lámpara y la película se ajustó a 150 mm. Se realizaron experimentos de irradiación de luz visible en el aire para obtener una serie de curvas de absorbancia bajo diferentes tiempos de irradiación. Luego la película compuesta se mantuvo en la oscuridad para observar los tiempos de blanqueo. Luego la película compuesta se mantuvo en la oscuridad para observar el proceso de blanqueo. Se realizó el experimento de blanqueo en la oscuridad y se midió la absorbancia correspondiente. Se realizaron todos los experimentos y se midió la absorbancia correspondiente. todos los experimentos se realizaron a temperatura ambiente. a

33. Resultados

Los espectros FTIR de películas híbridas PMoA, PTh y PMoA/PTh presentaron la región de 400–4000 cm^{-1} en la que se muestran en la Figura 2. Los picos de absorción, son 1542 cm^{-1} y 1487 cm^{-1} de absorción característicos del anillo de quinoleína que se clasificaron como picos de estiramientos simétricos asimétricos del anillo de pirrol en cm^{-1} respectivamente. El pico de absorción de estiramiento a 1031 cm^{-1} se atribuyó a la vibración de estiramiento CS del anillo de politiofeno, y el pico anillo de politiofeno, y el pico de absorción a 1031 cm^{-1} y 1169 cm^{-1} se atribuye a la vibración de flexión en el plano de flexión en el plano de enlace CH en el anillo de politiofeno. La absorción El pico de absorción a 783 cm^{-1} se atribuye a la vibración de flexión fuera del plano de enlace CH, que se superpone a las señales de PMoA. Estos indican que la estructura de PTh está intacta. PTh está intacta y no destruida en la película híbrida, y la estructura geométrica de PTh fue conservada en la película compuesta.

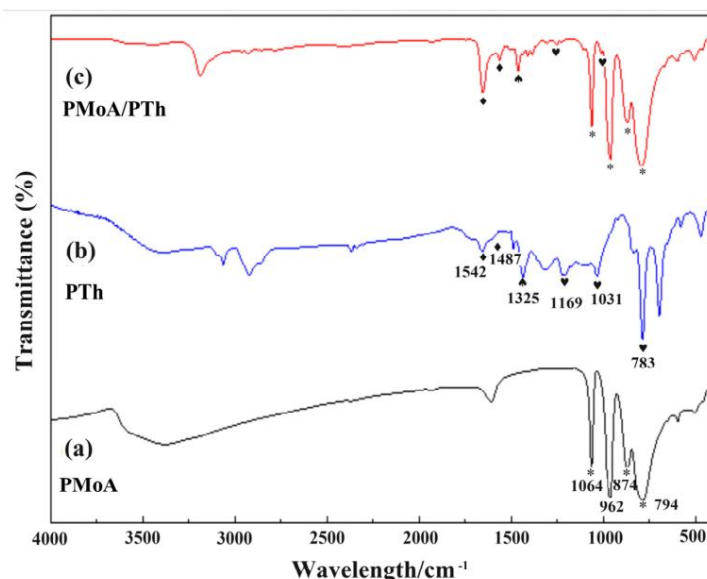


Figura 2. Espectros FTIR de películas híbridas PMoA, PTh y PMoA/PTh.

En el espectro de PMAO/PTH, hay cuatro bandas típicas en 1064, 962, 874 y 794 794 cm⁻¹. En el espectro de PMAO/PTH, hay cuatro bandas típicas en 1064, 962, 874 y 794 794 cm⁻¹ correspondientes a las bandas de vibración de $\nu(\text{P-Oa})$, $\nu(\text{Mo-Od})$, $\nu(\text{Mo-Ob-Mo})$ y $\nu(\text{Mo-Oc-Mo})$, que son similares a las de PMAo puro y solo tienen algunos desplazamientos. Demuestra que la geometría Keggin de PMAo se conserva en la película compuesta. El Estrato que la geometría Keggin de PMAo se conserva en la película compuesta. La longitud de onda infrarroja infrarroja de PMAo en la película compuesta se transforma debido a la mejora La longitud de onda de PMAo en la película compuesta se transforma debido a la interacción culombio-coulomb mejorada entre PMAo y el sustrato polimérico, y se produce la transferencia de carga. Interacción entre PMAo y sustrato de polímero, y se produce la transferencia de carga. Las imágenes AFM (Figura 3) representan la morfología de la superficie de PTH puro y PMAO/PTH puro y PMAO/PTH antes y después de la irradiación con luz visible. La película de PTH (Figura 3a) muestra la Películas híbridas antes y después de la irradiación con luz visible. La película de PTH (Figura 3a) muestra la estructura en forma de pico de tamaño de partícula similar y la raíz media de rugosidad cuadrática (RMS). estructura conformada de tamaño de partícula similar y la rugosidad cuadrática media (RMS) fue de 7 nm. Como se muestra en la Figura 3b,c, la morfología de la película cambió obviamente después de la 7 millas náuticas. Como se muestra en la Figura 3b, c, la morfología de la película cambió obviamente después de la combinación de PTH y PMAO; el RMS de las películas híbridas PMAO/PTH fue de 18 nm (en comparación combinación de PTH y PMAO; el RMS de las películas híbridas PMAO/PTH fue de 18 nm (en comparación con 7 nm para PTH). Se puede inferir que la interacción de los enlaces de hidrógeno entre PTH

Las cadenas de polímeros se ven interferidas por la acción de partículas de PMoA bajo la interacción. Fuerza de los enlaces de hidrógeno entre las cadenas poliméricas de PMoA y PTh. Después de la luz óptica iluminación, el RMS de las películas compuestas PMoA/PTh aumentó de 18 a 31 nm, lo que indicó la formación de azul heteropoli en la reacción de fotorreducción y transferencia de protones. aumentó el ángulo espacial del polímero PTh.

En la Figura 4c, se muestra el proceso de desvanecimiento de la película híbrida PMoA/PTh. Cuando Si la película híbrida PMoA/PTh se colocara en el aire, el color se desvanecería gradualmente, pero si La película híbrida se colocó en una atmósfera de N2 durante 20 días, el color de la película compuesta no se desvanecería. Este fenómeno indicó que el oxígeno juega un papel clave en la promoción de la Decoloración de la película híbrida. También se descubrió que el calentamiento puede acelerar el desvanecimiento. proceso porque la absorbancia se redujo en un 80% cuando la película se calentó a 373 K durante 30 minutos.

Los experimentos del ciclo de coloración-decoloración se realizaron para determinar la reversibilidad de la película híbrida PMoA/PTh. Después de la irradiación con luz visible para alcanzar la absorbancia de saturación, la película podría reutilizarse mediante tratamiento térmico. Como se muestra en la Figura 4d, solo hubo un ligero cambio en la absorbancia después de reciclar 7 veces, lo que demuestra que La película híbrida PMoA/PTh presentó propiedades fotocromáticas favorables, con alta estabilidad y buena reversibilidad de la película fotocromática [13].

Como se muestra en la Tabla 1, la película híbrida PMoA/PTh exhibió una absorbancia máxima alta en comparación con las otras muestras representativas, lo que indicó que el efecto de protonación de PMoA hacia PTh en la película delgada híbrida PMoA/PTh podría aumentar la Máxima absorbancia y mejoró enormemente las propiedades fotocromáticas del PMoA/PTh. película híbrida.

Tabla 1. Comparación de la absorbancia máxima de materiales fotocromáticos.

Material fotocromático	El espesor de las muestras	La absorbancia máxima	Referencia
Película fina de hibridación PMoA/PANI	1,8 micras	3,46	[10]
ZnO/PMoA	-	0,21	[14]
WO3 -x QD	-	2,75	[15]
Híbridos PVP/HTA	-	0,78	[16]
Películas de puntos cuánticos CsPbBr3	-	0,78	[17]
Película compuesta PMoA/ZnO/PVP	-	0,32	[18]
Octamolibdatos de sulfonio aromáticos	de Estado sólido	3.2	[19]
Película compuesta PMoA/PTh	2,0 µm	5.27	Este trabajo

Para analizar más a fondo el cambio de microambiente químico en el proceso de fotocromismo, se utilizaron espectros XPS de Mo 3d para la película híbrida PMoA/PTh sin y con irradiación se exhiben en la Figura 5 y la Tabla 2. Para la película híbrida PMoA/PTh, la Los picos aparecieron a 232,9 eV y 236,0 eV asignados a 3d3/2 y 3d5/2 de Mo6+, respectivamente, y los picos ubicados en 235,5 eV y 231,8 eV fueron asignados a 3d3/2 y 3d5/2 de Mo5+, respectivamente. La aparición de los picos característicos de Mo5+ aquí se puede inferir como Excitación de rayos X. Después de la irradiación, los picos de Mo6+ cambian a 233,0 eV y 236,2 eV, y los picos de Mo5+ aparecen a 231,7 eV y 235,0 eV. Comparado con el espectro anterior irradiación, la energía de unión de 3d de Mo6+ aumenta, y la proporción de Mo5+ también aumenta de 0,09 a 0,33, lo que se atribuye a que Mo6+ se convierte en Mo5+. Puede ser concluyó que el microambiente químico de los átomos de Mo ha cambiado debido a la reacción de fotorreducción.

Tabla 2. Energías de unión del nivel de energía Mo3d y relaciones Mo5+/Mo de película híbrida PMoA/PTh Antes y después de la iluminación.

Muestra	Mo5+		Mo6+		Relaciones Mo5+/Mo
	3d3/2	3d5/2	3d3/2	3d5/2	
Antes	231,8	235,5	232,9	236,0	0,09
Después	231,7	235,0	233,0	236,2	0,33

0,09 a 0,33, lo que se atribuye a que Mo6+ se convierte en Mo5+. Se puede concluir que El microambiente químico de los átomos de Mo ha cambiado debido a la fotorreducción. reacción.

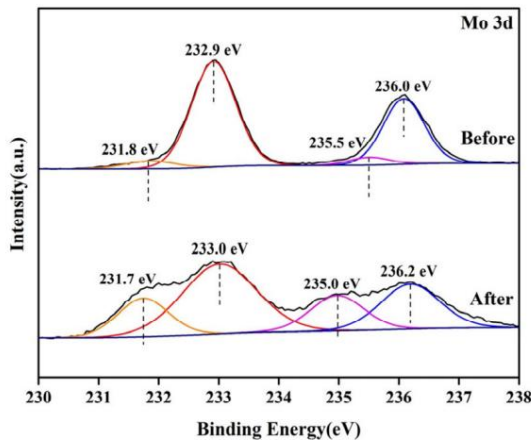


Figura 5. Espectros XPS Mo 3d para película híbrida PMoA/PTH sin y con irradiación. Figura 5. Espectros XPS Mo 3d para película híbrida PMoA/PTH sin y con irradiación.

Para explicar el comportamiento fotocromático anterior, se utilizó el mecanismo de la película híbrida. Tabla 2. Energías de unión del nivel de energía Mo3d y relaciones Mo5+/Mo de la película híbrida PMoA/PTH antes y después de la irradiación.

El papel depende principalmente de las interacciones entre componentes orgánicos e inorgánicos. El		Los		Mo6+		Mo5+/Mes	
Muestra	Los	Mo5+ en los polioxometalatos oxidados tienen configuraciones electrónicas d0 ; por lo tanto,	Mo6+	Mo5+/Mes	proportiones		
Antes	de los electrones de baja energía de los orbitales 2p del oxígeno que se excitaron a un estado de metal de alta energía	3d3/2	3d5/2	3d3/2	3d5/2		
Después	de los orbitales d tras la irradiación, que es el llamado ligando a metal de oxígeno a metal (OM).	231.8	235.5	232.9	236.0	0.09	
	transferencia de carga (LMCT). Así, las cargas de electrones y huecos se separaron, proporcionando	233.0	231.7	235.0	236.2		

una condición para la coloración estable de la película compuesta. El agujero dejado en el átomo de oxígeno. Para estudiar el mecanismo fotocromático anterior, se utilizó el mecanismo de la película híbrida PMoA/PTH. En este proceso, el Mo6+ interactuó con electrones no enlazantes en el átomo de azufre de PTH. En este proceso, el Mo6+ investigado. Las propiedades fotocromáticas de las películas híbridas inorgánicas/orgánicas en este proceso, el Mo6+ cuando ocurrió el proceso, un electrón se transfirió del átomo de Mo6+ a la molécula de oxígeno bajo los iones metálicos en los polioxometalatos oxidados tienen configuraciones electrónicas d0 ; por lo tanto, condiciones aeróbicas para que los polioxometalatos se oxidaran. Los electrones de baja energía de los orbitales 2p del oxígeno se excitaron a un estado de metal de alta energía. Se muestra el diagrama del mecanismo fotocromático de la película híbrida PMoA/PTH. orbitales d tras la irradiación, que es el llamado ligando-metal (O-M) de oxígeno a metal. En la Figura 6. Debido a la protonación, la densidad electrónica de PMoA disminuyó durante la transferencia de carga (LMCT). Así, las cargas de electrones y huecos se separaron, proporcionando una interacción con PTH, provocando así el corrimiento al rojo espectral, lo que verificó la existencia de condición para la coloración estable de la película compuesta. El agujero dejado en el átomo de oxígeno. interacción de interfaz entre PMoA y PTH. Después de la exposición a la luz, el heteropoliácido es interactuó con electrones no enlazantes en el átomo de azufre de PTH. En este proceso, el Mo6+ se reduce a azul de heteropoli y los protones se transfieren a PMoA. El átomo se redujo al átomo de Mo5+, generando heteropoli azules. Cuando el blanqueamiento ocurrió el proceso, un electrón transferido del átomo de Mo5+ a la molécula de oxígeno en condiciones aeróbicas para que los polioxometalatos se oxidaran.

El diagrama del mecanismo fotocromático de la película híbrida PMoA/PTH se muestra en Figura 6. Debido a la protonación, la densidad electrónica de PMoA disminuyó durante la interacción con PTH, provocando así el corrimiento al rojo espectral, lo que verificó la existencia de interacción entre PMoA y PTH. Después de la exposición a la luz, el heteropoliácido se reduce al azul heteropoli y los protones se transfieren a PMoA.

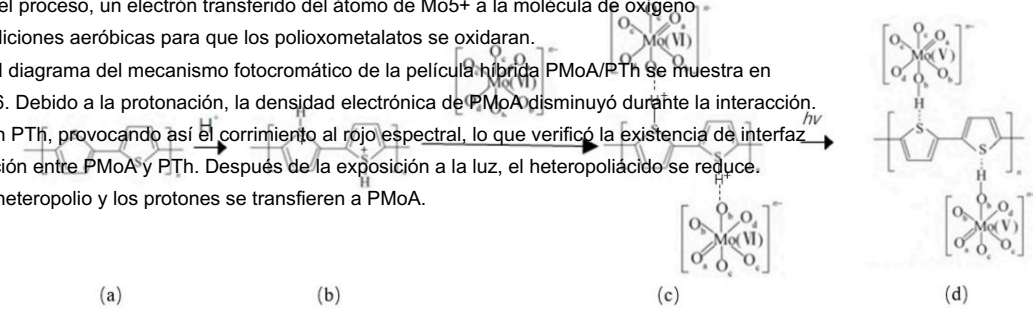


Figura 6. Diagrama del mecanismo fotocromático de la película híbrida PMoA/PTH. (a) PTH, (b) PTH después de la protonación, (c) película compuesta PMoA/PTH (a) antes y (d) después de la irradiación con luz visible.

4. Conclusiones

Los materiales fotocromáticos PMoA/PTH se prepararon dejando caer el híbrido sustrato para formar una película. Las geometrías de PMoA y PTH estaban bien lución sobre el sustrato para formar una película. Las geometrías de PMoA y PTH se conservaron bien en una película híbrida según los espectros FTIR. Tras la irradiación, los protones en servido en película híbrida según espectros FTIR. Tras la irradiación, los protones del polímero orgánico se excitan y se transfieren a PMoA a través de un puente de transferencia de carga. El polímero orgánico se excita y transfiere a PMoA a través de un puente de transferencia de carga. El azul hetero- heteropoli se generó en una reacción de fotorreducción acompañada por el cambio de microambiente químico. El proceso de blanqueo se produjo cuando los átomos de Mo5+ se oxidaron. a átomos de Mo6+ en presencia de oxígeno. Además, la película híbrida fue favorable a átomos de Mo6+ en presencia de oxígeno. Además, la película híbrida tenía una reversibilidad y estabilidad favorables. El proceso de protonación entre PMoA y la matriz de PTH se consideró la causa principal de la reacción fotoquímica.

reversibilidad y estabilidad. El proceso de protonación entre PMoA y la matriz de PTh se consideró la causa principal de la reacción fotoquímica.

Contribuciones del autor: WZ contribuyó a la organización general de todos los experimentos y a la preparación del borrador original. HZ (Hongmei Zhao) contribuyó a experimentos de propiedades fotocromáticas, análisis y visualización de datos. WF contribuyó a la preparación y caracterización de las muestras. HZ (Honggang Zhao) contribuyó aportando ideas para todos los experimentos, metodología y supervisión. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Declaración de disponibilidad de datos: los datos están contenidos en el artículo.

Conflictos de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Referencias

1. Qin, B.; Chen, HY; Liang, H.; Fu, L.; Liu, X.; Qiu, X.; Liu, S.; Canción, R.; Tang, Z. Fluorescencia fotoconmutable reversible en películas delgadas de conjuntos de polioxometalatos y nanopartículas inorgánicas. *Mermelada. Química. Soc.* 2010, 132, 2886–2888. [\[Referencia cruzada\]](#) [\[PubMed\]](#)
2. Gu, HX; Bi, LH; Fu, Y.; Wang, N.; Liu, S.; Tang, Z. Conmutación de fotoluminiscencia controlada eléctricamente en varios estados. *Química. Ciencia.* 2013, 4, 4371–4377. [\[Referencia cruzada\]](#)
3. Lu, J.; Zhang, X.; Mapa.; Singh, V.; Zhang, C.; Niu, J.; Wang, J. Comportamiento fotocromático de un nuevo polioxomolibdato/alquilamina compuesto en estado sólido. *J. Mater. Ciencia.* 2018, 53, 3078–3086. [\[Referencia cruzada\]](#)
4. Graça, VC; Sousa, CM; Coelho, P. Hacia la coloración gris de materiales fotocromáticos utilizando vinilideno-naftofuranos. *Teñir. Pigmento.* 2020, 176. [\[Referencia cruzada\]](#)
5. Bao, HF; Wang, XY; Yang, GQ; Li, H.; Zhang, F.; Feng, W. Fotocromismo de luz ultravioleta y luz visible de compuestos inorgánicos-orgánicos. Películas multicapa a base de polioxometalato y poli(acrilamida). *Polímero coloide. Ciencia.* 2014, 292, 2883–2889. [\[Referencia cruzada\]](#)
6. Jing, XF; Zou, DL; Meng, QQ; Zhang, W.; Zhang, F.; Feng, W.; Han, X. Fabricación y fotocromismo en luz visible de una nueva película híbrida inorgánica-orgánica basada en polioxometalatos y etilcelulosa. *Inorg. Química. Comunitario.* 2014, 46, 149–154. [\[Referencia cruzada\]](#)
7. Zhang, J.; Zou, Q.; Tian, H. Materiales fotocromáticos: más de lo que parece. *Adv. Madre.* 2013, 25, 378–399. [\[Referencia cruzada\]](#) [\[PubMed\]](#) 8. Toshihiro, Y. Foto y electrocromismo de polioxometalatos y materiales relacionados. *Química. Rev.* 1998, 98, 307–326.
9. Chen, J.; MeiAi, L.; Feng, W.; Xiong, DQ; Liu, Y.; Cai, WM Preparación y fotocromismo de nanocompuestos basados en películas delgadas sobre polioxometalato y polietilenglicol. *Madre. Letón.* 2007, 61, 5247–5249. [\[Referencia cruzada\]](#)
10. Zeng, Oregón; Guo, SY; Sol, YB; Li, Z.; Feng, W. Propiedades fotocromáticas de luz óptica mejoradas inducidas por protonación de una película delgada híbrida de ácido fosfomolibdico inorgánico-orgánico/polianilina. *Nanomateriales* 2020, 10, 1839. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
11. Lu, C.; Sol, Y.; Liu, JL; Wang, X.; Liu, SL; Feng, W. Fotocromismo mejorado del compuesto de heteropoliácido / polivinilpirrolidona película por dopaje con TiO₂. *J. Aplica. Polímero. Ciencia.* 2015, 132, 41583. [\[Referencia cruzada\]](#)
12. Sol, Y.; Wang, X.; Lu, Y.; Xuan, L.; Xia, S.; Feng, W.; Han, X. Preparación y fotocromismo en luz visible de fosfomolibdicos. película híbrida ácido/polivinilpirrolidona. *Química. Res. Mentón. Univ.* 2014, 30, 703–708. [\[Referencia cruzada\]](#)
13. Wei, Y.; Han, B.; Dong, Z.; Feng, W. Matrices de nanotubos de TiO₂ altamente organizadas modificadas con ácido fosfomolibdico con rápido rendimiento fotocromático. *J. Mater. Ciencia. Tecnología.* 2019, 35, 1951–1958. [\[Referencia cruzada\]](#)
14. Yue, T.; Han, B.; Wang, X.; Fianza.; Feng, W. Rendimiento fotocromático instantáneo de luz visible de polvos compuestos basados en nanotubos de PMoA y ZnO. *Química. Letón.* 2019, 48, 851–854. [\[Referencia cruzada\]](#)
15. Liu Qi Hu Ch Wang, X. Síntesis hidrotérmica de puntos cuánticos de óxido de tungsteno con deficiencia de oxígeno con excelente fotocromía reversibilidad. *Aplica. Navegar. Ciencia.* 2019, 480, 404–409.
16. Li, D.; Wei, J.; Dong, S.; Li, H.; Xia, Y.; Jiao, X.; Wang, T.; Chen, D. Nuevos híbridos PVP/HTA para papel reescribible multifuncional. *Aplicación ACS. Madre. Interfaces* 2018, 10, 1701–1706. [\[Referencia cruzada\]](#) [\[PubMed\]](#)
17. Qaid, SM; Alharbi, FH; Bedja, I.; Nazeeruddin, MK; Aldwayyan, AS Reducción del umbral de emisión espontánea amplificada en películas de puntos cuánticos CsPbBr₃ mediante el control de la capa compacta de TiO₂. *Nanomateriales* 2020, 10, 1605. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
18. Canción, T.; Li, J.; Deng, Q.; Gao, Y. Preparación, caracterización, propiedades fotocromáticas y mecanismo de película compuesta PMoA/ZnO/PVP. *Moléculas* 2023, 28, 7605. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
19. Kumar, A.; Gupta, Alaska; Devi, M.; Gonsalves, KE; Pradeep, CP Ingeniería Multifuncionalidad en polioxometalatos híbridos: octamolibdatos de sulfonio aromáticos como excelentes materiales fotocromáticos y catalizadores autoseparables para la epoxidación. *Inorg. Química.* 2017, 56, 10325–10336. [\[Referencia cruzada\]](#) [\[PubMed\]](#)

Descargo de responsabilidad/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son únicamente de los autores y contribuyentes individuales y no de MDPI ni de los editores. MDPI y/o los editores renuncian a toda responsabilidad por cualquier daño a personas o propiedad que resulte de cualquier idea, método, instrucción o producto mencionado en el contenido.