

# Nano $TiO_2$ - Loại vật liệu cần quan tâm

**PGS PHẠM VĂN NHÔ**

Phòng thí nghiệm Vật lý Ứng dụng  
Trường Đại học Khoa học Tự nhiên  
Đại học Quốc gia Hà Nội

**Nano  $TiO_2$  là loại vật liệu có nhiều ứng dụng, đặc biệt là trong bảo vệ môi trường và đảm bảo an ninh năng lượng. Sự quan tâm thích đáng đến việc phát triển loại vật liệu này để cho ra những sản phẩm ứng dụng có giá trị kinh tế - xã hội cao đang là vấn đề cần thiết đặt ra cho các nhà quản lý, các nhà khoa học ở nước ta.**

## Nhu cầu cấp bách liên quan đến công nghệ nano $TiO_2$ tại Việt Nam

Công nghệ nano đang là một hướng công nghệ mũi nhọn của thế giới. Nhiều vấn đề then chốt như: An toàn năng lượng, an ninh lương thực, môi trường sinh thái, sức khỏe... sẽ được giải quyết thuận lợi hơn dựa trên sự phát triển của công nghệ nano. Trong số đó, có hai mối đe dọa hàng đầu đối với loài người mà giới khoa học kỳ vọng vào khả năng giải quyết của công nghệ nano là vấn đề môi trường và năng lượng.

Sự phát triển mạnh và thiếu kiểm soát của nhiều ngành kinh tế đã tạo ra sự ô nhiễm môi trường nghiêm trọng: Khí thải  $CO_2$  gây ra hiệu ứng nhà kính làm trái đất nóng lên, mực nước biển dâng cao, bão lũ ngày càng mạnh với sức tàn phá khủng khiếp đe dọa trực tiếp đến cuộc sống của cư dân ven biển và sự phát triển kinh tế ở quy mô toàn cầu. Nhiều ngành công nghiệp hàng tiêu dùng, sản xuất và chế biến thực phẩm... đã thải vào không khí, nguồn nước các chất độc hại môi sinh và gây bệnh hiểm nghèo cho con người. Việc sử dụng tràn lan các chất bảo vệ thực vật trong sản xuất nông nghiệp làm cho mức độ ô nhiễm nguồn nước ngày càng nghiêm trọng, gây bệnh cho người và ảnh hưởng không nhỏ đến các ngành nghề khác. Mối quan hệ trái ngược giữa phát triển kinh tế và ô nhiễm môi trường sống có thể giải quyết được nếu dựa trên sự phát triển của công nghệ nano với loại vật liệu điển hình là nano  $TiO_2$ .

Về an ninh năng lượng, theo dự báo của các nhà khoa học, trong vòng 50 năm tới, nhu cầu năng lượng cho loài người sẽ tăng gấp đôi. Trong khi đó, các nguồn nhiên liệu hoá thạch chủ yếu ngày càng cạn kiệt. Thêm vào đó, việc sử dụng nhiên liệu hoá thạch làm trái đất nóng lên bởi hiệu ứng nhà kính và do chính nhiệt lượng của các nhà máy điện thải ra (ô nhiễm nhiệt). Ngay cả sự phát triển của điện hạt nhân cũng chỉ giải quyết được vấn

đề khí nhà kính chứ không tránh được gây ô nhiễm nhiệt. Trong khi trái đất luôn nhận được nguồn năng lượng từ mặt trời khoảng 3.1024 J/năm, nhiều hơn khoảng 10.000 lần nhu cầu năng lượng của con người hiện nay. Theo ước tính của các nhà khoa học, 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 đủ nhu cầu năng lượng của loài người. Đây là nguồn năng lượng siêu sạch, không gây ô nhiễm và làm mất cân bằng sinh thái nên được coi là một giải pháp cho sự phát triển bền vững và lâu dài của con người. Những phát minh gần đây về pin mặt trời quang điện hoá trên cơ sở nano  $TiO_2$  đã mở ra cơ hội cho việc ứng dụng dân dụng.

## Tính chất cơ bản và một số ứng dụng điển hình của nano $TiO_2$

$TiO_2$  là một vật liệu bán dẫn vùng cấm rộng, trong suốt, chiết suất cao, từ lâu đã được ứng dụng trong nhiều ngành công nghiệp như: Sơn, nhựa, giấy, mỹ phẩm, dược phẩm... Tuy nhiên, những ứng dụng quan trọng nhất của  $TiO_2$  ở kích thước nano là khả năng làm sạch môi trường thông qua phản ứng quang xúc tác và khả năng chuyển đổi năng lượng mặt trời thành điện năng ở quy mô dân dụng. Trong lĩnh vực công nghệ nano, thật khó tìm thấy một loại vật liệu nào lại có nhiều ứng dụng quý giá, thậm chí không thể thay thế như vật liệu nano  $TiO_2$ .

### Đặc tính quang xúc tác của nano $TiO_2$

Chất xúc tác là chất có tác dụng làm giảm năng lượng kích hoạt của phản ứng hoá học và không bị mất sau khi phản ứng. Nếu quá trình xúc tác được kích thích bằng ánh sáng thì được gọi là quang xúc tác. Chất có tính năng kích hoạt các phản ứng hoá học khi được chiếu sáng gọi là chất quang xúc tác. Nhiều hợp chất bán dẫn như  $TiO_2$ ,  $ZnO$ ,  $In_2O_3$  có tính năng quang xúc tác, nhưng nano  $TiO_2$  là một vật liệu quang xúc tác tiêu biểu:

- Khi được chiếu ánh sáng, nano  $TiO_2$  trở thành một chất oxy hoá khử mạnh nhất trong số những chất đã biết (gấp 1,5 lần ôzôn, gấp hơn 2 lần clo - là những chất thông dụng vẫn được dùng trong xử lý môi trường). Điều này tạo cho vật liệu nhiều ứng dụng phong phú, đa dạng và quý giá. Nano  $TiO_2$  có thể phân huỷ được các chất độc hại bền vững như điôxin, thuốc trừ sâu, benzen... cũng như một số loại virus, vi khuẩn gây bệnh với hiệu suất cao hơn so với các phương pháp khác. Dưới tác dụng của ánh sáng, nano  $TiO_2$  trở nên kỵ nước hay ái nước tùy thuộc vào công nghệ chế tạo. Khả năng này được ứng dụng để tạo ra các bề mặt tự tẩy rửa không cần hoá chất và tác động cơ học hoặc các thiết bị làm lạnh không cần điện. Khả năng quang







xúc tác mạnh của nano  $TiO_2$  còn đang được nghiên cứu ứng dụng trong pin nhiên liệu và xử lý  $CO_2$  gây hiệu ứng nhà kính.

- Nano  $TiO_2$  kháng khuẩn bằng cơ chế phân huỷ, tác động vào vi sinh vật như phân huỷ một hợp chất hữu cơ. Vì vậy, nó tránh được hiện tượng "nhờn thuốc" và là một công cụ hữu hiệu chống lại sự biến đổi gen của vi sinh vật gây bệnh.

- Nano  $TiO_2$  hoạt động theo cơ chế xúc tác nên bản thân không bị tiêu hao, nghĩa là đầu tư một lần và sử dụng lâu dài.

- Bản thân nano  $TiO_2$  không độc hại, sản phẩm của sự phân huỷ chất này cũng an toàn.

Những đặc tính này tạo cho nano  $TiO_2$  những lợi thế vượt trội về hiệu quả kinh tế và kỹ thuật trong việc làm sạch môi trường nước và không khí khỏi các tác nhân ô nhiễm hữu cơ, vô cơ và sinh học.

### Pin mặt trời quang điện hoá (PQDH)

Đây là một loại dụng cụ điện tử có khả năng biến đổi trực tiếp năng lượng mặt trời thành điện. Khác với loại pin đã biết chế tạo từ vật liệu silic đắt tiền với công nghệ phức tạp, PQDH hoạt động theo nguyên lý hoàn toàn khác, trong đó các hạt nano tinh thể  $TiO_2$  được sử dụng để chế tạo màng điện cực phát. Cấu trúc xếp và thời gian sống của hạt tải cao tạo ra ưu điểm nổi bật của nano  $TiO_2$  trong việc chế tạo PQDH. Điểm đặc biệt là cấu tạo của PQDH đơn giản, dễ chế tạo, giá thành thấp, dễ phổ cập rộng rãi và đang được coi như là lời giải cho bài toán an ninh năng lượng của loài người. Hiện nay, PQDH đã đạt được hiệu suất chuyển đổi năng lượng mặt trời lên đến 11%.

Linh kiện điện tử

Với hằng số điện môi cao, trong suốt, chiết suất cao (chỉ thua kém kim cương) nano  $TiO_2$  có nhiều ứng dụng độc đáo trong lĩnh vực quang điện tử, quang tử (photonics) và điện tử học spin (spintronics).  $TiO_2$  được sử dụng như một cổng cách điện trong transistor trường; làm detector đo bức xạ hạt nhân; các cửa sổ đổi màu theo sự điều khiển của điện trường hoặc sử dụng làm các lớp chống phản xạ giúp tăng cường hiệu suất của khuyếch đại quang bán dẫn.  $TiO_2$  phù hợp cho việc chế tạo các linh kiện trong thông tin quang hoặc các cửa sổ quang học với các tổn hao nhỏ.

### Tình hình nghiên cứu ứng dụng nano $TiO_2$ và một số đề xuất

Trên thế giới, công nghệ nano đang là một cuộc cách mạng sôi động: Các nước phát triển như Mỹ, Nhật Bản... đang dẫn đầu trong lĩnh vực công nghệ mũi nhọn này. Các nước chậm phát triển cũng kỳ vọng thoát nghèo nhờ công nghệ nano. Theo số liệu của Hội nghị quốc tế về công nghệ nano năm 2007 được tổ chức tại Mỹ, tổng đầu tư vào công nghệ nano năm 2005 là 8 tỷ USD, dự kiến đến năm 2010 sẽ là 21 tỷ USD. Nhiều sản phẩm nano  $TiO_2$  đã được thương mại hoá như: Vật liệu nano  $TiO_2$  (Mỹ, Nhật Bản...), máy làm sạch không khí khỏi nấm mốc, vi khuẩn, virus và khử mùi trong bệnh viện, văn phòng, nhà ở (Mỹ); khẩu trang nano phòng chống lây nhiễm qua đường hô hấp (Nhật Bản); vải tự làm sạch, giấy khử mùi diệt vi khuẩn (Đức, Úc), gạch lát đường phân huỷ khí thải xe hơi (Hà Lan); pin mặt trời (Thụy Sĩ, Mỹ...).

Ở Việt Nam, vật liệu nano  $TiO_2$  đã được nhiều nhà khoa học quan tâm với những thành công đáng khích lệ. Gần 100 công trình về vật liệu nano  $TiO_2$  đã được công bố trong và ngoài nước. Tuy nhiên, các kết quả này thiên về nghiên cứu cơ bản. Việc đưa vào ứng dụng thực tiễn còn bị hạn chế do cần phải vượt qua rào cản về hiệu quả kinh tế và khoa học và công nghệ (KH&CN).

Chất lượng của vật liệu nano phụ thuộc vào kích thước. Kích thước lại phụ thuộc vào công nghệ chế tạo. Vì vậy, sự phát triển công nghệ nano phải bắt đầu từ khâu chế tạo vật liệu. Thêm vào đó, yêu cầu của nhiều ứng dụng, đặc biệt là ứng dụng trong lĩnh vực môi trường là sản phẩm phải có *chất lượng cao đi kèm với giá thành hạ*. Với nhận thức như vậy, tại Phòng thí nghiệm Vật lý Ứng dụng (Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội), các nhà khoa học đã kiên trì hoàn thiện công nghệ

đơn giản là phun nhiệt phân và sol-gel từ các nguyên liệu rẻ tiền công nghiệp và đã thành công trong việc chế tạo nano  $TiO_2$  phẩm chất quang điện và quang xúc tác cao. Một số sản phẩm ứng dụng đã được phát triển như: Cảm biến tia tử ngoại nanocomposit, thiết bị đo cường độ bức xạ tử ngoại; điện cực trong suốt dẫn điện  $SnO_2$ , ITO,  $ZnO:H$  đạt được các tiêu chí quốc tế: Nano  $TiO_2$  hoạt động được trong điều kiện phòng và trong bóng tối để làm sạch môi trường nước, không khí bị ô nhiễm hoá chất và vi sinh vật cũng đã được nghiên cứu phát triển như khẩu trang nano chống cúm gia cầm, vải nano, vật liệu lọc nước nano... Các sản phẩm này cho hiệu quả ứng dụng cao so với thế giới khi kiểm nghiệm với vi khuẩn E.Coli, virus cúm, điôxin, asen, phenol...

Với tư cách một người đã và đang làm nghiên cứu trong lĩnh vực vật liệu, trong đó có nano  $TiO_2$ , chúng tôi xin có một số đề xuất:

*Thứ nhất*, có kế hoạch xây dựng nano  $TiO_2$  thành sản phẩm thương hiệu quốc gia bởi đây là vật liệu có các ứng dụng bao trùm trên nhiều lĩnh vực quan trọng đối với sự phát triển KH&CN, kinh tế - xã hội; bên cạnh nguồn tài nguyên phong phú, Việt Nam còn có một đội ngũ đông đảo các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu nano  $TiO_2$  và đã có một số kết quả đạt trình độ quốc tế.

*Thứ hai*, về hình thức triển khai, nên tập trung thành một đầu mối quản lý, xây dựng các ê kíp nghiên cứu - triển khai để phát huy được các thế mạnh về trí tuệ cũng như trang thiết bị, phòng thí nghiệm, vừa tránh được tình trạng chồng chéo, đồng thời tạo điều kiện kế thừa và phát triển trong nghiên cứu và ứng dụng nano  $TiO_2$ .

*Thứ ba*, hướng ưu tiên ở Việt Nam là chế tạo nano  $TiO_2$  từ các khoáng sản, hoá chất rẻ tiền phục vụ cho xử lý môi trường nước vùng lũ lụt, nhiễm điôxin, thuốc trừ sâu, thạch tín, phòng chống cúm gia cầm và nghiên cứu chế tạo pin mặt trời cấu trúc nano.

Trên cơ sở những luận điểm trình bày ở trên cho thấy cần có một sự quan tâm thích đáng đối với vật liệu nano  $TiO_2$ . Nhờ đó sẽ giúp chúng ta nhanh chóng có được các sản phẩm cao cấp phục vụ cho nhu cầu cấp bách trong nước và xuất khẩu. Đồng thời, thông qua các sản phẩm cụ thể, đặt nền móng cho sự phát triển một cách thiết thực công nghệ nano tại Việt Nam và hội nhập với quốc tế trong lĩnh vực công nghệ mũi nhọn này ■