



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE

DIPARTIMENTO DI FISICA E ASTRONOMIA

CORSO DI LAUREA IN SCIENZA DEI MATERIALI

TESI DI LAUREA

**MATERIALI INTELLIGENTI E FINESTRE INTELLIGENTI: UN APPROCCIO COMPLEMENTARE
AL RISPARMIO ENERGETICO**

Relatore: Chiar.ma Prof. A. Glisenti

Laureando: Giulio Piovaneli

Matricola: 1163654

Anno Accademico: 2021/2022

Indice

FINESTRE INTELLIGENTI

- Cosa sono
- Perché usarle
- Tipologie a confronto

FINESTRE ELETTROCROMATICHE

- Struttura
- Conduttore trasparente
- Film Elettrocromico
 - Struttura cristallina
 - Struttura morfologica
- Sviluppi futuri



Finestre Intelligenti

Cosa sono

Dispositivi in grado di cambiare proprietà ottiche in seguito all'applicazione di un impulso elettrico o al cambiamento delle condizioni ambientali.

Trasmittanza

Fattore solare

Consumo energetico

Cicli di vita

Tempo di attivazione

Perché usarle

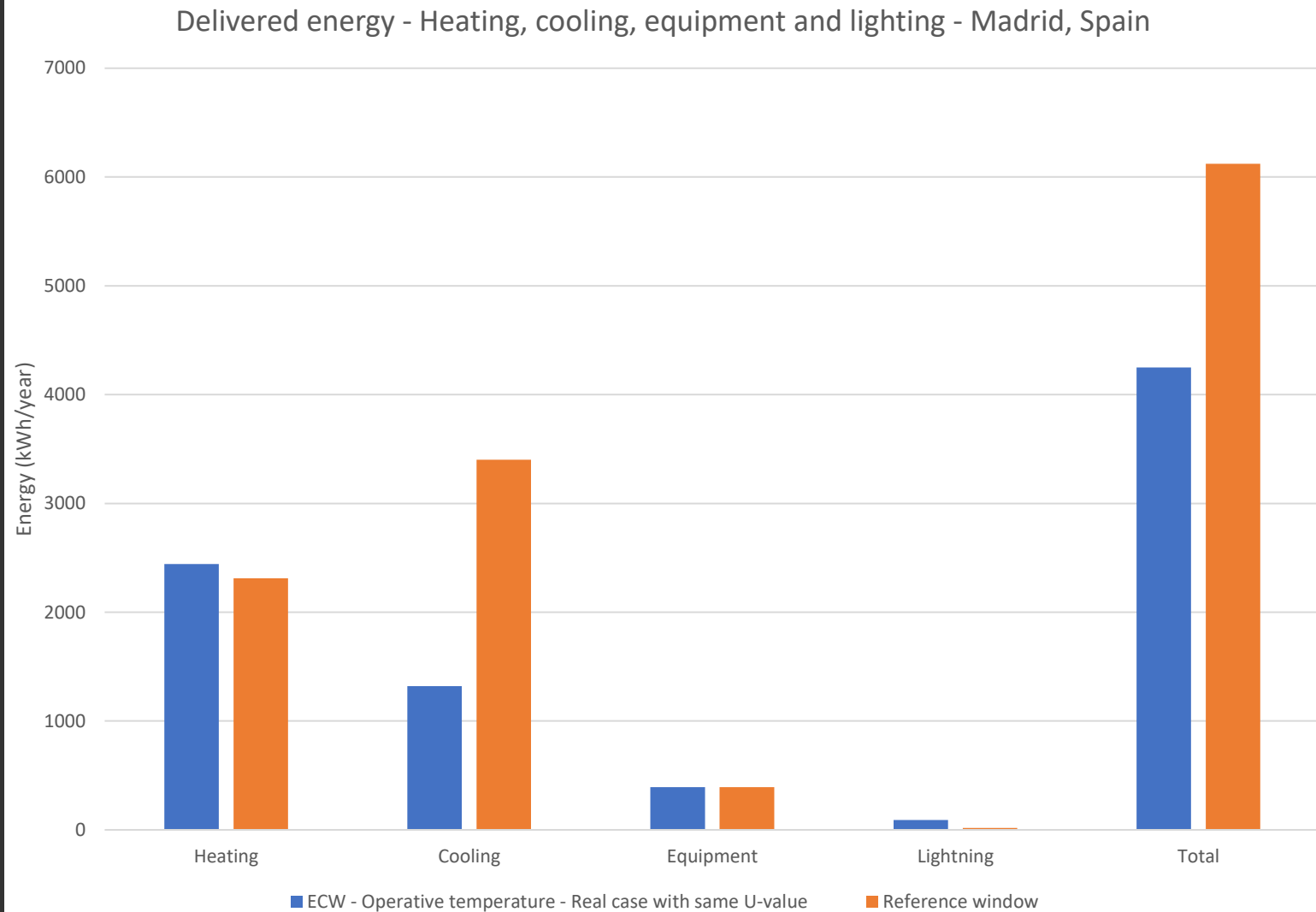


Fig.1. Confronto tra i consumi energetici di una finestra tradizionale (Arancione) e una Smart Window (Blu).

Tipologie a confronto

- Elettrocromatiche (ECW): differenza di potenziale
- Termocromatiche (TCW): differenza di temperatura
- Fotocromatiche (PCW): differenza di radiazione incidente

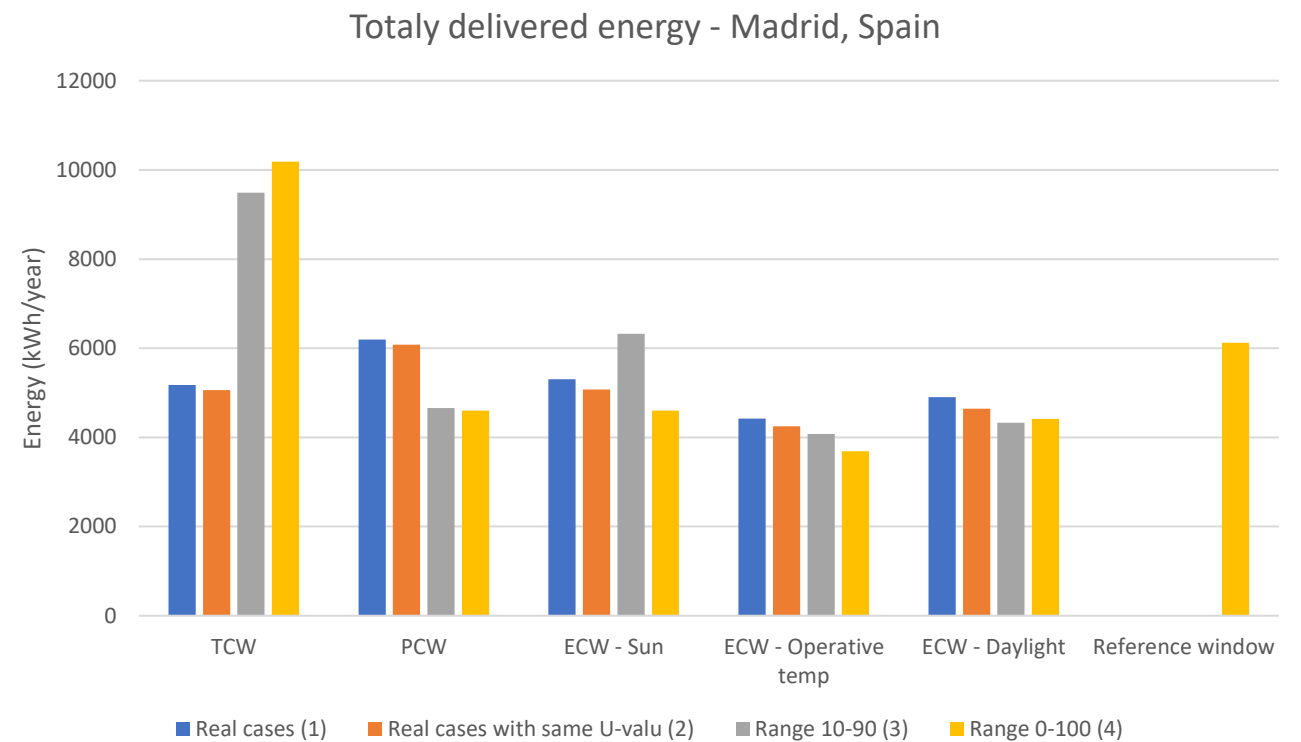


Fig.2. Consumo energetico in funzione di diverse finestre.



Finestre
Elettrocromatiche

Struttura

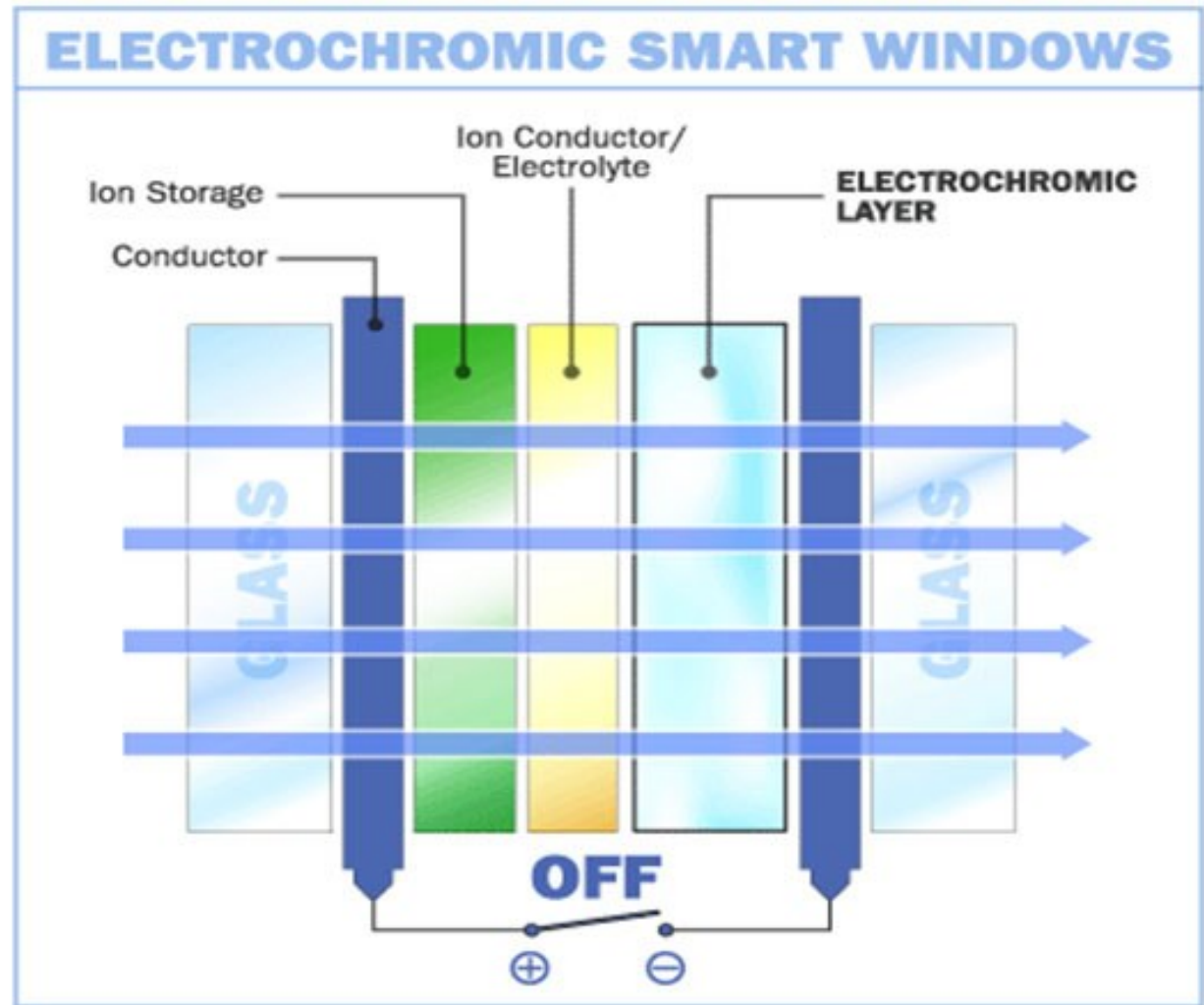


Fig.3. Schema strutturale di una finestra elettrocromatica.

Conduttore Trasparente (TCE)

-Elevata conduzione elettrica

-Alta trasparenza ottica

I TCE più usati sono:

Ossido di Indio (III) dopato Stagno (ITO)
 In_2O_3 (Sn)

Ossido di Stagno (IV) dopato Fluoro (FTO)
 SnO_2 (F)

Film Elettrocromico

Il trasferimento di ioni tra i due film EC viene usato per ottenere la colorazione e, viceversa, la trasparenza del materiale.

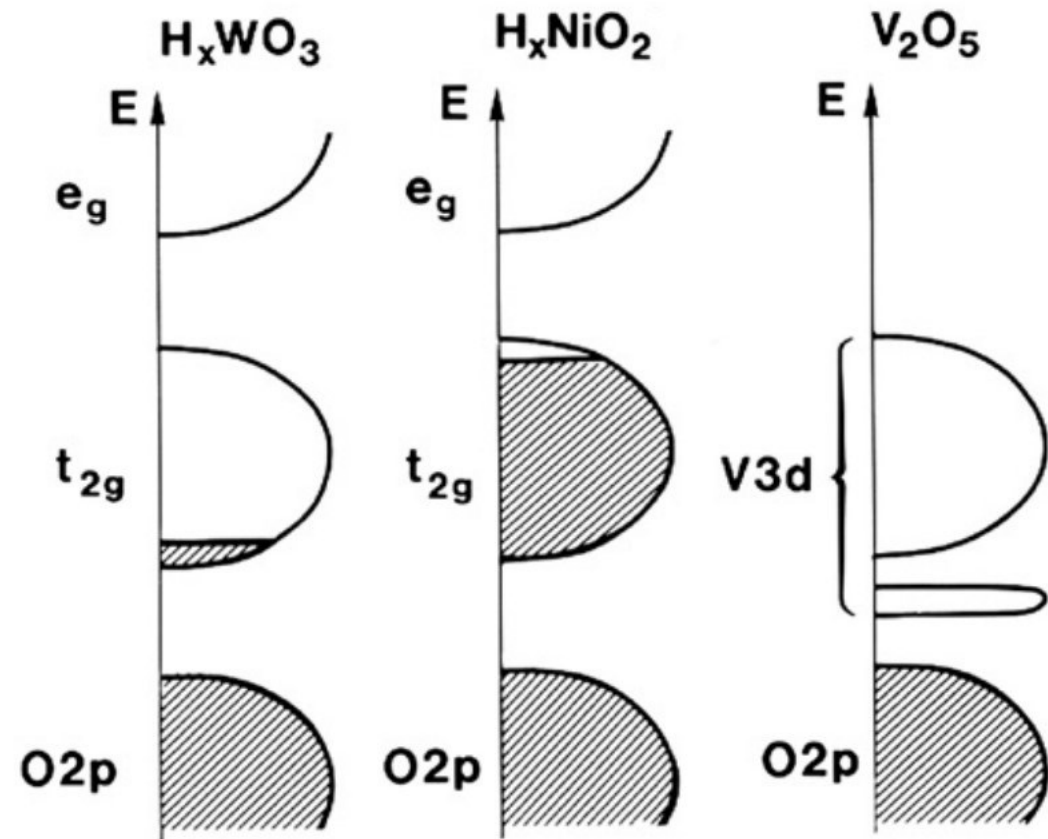
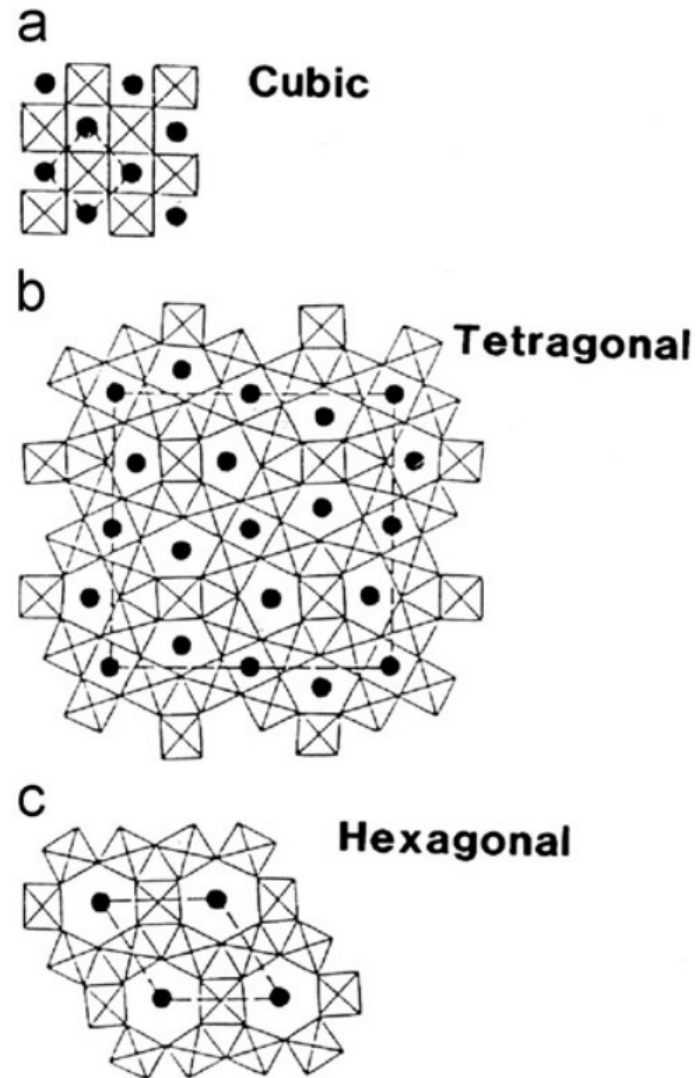


Fig.4. Struttura a bande di diversi ossidi EC. Le regioni colorate indicano gli stati occupati.

Struttura cristallina



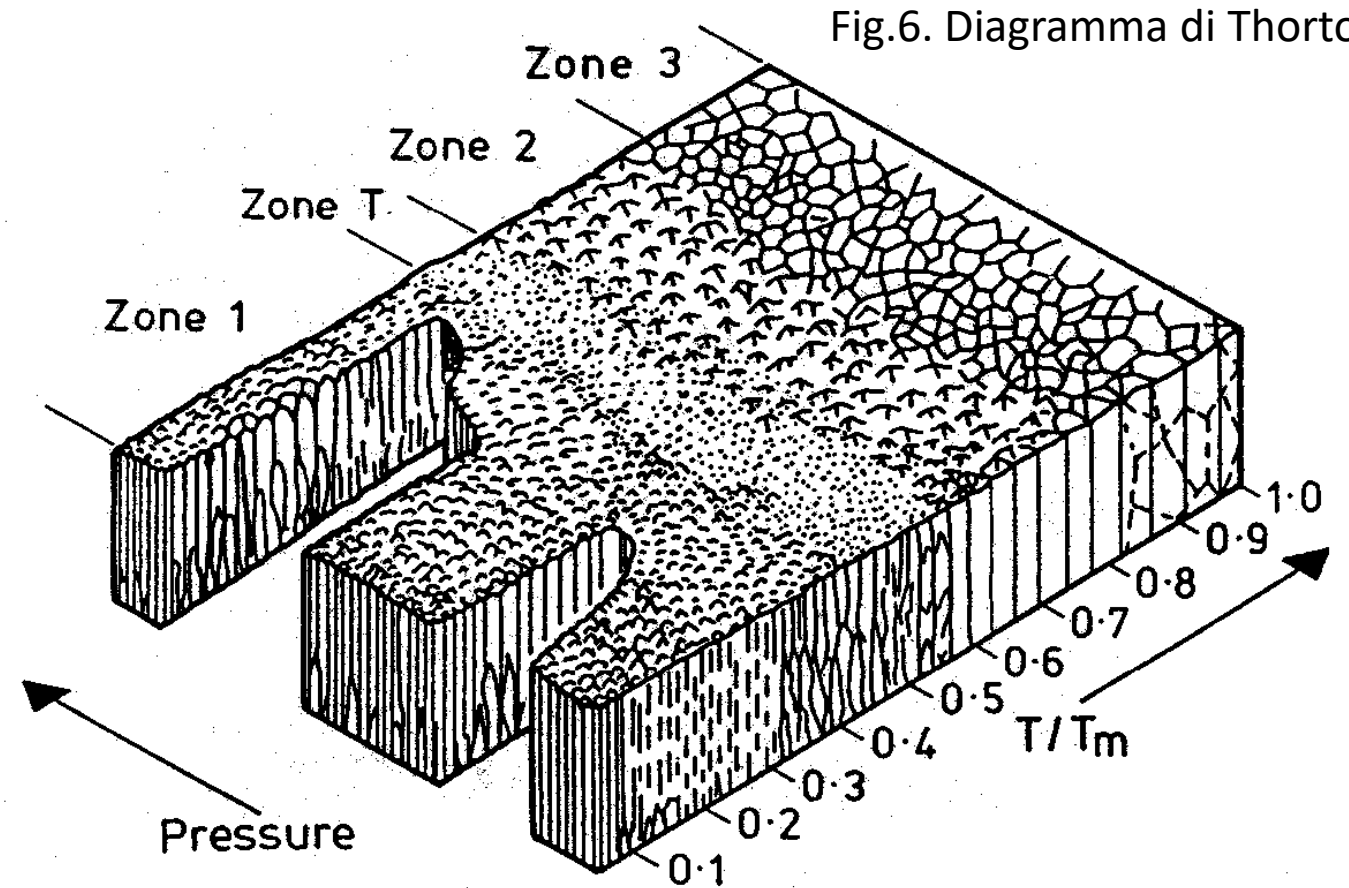
-Influenza lo spostamento degli ioni

-Struttura ottaedrica (MeO_6) permette la transizione ionica

La struttura esagonale si forma in film sottili e garantisce spazi generosi tra gli ottaedri.

Fig.5. Arrangiamento atomico nell'ossido di W.

Struttura morfologica



- Zona 1, colonnare: ideale per EC perché facilita il trasporto degli ioni
- Zona T, compatta: fornisce stabilità al film

Sviluppi futuri

Sviluppi futuri sono mirati a migliorare l'efficienza energetica delle Smart Windows e ad aumentarne le funzionalità.

A questo scopo l'unione di diverse tecnologie rappresenta il focus attuale della ricerca.

Fotovoltaico
integrato

Stoccaggio d'energia

Stoccaggio idrico

Vetri autopulenti

Humidity-responsive
device



Grazie per
l'attenzione

Si ringrazia la Chiar.ma Prof. A. Glisenti per il
prezioso aiuto nella preparazione di questo lavoro

Bibliografia

- (1) Tällberg, R.; Jelle, B. P.; Loonen, R.; Gao, T.; Hamdy, M. Comparison of the Energy Saving Potential of Adaptive and Controllable Smart Windows: A State-of-the-Art Review and Simulation Studies of Thermochromic, Photochromic and Electrochromic Technologies. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **2019**, *200*. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2019.02.041>.
- (2) Shchegolkov, A. V.; Jang, S.-H.; Shchegolkov, A. V.; Rodionov, Y. V.; Sukhova, A. O.; Lipkin, M. S. A Brief Overview of Electrochromic Materials and Related Devices: A Nanostructured Materials Perspective. *Nanomaterials* **2021**, *11* (9). <https://doi.org/10.3390/nano11092376>.
- (3) Xia, Z.-J.; Wang, H.-L.; Su, Y.-F.; Tang, P.; Dai, M.-J.; Lin, H.-J.; Zhang, Z.-G.; Shi, Q. Enhanced Electrochromic Properties by Improvement of Crystallinity for Sputtered WO₃ Film. *Coatings* **2020**, *10* (6). <https://doi.org/10.3390/COATINGS10060577>.
- (4) Colby Evans, R.; Ellingworth, A.; Cashen, C. J.; Weinberger, C. R.; Sambur, J. B. Influence of Single-Nanoparticle Electrochromic Dynamics on the Durability and Speed of Smart Windows. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **2019**, *116* (26), 12666–12671. <https://doi.org/10.1073/pnas.1822007116>.
- (5) Granqvist, C. G. Oxide Electrochromics: An Introduction to Devices and Materials. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **2012**, *99*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2011.08.021>.
- (6) Cannavale, A.; Ayr, U.; Fiorito, F.; Martellotta, F. Smart Electrochromic Windows to Enhance Building Energy Efficiency and Visual Comfort. *Energies* **2020**, *13* (6). <https://doi.org/10.3390/en13061449>.
- (7) Ke, Y.; Chen, J.; Lin, G.; Wang, S.; Zhou, Y.; Yin, J.; Lee, P. S.; Long, Y. Smart Windows: Electro-, Thermo-, Mechano-, Photochromics, and Beyond. *Adv. Energy Mater.* **2019**, *9* (39). <https://doi.org/10.1002/aenm.201902066>.