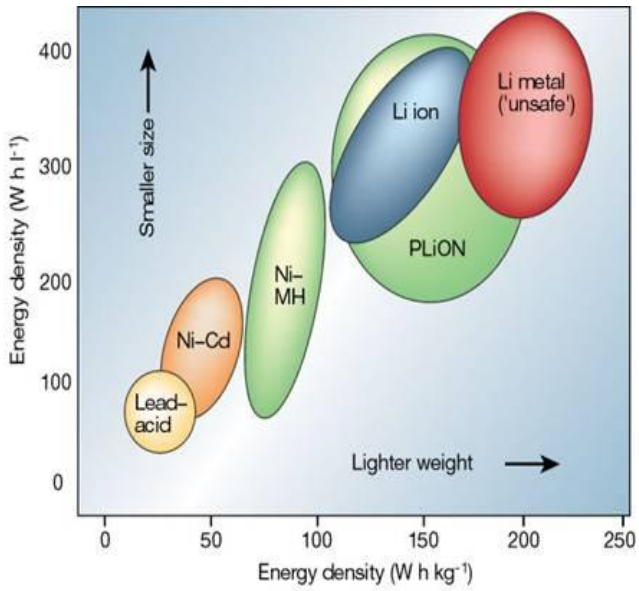
แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

คณิตตา ธรรมจริยวงศา
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

จากปัญหาความต้องการในการใช้พลังงานของโลกที่เพิ่มมากขึ้นอย่างทวีคูณและกำลังการผลิตที่ไม่เพียงพอกับความต้องการพลังงานนั้น กอปรกับมีความต้องการในการใช้พลังงานจากแหล่งที่สะอาดปราศจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะพลังงานที่ขึ้นอยู่กับพลังงานไฟฟ้าที่มาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) เช่น จากแสงอาทิตย์ ลม น้ำ คลื่น และความร้อนใต้พิภพ เพราะเป็นพลังงานที่สะอาด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีให้ใช้อย่างเหลือเฟือ สำหรับประเทศไทยมีโอกาสพัฒนาพลังงานทดแทนปริมาณมากจากพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากมีที่ตั้งของภูมิประเทศที่เหมาะสม เราสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานที่มีอยู่อย่างยั่งยืนตามธรรมชาตินี้อย่างคุ้มค่าตลอดทั้งปีและไม่มีวันหมด อย่างไรก็ตาม การใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยแหล่งกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ดี (Electrical energy storage) อย่างเช่น แบตเตอรี่

ในปัจจุบันแบตเตอรี่ถูกผลิตออกมาหลากหลายประเภท มีหลายขนาดและหลายรูปแบบ เพื่อความเหมาะสมในการใช้สำหรับสินค้าต่างประเภทกัน โดยหากแยกตามการนำมาใช้ซ้ำสามารถแยกได้หลักๆ 2 ประเภทคือแบบที่ใช้ครั้งเดียว (Primary cell or non-rechargeable battery) และแบบที่ชาร์จพลังงานซ้ำได้ (Secondary cell or rechargeable battery) หากแบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็นองค์ประกอบเพื่อผลิตพลังงานจะสามารถแบ่งได้หลากหลายกว่า เช่น ชนิดตะกั่ว-กรด (Lead–acid: Pb) ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม (Nickel Cadmium: NiCd) ชนิดนิกเกิล-ซิงค์ (Nickel-zinc: NiZn) ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮดราย (Nickel-Metal Hydride: NiMH) และชนิดลิเทียมไอออน (Lithium Ion: Li-ion) เป็นต้น ซึ่งความหลากหลายของวัสดุที่ใช้นี้เกิดจากวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ต้นทุนของการผลิต ความหนาแน่นของพลังงาน (Energy density) อายุการใช้งาน (Cycle life) ความปลอดภัย ขนาดและรวมถึงรูปร่าง อย่างไรก็ตามหากพิจารณารูปที่ 1 ซึ่งเป็นรูปที่แสดงความสามารถในการกักเก็บพลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น Wh/kg และ Wh/L (วัตต์-ชั่วโมง ต่อ กิโลกรัม และ วัตต์-ชั่วโมง ต่อ ลิตร ตามลำดับ) ของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ จะเห็นได้ว่า แบตเตอรี่ชนิดลิเทียม

ไอออนมีความสามารถในการเก็บพลังงานได้มากกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นทั้งในเชิงปริมาตร (Volumetric energy density) และเชิงมวล (Gravimetric energy density) รวมทั้งมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบาทำให้มีความสะดวกในการใช้งาน



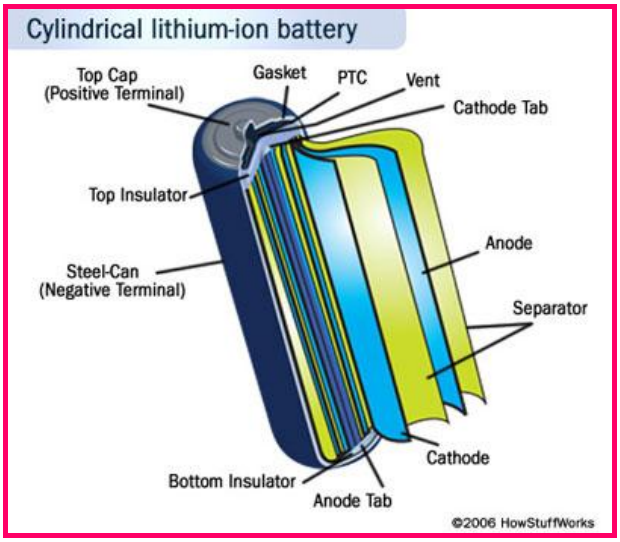
รูปที่ 1 ความสามารถในการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ
ที่มา: J.-M. Tarascon and M. Armand, *Nature* 414, 359 (2001)

ลิเทียมเป็นวัสดุองค์ประกอบการผลิตแบตเตอรี่ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน เทคโนโลยีการผลิตแบตเตอรี่ด้วยลิเทียมมีจุดเริ่มต้นจากการวิจัยในช่วงปี 1970 ซึ่งตอนนั้นเป็นชนิดใช้ครั้งเดียว คุณสมบัติที่ดีของลิเทียม คือเป็นโลหะที่เบา ให้แรงดันไฟฟ้าสูง และยังมีความหนาแน่นพลังงานสูงที่สุดในน้ำหนักที่เท่ากัน ปัญหาของลิเทียมโลหะ (Lithium metal) ในระยะแรกคือเรื่องความปลอดภัย กล่าวคือในระหว่างชาร์จไฟมีแนวโน้มที่จะเกิดความไม่เสถียรทำให้ระเบิดได้ง่าย งานวิจัยในระยะต่อมาจึงได้มีการทดลองเปลี่ยนจากการใช้ลิเทียมในรูปของโลหะ มาเป็นรูปของไอออน ซึ่งมีความปลอดภัยมากกว่ามาก ถึงแม้จะให้พลังงานที่น้อยกว่า แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนแบบชาร์จพลังงานซ้ำ ได้ออกสู่ตลาดในเชิงพาณิชย์เป็นครั้งแรกในปี 1991 โดยบริษัท Sony Corporation จากนั้นก็ได้มีการผลิตแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนออกมามากมาย เพื่อตอบสนองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลากหลายประเภท และเป็นกลุ่มแบตเตอรี่ที่มีความนิยมในการใช้งานสูงที่สุด การใช้แบตเตอรี่ชนิดลิเทียม

ไอออนนี้จะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ กล้องถ่ายรูป คอมพิวเตอร์พกพา หรือแม้แต่อุปกรณ์ทางการแพทย์เคลื่อนที่ ที่เคยมีขนาดใหญ่ เทอะทะ ไม่สะดวกในการใช้งานนอกสถานที่กลับมีขนาดเล็กลง น้ำหนักเบา พกพาสะดวก นอกจากนี้ลิเทียมไอออนยังมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมรถยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น รถยนต์ไฮบริด รถยนต์ปลั๊กอินไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้า

ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

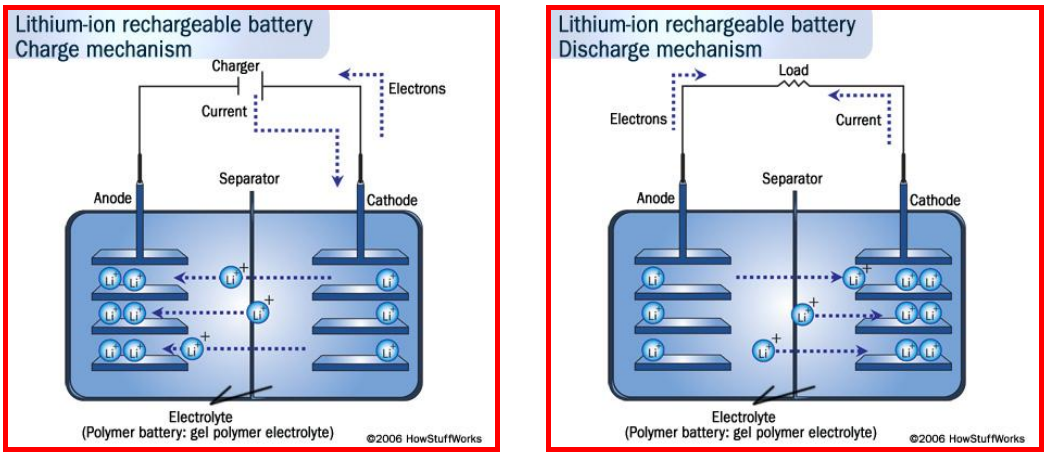
แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 4 ส่วน คือ 1) ขั้วไฟฟ้า ประกอบด้วยขั้วแคโทด (Cathode) และขั้วแอโนด (Anode) 2) Separator เป็นส่วนที่ป้องกันไม่ให้ขั้วแคโทดสัมผัสกับขั้วแอโนด จนเกิดการลัดวงจร 3) อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) เป็นสารละลายเกลือของลิเทียม ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ยอมให้ไอออนไหลผ่านแต่ไม่ยอมให้อิเล็กตรอนไหลผ่าน จึงเป็นตัวนำไอออนิกที่ดีแต่เป็นตัวนำอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่ดีและ 4) Current collector เป็นส่วนโลหะตัวนำที่ทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนไหลผ่านออกสู่วงจรภายนอกและเกิดการนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

ที่มา: http://electronics.howstuffworks.com/everyday-tech/lithium-ion-battery1.htm

หลักการทำงานของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน



รูปที่ 3 หลักการทำงานของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

ที่มา: http://electronics.howstuffworks.com/everyday-tech/lithium-ion-battery1.htm

แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนทำงานโดยอาศัยหลักการทางไฟฟ้าเคมี โดยขณะที่ประจุไฟ พลังงานไฟฟ้าที่เราประจุไฟเข้าไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่ ซึ่งจะบังคับให้ลิเทียมไอออนไหลออกจากโครงสร้างของวัสดุที่ใช้ทำขั้วแคโทด แล้วไหลผ่านอิเล็กโทรไลต์ แล้วผ่าน Separator และเข้าไปสอดตัว (Intercalate) อยู่ในโครงสร้างของวัสดุที่ใช้ทำขั้วแอโนด ดังแสดงในรูปที่ 3 ผลของปฏิกิริยานี้จะทำให้วัสดุที่ใช้ทำขั้วแคโทด เช่น $LiMO_2$, LiM_2O_4, $LiMPO_4$ และวัสดุที่ใช้ทำขั้วแอโนด เช่น C, Sn, Si อยู่ในสภาวะไม่เสถียร ส่วนในขณะที่ใช้งาน (คายประจุ) ปฏิกิริยาเคมีในแบตเตอรี่จะสามารถเกิดขึ้นได้เอง (Spontaneous reaction) กล่าวคือ ลิเทียมไอออนที่ไหลออกจากโครงสร้างของวัสดุที่ใช้ทำขั้วแคโทด และไปแทรกตัวอยู่ที่ขั้วแอโนดนั้น จะไหลออกจากโครงสร้างของวัสดุที่ใช้ทำขั้วแอโนดและเข้าไปอยู่ในโครงสร้างของวัสดุที่ใช้ทำขั้วแคโทดตามเดิม ทำให้ระบบมีสภาพเสถียรอีกครั้ง พร้อมกับให้อิเล็กตรอนผ่านวงจรไฟฟ้า (โดยที่อิเล็กตรอนจะไหลผ่านโลหะ current collector) และให้พลังงานไฟฟ้าออกมา เมื่อใดก็ตามที่ลิเทียมไอออนไหลกลับไปที่เดิมหมด ปฏิกิริยาก็จะสิ้นสุดหรือถ่านหมดนั่นเอง หากต้องการนำแบตเตอรี่ไปใช้ใหม่อีกต้องประจุไฟอีกครั้ง และเกิดเป็นเช่นนี้ต่อเนื่องไปจนกว่าแบตเตอรี่จะหมดสภาพและอายุการใช้งาน

ปัจจุบันมีนักวิจัยที่พยายามคิดค้นการผลิตแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนโดยใช้วัสดุที่แตกต่างกันในการทำขั้วแคโทดและแอโนด ทั้งนี้เพื่อคิดค้นวิธีที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต การเลือกใช้วัสดุที่มีความเสถียรสูง กล่าวคือ โครงสร้างของขั้วแอโนดและแคโทดยังมีความแข็งแรง ไม่แตกหักหรือสูญเสียพื้นที่ในการที่จะให้ไอออนของลิเทียมไปแทรกตัวอยู่ เช่น การผลิตวัตถุดิบตั้งต้นที่อุณหภูมิต่ำเพื่อลดการใช้พลังงานในการเผา การใช้น้ำแทนสารละลายอันตรายราคาแพงในการผลิต และการลดขั้นตอนบางขั้นตอนในการผลิตด้วยกรรมวิธีพิเศษ เช่น กระบวนการการผลิตแบตเตอรี่โดยอาศัยจุลินทรีย์ (ไวรัสและแบคทีเรีย) ในการผลิตวัสดุเพื่อใช้ทำขั้วไฟฟ้าโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิห้อง โดยปล่อยให้จุลินทรีย์ที่มีวัสดุที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้าฉาบอยู่บนตัวมันสามารถจัดเรียงตัวเอง (Self-assembly) ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตวัตถุดิบได้ นอกจากนี้ กรรมวิธีพิเศษนี้ยังทำให้ได้วัสดุโครงสร้างนาโนที่มีความนำไฟฟ้าแบบอิเล็กทรอนิกส์และความนำไฟฟ้าแบบไอออนิกสูงขึ้น และมีความจุพลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นอีกด้วย

เมื่อเร็วๆ นี้มีทีมนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยไรซ์ ในนครฮุสตัน รัฐเทกซัส สหรัฐอเมริกา สามารถค้นคว้าวิจัยจนสามารถพบรูปแบบของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ที่อยู่ในรูปของสเปรย์พ่นได้สำเร็จ เมื่อนำไปพ่นตามลำดับให้ถูกต้องแล้ว ก็จะสามารถสร้างแบตเตอรี่ใหม่ที่มีรูปร่างหลากหลายได้ ทางทีมเชื่อว่าในอีกไม่นาน แบตเตอรี่ชนิดสเปรย์ที่ว่านี้จะมีวางจำหน่ายให้เลือกซื้อไปใช้งานกันตามร้านค้าผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป โดยในการทดลอง ทีมวิจัยสามารถพ่นแบตเตอรี่ลงบนพื้นผิววัสดุหลายอย่าง ตั้งแต่แผ่นแก้วสไลด์ (สำหรับกล้องจุลทรรศน์) เหล็กกล้า แผ่นพลาสติก แผ่นเซรามิกปูพื้น ผนังห้องน้ำหรือแม้กระทั่งพ่นใส่ข้างแก้วกาแฟแล้วทำให้กลายเป็นแบตเตอรี่ขึ้นมาได้ ความลับในการผลิตแบตเตอรี่ชนิดสเปรย์ของมหาวิทยาลัยไรซ์ก็คือ การคิดค้นหาสูตรของ "สเปรย์" ที่สามารถทำหน้าที่ได้เหมือนกับส่วนประกอบที่แยกกันอยู่ของแบตเตอรี่ มีการทดสอบ วิจัยจากวัสดุหลายอย่าง รวมทั้งท่อนาโนคาร์บอน (Carbon nanotube) และผงถ่านชนิดละเอียดพิเศษ เมื่อนำเอาวัสดุต่างๆ เหล่านั้นมาทำให้อยู่ในรูปของของเหลว เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน เท่าที่ผู้ใช้ต้องทำเมื่อต้องการแบตเตอรี่ก็คือนำสเปรย์ของส่วนประกอบต่างๆมาพ่นให้ถูกต้องตามลำดับที่กำหนดไว้ให้ ก็จะได้แบตเตอรี่ตามที่ต้องการ

ทีมวิจัยของมหาวิทยาลัยไรซ์ใช้กระเบื้องปูผนังขนาดมาตรฐาน 9 แผ่น มาพ่นด้วยแบตเตอรี่ชนิดสเปรย์โดย 1 ในจำนวนทั้ง 9 แผ่นนั้นติดตั้งแผ่นโซลาร์เซลล์ที่ใช้สำหรับการ

ชาร์จแบตเตอรี่ด้วยแสงสว่าง ประจุไฟฟ้าที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ชนิดสเปรย์ 9 แผ่นดังกล่าวนั้นมีพลังมากพอที่จะทำให้หลอดแอลอีดีที่ประกอบขึ้นเป็นตัวอักษร "ไรซ์" อันเป็นชื่อของมหาวิทยาลัย ติดสว่างอยู่นานถึง 6 ชั่วโมง นักวิจัยได้ยืนยันข้อดีอีกอย่างหนึ่งว่า วัสดุใดก็ตามที่นำมาพ่นด้วยสเปรย์แบตเตอรี่ สามารถทำหน้าที่ของแบตเตอรี่ได้โดยไม่ได้สูญเสียคุณสมบัติดั้งเดิมของมัน นั่นหมายความว่า เราสามารถเปลี่ยนข้าวของในบ้านหรือแม้กระทั่งวัสดุก่อสร้างทุกอย่างให้กลายเป็นแบตเตอรี่ได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. นงลักษณ์ มีทอง, **วัสดุสำหรับแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน**, มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมษายน 2553.
2. Tarascon, J.-M. and Armand M., “Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries” Nature, 414, 359 (2001).
3. M.Armand and J.-M Tarascon, “Building better batteries” Nature,451, 652-657 (2008).
4. http://electronics.howstuffworks.com/everyday-tech/lithium-ion-battery1.htm
5. http://electronics.howstuffworks.com/everyday-tech/lithium-ion-battery1.htm
6. http://www.nstda.or.th/prs/index.php/lithum
7. http://www.matichon.co.th/news_detail.php?newsid=1341200075&grpid=&catid=09&subcatid=0904