



# Serie AIR

Ossidazione  
fotocatalitica del  
TiO<sub>2</sub>

**ijen**  
by **SILAP**

YOUR BREATH YOUR AIR OUR LIGHT

## iJen AIR - Ossidazione fotocatalitica del TiO<sub>2</sub>

Il nostri prodotti della serie iJen Air sono verniciati con polveri che contengono biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>).

L'azione germicida del TiO<sub>2</sub> (irraggiato con la luce UVC all'interno della struttura dell'iJen AIR) abbinato a quella della luce UVC permette una sanificazione dell'aria notevolmente superiore al 99%.

### Il biossido di titanio

Il biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>) è un materiale semiconduttore, utilizzato come fotocatalizzatore o fotopromotore per la degradazione di composti organici o inorganici in soluzione o fase gas sotto irraggiamento UV.

La capacità di promuovere tali trasformazioni chimiche lo rendono molto interessante per applicazioni nell'ambito del disinquinamento ambientale e per la purificazione dell'aria.

Il biossido di titanio (o titania) si trova in natura in diverse forme: anatasio, brookite e rutilo. Delle tre forme la più stabile termodinamicamente è il rutilo, che viene ampiamente utilizzato industrialmente come pigmento bianco nelle pitture.

Alla scala nanometrica (in polvere) invece è più stabile l'anatasio, che tra le diverse forme è anche la più efficiente nei processi fotocatalitici ed è quindi quella più utilizzata per l'abbattimento dell'inquinamento e della purificazione dell'aria.

Il TiO<sub>2</sub> è un semiconduttore che agisce come catalizzatore di una reazione (*ossidazione fotocatalitica*) che avviene a causa dell'energia portata da un fotone, a sua volta emesso dal sole o da una lampada a raggi UV. Il titanio non interviene nella reazione, non cambia la propria struttura, né il suo stato: favorisce soltanto la reazione fotocatalitica prestando i suoi elettroni che successivamente riacquista dall'ambiente.

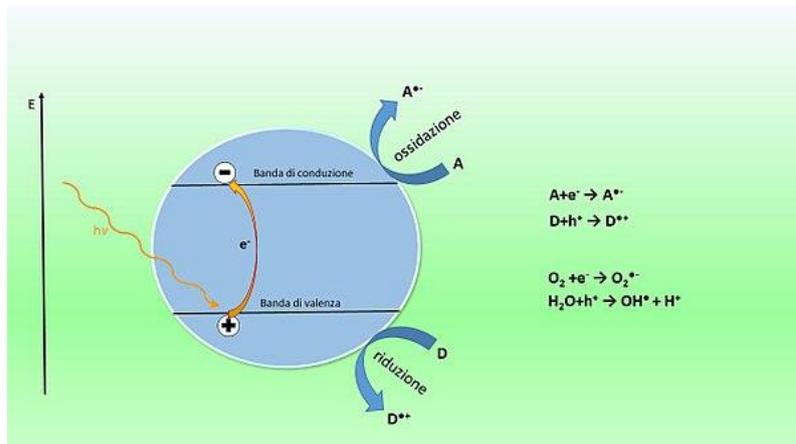
### Come funziona l'ossidazione fotocatalitica del TiO<sub>2</sub>?

La **fotocatalisi** è un metodo catalitico applicato a reazioni fotochimiche, condotto mediante l'ausilio di un catalizzatore che esplica la sua azione quando irradiato con luce di opportuna lunghezza d'onda.

I fotocatalizzatori classici sono rappresentati da composti metallici quali TiO<sub>2</sub>, più attivo e più utilizzato, ZnO, CeO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, CdS, ZnS ecc.

Per la fotocatalisi vengono utilizzati materiali semiconduttori per via della loro particolare struttura a bande: infatti, in un semiconduttore le bande di valenza e di conduzione sono separate da una banda proibita, o band gap, in cui gli elettroni non possono trovarsi.

Quando il cristallo di semiconduttore viene colpito da una radiazione, ad una certa frequenza, proporzionale all'energia emessa ( $E_{hv}$ ) e pari o superiore all'entità del band gap ( $E_{gap}$ ), un elettrone (-) della banda di valenza può assorbire l'energia del fotone ( $E_{hv}$ ) e passare alla banda di conduzione, lasciando una lacuna nella banda di valenza (+), come mostrato nella figura sotto riportata. Come risultato, troviamo una lacuna (+ o  $h^+$ ) nella banda di valenza ed un elettrone libero nella banda di conduzione (- o  $e^-$ ).



A questo punto, durante il processo di fotocatalisi, lacune ed elettroni possono reagire con specie donatori (D) e accettori (A) di elettroni.

Gli accettori di elettroni sono specie chimiche in grado di accettare elettroni durante una reazione di ossidoriduzione (redox). Tali accettori sono agenti ossidanti e nella reazione redox vengono ridotti.

I donatori di elettroni sono specie chimiche in grado di donare elettroni ad un'altra specie chimica durante una reazione di ossidoriduzione (redox). Tali donatori sono agenti riducenti e nella reazione redox vengono ossidati.

I prodotti, che si formano a seguito della reazione redox sulla superficie del cristallo del semiconduttore, sono radicali liberi e sono fortemente reattivi, in grado quindi di attaccare altri componenti del sistema, quali agenti inquinanti, microrganismi come virus o batteri..

Il semiconduttore, più utilizzato nei processi di ossidazione fotocatalitica, per il suo basso costo e la sua facile reperibilità in natura, è il **biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>)** che possiede un band gap intorno ai 3,2 eV, corrispondente a lunghezze d'onda dell'UV.

Il biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>) è un ottimo fotocatalizzatore capace di degradare gli inquinanti organici ed inorganici (SOV, composti organici volatili, ed NO<sub>x</sub>, ossidi d'azoto) prodotti dall'attività umana.

I principali agenti inquinanti presenti in atmosfera sono:

- anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)
- ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>)
- ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)
- monossido di carbonio (CO),
- idrocarburi policiclici aromatici (IPA),
- particolato (PM<sub>10</sub>)
- composti organici volatili (COV), principali responsabili dei cattivi odori all'interno degli ambienti chiusi:
  - Tricloroetilene (C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>)
  - Acetone (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O)
  - 1-Butanolo (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O)
  - Butanale (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O)
  - m-Xilene (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>)
  - 1,3-Butadiene (C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>)
  - Toluene (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>)
  - Formaldeide (CH<sub>2</sub>O)

L'azione fotocatalitica del biossido di titanio, per esempio, permette di decomporre i COV in sostanze innocue come CO<sub>2</sub> e acqua.

Inoltre la fotocatalisi del TiO<sub>2</sub> trasforma le sostanze inquinanti in sali (nitrati di sodio e di calcio) ed anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). I sali si depositano al suolo e vengono rimossi per la semplice azione del vento e della pioggia, mentre l'anidride carbonica si disperde naturalmente nell'atmosfera. Quindi i prodotti di questo processo sono assolutamente innocui per l'ambiente e per la salute dell'uomo (un famoso esempio di questa applicazione è il Palazzo Italia dell'Expo 2015).

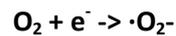
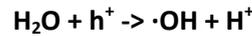
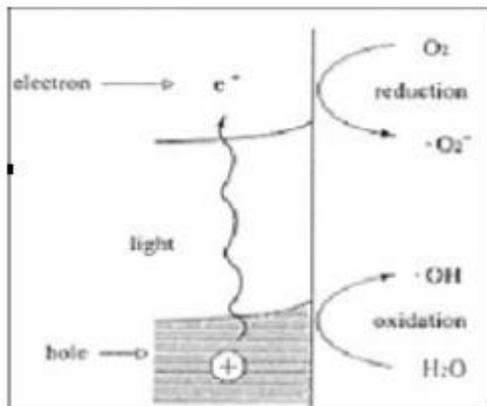
### Azione virucida e battericida

L'effetto battericida e virucida per azione fotocatalitica del TiO<sub>2</sub> è dovuto alla formazione di **Specie Reattive all'Ossigeno (ROS)** tra cui il radicale idrossile ·OH e lo ione super-ossido ·O<sub>2</sub><sup>-</sup>, generato dal processo di fotocatalisi del Biossido di Titanio colpito da una radiazione luminosa (UV). La maggior parte degli studi ha condotto sempre alla stessa conclusione, ovvero che il **radicale idrossile HO·** e e gli ioni **super-ossido ·O<sub>2</sub><sup>-</sup>** sono le specie principali coinvolti nell'azione battericida e virucida della fotocatalisi.

I radicali idrossili, avendo una durata estremamente breve, devono essere generati in prossimità della membrana delle cellule che compongono i microrganismi patogeni, affinché siano in grado di eliminarne i componenti.

Gli ioni super-ossido sono particelle fortemente reattive in grado di poter ossidare materiali organici.

La figura qui di seguito riporta la reazione di ossido-riduzione sulla superficie del TiO<sub>2</sub>:



Il tempo di vita estremamente breve del **radicale idrossile HO·** ed il fatto di essere prodotto su una superficie, lo rende **innocui** verso le persone.

Il radicale idrossile è un agente ossidante estremamente potente. Proprio per la sua forte capacità ossidativa, l'ossidazione fotocatalitica può effettivamente igienizzare, deodorare e purificare l'aria, l'acqua e diverse superfici.

L'aggressività dei radicali **HO·** che si formano alla superficie delle nanoparticelle di TiO<sub>2</sub> per effetto della radiazione UV impedisce la proliferazione di microorganismi e di biofouling.

Inizialmente l'elevato potere ossidante dei radicali provoca dei danni alla parete cellulare esterna dei microorganismi che entrano in contatto con la superficie fotocatalitica. Senza più una protezione dall'ambiente esterno vengono successivamente attaccate le membrane citoplasmatiche interne causando un deflusso dei fluidi intracellulari che porta la cellula verso una rapida morte.

Questo potente effetto biocida permette di utilizzare nanorivestimenti a base di biossido di titanio in applicazioni come pitture antivegetative o per la preservazione di beni architettonici e artistici.

La fotocatalisi non solo uccide le cellule dei batteri, ma le decompone. È stato verificato che il biossido di titanio è più efficace di qualsiasi altro agente antibatterico, perché la reazione fotocatalitica avviene anche quando ci sono cellule che coprono la superficie e la moltiplicazione dei batteri è attiva, attivandosi sulla superficie ed aggirando il biofilm creato dai batteri è efficace dove i sanificanti chimici tradizionali risultano meno performanti. Inoltre, l'endotossina derivante dalla morte della cellula viene decomposta per merito dell'azione fotocatalitica.

Il biossido di titanio non si degrada e mostra un effetto antibatterico e virucida a lungo termine. In linea generale, la disinfezione mediante biossido di titanio è 3 volte più efficace di quella che si ottiene con il cloro, e 1.5 volte dell'ozono.

#### Riferimenti

<http://www.titanio.steikos.com/>

<http://www.purehealth.it/>

<https://it.wikipedia.org/wiki/Fotocatalisi>