Conductive and Electroactive Polymers
Progress Report: RTA 5880008
Duration: 17 August 2015- 16 August 2018
PI: Anuvat Sirivat

Abstract

Conductive polymers (CPs) contain a conjugated system with **ΤΤ**-electrons delocalized along the polymer backbone, thus they possess the electrical and magnetic properties of metal, while retaining the mechanical properties of polymers. Conductive polymers offer distinct advantages: lightweight, flexibility, corrosion-resistivity, high chemical inertness, electrical insulation, the ease of processing and can be utilized at room temperature. In this proposal, the development of several conductive polymers (Ppy, Pani, Pth, Ppv, Pedot, Ppp, Pdpa, and Paz) and the fabrications of polymeric matrices (elastomers, tri-block copolymers, cellulose, gelatin, and alginate) with and without functional fillers (zeolites and sulfonated zeolites: A, X, Y, MCM41, ZSM-5, Beta, L, Modenite; fullerene, carbon nanotubes, graphene; magnetic nanoparticles) are systematically proposed. The polymeric blends and/or composites are tailored towards four main applications namely: a) the sensing materials for toxic gases and vapors at room temperature; b) the reversible actuation materials which can be precisely controlled by electric field; c) the drug delivery materials in which the delivery rate, amount and duration are programmable and activated by electric field; and d) the ion exchange membranes which are used in methanol and vanadium fuel cells.

Key Words: Conductive and Electroactive Polymers, Sensor and Actuator, Drug Delivery, Proton Exchange Membrane

บทคัดย่อ

พอลิเมอร์นำไฟฟ้าประกอบไปด้วยโครงสร้างในระบบคอนจูเกทคือการที่ **ΤΤ**-อิเล็คตรอนเคลื่อนที่ไปมาในสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าและแม่เหล็กคล้ายคลึงกับโลหะ โดยยังมีคุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ พอลิเมอร์นำไฟฟ้ามีคุณสมบัติที่โดดเด่น เช่น น้ำหนักเบา ยืดหยุ่น ทนทานต่อการสึกกร่อน ทนทานต่อสารเคมี เป็นฉนวนทางไฟฟ้า ขึ้นรูปได้ง่าย และนำไปใช้ประโยชน์ภายใต้อุณหภูมิห้องได้ โครงการวิจัยครั้งนี้ นำเสนอการพัฒนาพอลิเมอร์นำไฟฟ้าหลายชนิด (Ppy, Pani, Pth, Ppv, Pedot, Ppp, Pdpa, และ Paz) ร่วมกับการเตรียมพอลิเมอร์โครงร่างหลายชนิด (ยาง elastomers, โคพอลิเมอร์ชนิดไตรบล็อค, เซลลูโลส, เจลาติน, และอัลจิเนท) โดยมีการเติมและไม่เติมสารเติมแต่งที่ทำการปรับหมู่ฟังก์ชัน (ซีโอไลต์ และ ซัลโฟเนทซีโอไลต์ A, X, Y, MCM41, ZSM-5, Beta, L, Modenite; และแอคทีฟคาร์บอน ฟุลเลอรีน, คาร์บอนนาโนทิวบ์, กราฟีน, อนุภาคแม่เหล็กนาโน) โดยมีการผสมผสานกันอย่างเป็นระบบ พอลิเมอร์ผสมหรือคอมพอสิทจะนำไปประยุกต์ใช้ในด้าน: ก) วัสดุเซนเซอร์ที่ตอบสนองต่อก๊าซและไอพิษที่อุณหภูมิห้อง; ข) วัสดุแอคชูเอเตอร์ที่ผันกลับได้โดยสามารถควบคุมได้อย่างแม่นยำโดยสนามไฟฟ้า; ค) วัสดุนำส่งยาโดยมีค่าอัตราการนำส่งและปริมาณที่สามารถตั้งค่าและกระตุ้นได้ด้วยสนามไฟฟ้า; ง) เมมเบรนแลกเปลี่ยนไอออนสำหรับใช้งานในเซลล์เชื้อเพลิงชนิดใช้เมทานอลและวานาเดียม

คำสำคัญ: พอลิเมอร์นำและตอบสนองต่อสนามไฟฟ้า, เซนเซอร์ และ แอคชูเอเทอร์, การนำส่งยา, เมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

Executive Summary

โครงการ: (ภาษาไทย) **พอลิเมอร์ที่นำไฟฟ้าและตอบสนองต่อไฟฟ้า**
(ภาษาอังกฤษ) **Conductive and Electroactive Polymers**

1. Problem Statements

There are four applications of conductive and electroactive polymers in this report: sensor; actuator; drug release and ion exchange membrane. The statements of problem are described below.

Sensor

There are several types of gas sensors: electrochemical, infrared, catalytic bead, photoionization and solid-state. The most widely used gas sensor devices are produced from metallic oxides such as SnO_2, ZnO, WO_3, TiO_2, In_2O_3. The electrical conductivity changes when gas molecules are adsorbed onto its surface. Even though its low selectivity has been improved, its operating temperature needs to be rather high: 300 – 400 $^{\circ}$C.

Conductive polymers offer other advantages: lightweight, flexibility, corrosion-resistivity, high chemical inertness, electrical insulation, the ease of processing and can be operated at room temperature. Furthermore, conducting polymers can respond to a wide range of gases in particular toxic gases. However, conducting polymers lack sensitivity and selectivity to gases at low concentrations.

Actuator

Electroactive polymers (EAP) are the polymers that can convert electrical energy into mechanical energy. They offer promising and novel characters as muscle-like actuators: lightweight, high energy density, and high flexibility. The remaining issues to be addressed are: responses at low electric field strength, temporal behaviors, and reversibility.

Drug Delivery

The goal of ideal drug delivery systems is to deliver medications intact to specifically targeted parts of the body through a medium that can control the therapy administration. Polymer microspheres, polymer micelles and hydrogel materials have slow rates of release limiting the ability to deliver the drugs efficiently towards the target. A novel blend consisting of a conductive polymer and a hydrogel is thus expected to fulfill the important requirement of the ideal drug release device: the possibility of switching on/off and the precisely controlled release rate, amount, and duration as functions of applied electric potential.

Ion Exchange Membrane

A proton exchange membrane (PEM) is an electrolyte used in both polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFC) and direct methanol fuel cells (DMFCs) which allows protons to move from the anode to the cathode. However, the main drawbacks of the Nafion, commercial Dupont membranes, are its high cost, high methanol permeability, and loss of proton conductivity at high temperature.

2. Objectives

Sensor

The present project proposes to develop reliable toxic gas sensing materials for CO, SO2, and toxic vapors which are inexpensive and easy to integrate into a system capable of detecting an individual gas in a gas mixture at a low concentration level and with a fast response.

Actuator

The present project proposes to develop actuation-reversible materials which can be precisely controlled by electric field. The actuation materials can be used in a variety of devices: robots; micro-motors; micromechanical devices; or even as artificial muscles for human or animals.

Drug Delivery

The present project proposes to develop conductive polymer/hydrogel blends and related materials in which the transdermal drug delivery can be precisely controlled by electric field. The drug delivery materials can be used in a variety of applications: the delivery of anti-inflammatory drugs; and as a part of microchip laboratory.

Ion Exchange Membrane

The present project proposes to develop novel ion exchange membranes from sulfonated poly(ether ketone ether sulfone), poly(ether ether ketone), polyimide and others for using in direct methanol fuel cell (DMFC) and vanadium redox flow battery (VRB).The important properties are characterized and to be compared with the commercial Nafion membrane which has several drawbacks such as high cost, high methanol permeability, and loss of proton conductivity at high temperature.