ชื่อโครงการ การศึกษาค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ของวัสดุ Rhodamine 6G ร่วมกับอนุภาคโลหะนาโนทอง-แพลลาเดียม

แหล่งเงิน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
งบประมาณเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 150,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2559 ถึง 30 กันยายน 2560

หัวหน้าโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภัทรียา ดำรงศักดิ์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ร่วมโครงการวิจัย ดร. วิฑูรย์ ยินดีสุข ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

อันตรกิริยาระหว่างอนุภาคนาโนโลหะและวัสดุฟลูออโรฟอร์ได้รับถูกศึกษาอย่างกว้างขวางเนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานในหลายด้าน เช่น เซนเซอร์ชีวภาพ การสร้างภาพตรวจวัดเซลล์ และด้านเซลล์แสงอาทิตย์ การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเมื่อวัสดุฟลูออโรฟอร์ถูกแวดล้อมด้วยอนุภาคนาโนโลหะ ความเข้มแสงที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ขึ้นกับระยะห่างระหว่างอนุภาคโลหะและวัสดุฟลูออโรฟอร์ ในงานวิจัยนี้จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติการดูดกลืนและการเปล่งแสงของวัสดุ Rhodamine 6G ในรูปของสารละลายเมื่อถูกแวดล้อมด้วยอนุภาคนาโนโลหะทอง-แพลลาเดียม นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทดลองวัดค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ของสารละลาย Rhodamine 6G ในกรณีที่มีและไม่มีการเจืออนุภาคนาโนโลหะทอง-แพลลาเดียมโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบ ความเข้มข้นของสาร Rhodamine 6G ที่ศึกษาอยู่ในช่วง 3.53×10^{-7} ถึง 1.70×10^{-6} โมลาร์ และค่าความเข้มข้นของอนุภาคนาโนโลหะทอง-แพลลาเดียมมีค่าอยู่ในช่วง 7.06×10^{-6} ถึง 1.36×10^{-4} โมลาร์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์จะมีค่าขึ้นกับความเข้มข้นของสารที่ผสมกัน ความสัมพันธ์ของค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์และความเข้มข้นของสารจะถูกวิเคราะห์ผ่านวิธีการฟื้นฝิวตอบสนอง ผลการทดลองและการคำนวณมีค่าแตกต่างกันน้อยกว่า 2 %

คำสำคัญ : ฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ อนุภาคนาโนโลหะทอง-แพลลาเดียม วิธีการฟื้นฝิวตอบสนอง

Research Title: Determination of the fluorescence quantum yield of Rhodamine 6G with gold-palladium core-shell nanoparticles

Researchers: Asst.Prof. Pattareeya Damrongsak (Principle investigator)
Dr. Witoon Yindeesuk (Co-investigator)
Physics Department Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

Interactions between metal nanoparticles and fluorophores have been extensively studied because they offer the diverse applications for biosensors, cell imaging, and photovoltaics. It has been reported that when fluorophores are located near the metal nanoparticles, emission intensity can be enhanced or quenched depending on the distance between the metal nanoparticles and fluorophores. In this research, we studied how the absorption and emission behavior of Rhodamine 6G dye in solution form is tailored using AuPd core-shell nanorods. In addition, the fluorescent quantum yield of Rhodamine6G solution in the absence and presence of AuPd core-shell nanorods was measured using a comparative method. The fluorescent quantum yields were investigated when the concentrations of Rhodamine6G were varied from 3.53×10^{-7} to 1.70×10^{-6} Molar, whilst the concentrations of AuPd core-shell nanorods were varied from 7.06×10^{-6} to 1.36×10^{-4} Molar. Experimental results have been shown that the measured fluorescent quantum yield was dependent on the proportions between Rhodamine6G and AuPd core-shell nanorods. Relationship between these fluorescent quantum yields and concentrations of the samples were also analyzed by the response surface methodology. It was found that the deviation between experiment and calculation were less than 2%.

Keywords : *fluorescent quantum yield, AuPd core-shell nanorods, response surface methodology.*

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาภาภรณ์ สกุลการะเวก อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ที่ให้คำชี้แนะเกี่ยวกับการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Design Expert รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์โปรแกรมในการทดลอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษกร โล่เจริญรัตน์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับวิธีการจัดเตรียมอนุภาคนาโนโลหะ และช่วยผลักดันให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงและสามารถตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติได้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรียา ดำรงศักดิ์
ดร. วิฑูรย์ ยินดีสุข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 Fluorescence quantum yield	5
2.2 กลไกการเรืองแสง	7
2.3 ปรากฏการณ์เซอร์เฟจพลาสมอนเรโซแนนซ์	9
2.4 Plasmon resonance energy transfer	9
2.5 Fluorescence resonance energy transfer	10
2.6 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE)	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	14
3.1. เครื่องมือและระบบการวัดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	14
3.2 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย	14
3.3 ระบบวัด	16
3.3.1 ระบบวัดสมบัติการดูดกลืนแสงของสารละลายสารเรืองแสง	16
3.3.2 ระบบวัดสมบัติการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนต์	17
3.4 การเตรียมวัสดุและการวัดค่า ϕ_f ของสารละลาย	17
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	20
4.1 ผลการหาค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ของสารละลาย Rhodamine 6G	20
4.2 ผลการศึกษาสเปกตรัมแสงของสารละลาย Rhodamine 6G และสารละลายRhodamine 6G ที่ผสมกับอนุภาค AuPd	28
4.3 ผลการหาค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ของสารละลาย Rhodamine 6G ผสม AuPd โดยการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม	33

Design Expert 9.0.3

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง *42*

5.1 สรุปผลการวิจัย *42*

5.2 ข้อเสนอแนะ *42*

บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย *43*

เอกสารอ้างอิง *44*

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก *47*

ภาคผนวก ข *56*

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	รายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน	3
1.2	ระยะเวลาและแผนในการดำเนินงาน	4
2.1	ค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ของสารละลาย Rhodamine 6G ในตัวทำละลายต่างๆ	6
3.1	สมบัติพื้นฐานของสารเรืองแสง Rh6G และ RhB	15
3.2	ค่าความเข้มข้นของสารละลาย Rh6G	18
3.3	การเตรียมสารละลาย Rh6G ผสมกับอนุภาค AuPd	18
3.4	ความเข้มข้นของสารละลาย Rh6G และอนุภาค AuPd	19
4.1	ค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ของสารละลาย Rh6G จากการทดลองครั้งที่ 1	26
4.2	ค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ของสารละลาย Rh6G จากการทดลองครั้งที่ 2	27
4.3	ค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ของสารละลาย Rh6G จากการทดลองครั้งที่ 3	27
4.4	ผลการวิเคราะห์ค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ของสารละลาย	39
4.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สำหรับแบบจำลอง	41
4.6	ค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ของสารละลาย Rh6G ผสมอนุภาค AuPd ที่ได้จากการทดลองกับการคำนวณด้วยสมการ	41

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนภาพแสดงระดับพลังงาน Jablonski	7
2.2 กลไกการเกิดกระบวนการ Plasmonic resonance energy transfer	9
2.3 แผนภาพแสดงระดับพลังงานอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ FRET	10
2.4 แผนภาพ Jablonski ฟื้นฐานและแบบประยุกต์กรณีไมเลกุลถูกแวดล้อมด้วยอนุภาคโลหะ	12
2.5 กระบวนการออกแบบการทดลอง	13
3.1 โครงสร้างของสาร (ก) Rhodamine 6G และ (ข) Rhodamine B	15
3.2 โครงสร้างของ AuPd แบบแท่ง	16
3.3 ระบบวัดการดูดกลืนแสง	16
3.4 ระบบวัดการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนต์	17
4.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Rh6G และ RhB	20
4.2 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Rh6G และ RhB	24
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างฟีคการเปล่งปลงปละความเข้มข้นของสารละลาย	25
4.4 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของอนุภาค AuPd	28
4.5 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Rh6G	29
4.6 ค่าฟีคสูงสุดของสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Rh6G	29
4.7 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Rh6G กับสารละลาย Rh6G ผสมกับอนุภาคนาโน AuPd	30
4.8 สเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Rh6G ผสมกับอนุภาคนาโน Au/Pd เทียบกับสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลาย Rh6G	32
4.9 อัตราส่วนแสงฟลูออเรสเซนต์ของ AuPd + Rh6G : Rh6G	33
4.10 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลาย Rh6G และสารละลาย Rh6G ที่ผสมกับอนุภาค AuPd	34
4.11 สเปกตรัมการเปล่งแสงของ Rh6G และสารละลาย Rh6G ที่ผสมกับอนุภาค AuPd	36
4.12 (ก) ค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณ (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟลูออเรสเซนต์ควอนตัมยีลด์ ค่าความเข้มข้นของสาร Rh6G และอนุภาค AuPd	40