

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE

DIPARTIMENTO DI FISICA E ASTRONOMIA

CORSO DI LAUREA IN SCIENZA DEI MATERIALI

TESI DI LAUREA

VETRI CROMOGENICI (ELETTROCROMICI, FOTOCROMICI, TERMOCROMICI)

Relatore: Prof. Alberta Ferrarini

**Laureando: Nicola Pepe
1201789**

Anno accademico 2021/2022

I VETRI CROMOGENICI

- ▶ Elettrocromici
- ▶ Fotocromici
- ▶ Termocromici



Vetro elettrocromico

Elettrocromismo: variazione reversibile e persistente delle proprietà ottiche di sostanze elettroattive prodotta dall'applicazione di un campo elettrico.

Materiali elettrocromici: Ossidi di metalli di transizione, molecole organiche, polimeri (derivati di politiofeni, polipirrolo e polianilina).

Ossidi metallici: si ha l'ingresso di cationi all'interno del reticolo cristallino in grado di ridurre l'ossido.

Molecole organiche: applicando un potenziale elettrico si riduce la molecola che diventa un radical-catione stabile e dal colore brillante

Polimeri: l'ossidazione e la riduzione elettrochimica comporta l'inserzione di ioni modificando la struttura elettronica. I portatori di carica che si formano sono responsabili della modulazione ottica.

Vetro elettrocromico

Composto da 5 strati all'interno del vetro:

- ▶ 1° strato pellicola conduttiva trasparente (ITO)
- ▶ 2° strato NiO
- ▶ 3° strato elettrolita
- ▶ 4° strato film di WO_3
- ▶ 5° strato pellicola conduttiva trasparente (ITO)

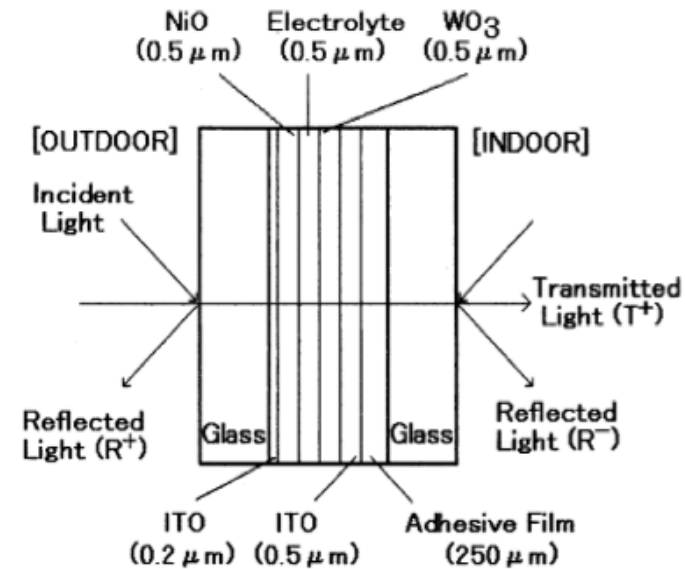


Fig.1 Schema di un vetro elettrocromico.

Vetro elettrocromico

- ▶ $WO_3(\text{clear}) + xe^- + xM^+ \rightleftharpoons M_xWO_3(\text{deepblue})$ (M=Li)
- ▶ $NiO(\text{clear}) + xOH^- \rightleftharpoons NiO(OH)_x(\text{gray}) + xe^-$

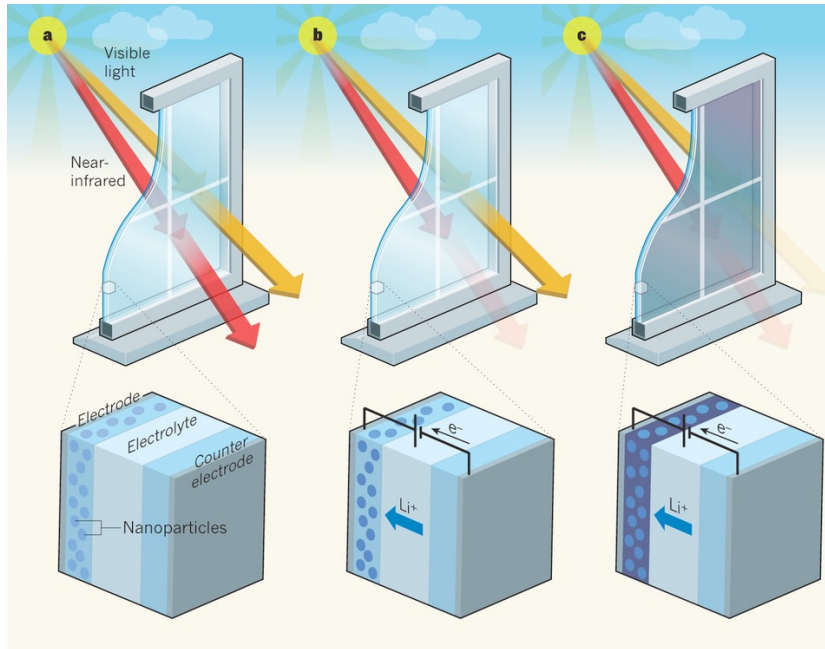


Fig.2 schema funzionamento finestra con vetro elettrocromico

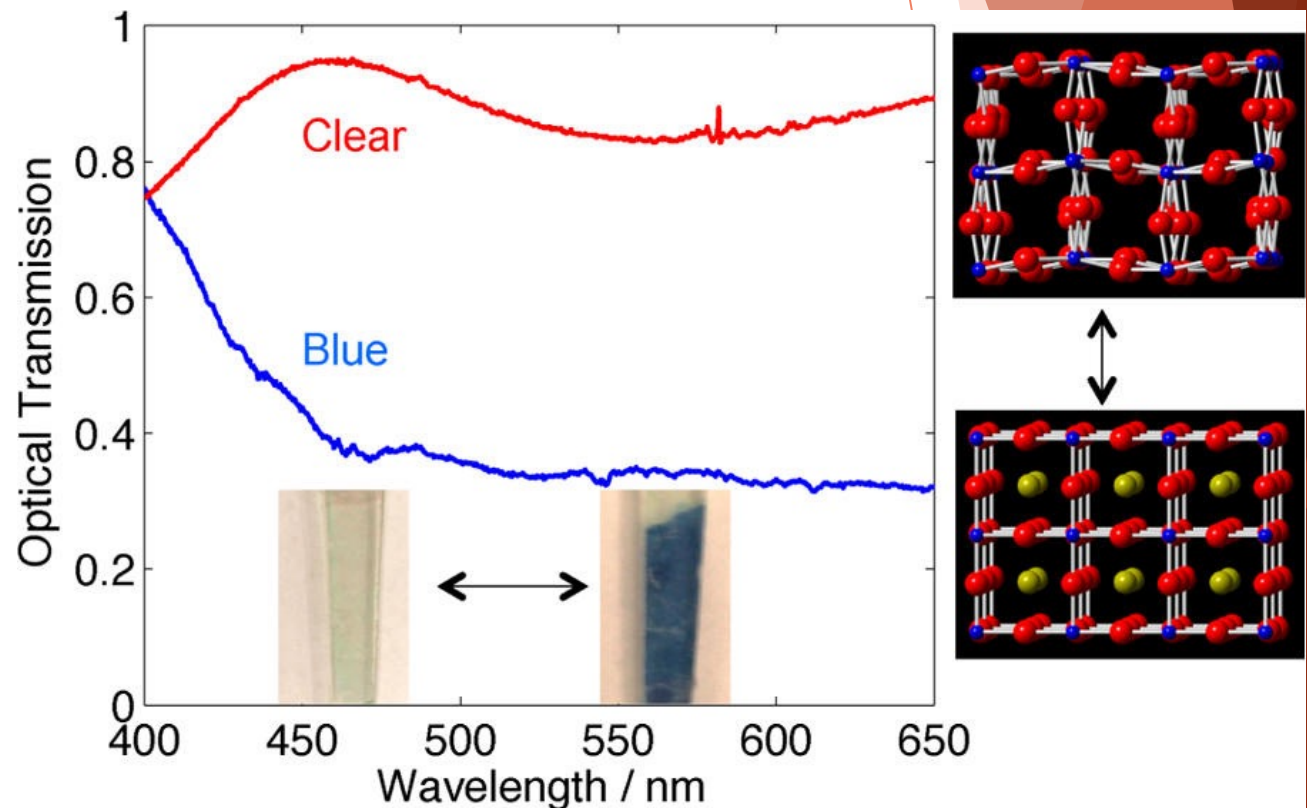


Fig.3 Spettri UV-VIS di film sottili di WO_3 in funzione del potenziale. A destra è rappresentato il cambiamento strutturale che avviene durante il cambio di colore del materiale.

Utilizzi vetro elettrocromico



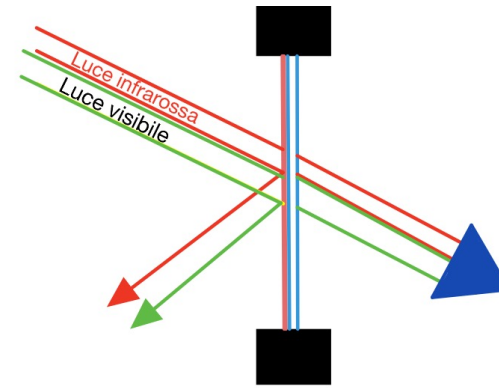
Specchi retrovisori
automobili



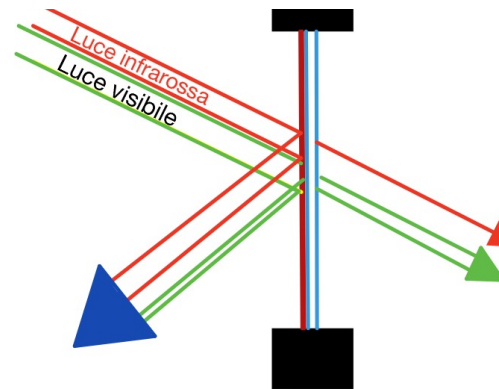
Finestre a controllo
dinamico

Vetri termocromici

- ▶ Termocromismo: Proprietà delle sostanze di cambiare colore a causa di un cambiamento di temperatura
- ▶ Il rivestimento più utilizzato è costituito da VO_2 .
- ▶ Quando la temperatura si innalza si ha il cambiamento di colore e la riduzione della trasmissione solare trasmessa

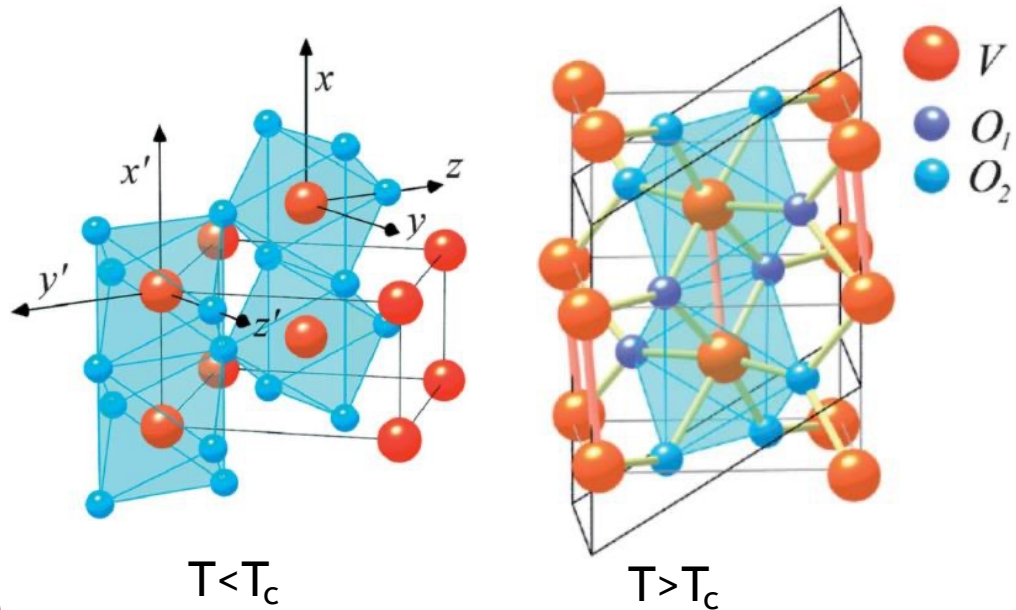


a) $T < T_c$



b) $T > T_c$

Ossido di Vanadio



- ▶ Passa dallo stato trasparente verde chiaro a uno stato traslucido grigio scuro
- ▶ Il drogaggio con W permette di abbassare la temperatura di transizione da 68°C a 30°C

Fig.4 Cambiamento struttura cristallina VO_2

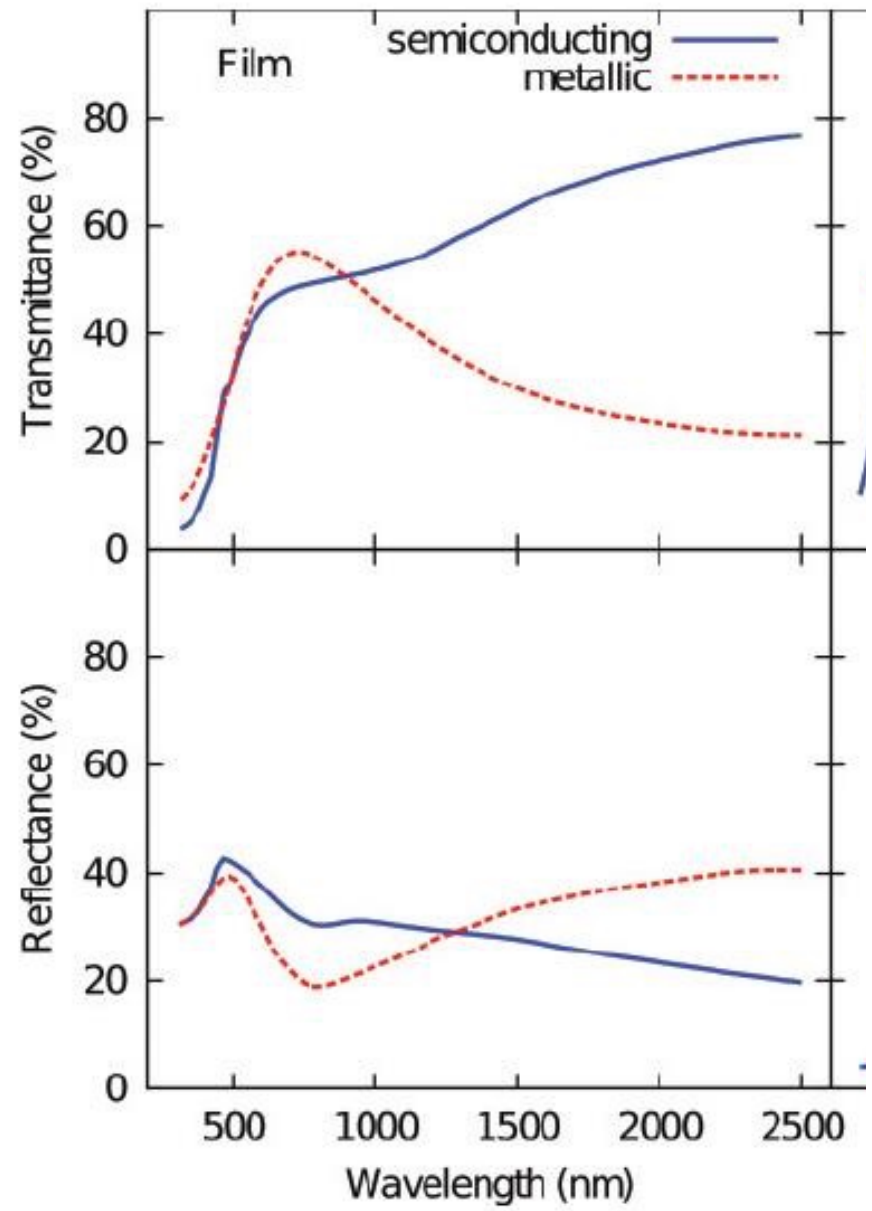


Fig.5 Confronto tra le due strutture

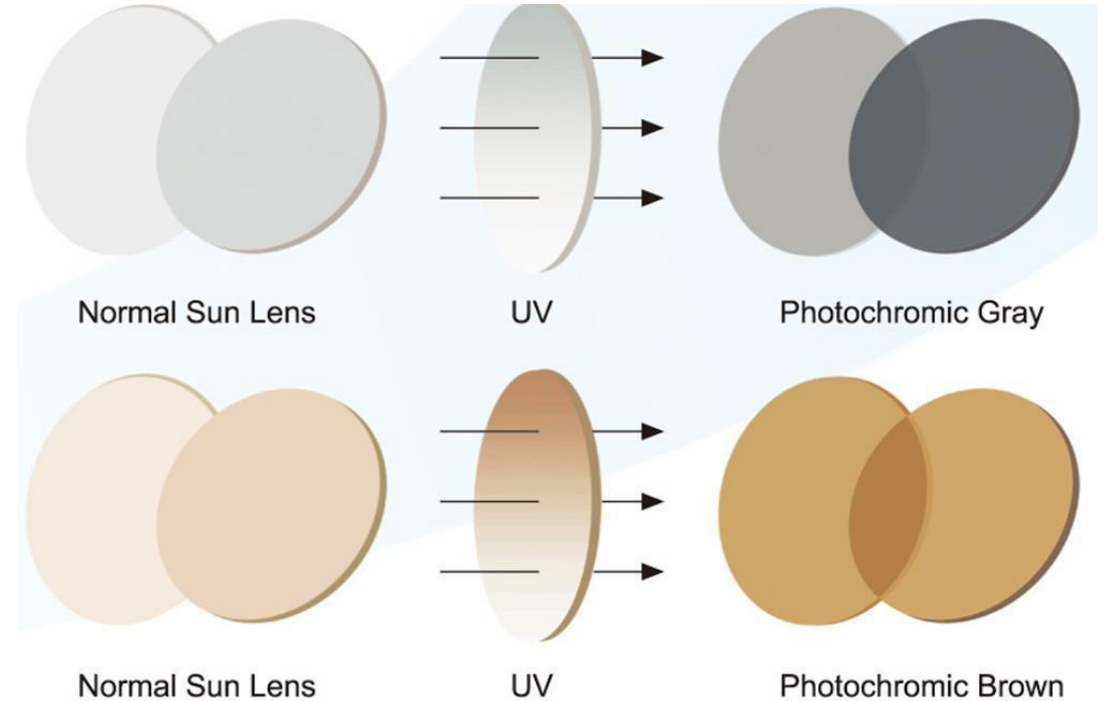
Utilizzi vetro termocromico

- ▶ Serre
- ▶ Finestre
- ▶ Vetrate



Vetri fotocromici

- ▶ Fotocromismo: trasformazione reversibile di una specie chimica tra due forme, A e B, aventi diversi spettri di assorbimento, indotta dall'assorbimento di luce.
- ▶ I più diffusi sono a base di microcristalli di alogenuri di argento (cloruri, bromuri, ioduri)
- ▶ Esistono anche vetri rivestiti con composti organici fotocromici



Principio di funzionamento

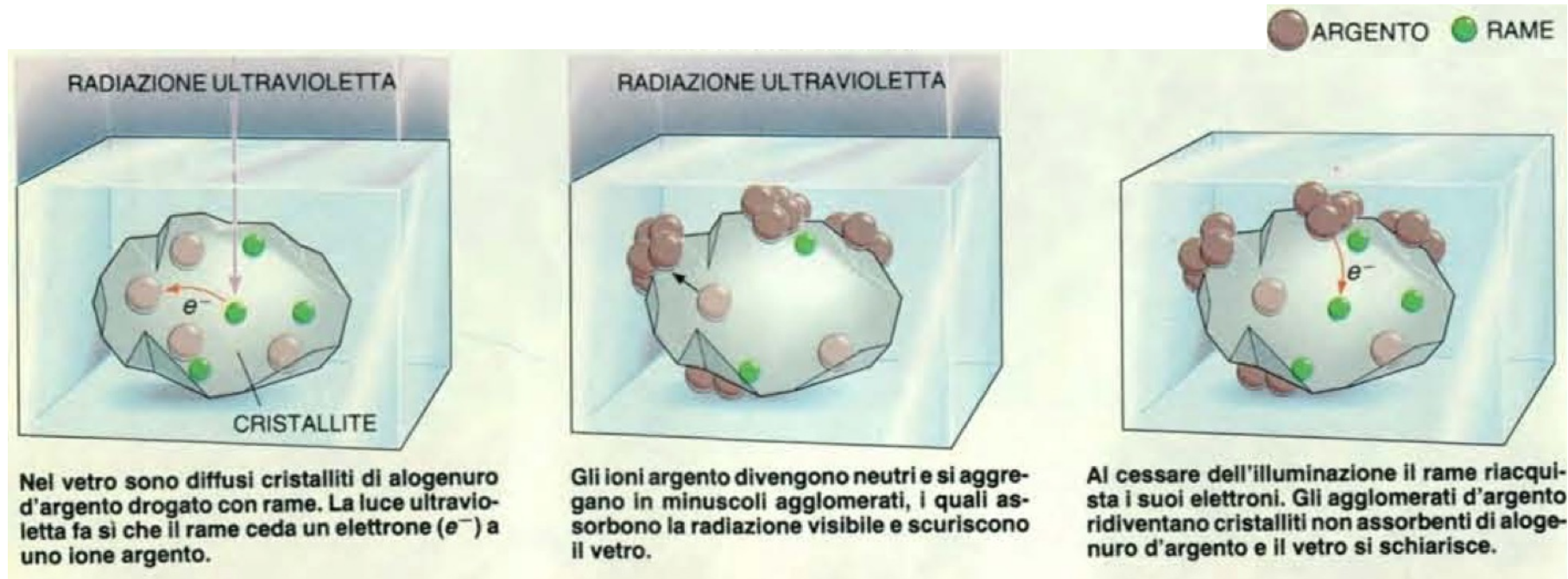


Fig.6 Schema del funzionamento di un vetro fotocromico



Utilizzi vetro fotocromico

- ▶ Lenti per occhiali
- ▶ Finestre
- ▶ Vetrate

Tecnologie a confronto

Vetri elettrocromici

- ▶ Necessitano di un potenziale applicato dall'esterno
- ▶ Sono comandabili dall'utenza
- ▶ Durabilità di circa 4000-6000 cicli
- ▶ Costo elevato

Vetri termocromici

- ▶ Non necessitano di alimentazione
- ▶ Sono autoregolanti
- ▶ Scarsa durabilità
- ▶ Costo contenuto

Vetri fotocromici

- ▶ Non necessitano di alimentazione
- ▶ Sono autoregolanti
- ▶ Buona durabilità
- ▶ Costo elevato
- ▶ Riflessione della radiazione anche nei mesi invernali

Bibliografia

- ▶ Superfici mutevoli. Le tecnologie innovative dei vetri cromogenici per il progetto di involucri a prestazioni variabili. Alessandro Claudi de Saint Mihiel, 50-60 (2005)
- ▶ Valutazione della prestazione energetica e visiva di sistemi trasparenti elettrocromici e di differenti strategie di controllo. Manuela Baracani, 29-32 (2018)
- ▶ One-step ball milling synthesis of VO₂ (M) nanoparticles with exemplary thermochromic performance. Chiyuan Wang, Huiyan Xu, Tongyao Liu, Shuaijun Yang, Yong Nie, Cheng Wang, Xiaodan Guo, Binbin Wang, Xin Ma, Xuchuan Jiang (2021)
- ▶ Integrazione di sistemi di controllo avanzati per sistemi di facciata responsivi. Noemi Dipierro, 7-11 (2021)
- ▶ Adaptive resilient envelopesinnovazione e sperimentazione negli involucri cromogenici e a cambiamento di fase Tucci Fabrizio; Cecafofosso Valeria; Turchetti Gaia
- ▶ Dispositivi innovativi per l'efficienza energetica in edilizia. Alessandro Cannavale
- ▶ Studio della transizione di fase metallo-isolante del VO₂ mediante tecniche di riflessione. Riccardo Sabatini, 4-7 (2002)
- ▶ Vetri fotoreattivi, Donald M. Trotter Jr. Le Scienze n. 274, giugno 1991