

# NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG VÀ MỘT SỐ ỨNG DỤNG QUAN TRỌNG CỦA VẬT LIỆU NANO TiO<sub>2</sub>

**Trần Kim Cương**

*Trường Đại học Thủ Dầu Một*

## TÓM TẮT

*Vật liệu có cấu trúc nano nói chung và nano TiO<sub>2</sub> nói riêng ngày càng có ứng dụng nhiều và quan trọng trong khoa học kỹ thuật và đời sống hàng ngày. Ứng dụng đặc biệt quan trọng của nano TiO<sub>2</sub> là trong lĩnh vực quang xúc tác làm sạch và khử độc môi trường, trong lĩnh vực năng lượng sử dụng để chế tạo pin nhiên liệu và pin mặt trời quang điện hoá, giải quyết vấn đề an ninh năng lượng cho loài người trong tương lai gần, trong lĩnh vực linh kiện điện tử để lưu trữ và truyền dẫn thông tin với dung lượng lớn và thể tích nhỏ. Nguyên lý hoạt động và những ứng dụng cơ bản của vật liệu nano TiO<sub>2</sub> sẽ được đề cập trong bài báo này.*

**Từ khoá:** *nano TiO<sub>2</sub>, quang xúc tác TiO<sub>2</sub>, ứng dụng TiO<sub>2</sub>, pin mặt trời TiO<sub>2</sub>*

\*

## 1. Mở đầu

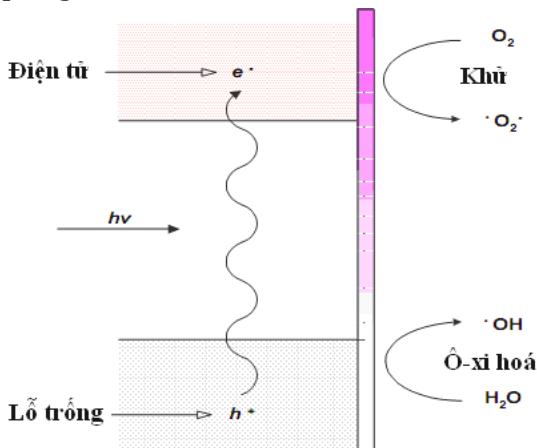
Công nghệ vật liệu nano đã và đang mở ra một triển vọng ứng dụng lớn lao trong cuộc sống của toàn nhân loại. Các nghiên cứu về vật liệu nano trong hơn một thập kỉ qua đã tạo ra những đột phá quan trọng trong khoa học và công nghệ. Nano TiO<sub>2</sub> là một trong số những vật liệu nano tiêu biểu đã được nghiên cứu và đã đạt được những thành tựu đáng kể. Các nước trên thế giới hàng năm đã đầu tư hàng chục tỉ USD vào nghiên cứu công nghệ chế tạo, ứng dụng và sản xuất vật liệu nano TiO<sub>2</sub>; đã phát triển rất nhiều phương pháp chế tạo nano TiO<sub>2</sub> từ nhiều vật liệu ban đầu khác nhau. Khả năng ứng dụng của vật liệu này cũng rất phong phú và đa dạng, ngoài những ứng dụng

kinh điển như làm chất màu trắng trong sơn, chất dẻo và giấy, làm chất độn chức năng, ắc quy titan và hóa chất... Những ứng dụng mới của vật liệu TiO<sub>2</sub> kích thước nano là hoạt động quang hóa trên bề mặt tự làm sạch, nhất là vật liệu xây dựng, dùng làm lớp phủ cho kính tự sạch, các ứng dụng điện tử và phân hủy xúc tác quang hóa, bảo vệ đối với bức xạ tử ngoại của mặt trời, làm sạch không khí, phân hủy dư lượng thuốc trừ sâu, làm sạch nước thải, bảo vệ môi trường, dùng làm xúc tác trong các nhà máy phát điện lạnh và trong ô tô có thể phân hủy tối đa các nitơ oxit phát ra từ quá trình cháy nhiên liệu, vật liệu chống nóng, sử dụng trong lĩnh vực năng lượng như pin nhiên liệu và pin mặt trời quang điện hoá... Trong bài

báo này, chúng tôi đề cập đến nguyên lí hoạt động trong những ứng dụng quan trọng nhất của nano TiO<sub>2</sub> là quang xúc tác, linh kiện điện tử và pin mặt trời.

## 2. Quang xúc tác TiO<sub>2</sub>

Chất xúc tác là chất có tác dụng làm giảm năng lượng hoạt hoá của phản ứng hoá học và không bị mất đi sau phản ứng. Nếu quá trình xúc tác được kích hoạt bằng ánh sáng thì được gọi là sự quang xúc tác. Chất có tính năng kích hoạt các phản ứng hóa học khi được chiếu sáng gọi là chất quang xúc tác. Nhiều hợp chất bán dẫn oxit vùng cấm rộng như TiO<sub>2</sub>, ZnO, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>... đều có tính năng quang xúc tác, nhưng nano TiO<sub>2</sub> là một vật liệu quang xúc tác điển hình.



**Hình 1:** Cơ chế phản ứng trên bề mặt quang xúc tác TiO<sub>2</sub> [19]

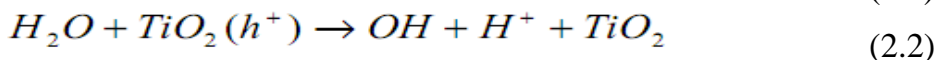
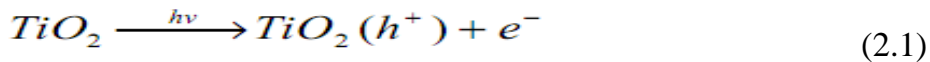
Khi hấp thụ ánh sáng tử ngoại có bước sóng  $\geq 3,2$  eV thì điện tử ở vùng hoá trị chuyển lên vùng dẫn và TiO<sub>2</sub> trở thành ở trạng thái kích thích (hình 1). Với năng lượng vùng cấm 3,2 eV hạt nano TiO<sub>2</sub> ở trạng thái kích thích là một môi trường ôxi hoá khử mạnh nhất trong các môi trường đã biết (bảng 1).

**Bảng 1:** Thế ôxi hóa của một số chất thông dụng [19]

Chất ôxi hóa	Thế ôxi hóa (V)
Gốc hydroxyl (-OH)	2.8
Gốc sulfat	2.6
Ozon	2.1
Hydrogen peroxide (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	1.8
Thuốc tím (KMnO <sub>4</sub> )	1.7
Chlorine dioxide	1.5
Clo	1.4
Oxi	1.2
Brom	1.1
lot	0.76

Từ bảng 1 ta thấy nano TiO<sub>2</sub> có khả năng ôxi hoá mạnh gấp gần 1,5 lần so với ozon, gấp 2,3 lần so với clo, gấp 2,6 so với oxi. Với thế ôxi hoá 3,2 V dưới tác động của ánh sáng tử ngoại nano TiO<sub>2</sub> có khả năng phân huỷ rất mạnh các chất độc hại trong môi trường. H<sub>2</sub>O hấp thụ trên bề mặt của TiO<sub>2</sub> bị các lỗ trống ôxi hoá sau đó tạo ra gốc hydroxyl ôxi hoá (OH)\*. Tiếp theo, gốc hydroxyl này phản ứng với các chất hữu cơ. Nếu O<sub>2</sub> tồn tại trong quá trình phản ứng, thì các gốc (sản phẩm trung gian của các hợp chất hữu cơ) và các phân tử ôxi bắt đầu phản ứng. Sản phẩm cuối cùng của sự phân huỷ các chất hữu cơ là CO<sub>2</sub> và nước. Mặt khác, điện tử (e<sup>-</sup>) khử ôxi và tạo ra ion siêu oxide O. Ion siêu ôxi này tạo ra peroxide, trở thành sản phẩm trung gian của phản ứng ôxi hoá, hoặc tạo ra nước thông qua hydrogen peroxide.

Các phản ứng của quá trình quang xúc tác xảy ra trên bề mặt TiO<sub>2</sub> có thể được mô tả bằng những phản ứng sau:



Trên cơ sở phản ứng quang xúc tác, TiO<sub>2</sub> có thể được sử dụng để làm pin nhiên liệu và làm chất xúc tác cho các quá trình làm sạch môi trường.

### 3. Một số ứng dụng tiêu biểu của quang xúc tác TiO<sub>2</sub>

TiO<sub>2</sub> là vật liệu không có độc tính. Vì vậy, đặc tính quang xúc tác của nó có thể được sử dụng trong nhiều mục đích khác nhau.

Các gốc hóa học hoạt động và các điện tích sinh ra khi nano TiO<sub>2</sub> được kích hoạt có khả năng phá hủy các chất độc hữu cơ, nấm mốc [20,24]. Một số kết quả đã đạt được của việc sử dụng vật liệu này trong lĩnh vực làm sạch được liệt kê dưới đây:

– TiO<sub>2</sub> có khả năng làm sạch môi trường không khí thông qua việc phân huỷ các hợp chất hữu cơ độc hại như NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, NH<sub>3</sub> [2,13,29,36] có trong môi trường không khí thành những chất đơn giản không độc hại. Nó được sử dụng trong các thiết bị lọc không khí và khử mùi trong bệnh viện, văn phòng, nhà ở...

– TiO<sub>2</sub> có khả năng phân huỷ các hợp chất gây ô nhiễm trong môi trường nước như muối clorua hữu cơ [5], dioxin [5,31],

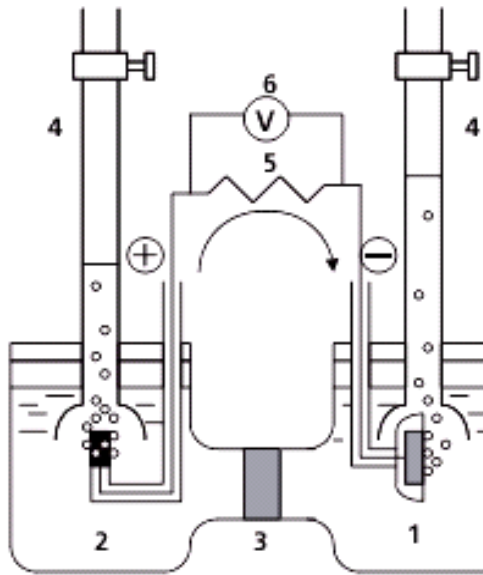
tetrachlorethylene, trihalomethane và những chất có hại khác [37]. Việc làm sạch nước dựa trên hiệu ứng quang xúc tác có khả năng loại bỏ ion kim loại nặng trong nước, khắc phục được những nhược điểm của các phương pháp làm sạch truyền thống. Nó được ứng dụng trong các bộ lọc nước sinh hoạt và làm sạch nước trong chu trình nuôi trồng thủy sản khép kín.

– TiO<sub>2</sub> kháng khuẩn bằng cơ chế phân huỷ nên có thể sử dụng để diệt vi khuẩn, virus, nấm mốc... [35,40,45].

Dưới tác dụng của bức xạ tử ngoại (UV), TiO<sub>2</sub> trở thành một môi trường kỵ nước hay ái nước tùy thuộc vào bản chất vật liệu. Khả năng này được ứng dụng để tạo ra các bề mặt tự tẩy rửa hoặc các thiết bị làm lạnh thông qua việc tạo điều kiện cho nước bay hơi.

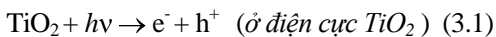
Khả năng quang xúc tác của nano TiO<sub>2</sub> đang được nghiên cứu trong công nghệ chế tạo pin nhiên liệu:

Pin nhiên liệu sản sinh ra năng lượng dựa trên phản ứng tách nước. Màng TiO<sub>2</sub> đóng vai trò là điện cực quang của loại pin này [14]. Hình 2 mô tả cấu trúc của pin nhiên liệu.

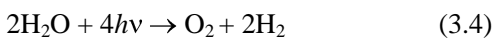


**Hình 2:** Cấu trúc của pin nhiên liệu (1) điện cực  $TiO_2$ ; (2) điện cực đối Pt; (3) lớp ngăn cản sự dẫn ion; (4) ống lấy khí; (5) điện trở tải; (6) đồng hồ đo điện áp [23]

Khi bề mặt điện cực  $TiO_2$  được chiếu sáng bởi ánh sáng có bước sóng thích hợp ( $\lambda \leq 415 \text{ nm}$ ) trên bề mặt các điện cực xảy ra các phản ứng sau [23]:



Phản ứng tổng hợp cho cả quá trình:

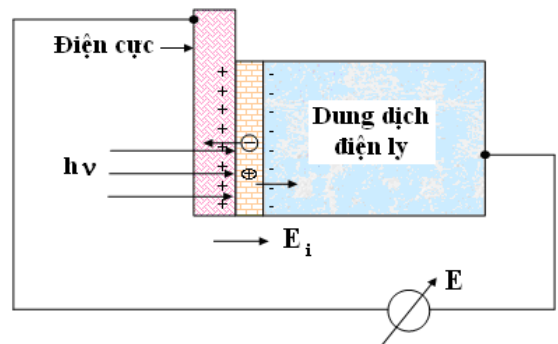


Dòng quang điện sinh ra sẽ đi từ điện cực đối platin, qua mạch ngoài rồi đến điện cực  $TiO_2$ . Hướng đi này cho thấy phản ứng ôxi hóa (sinh ra ôxi) diễn ra trên bề mặt điện cực  $TiO_2$  và phản ứng khử (sinh ra hydro) diễn ra tại điện cực platin. Người ta đã chế tạo pin nhiên liệu với điện cực sử dụng ống nano  $TiO_2$  để tăng hiệu suất của phản ứng tách nước. Hiệu suất lượng tử tại bước sóng 337nm

đã lớn hơn 90% và tốc độ thu được lượng khí hydro là 24 ml/Wh. Hiệu suất tổng thể đạt 6,8%. Cho đến năm 2005, đây là hiệu suất cao nhất thu được đối với pin quang điện hóa sử dụng nano oxit titan [14].

#### 4. Pin mặt trời

Hiệu ứng quang điện hoá: Khi có sự tiếp xúc giữa điện cực với dung dịch chất điện li thì ở bề mặt tiếp xúc giữa chúng xuất hiện một thế điện cực (hình 3). Khi điện cực được chiếu sáng, xuất hiện các cặp điện tử - lỗ trống không cân bằng. Nếu dung dịch điện li là một chất ôxi hoá khử thì trong mạch sẽ xuất hiện một suất quang điện động điện có giá trị phụ thuộc vào bản chất của vật liệu làm điện cực và dung dịch điện li. Từ phép đo giá trị của suất quang điện động, có thể biết được trong vật liệu bán dẫn làm điện cực quang có chứa tạp chất hay không.



**Hình 3:** Nguyên lí pin mặt trời quang điện hóa

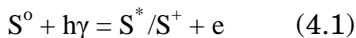
Pin mặt trời quang điện hoá làm nhạy quang bằng chất màu (DSSC):

Cấu trúc xốp và thời gian sống của hạt tải cao tạo ra một ưu điểm nổi bật của nano  $TiO_2$  trong việc chế tạo pin DSSC (photoelectrochemical dye sensitized solar cell). Màng mỏng  $TiO_2$  nano xốp có bề mặt hấp thụ tăng lên hàng nghìn

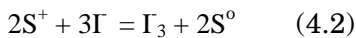
lần làm tăng hiệu suất quang điện của DSSC. Cấu tạo DSSC đơn giản, dễ chế tạo, giá thành thấp, dễ phổ cập rộng rãi. DSSC là một trong các giải pháp đang được nghiên cứu mạnh mẽ để cải thiện hiệu suất chuyển đổi năng lượng mặt trời thành năng lượng điện [22]. Trong cấu tạo của DSSC, các hạt nano tinh thể TiO<sub>2</sub> được sử dụng để chế tạo màng điện cực quang [33,43,44].

Để tăng hiệu suất của pin mặt trời quang điện hoá (PEC), vật liệu nano TiO<sub>2</sub> trên điện cực quang được phủ một lớp đơn phân tử chất màu (thường là hợp chất chứa ruthenium) có thể được kích hoạt bởi ánh sáng vùng khả kiến để tạo ra nguồn điện tử. Khi đó PEC được gọi là DSSC. Đồng thời, điện cực nano TiO<sub>2</sub> được chế tạo với cấu trúc xốp để tăng cường diện tích bề mặt hấp thụ ánh sáng.

Khi hoạt động, ánh sáng kích thích chất màu S<sup>0</sup> trên bề mặt TiO<sub>2</sub> tạo ra cặp điện tử lỗ trống:



Điện tử được “tiêm” vào vùng dẫn của TiO<sub>2</sub>, chuyển động đến lớp SnO<sub>2</sub>:F, qua mạch ngoài để đến điện cực thu. Lỗ trống bị khử bởi ion I<sup>-</sup> theo phản ứng:

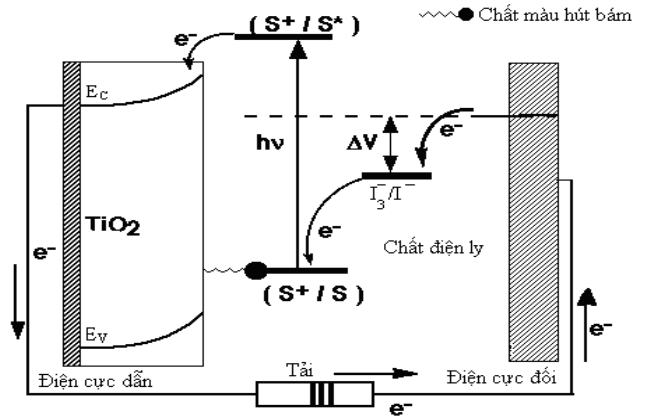


Chất màu sau khi bị khử trở lại trạng thái bình thường (S<sup>0</sup>), sẵn sàng cho một chu trình tiếp theo.

Tại điện cực đối, ion I<sub>3</sub><sup>-</sup> nhận điện tử để trở lại trạng thái ban đầu theo phản ứng:



và như vậy chu trình hoạt động được khép kín.



**Hình 4:** Nguyên lí hoạt động của pin DSSC

Hình 4 mô tả nguyên lí cấu tạo và hoạt động của DSSC. Điều khác biệt ở đây là sự tách điện tích trong các DSSC dựa trên quá trình chuyển electron từ phân tử chất màu tới TiO<sub>2</sub> và lỗ trống từ chất màu tới chất điện phân. Kích thước các hạt riêng biệt ở điện cực cấu trúc nano là quá nhỏ để hình thành lớp điện tích không gian bên trong các hạt [16]. Chất điện phân bao quanh các hạt kích thước nano chặn mọi điện trường tồn tại [32]. Nhưng có sự tồn tại của điện trường ở mặt phân cách chất điện phân – bán dẫn giúp việc tách các điện tích và làm giảm tái hợp.

Mạng hạt nano bán dẫn không chỉ cho diện tích bề mặt lớn cho các phân tử chất màu hút bám, nó còn là môi trường chuyển đổi với các điện tử tiêm từ các phân tử chất màu. Kích thước nhỏ của các hạt nano ngăn cản sự hình thành lớp điện tích không gian và điện trường nội bên trong các hạt và vì vậy sự chuyển các điện tử không thể là cuốn trong điện trường. Các quá trình tái hợp chỉ ở mặt phân cách chất điện li – bán dẫn [17].

Trong các pin mặt trời Si, sự tái hợp của các hạt tải điện ở các trạng thái bẫy ở các bề mặt, các biên hạt và trong khối dễ dàng làm suy giảm hiệu suất pin. Vì vậy đòi hỏi vật liệu bán dẫn phải có độ tinh khiết tinh thể cao. Ngược lại, trong điện cực nano TiO<sub>2</sub> làm nhạy bằng chất màu, có một diện tích bề mặt khổng lồ. Tuy nhiên, trong DSSC sự mất mát vì tái hợp là nhỏ do các điện tử được chuyển qua các hạt bán dẫn, trong khi các lỗ trống lại được trung hoà bởi chất điện phân. Nói khác, DSSC làm việc như dụng cụ hạt tải chủ yếu, tương tự chuyển tiếp bán dẫn – kim loại hay đi-ô-t Shottky [15].

Hiệu suất của pin mặt trời  $\eta$  được xác định bằng biểu thức:

$$\eta = \frac{P_m}{E.A_C} = \frac{FF.V_{OC}.I_{SC}}{E.A_C} \quad (4.4)$$

với  $P_m$  là điểm công suất ra cực đại của pin,  $E$  là công suất ánh sáng chiếu vào pin và  $A_C$  là diện tích của pin,  $I_{sc}$  là dòng ngắn mạch,  $V_{oc}$  là thế hở mạch của pin.

Hệ số lấp đầy FF biểu thị tính chất tổng thể của pin là tỉ số:

$$FF = \frac{P_m}{V_{OC}.I_{SC}} = \frac{\eta.A_C.E}{V_{OC}.I_{SC}} \quad (4.5)$$

Điện áp cực đại gây ra bởi pin là sự khác nhau giữa mức Fermi của TiO<sub>2</sub> và thế ôxi hóa – khử (redox) của chất điện phân, khoảng 0,7 V ( $V_{oc}$ ). Điện áp của các DSSC cho giá trị  $V_{oc}$  cao hơn so với Si (0,6 V).

Chất màu có hiệu quả cao để chuyển năng lượng của các photon thành năng lượng của các electron, nhưng chỉ các photon có đủ năng lượng để chuyển

electron của phân tử chất màu lên trạng thái kích thích mới dẫn đến việc tạo ra dòng điện. Năng lượng này đối với các chất màu đã được nghiên cứu thường lớn hơn độ rộng vùng cấm của Si có nghĩa là có ít hơn photon trong ánh nắng mặt trời có thể sử dụng để phát sinh electron. Thêm nữa, chất điện phân hạn chế tốc độ mà ở đó các phân tử chất màu có thể lấy lại các electron của chúng để trở về trạng thái ban đầu. Những nhân tố này giới hạn dòng phát ra bởi DSSC.

Đến nay hiệu suất của DSSC đã đạt được khoảng 11% [1,11]. DSSC hoạt động theo cơ chế hoàn toàn khác pin Si truyền thống, mặc dù hiệu suất hiện tại thấp hơn so với pin mặt trời Si, nhưng cấu tạo đơn giản và dễ chế tạo hơn, giá thành thấp ước tính chỉ bằng 1/5 pin Si, nên nó trở thành sự lựa chọn hàng đầu của khoa học khi đi tìm lời giải cho vấn đề an ninh năng lượng của loài người.

Hiệu suất của DSSC có thể tăng lên trước hết bằng cách tăng  $V_{oc}$  và  $I_{sc}$  và sau đó là tăng FF. Những đại lượng này phụ thuộc vào phẩm chất và cấu trúc điện cực, mà trước hết phụ thuộc vào phẩm chất và tính chất của màng nano TiO<sub>2</sub>. Điều này có được bằng nghiên cứu cải tiến công nghệ chế tạo vật liệu.

## 5. Linh kiện điện tử

TiO<sub>2</sub> được sử dụng như một cổng cách điện trong transistor trường (FET) [28], hoặc để làm detector đo bức xạ hạt nhân [4]. Khi pha tạp thêm các tạp chất thích hợp sẽ tạo nên các mức năng lượng tạp chất Ea nằm ở vùng cấm, nếu các điện tử

đồng loạt chuyển từ mức kích thích về các mức năng lượng cơ bản thì vật liệu sẽ phát ra các bức xạ mong muốn. Cửa sổ đổi màu hoạt động dựa trên nguyên lý này. Mức năng lượng tạp chất chuyển dời có thể điều khiển nhờ điện trường, do vậy tùy theo sự điều khiển của điện trường mà có được màu sắc thay đổi tức thời [18,34]. TiO<sub>2</sub> cũng được sử dụng làm các lớp chống phản xạ giúp tăng cường hiệu suất của khuếch đại quang bán dẫn (laser) GaInAs/AlGaInAs [25]. Do TiO<sub>2</sub> có hệ số chiết suất rất lớn, sợi cáp quang hoặc các cửa sổ quang học phủ vật liệu này hoạt động theo nguyên lý phản xạ liên tiếp sẽ phản xạ toàn phần, nên sẽ làm giảm tối đa sự suy hao ánh sáng (tín hiệu).

Đặc tính xốp của màng TiO<sub>2</sub> làm cho nó có khả năng hấp thụ chất khí rất tốt. Đặc tính này đã được nhiều tác giả nghiên cứu để làm sensor khí xác định nồng độ hơi rượu, nồng độ các chất khí độc có trong môi trường như CO, NO... Màng TiO<sub>2</sub> với cấu trúc pha rutile rất nhạy khí O<sub>2</sub> nên nó được sử dụng để xác định nồng độ O<sub>2</sub> trong các lò luyện kim [9,12,27,30,42]. Màng TiO<sub>2</sub> còn được sử dụng làm sensor xác định độ ẩm [7].

Vật liệu màng mỏng với nền là TiO<sub>2</sub> khi pha thêm các hạt sắt từ được gọi là bán dẫn từ loãng, chúng có năng lượng từ dị hướng cao và momen từ vuông góc với mặt phẳng tinh thể, có khả năng lưu giữ thông tin với mật độ rất lớn. Màng mỏng từ đa lớp có từ trở khổng lồ được sử dụng để đo từ trường rất thấp [3, 10, 21, 38, 39, 41].

Trước những ứng dụng quan trọng, đa dạng và phong phú, vật liệu TiO<sub>2</sub> đang được rất nhiều nhóm tác giả trên thế giới nghiên cứu chế tạo. Số lượng các nghiên cứu mới không ngừng được gia tăng do các ứng dụng công nghệ của vật liệu này [6]. Thí dụ, màng TiO<sub>2</sub> được sử dụng làm lớp chống ăn mòn, xúc tác trong hoá học [26], các dụng cụ phát quang (PL) (luminescence) [8]...

## 6. Kết luận

Khả năng quang xúc tác khử của TiO<sub>2</sub> cùng các tính chất quý báu khác đã mở ra triển vọng ứng dụng rộng rãi vật liệu này trong nhiều lĩnh vực quan trọng như công nghệ môi trường, chuyển đổi năng lượng mặt trời, các dụng cụ quang tử và quang điện tử...

Hiện tại với sự phát triển mạnh của nhiều ngành kinh tế đã tạo ra sự ô nhiễm môi trường nghiêm trọng kể cả về mặt hoá học lẫn sinh học, nhiều nơi trên thế giới đã xuất hiện tình trạng mất cân bằng sinh thái. Nano TiO<sub>2</sub> với khả năng quang xúc tác cao được kì vọng trở thành vật liệu đắc lực cho loài người trong việc khử độc và làm sạch môi trường. Nhiều thiết bị làm sạch môi trường nước và không khí đã được chế tạo ở qui mô công nghiệp. Nhiều chế phẩm chứa nano TiO<sub>2</sub> có hoạt tính kháng sinh đã được sản xuất thành thương phẩm.

Điều quan trọng khác là vấn đề năng lượng. Các dự báo khoa học cho biết, nhu cầu năng lượng cần cho loài người sẽ tăng gấp đôi trong vòng 50 năm tới và lúc đó các nguồn nhiên liệu hoá thạch chủ yếu

sẽ cạn kiệt. Trong khi đó, Trái đất luôn nhận được nguồn năng lượng hàng năm từ Mặt trời khoảng 3.1024 J, nhiều hơn khoảng 10.000 nhu cầu năng lượng của con người hiện tại. Ước tính chỉ cần sử dụng 0,1% diện tích bề mặt Trái đất với các pin mặt trời hiệu suất chuyển đổi 10% đã có thể đáp ứng nhu cầu năng lượng hiện tại. Hơn nữa, đây là nguồn năng lượng siêu sạch, tại chỗ và vô tận. Tuy nhiên, việc khai thác nguồn năng lượng này vẫn còn là một thách thức lớn

đối với khoa học và công nghệ. Những phát minh gần đây về DSSC trên cơ sở màng điện cực nano TiO<sub>2</sub> đã mở ra cơ hội cho việc ứng dụng dân dụng. Tuy nhiên, việc sản xuất DSSC là bí quyết công nghệ riêng của các hãng trên thế giới. Mặt khác, vấn đề cải thiện hiệu suất và nâng cao độ bền của các DSSC vẫn đang còn là những thách thức lớn về khoa học và công nghệ. Điều này đối với các nhà khoa học vẫn còn là cánh cửa rộng mở đang ở phía trước.

\*

## PRINCIPLES OF OPERATION AND SOME IMPORTANT APPLICATIONS OF NANO TiO<sub>2</sub> MATERIAL

**Tran Kim Cuong**

*Thu Dau Mot University*

### ABSTRACT

*Materials of nano structure and nano TiO<sub>2</sub> have increasingly been applied in tech-science and everyday life. Specially important applications of nano TiO<sub>2</sub> are in area of the photocatalysis to clean and decontaminate the environment. In the area of the energy, the application to make fuel-cell and Photoelectrochemical solar cells can solve problems of the energy security for humanity in the near future. In the area of the electric components, the application has been used to store and communicate information with large capacity and small volume. Principles and essential applications of nano TiO<sub>2</sub> material will be mentioned in this paper.*

**Keywords:** *nano TiO<sub>2</sub>, photocatalysis TiO<sub>2</sub>, applying TiO<sub>2</sub>, solar cell TiO<sub>2</sub>*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] American Chemical Society, “*Ultrathin, Dye-sensitized Solar Cells Called Most Efficient To Date*”, Science Daily, 20 September 2006.
- [2] Arghya Narayan Banerjee (2011), “*The design, fabrication, and photocatalytic utility of nanostructured semiconductors: focus on TiO<sub>2</sub>-based nanostructures*”, Nanotechnology, Science and Applications 4, pp. 35–65.
- [3] Ariake Jun, Chiba Takashi, Honda Naoki (2005), “*Magnetic property and microstructure of CoPt-TiO<sub>2</sub> thin films for perpendicular magnetic recording media*”, Nippon Oyo Jiki Gakkai Kenkyukai Shiryo 144, pp. 33 – 39.

- [4] Arshak K., Corcoran J., Korostynska O. (2005), “*Gamma radiation sensing properties of TiO<sub>2</sub>, ZnO, CuO and CdO thick film pn-junctions*”, Sensors and Actuators A 123–124, pp. 194 – 198.
- [5] Binbin Yu, Jingbin Zeng, Lifen Gong, Maosheng Zhang, Limei Zhang, Xi Chen (2007), “*Investigation of the photocatalytic degradation of organochlorine pesticides on a nano-TiO<sub>2</sub> coated film*”, Talanta 72, pp. 1667–1674.
- [6] Castillo N., Olguin D., and Conde-Gallardo A. (2004), “*Structural and morphological properties of TiO<sub>2</sub> thin films prepared by spray pyrolysis*”, Rev. Mex. Fis. 50 (4), pp. 382 – 387.
- [7] Chang Wen-Yang, Lin Yu-Cheng, Ke Wen-Wang, Hsieh Yu-Sheng, Kuo Nai-Hao (2005), “*Combined TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> material with adding Pt by sol-gel technology for humidity sensor*”, Progress on Advanced Manufacture for Micro/Nano Technology 2005 505-507 (2), pp. 397 – 402.
- [8] Conde-Gallardo A., García-Rocha M., Hernández-Calderón I., and Palomino-Merino R. (2001), “*Photoluminescence properties of the Eu<sup>3+</sup> activator ion in the TiO<sub>2</sub> host matrix*”, Appl. Phys. Lett. 78, pp. 3436 – 3438.
- [9] Dang Thi Thanh Le, Dang Duc Vuong, Nguyen Van Duy, Nguyen Van Hieu, and Nguyen Duc Chien (2005), “*Preparation and characterization of nanostructured TiO<sub>2</sub> and SnO<sub>2</sub> materials for gas sensor applications*”, Proceedings of the eighth German – Vietnamese seminar on physics and engineering, Hanoi University of Technology, Vietnam, pp. 122 – 125.
- [10] Deng Lu Hou, Hai Juan Meng, Li Yun Jia, Xiao Juan Ye, Hong Juan Zhou and Xiu Ling Li (2007), “*Impurity concentration study on ferromagnetism in Cu-doped TiO<sub>2</sub> thin films*”, Euro Physics Letter (EPL) 78 (6), pp.7001 – 7005.
- [11] Gao, F; Wang, Y; Zhang, J; Shi, D; Wang, M; Humphry-Baker, R; Wang, P; Zakeeruddin, Sm; Grätzel, M (2008). “*A new heteroleptic ruthenium sensitizer enhances the absorptivity of mesoporous titania film for a high efficiency dye-sensitized solar cell*”. Chem. Commun 23, pp. 2635–2637. (doi:10.1039/b802909a. PMID 18535691).
- [12] Garzella C., Comini E., Tempesti E., Frigeri C., Sberveglieri G. (2000), “*TiO<sub>2</sub> thin films by a novel sol-gel processing for gas sensor applications*”, Sensors and Actuators B 68, pp. 189 – 196.
- [13] Giuseppe Cappelletti, Silvia Ardizzone, Claudia L. Bianchi, Stefano Gialanella, Alberto Naldoni, Carlo Pirola, Vittorio Ragaini (2009), “*Photodegradation of Pollutants in Air: Enhanced Properties of Nano-TiO<sub>2</sub> Prepared by Ultrasound*”, Nanoscale Res Lett 4, pp. 97–105. (DOI 10.1007/s11671-008-9208-3).

- [14] Gopal K. Mor, Karthik Shankar, Maggie Paulose, Oomman K. Varghese, and Grimes Craig A. (2005), “*Enhanced Photocleavage of Water Using Titanita Nanotube Arrays*”, Nano letters 5 (1) , pp. 191 –195.
- [15] Green M.A. (1982), *Solar Cells, Operating Principles, Technology, and System Applications*, Englewood Cliffs N.J., Prentice–Hall, Inc., 276 s., 0–13–822270–3.
- [16] Hagfeldt A., Grätzel M. (1995), “*Light-Induced Redox Reactions in Nanocrystalline Systems*”, Chem. Rev. 95, pp. 49 – 68.
- [17] Hagfeldt A., Grätzel M. (2000), “*Molecular Photovoltaic*”, Acc. Chem. Res. 33 (5), pp. 269 – 277.
- [18] <http://kuroppe.tagen.tohoku.ac.jp/~ecd/museum-j.htm>
- [19] [http://www.epa.gov/swerust1/pubs/tum\\_ch13.pdf](http://www.epa.gov/swerust1/pubs/tum_ch13.pdf)
- [20] <http://www.noodor.net/id62.htm>
- [21] Jianxun Qiu, Mingyuan Gu (2005), “*Magnetic nanocomposite thin films of BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> and TiO<sub>2</sub> prepared by sol-gel method*”, Applied Surface Science 252 (4), pp. 888 – 892.
- [22] Kamat P.V. and Dimitrijevic N.M. (1990), “*Colloidal semiconductors as photocatalysts for solar energy conversion*”, Solar Energy 44 (2), pp. 83 – 89.
- [23] Kazuhito Hashimoto, Hiroshi Irie and Akira Fujishima (2005), “*TiO<sub>2</sub> photocatalytic activity: a historical overview and future prospects*” (part 1), Japanese journal of applied physics 44 (12), pp. 8269 – 8285.
- [24] Kim Jin Ho, Kim Sae Hoon, and Shiratori Seimei (2004), “*Fabrication of nanoporous and hetero structure thin film via a layer-by-layer self assembly method for a gas sensor*”, Sensors and Actuators B-Chemical 102 (2), pp. 241 – 247.
- [25] Lee J., Tanaka T., Uchiyama S., Tsuchiya M., Kamiya T. (1997), “*Broadband double-layer antireflection coatings for semiconductor laser amplifiers*”, Japanese Journal of Applied Physics 36 (2), pp. L52 – L54.
- [26] Linsebigler A.L, Lu G., and Yates J.T. (1995), “*Photocatalysis on TiO<sub>2</sub> surfaces: Principles, mechanism, and selected results*”, Chem. Rev. 95, pp. 735 – 758.
- [27] Marta Radecka, Katarzyna Zakrzewska, Mieczysław Rekas (1998), “*SnO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> solid solutions for gas sensors*”, Sensors and Actuators B, 47, pp. 194 – 204.
- [28] Masao Katayama, Shinya Ikesaka and Jun Kuwano, Yuichi Yamamoto, Hideomi Koinuma, Yuji Matsumoto (2006), “*Field-effect transistor based on atomically flat rutile TiO<sub>2</sub>*”, Appl. Phys. Lett. 89 (24), pp. 2103-1 – 2103-3 (3 pages).
- [29] Muhammad Faisal Irfan, Ahsanulhaq Qurashi, and Mir Wakas Alam (2010), “*Metal oxide nanostructures and nanocomposites for selective catalytic reduction of*

- NOx: a review*”, The Arabian Journal for Science and Engineering 35 (1C), pp. 79 – 92.
- [30] Nickolay Golego, Studenikin S.A., and Michael Cocivera (2000), “*Sensor Photoresponse of Thin-Film Oxides of Zinc and Titanium to Oxygen Gas*”, J. Elec.chem. Soc. 147 (4), pp. 1592 – 1594.
- [31] Nora Savage and Mamadou S. Diallo (2005), “*Nanomaterials and water purification: Opportunities and challenges*”, Journal of Nanoparticle Research 7, pp. 331–342.
- [32] Pichot F., Gregg B.A. (2000), “*The Photovoltage-Determining Mechanism in Dye-Sensitized Solar Cells*”, J. Phys. Chem. B 104, pp. 6 – 10.
- [33] Pravin S. Shinde, Pramod S. Patil, Popat N. Bhosale, and Chandrakant H. Bhosalew (2008), “*Structural, Optical, and Photoelectrochemical Properties of Sprayed TiO<sub>2</sub> Thin Films: Effect of Precursor Concentration*”, J. Am. Ceram. Soc. 91 (4), pp. 1266 – 1272.
- [34] Rachel Cinnsealach, Gerrit Boschloo, Nagaraja Rao S. and Donald Fitzmaurice (1999), “*Coloured electrochromic windows based on nanostructured TiO<sub>2</sub> films modified by adsorbed redox chromophores*”, Solar Energy Materials and Solar Cells 57 (2), pp. 107 – 125.
- [35] Ruifen Xu, Xiaoling Liu, Peng Zhang, Hao Ma, Gang Liu and Zhengyan Xia, “*The photodestruction of virus in Nano-TiO<sub>2</sub> suspension*”, Journal of Wuhan University of Technology – materials science edition 22 (3), pp. 422-425, (DOI: 10.1007/s11595-006-3422-6).
- [36] R. Vinu AND Giridhar Madras (2010), “*Environmental remediation by Photocatalysis*”, Journal of the Indian Institute of Science 90 (2), pp. 189 – 230.
- [37] Satinder K. Brar, Mausam Verma, R.D. Tyagi, R.Y. Surampalli (2010), “*Engineered nanoparticles in wastewater and wastewater sludge – Evidence and impacts*”, Waste Management 30, pp. 504–520.
- [38] Song Hong-Qiang, Mei Liang-Mo, Zhang Yun-Peng, Yan Shi-Shen, Ma Xiu-Liang, Yong Wang, Ze Zhang, Chen Liang-Yao (2007), “*Magneto-optical Kerr rotation in amorphous TiO<sub>2</sub>/Co magnetic semiconductor thin films*”, Physica. B, Condensed matter 388 (1-2), pp. 130 – 133.
- [39] Tamura Takashi, Nihei Yukari (2002), “*Non-magnetic substrate including TiO<sub>2</sub> for a magnetic head and magnetic head*”, United States Patent 6426848.
- [40] Tienphongonline 17-10-2011.
- [41] Torres C.E. Rodríguez, Golmar F., Cabrera A.F., Errico L., Navarro A.M. Mudarra, Rentería M., Sánchez F.H. and Duhalde S. (2007), “*Magnetic and structural study of Cu-doped TiO<sub>2</sub> thin films*”, Applied Surface Science 254 (1), pp. 365 – 367.

- [42] Wisitsoraat A. and Tuantranont A., Comini E. and Sberveglieri G., Wlodarski W. (2006), “*Gas-Sensing Characterization of TiO<sub>2</sub>-ZnO Based Thin Film*”, IEEE SENSORS 2006, EXCO, Daegu, Korea, pp. 964 – 967.
- [43] Yacobi B.G. (2004), *Semiconductor Materials*, Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow.
- [44] Yanqin Wang, Yanzhong Hao, Humin Cheng, Jiming Ma, Bin Xu, Weihua Li, Shengmin Cai (1999) “*The photoelectrochemistry of transition metal-ion-doped TiO<sub>2</sub> nanocrystalline electrodes and higher solar cell conversion efficiency based on Zn<sub>2+</sub>-doped TiO<sub>2</sub> electrode*”, J. Mater. Sci. 34, pp. 2773 – 2779.
- [45] Y. W. H. Wong, C. W. M. Yuen, M. Y. S. Leung, S. K. A. Ku, and H. L. I. Lam, “*Selected applications of nanotechnology in textiles*”, AUTEX Research Journal 6 (1), March 2006 © AUTEX, 8 pages.