

ซิลิคอน

เป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับสองในเปลือกโลกรองจากคาร์บอน พบอยู่ในดินเหนียว หินแกรนิต แร่ฟันม้า (เฟลด์สปาร์; feldspar) ควอตซ์ และทราย ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO₂) หรือซิลิกา และซิลิเกต ซึ่งเป็นสารประกอบที่เกิดจากซิลิคอน ออกซิเจน และโลหะ

Si	
เลขอะตอม	14
มวลอะตอม	28.0855
สถานะ (25 °C)	ของแข็ง
ความหนาแน่น	2.33 g/cm ³
รัศมีอะตอม	116 pm
จำนวนอะตอมเฉลี่ย	
ที่เรียงต่อกันใน 1 nm	4 อะตอม

ซิลิคอนถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลากหลาย เช่น การใช้งานด้านอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากซิลิคอนบริสุทธิ์เมื่อนำมาผสมกับธาตุอื่นๆ สามารถทำให้สมบัติการนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป ซิลิกาในรูปของทรายและดินเหนียวเป็นส่วนผสมที่สำคัญของอิฐ เครื่องปั้นดินเผา กระฉกนอกจากนี้ ยังใช้ในการผลิตวัสดุทางการแพทย์ เช่น ซิลิคอน เป็นต้น



รูปที่ 1 ซิลิคอน

(ภาพจาก <http://www.galleries.com>)

นักวิทยาศาสตร์สามารถเตรียมซิลิกาที่อยู่ในรูปของเจลอากาศได้ เรียกว่า ซิลิกาแอโรเจล (silica aerogel) โดยนำซิลิกามาทำให้เป็นเจลในน้ำที่มีลักษณะคล้ายวุ้น ซึ่งหากทำในสภาวะไร้น้ำหนักจะได้เจลที่มีปริมาณน้ำอยู่สูงมากและเจลไม่เสียรูปทรง เมื่อนำไปกำจัดของเหลวโดยการทำให้แห้งที่อุณหภูมิและความดันสูง (supercritical drying) ซึ่งสภาวะนี้ของเหลวในเจลจะอยู่ในสมดุลกับสถานะแก๊ส จึงทำให้แทนที่ด้วยอากาศได้ง่าย เจลที่ได้มีองค์ประกอบเป็นอากาศถึงร้อยละ 90 – 99.8 ซึ่งถือว่าเป็นของแข็งที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุดในโลก (ความหนาแน่นประมาณ 1.9×10^{-3} g/cm³) มีความโปร่งแสงและเป็นฉนวนความร้อนที่ดีมาก สามารถใช้เป็นฉนวนกันความร้อนของกระจกได้ มีพื้นที่ผิวมากจึงถูกนำไปใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นอกจากนี้ยังมีการนำเข้าไปใช้ในการดักจับฝุ่นในอากาศอีกด้วย



รูปที่ 2 ซิลิกาแอโรเจล

(ภาพจาก <http://www.aerogel.org>)

การสังเคราะห์

ซิลิคอนและสารประกอบของซิลิคอนขนาดนาโนเมตรที่มีการสังเคราะห์และได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง เช่น ลวดนาโนซิลิคอน อนุภาคนาโนซิลิคอนไดออกไซด์ ลวดนาโนซิลิคอนคาร์ไบด์ เป็นต้น

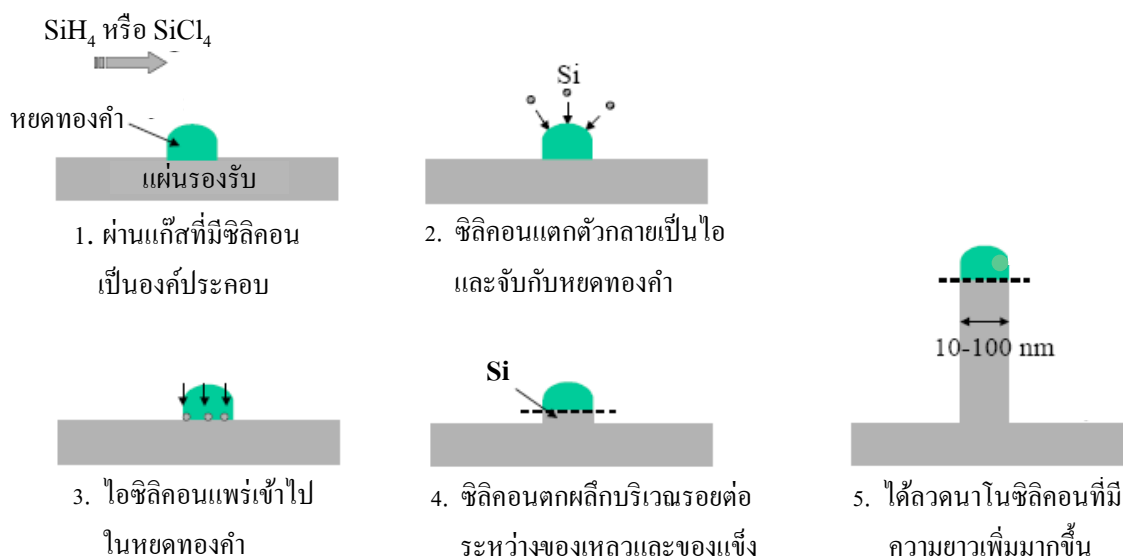
ลวดนาโนซิลิคอน

การสังเคราะห์ลวดนาโนซิลิคอนโดยวิธี Vapor-Liquid-Solid (VLS) เป็นการทำให้อนุภาคโลหะตัวเร่งเปลี่ยนแปลงสถานะเป็นหยดของเหลวที่มีขนาดอยู่ในระดับนาโนเมตรโดยใช้เลเซอร์หรือการเผาแผ่นโลหะบางที่อุณหภูมิสูงกว่า eutectic temperature (อุณหภูมิต่ำสุดที่โลหะผสมหลอมเหลว) ขนาดหยดของเหลวที่เกิดขึ้นสามารถควบคุมได้โดยการปรับความดัน และอุณหภูมิ ตัวอย่างโลหะตัวเร่งที่นิยมใช้ได้แก่ อนุภาคนาโนทองคำ

หลังจากเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วจึงผ่านแก๊สที่มีซิลิคอนเป็นองค์ประกอบเข้าไป เช่น แก๊สซิลิเลน (silane; SiH_4) หรือ ซิลิคอนเตตระคลอไรด์ (silicon tetrachloride; SiCl_4) โดยแก๊สจะเกิดปฏิกิริยารีดักชันเกิดเป็นหยดซิลิคอนเหลว ดังสมการ



หยดซิลิคอนเหลวที่เกิดขึ้นจะผสมอยู่กับหยดของเหลวของโลหะตัวเร่ง เมื่อถึงจุดอิ่มตัวหยดซิลิคอนจะแข็งตัวและตกออกมาเป็นอนุภาคที่บริเวณรอยต่อระหว่างของเหลวและของแข็ง ซึ่งอนุภาคที่ตกออกมาจะเรียงซ้อนกันขึ้นไปเรื่อย ๆ จนได้ลวดนาโนที่มีความยาวมากขึ้น ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางจะถูกกำหนดโดยขนาดของหยดโลหะตัวเร่ง โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 10 – 100 nm ขั้นตอนการสังเคราะห์ ดังรูปที่ 3

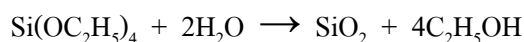


รูปที่ 3 ขั้นตอนการสังเคราะห์ลวดนาโนซิลิคอน

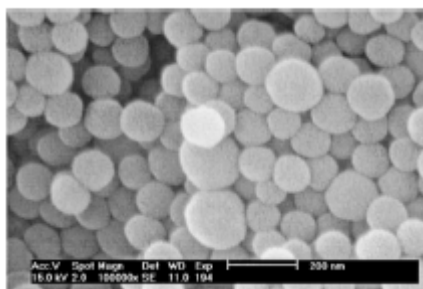
(ภาพจาก <http://ectm.et.tuelft.nl>)

อนุภาคนาโนซิลิกอนไดออกไซด์

สังเคราะห์ได้โดยการควบคุมปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของ tetraethoxysilane [Si(OC₂H₅)₄] ในสารละลายผสมของเอทานอล แอมโมเนียและน้ำ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



อนุภาคนาโนซิลิกอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเป็นดังรูปที่ 4

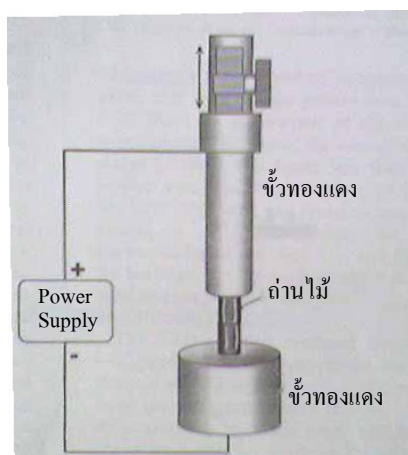


รูปที่ 4 อนุภาคนาโนซิลิกอนไดออกไซด์

(ภาพจาก <http://nanoparticles.org>)

ลวดนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์

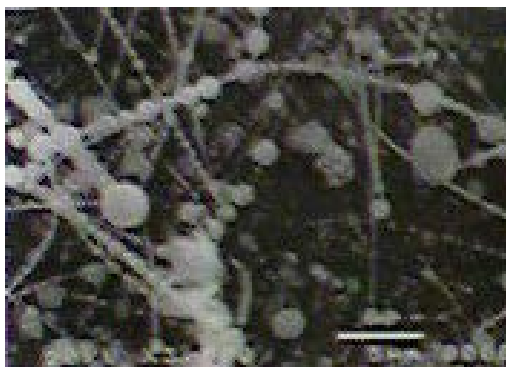
สังเคราะห์ได้โดยให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้ากับถ่านไม้ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นคาร์บอน ซิลิกอนและอะลูมิเนียม ขั้นแรกต้องนำถ่านไม้มาทำให้เกิดรอยแตกโดยการใช้ความร้อนก่อน จากนั้นต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านขั้วทองแดงหนา 2 ขั้ว ดังรูป



รูปที่ 5 การจัดอุปกรณ์สังเคราะห์ลวดนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์

(ภาพจาก *Chemical Physics Letters*. (2002). 366: 52)

ลวดนาโนซิลิกอนคาร์ไบด์จะเกิดขึ้นที่ผิวของถ่านไม้ โดยเฉพาะบริเวณที่ได้ทำรอยแตกไว้ มีลักษณะของลวดคล้ายสร้อยลูกปัด ดังรูป



รูปที่ 6 ลวดนาโนซิลิคอนคาร์ไบด์ที่มีลักษณะคล้ายสร้อยลูกปัด
(ภาพจาก *Chemical Physics Letters*. (2002). 366: 53)

สมบัติและการใช้ประโยชน์

เทคโนโลยีชีวภาพ

อนุภาคนาโนซิลิคอนไดออกไซด์มีสมบัติในการสะท้อนแสง UV จึงนำมาใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางสำหรับป้องกันแดด และยังช่วยให้เครื่องสำอางเกาะกับผิวหนังได้ดีขึ้น

อิเล็กทรอนิกส์

อนุภาคนาโนซิลิคอนนำมาใช้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แทนการใช้ผลึกนาโนซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์สูงซึ่งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้มาก แต่มีราคาแพง จึงได้มีการพัฒนาผลิตอนุภาคนาโนซิลิคอนให้ได้ปริมาณมากในรูปของสารละลายที่สามารถเตรียมเป็นฟิล์มบางเพื่อใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งช่วยลดระยะเวลาการผลิตและทำให้มีราคาถูกลง เนื่องจากใช้ปริมาณซิลิคอนลดลง นอกจากนี้ยังสามารถปรับขนาดของอนุภาคนาโนซิลิคอนให้มีขนาดต่าง ๆ เพื่อควบคุมการดูดกลืนคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้อีกด้วย

วัสดุ

ผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีผลึกนาโนซิลิคอนผสมอยู่จะมีสมบัติที่เรียกว่า superplastic คือสามารถดึงให้ยาวมาก ๆ ได้ ไม่แข็งเปราะ ตัดแต่งได้ ซึ่งแตกต่างจากเซรามิกทั่วไป ทำให้อัดขึ้นรูปและเผาให้เป็นรูปร่างได้หลายแบบที่อุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 7 เซรามิกที่มีผลึกนาโนซิลิคอนผสมอยู่
(ภาพจาก <http://www.mtec.or.th>)

นอกจากนี้เส้นใยซิลิคอนคาร์ไบด์สามารถใช้ผสมเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับแก้ว หรือ ผสมกับสารอื่น เช่น อะลูมิเนียม เพื่อใช้เป็นวัสดุเคลือบสำหรับเพิ่มความแข็งและต้านทานการสึกกร่อนของวัสดุเหล่านั้นได้

เอกสารอ้างอิง

ปฐมาภรณ์ ประพิศพงส์วานิช. “สมบัติเชิงกลและ โครงสร้างจุลภาคของแก้วที่เสริมแรงด้วยเส้นใยนาโนซิลิคอนคาร์ไบด์-อะลูมิเนียมเทรออกไซด์คาร์ไบด์,” [Online]. Available:

http://www.science.cmu.ac.th/study_abstract/4525464.pdf (Retrieved 14/8/2007)

เวฬุรีย์ ทองคำ. (2549). “เซลล์แสงอาทิตย์กับนาโนเทคโนโลยี,” *วารสารนาโนเทคโนโลยี*. 2 (4); 3 – 5.

อารักษ์ กลิ่นบำรุง และคณะ. “ความต้านทานการสึกหรอของผิวเคลือบวัสดุผสมอะลูมิเนียม-ซิลิคอนร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก เสริมแรงด้วยเส้นใยนาโนซิลิคอนคาร์ไบด์ที่เตรียมโดยการพ่นเคลือบด้วยความร้อน,” [Online]. Available:

www.scisoc.or.th/stt/30/sec_e/paper/stt30_E0099.pdf (Retrieved 14/8/2007)

“Aerogel,” *วารสารนาโนเทคโนโลยี*. 2 (4); 10.

“Aerogel วัสดุของแข็งที่เบาและเป็นฉนวนที่ดีที่สุดในโลก,” [Online]. Available:

http://www.nanotec.or.th/th/index.php?type=knowledge_room&second=cexe&status=read&readid=94 (Retrieved 8/8/2007)

“Silicon,” [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Silicon> (Retrieved 8/8/2007)