

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG558014

ชื่อโครงการ: การขึ้นรูปและสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงเซรามิกชนิดนำโปรตอนที่ใช้ไอต์เตรียมโดย
แบบเรียบเซอร์โคเนตและแบบเรียบซีเรียมเซอร์โคเนตเป็นอิเล็กโทรไลต์โดยการพอกพูนแบบ
ละอองด้วยไฟฟ้าสถิต

ชื่อนักวิจัย และสถาบัน: ผศ.ดร.รจนา พรประเสริฐสุข ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย

อีเมล : rojana.p@chula.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 2 กรกฎาคม 2555 – 1 กรกฎาคม 2557

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อขึ้นรูปเซลล์เดี่ยวของเซลล์เชื้อเพลิงเซรามิกชนิดนำโปรตอนที่ใช้ Y-doped BaZrO₃ (หรือ BYZ) และ Y-doped Ba(Ce,Zr)O₃ (หรือ BCZY) เป็นอิเล็กโทรไลต์ โดยขั้นตอนการขึ้นรูปเซลล์เดี่ยวเริ่มต้นจากการหาตัวแปรที่เหมาะสมในการขึ้นรูปฟิล์มอิเล็กโทรไลต์ชนิด BYZ และ BCZY ลงบนแผ่นแอโนดชนิด NiO-BYZ และ NiO-BCZY ตามลำดับ ด้วยเทคนิคการพอกพูนแบบละอองด้วยไฟฟ้าสถิต เมื่อได้ฟิล์มอิเล็กโทรไลต์ที่มีความหนาแน่นสูงหลังการเผาผนึกพร้อมชิ้นงานแล้ว คณะผู้วิจัยจะทา Pt paste ลงบนผิวของอิเล็กโทรไลต์เพื่อใช้เป็นแคโทดของเซลล์เดี่ยว จากนั้นจึงทดสอบสมรรถนะของเซลล์เชื้อเพลิงดังกล่าวที่อุณหภูมิการทำงานระดับกลาง (400-700 °C)

การดำเนินงานของโครงการในช่วงเวลา 2 ปีที่ผ่านมา คณะผู้วิจัยได้เริ่มการทดลองจากการขึ้นรูปอิเล็กโทรไลต์ชนิด BYZ บนแผ่นรองรับแอโนดชนิด NiO:BYZ (อัตราส่วน 60:40 โดยน้ำหนัก) โดยในขั้นตอนแรกคณะผู้วิจัยได้ทำการเตรียมสารละลายสำหรับการขึ้นรูปฟิล์ม BYZ และปรับตัวแปรที่ใช้ในการขึ้นรูปด้วยวิธีการพอกพูนแบบละอองด้วยไฟฟ้าสถิต ได้แก่ อุณหภูมิแผ่นรองรับ ความเข้มข้นของสารตั้งต้น ระยะระหว่างหัวเข็มถึงฐานรองรับ ความต่างศักย์ระหว่างหัวเข็มและฐานรองรับ และ อัตราการไหลของสารละลาย ผลการทดลองที่ได้พบว่าฟิล์ม BYZ ที่ขึ้นรูปบนแผ่นรองรับแอโนดมีรูพรุนจำนวนมาก แม้ว่าคณะผู้วิจัยจะพยายามแก้ปัญหาโดยการปรับเปลี่ยนตัวแปรการขึ้นรูป และเพิ่มชั้นแอโนดรูพรุนต่ำ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ NiO:BYZ ของชั้นแอโนดรูพรุนต่ำเท่ากับ 50:50 30:70 และ 10:90) บนผิวของแผ่นรองรับแอโนดเดิม แต่ยังคงเกิดปัญหาของรอยแตกในฟิล์ม เนื่องจากการหดตัวที่ไม่สัมพันธ์กันระหว่างชั้นแอโนดและฟิล์ม BYZ จึงทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปเซลล์เดี่ยวของเซลล์เชื้อเพลิงเซรามิกชนิดนำโปรตอนได้

ต่อมาคณะผู้วิจัยได้ทำการขึ้นรูปของฟิล์ม BCZY ลงบนแผ่นรองรับ SiO₂/Si ก่อนเพื่อหาตัวแปรการขึ้นรูปที่เหมาะสม แล้วใช้ตัวแปรดังกล่าวทำการขึ้นรูปฟิล์ม BCZY บนแผ่นรองรับแอโนดชนิด NiO-BCZY ที่มีชั้นแอโนดรูพรุนต่ำ (อัตราส่วนเดียวกับกรณีฟิล์ม BYZ) ผลการทดลองที่ได้พบว่าคณะผู้วิจัยสามารถขึ้นรูปฟิล์ม BCZY ที่มีความหนาแน่นสูงและไม่มียอยแตกลงบนแผ่นรองรับแอโนดที่มีชั้นแอโนดรูพรุนต่ำ (NiO:BCZY ที่ 10:90 โดยน้ำหนัก) และสามารถขึ้นรูป

เซลล์เดี่ยวของเชื้อเพลิงที่ใช้ BCZY เป็นอิเล็กโทรไลต์ได้สำเร็จ โดยค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์เดี่ยวที่อุณหภูมิการทำงาน 550-700 °C โดยใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงและก๊าซออกซิเจนเป็นตัวออกซิแดนต์ อยู่ในช่วง 1.0-3.0 mW/cm²

คำหลัก : แบเรียมซีเรียมเซอร์โคเนต แบเรียมเซอร์โคเนต ฟิล์มบาง การพอกพูนแบบละอองด้วยไฟฟ้าสถิต เซลล์เชื้อเพลิงเซรามิกชนิดนำโปรตอน

Abstract

Project Code: MRG558014

Project Title: Fabrication and Performance of Protonic Ceramic Fuel Cells using Y-doped BaZrO₃ and Ba(Ce,Zr)O₃ as Electrolytes by Electrostatic Spray Deposition

Investigator : Asst. Prof.Dr. Rojana Pornprasertsuk, Department of Materials Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

E-mail Address: rojana.p@chula.ac.th

Project Period: 2 July 2012 - 1 July 2014

This research work focuses on the fabrication of protonic ceramic fuel cell (PCFC) which uses Y-doped barium zirconate (BYZ) and Y-doped barium cerium zirconate (BCZY) as an electrolyte. The BYZ and BCZY thin films were fabricated by electrostatic spray deposition (ESD) on the NiO-BYZ and NiO-BCZY anode substrates, respectively. To fabricate a PCFC single cell, Pt paste was applied on the surface of BYZ or BCZY electrolyte as a cathode. The performance of the single cells was then analyzed at the operating temperatures of 400-700 °C.

For BYZ fabrication on 60 wt% NiO-40 wt% BYZ anode substrates, the first step involved the preparation of precursor solution and optimization of ESD parameters (i.e. substrate temperature, precursor concentration, nozzle-to-substrate distance, applied voltage and solution flow rate). The microstructure analysis showed that the sintered BYZ films on NiO-BYZ substrates had low density with several pores on the surfaces. The research team tried to solve the problem by introducing the anode functional layer which contained the lower weight fraction of NiO:BYZ (10:90, 30:70 and 50:50) on top of the 60 wt% NiO-40 wt% BYZ anode substrate. However, after sintering, the BYZ surfaces contained some cracks due to the shrinkage mismatch between the substrates and electrolytes. Thus, the PCFC single cell using BYZ as an electrolyte could not be fabricated.

The preparation of BCZY precursor and the optimization of ESD parameters for BCZY thin film fabrication on SiO₂/Si wafers were then performed. By employing the optimized ESD parameters of BCZY deposited SiO₂/Si wafers, the BCZY thin films were then fabricated on 60 wt% NiO-40 wt% BCZY substrates with the anode functional layers (AFLs) at lower weight fractions of NiO:BCZY (10:90, 30:70 and 50:50, referred to as NB10:90, NB30:70 and NB50:50, respectively). The microstructure analysis showed that the

dense BCZY film with no crack was finally achieved the NB10:90 anode substrate. The PCFC single cell using BCZY as an electrolyte was then fabricated. By using hydrogen gas as a fuel and oxygen gas as an oxidant, the maximum power densities of 1.0-3.0 mW/cm² was then achieved at the operating temperatures of 550-700°C.

Keywords: barium zirconate, barium cerium zirconate, thin film, electrostatic spray deposition, protonic ceramic fuel cell