งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาหาแนวทางการปรับปรุงสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงเดี่ยวชนิดพอลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์เมมเบรนโดยการระดมยิงผิวเมมเบรนด้วยไอออนของอาร์กอน และการปรับปรุงระบบทดสอบเซลล์เชื้อเพลิงเดี่ยวให้ได้มาตรฐาน ก่อนอื่นได้ทำการจำลองพลศาสตร์เชิงโมเลกุล ด้วยโปรแกรม AMBER9 โดยใช้เทคนิคการจำลองแบบผสมระหว่างกลศาสตร์ควอนตัมและพลศาสตร์เชิงโมเลกุล (QM/MD) พบว่าเมื่อระดมยิงไอออนลงบนผิวเมมเบรน จะเกิดโครงสร้างนาโนในลักษณะเป็นที่ว่างหรือเป็นหลุม ทำให้ผิวเมมเบรนมีความขรุขระและมีพื้นที่มากขึ้น โครงสร้างหลังการยิงด้วยไอออนปริมาณมาก พบว่ากลุ่มซัลโฟเนตของกิ่งโซ่แนฟฟิออนหันเข้าบริเวณโครงสร้างนาโนที่เกิดจากบริเวณไอออนฝังตัว อาจทำให้เกิดโพรงขนาดนาโนซึ่งสามารถเป็นที่อยู่ของน้ำและโปรตอนทำให้กระบวนการส่งผ่านโปรตอนมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น หลังจากนั้นได้ทำการระดมยิงผิวเมมเบรนด้วยลำไอออนของอาร์กอนพลังงาน 10 keV และเทคนิคการเคลือบฝังไอออนแบบจุ่มในพลาสมาของอาร์กอนด้วยแรงดันไฟฟ้าไบแอส -2.5 kV ความถี่ 200 Hzโดยใช้โดสไอออนในช่วง 10^{14} – 10^{16} ion/cm^2 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM พบว่าผิวเมมเบรนมีความขรุขระเพิ่มขึ้นจาก 0.888 nm เป็น 1.874 nm ซึ่งหมายถึงการมีพื้นที่มากขึ้นซึ่งคาดว่าจะทำให้เซลล์เชื้อเพลิงมีสมรรถนะดีขึ้นจากการมีพื้นที่ทำปฏิกิริยามากขึ้น ผลการวัดด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรสโกปี พบว่าการระดมยิงผิวไอออนไม่มีผลกระทบต่อหมู่ซัลโฟเนตซึ่งเป็นฟังก์ชันนัลกรุ๊พที่ใช้นำโปรตอน แต่มีการเพิ่มขึ้นของพันธะ C = O ซึ่งมีช่วงของเลขคลื่น 1725 – 1885 cm^{-1} ผลการวัดมุมสัมผัสแสดงให้เห็นว่าสภาพไม่ชอบน้ำลดลงเล็กน้อยโดยมุมสัมผัสลดลงจาก 80 องศาเป็น 64 องศาเมื่อถูกระดมยิงด้วยไอออน และเมื่อนำไปทดสอบอิมพิแดนซ์กระแสสลับ พบว่ามีค่าสภาพนำโปรตอนลดลง 20 % เมื่อใช้เทคนิคพลาสมา และลดลง 66 % เมื่อใช้เทคนิคลำไอออน จากนั้นนำเมมเบรนทั้งที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการและเมมเบรนที่ผ่านกระบวนการทั้งสองไปประกอบเป็นเซลล์เดี่ยวและทดสอบสมรรถนะ พบว่าสมรรถนะของเซลล์ลดลงเมื่อเมมเบรนถูกดัดแปรด้วยวิธีการทั้งสองวิธี ซึ่งขัดแย้งกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ผลดังกล่าวอาจเกิดขึ้นจากการที่ไอออนไปทำลายพันธะที่จำเป็นสำหรับการนำโปรตอนของเมมเบรน ในส่วนการพัฒนาระบบทดสอบเซลล์เชื้อเพลิงเดี่ยวนั้นได้ทำการพัฒนาระบบทำความชื้นก๊าซโดยเปลี่ยนจากแบบฟองอากาศเป็นแบบเยื่อเลือกผ่านซึ่งให้ความชื้นได้ดีกว่ามาก ทั้งยังได้พัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติโดยทำการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิของท่อนำก๊าซและเซลล์เชื้อเพลิง และอัตราการไหลของก๊าซได้อย่างดี นอกจากนั้นยังสามารถแสดงผลการวัดแบบเป็นปัจจุบันและเก็บข้อมูลเพื่อนำมาเขียนกราฟระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าได้ ขณะนี้ที่อาคารวิจัยนิวตรอนพลังงานสูง ได้มีระบบทดสอบเซลล์เชื้อเพลิงเดี่ยวที่มีมาตรฐานเทียบเท่ากับ ITRI (Industrial Technology Research Institute of Taiwan) ซึ่งยืนยันได้จากการเปรียบเทียบผลการวัดสมรรถนะเซลล์เชื้อเพลิงเดี่ยวโดยใช้ระบบทดสอบของเราและผลที่ส่งจาก ITRI ซึ่งให้ผลการทดสอบเซลล์เชื้อเพลิงเหมือนกัน ระบบทดสอบเซลล์เชื้อเพลิงที่ได้พัฒนาขึ้นนี้จะเป็นเครื่องมือหลักในการศึกษาและพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงในอนาคตต่อไป

This research is about the search of a performance improvement of a single polymer electrolyte fuel cell by energetic argon ion bombardment on membrane surface and an upgrading of a single cell test station. First, a molecular dynamic simulation with AMBER9 software has been performed by using quantum mechanic and molecular dynamic technique. The results show that there presented nano-scale craters on the surface after bombardment of ions. This causes an increasing of roughness of the surface, which results in a higher surface area. It was found that the sulfonate groups in Nafion chains were collected in the region that ions are embedded. This may cause nano crater, which can be occupied by water molecules and protons, and result in higher proton conductivity. After the computer simulation, membrane surface were bombarded by two techniques. One is a 10 keV argon ion beam and the other one is the -2.5 kV, 200 Hz pulsed plasma immersion ion implantation and deposition. Ion fluent were varied between 10^{14} – 10^{16} ion/cm^2. The AFM results showed that the roughness of membrane increased from 0.888 nm to 1.874 nm, hence increasing of membrane surface area. It is expected that the performance of the fuel cell would be increased from the increasing of the surface area. Results from FTIR analysis showed that there is merely small effect to sulfonate groups on the membrane surface after ion bombardment. However, it is found that there is an increasing of C = O bond, wavelength 1725 – 1885 cm^{-1}. Contact angle measurement showed that the contact angle decreased from 80 degree to 64 degree after the treatment. The membrane surface is less hydrophilic. AC impedance analysis results showed that the proton conductivity decreased by 20% after plasma treatment and 66% after ion beam bombardment. After that, as-received and treated membranes were assembled in single cell units and the performances of those were compared. It was found that the performance of the fuel cell using treated membranes were poorer than the untreated one, which conflicts with our hypothesis. This might be due to chemical bond breaking of some essential bonding for proton conduction. The single cell test station has been upgraded by utilizing membrane-type gas humidifiers, instead of bubble-type ones, which give higher relative humidity. Essential parameters to run fuel cells can be controlled via a computer which can control gas tube and cell temperature and the gas flow rate. It can also show the real-time results of current, voltage and power produced by the cell. Moreover, the data can be taken via the computer to plot I-V curve. Now we can say that we have a standard single cell test station. This is confirmed by comparing the performance of the same single cell measured by both our test station and a standard test station at ITRI (Industrial Technology Research Institute of Taiwan). The results showed the similar cell performance. The test station is a key instrument in fuel cell study and development in the future.