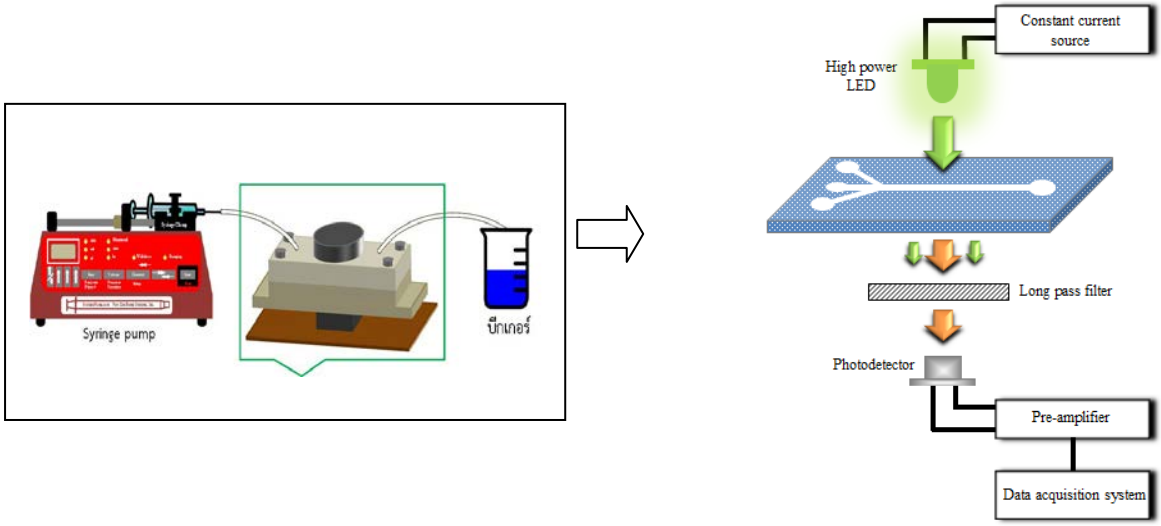
บทที่ 3
การพัฒนาระบบตรวจวัดแสงฟลูออเรสเซนต์

3.1 ส่วนประกอบของระบบตรวจวัดแสงฟลูออเรสเซนต์

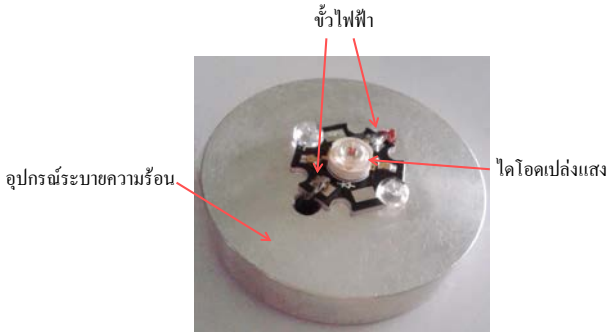
ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบตรวจวัดแสงฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเล็กและใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ โดยมีส่วนประกอบของระบบแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ระบบตรวจวัดแสงฟลูออเรสเซนต์

ระบบตรวจวัดแสงฟลูออเรสเซนต์ที่ออกแบบประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1. แหล่งกำเนิดแสงสำหรับใช้ในการกระตุ้นสารเรืองแสง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power Light Emitting Diode: LED) ขนาด 3 วัตต์ เป็นตัวกระตุ้นเนื่องจากหลอดชนิดนี้จะให้แสงสว่างมาก มีอายุการใช้งานยาวนานและมีราคาถูก รูปทรงของหลอดที่ใช้งานจะมีลักษณะเป็นรูป 6 เหลี่ยมจะถูกยึดติดกับอุปกรณ์ระบายความร้อนลักษณะดังรูปที่ 3.2



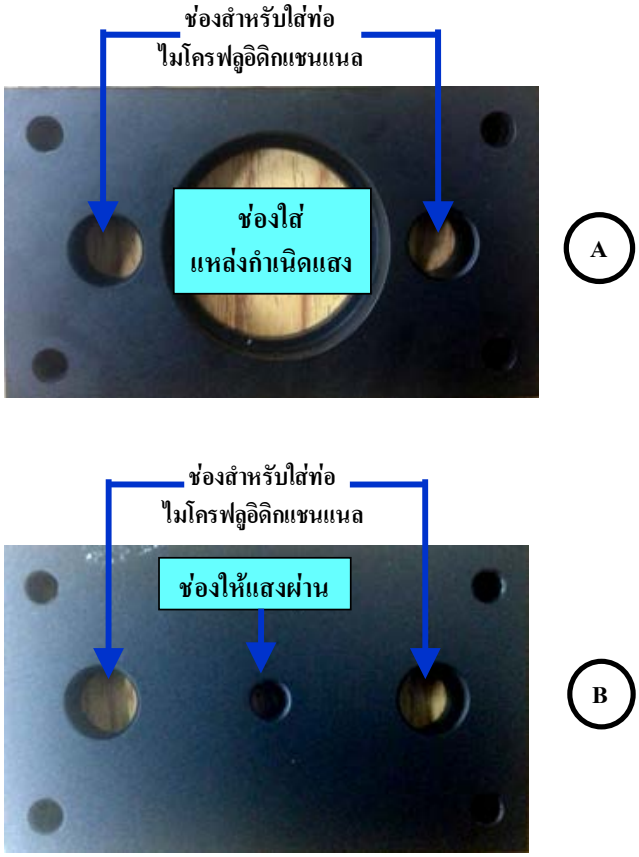
รูปที่ 3.2 ลักษณะการยึดไดโอดเปล่งแสงกับอุปกรณ์ระบายความร้อน

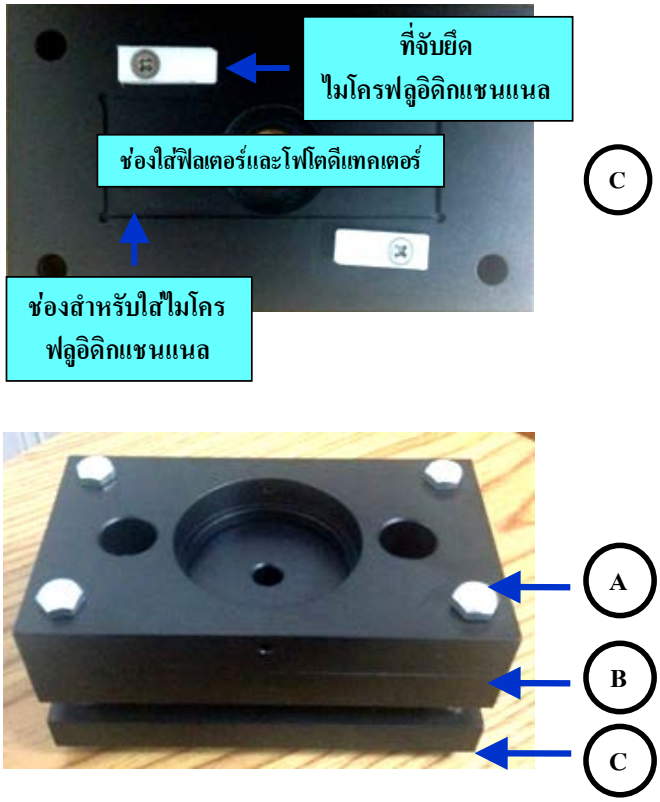
2. ฟิลเตอร์แสงทำหน้าที่เป็นตัวกรองแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไม่ให้ผ่านเข้าไปในตัวตรวจวัดแสง ฟิลเตอร์แสงที่ถูกนำมาใช้ในระบบวัดที่จัดเตรียมขึ้นคือฟิลเตอร์แสงชนิด long pass (long pass filter) ของบริษัท Thorlabs ยกตัวอย่างเช่น ฟิลเตอร์ที่มี cut-on wavelength 495 นาโนเมตร คือ ฟิลเตอร์นี้จะยอมให้

แสงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 495 นาโนเมตรขึ้นไปผ่านได้และจะกั้นไม่ให้แสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 495 นาโนเมตรผ่านออกมาเป็นต้น

รูปที่ 3.3 ฟิลเตอร์แสงชนิด long pass ของบริษัท Thorlabs

3. แท่นจับยึดไมโครฟลูอิดิกแชนแนลจะทำหน้าที่จับยึดไมโครฟลูอิดิกแชนแนล ซึ่งจะประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่ 1.ช่องสำหรับใส่แหล่งกำเนิดแสง 2.ช่องให้แสงผ่าน 3.ช่องใส่ไมโครฟลูอิดิกแชนแนลและฟิลเตอร์แสดงดังรูปที่ 3.4

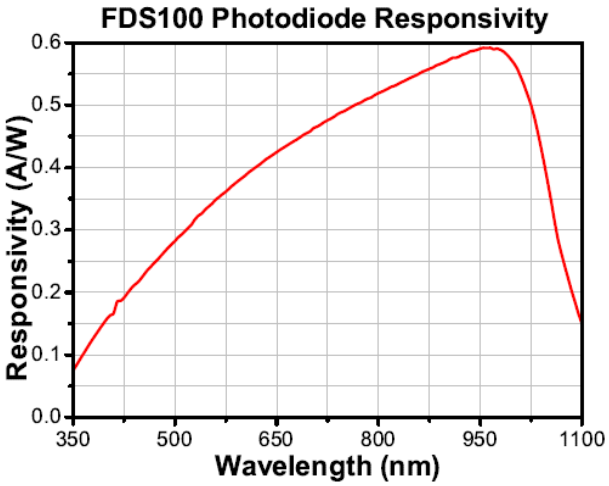




รูปที่ 3.4 แท่นจับยึดไมโครฟลูอิดิกแชนแนล

4. ตัวตรวจวัดแสงทำหน้าที่ตัวตรวจวัดแสงฟลูออเรสเซนต์ ในงานวิจัยนี้จะใช้โฟโตไดโอดที่ทำมาจากวัสดุซิลิกอนของบริษัท Roithner Laser รุ่น SPD900-9P มีย่านการตอบสนองอยู่ในช่วง 400 – 1100 นาโนเมตร พีคการตอบสนองสูงสุด 900 นาโนเมตร และโฟโตไดโอดซิลิกอนของบริษัท Thorlabs รุ่น SM05PD1A มีย่านการตอบสนองอยู่ในช่วง 350 – 1100 นาโนเมตร (รูปที่ 3.5)

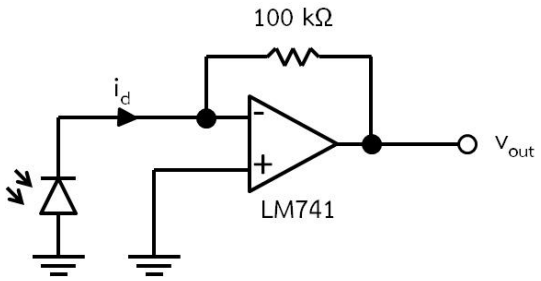
รูปที่ 3.5 โฟโตไดโอดซิลิกอนของบริษัท Roithner Laser



(ก) (ข)

รูปที่ 3.6 โฟโตไดโอดและกราฟการตอบสนองต่อแสงกับความยาวคลื่น
(ก)โฟโตไดโอดของบริษัท Thorlabs รุ่น SM05PD1A
(ข) กราฟการตอบสนองของโฟโตไดโอดของบริษัท Thorlabs รุ่น SM05PD1A

5.วงจรขยายสัญญาณจะทำหน้าที่แปลงกระแสเป็นแรงดันและขยายสัญญาณให้มีค่าสูงขึ้นวงจรขยายสัญญาณที่ใช้คือ ออปแอมป์ LM 741 แสดงดังรูปที่ (3.7)



รูปที่ 3.7 วงจรขยายสัญญาณ

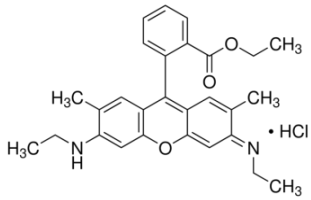
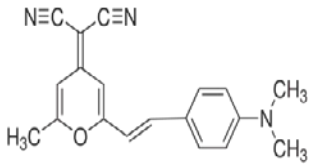
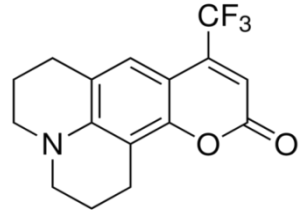
6. Syringe pump จะทำหน้าที่เป็นตัวฉีดสารเข้าไปในไมโครแชนแนลโดย Syringe pump ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นรุ่น NE-300 Just Infusion™

รูปที่ 3.8 Syringe pumpรุ่น NE-300 Just Infusion

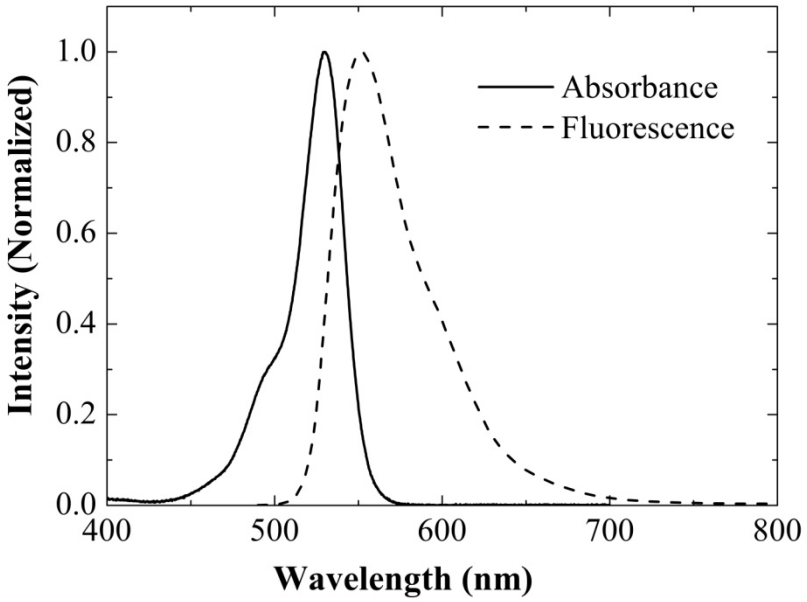
3.2 สมบัติสารสีย้อมที่ใช้การทดลอง

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองทางแสงของระบบไมโครฟลูอิดิกที่สร้างขึ้นกับความเข้มข้นของสารสีย้อมเรืองแสง โดยผู้วิจัยได้ทดลองใช้สารสีย้อมเรืองแสงในกลุ่มของสารอินทรีย์ (Organic dyes) เนื่องจากมีราคาถูก และมีประสิทธิภาพในการปลดปล่อยแสงฟลูออเรสเซนต์ที่สูง สารสีย้อมเรืองแสงที่ได้นำมาศึกษามีด้วยกัน 3 ชนิด คือสาร Rhodamine 6G (Rh 6 G) สาร 4-(Dicyanomethylene)-2-methyl-6-(4-dimethylaminostyry)-4H-pyran (DCM) และสาร Coumarin 153 (C 153) ซึ่งมีสมบัติดังตารางที่ 3.1

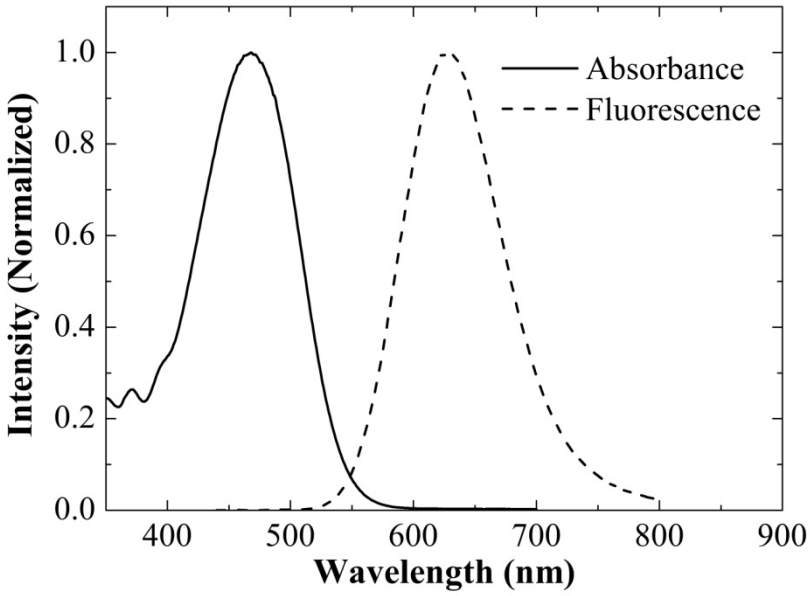
ตารางที่ 3.1 สมบัติพื้นฐานของสารสีย้อมเรืองแสง Rh 6 G DCM และ Coumarin 153

ชื่อสาร	น้ำหนักโมเลกุล (กรัม/โมล)	ค่า $\emptyset_F$	ความยาวคลื่นที่เกิดการดูดกลืนแสงสูงสุด (นาโนเมตร)	ความยาวคลื่นที่เกิดการเปล่งแสงสูงสุด (นาโนเมตร)
1.Rhodamine 6 G  $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$	497.02	0.98	525	555
2.DCM  $C_{19}H_{17}N_3O$	303.06	0.6	458	625
3.Coumarin 153  $C_{16}H_{14}F_3NO_2$	309.28	0.58	422	530

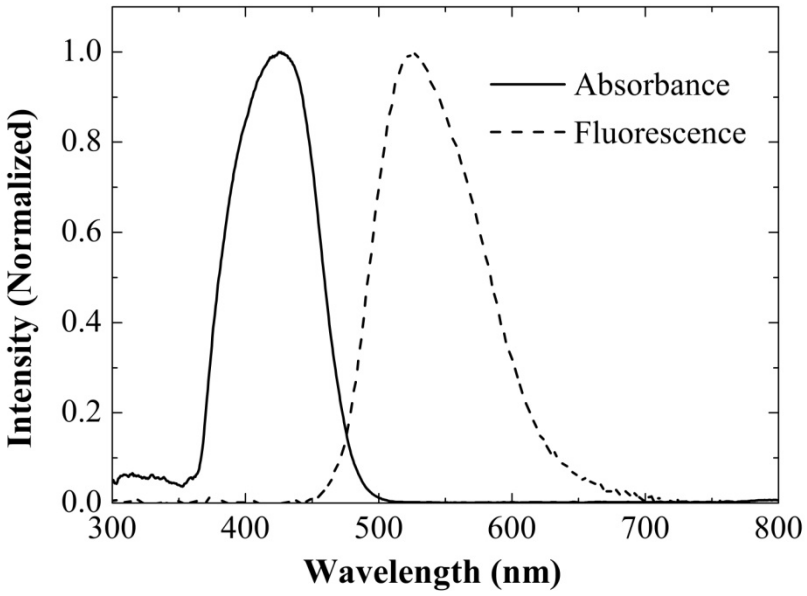
แหล่งที่มาข้อมูลจากบริษัท Sigma-Aldrich (http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product)



รูปที่ 3.9 กราฟแสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและสเปกตรัมการเปล่งแสงของสาร Rhodamine 6 G



รูปที่ 3.10 กราฟแสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและสเปกตรัมการเปล่งแสงของสาร DCM



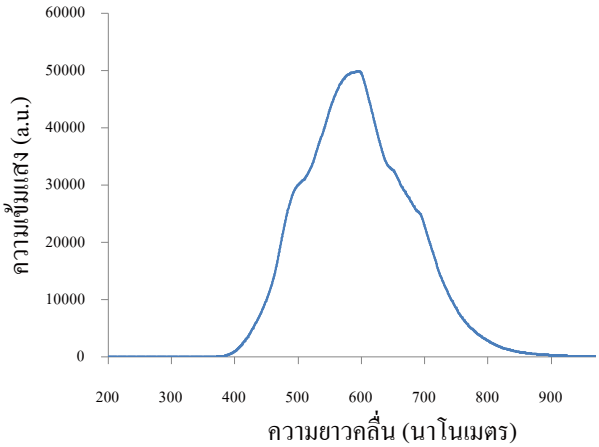
รูปที่ 3.11 กราฟแสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและสเปกตรัมการเปล่งแสงของสาร Coumarin 153

3.3 เครื่องมือและระบบการวัดที่เกี่ยวข้อง

3.3.1 ระบบการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสง

ระบบการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารสีย้อมเรืองแสงที่ใช้ทดสอบในคิวเวทและไมโครฟลูอิดิกมีส่วนประกอบของระบบการวัดดังนี้

ก. แหล่งกำเนิดแสงจะใช้แหล่งกำเนิดแสงจากหลอดไฟทังสเตน (Schott Megalight 100) ใช้แรงดันไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ และใช้กระแสไฟฟ้าขนาด 0.19 แอมแปร์ ซึ่งสเปกตรัมแสงที่ได้จากการวัดเป็นดังรูปที่ 3.12 ให้แสงในย่านความยาวคลื่น 400-900 นาโนเมตร



(ก) (ข)

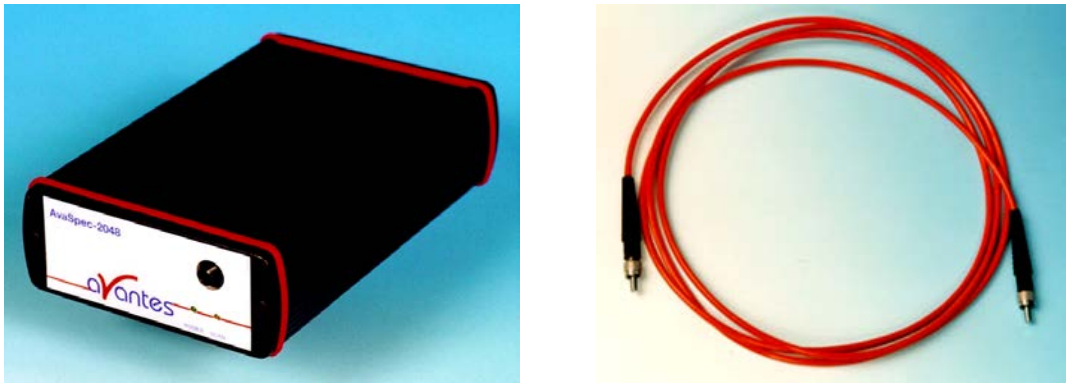
รูปที่ 3.12 (ก) เครื่องฉายแสงจากหลอดไฟทังสเตน (ข) สเปกตรัมแสงของหลอดไฟทังสเตน

ข.สายใยแก้วนำแสงใช้สำหรับนำส่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังคิวเวทและไมโครฟลูอิดิก ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.13 โดยเส้นผ่านศูนย์กลางของสายใยแก้วนำแสงทั้งหมดมัดรวมกันมีขนาด 6 มิลลิเมตร

รูปที่ 3.13 สายใยแก้วนำแสงสำหรับนำส่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสง
ไปยังคิวเวทและไมโครฟลูอิดิก

ค. เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (UV-Vis spectrometer Avantesavaspec-EDU) พร้อมสายใยแก้วนำแสง (Avantes FC-UV200-2) ลักษณะดังรูปที่ 3.14 เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ทำหน้าที่ในการวัดแสง ซึ่งสามารถวัดแสงได้ในย่านความยาวคลื่น 200 – 1100 นาโนเมตรและสายใยแก้วนำแสงทำหน้าที่ในการนำส่งแสงที่ผ่าน

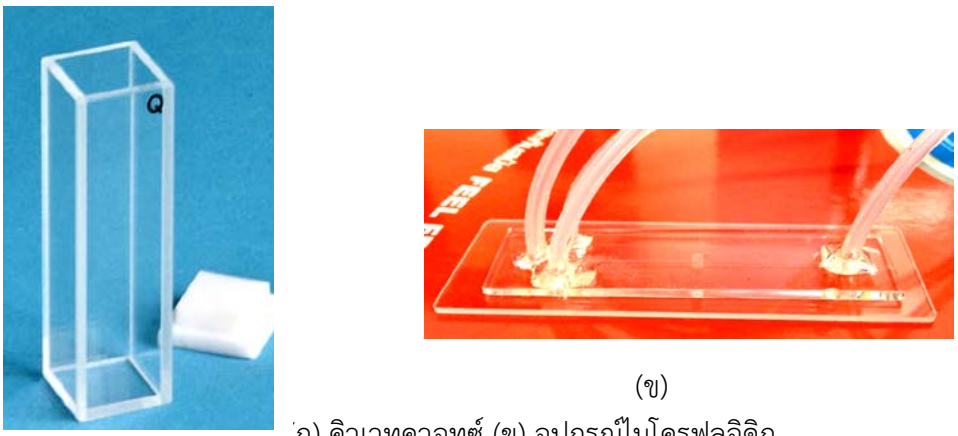
คิวเวทและไมโครฟลูอิดิกเข้าสู่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ สายใยแก้วนำแสงมีขนาดความยาว 2 เมตรและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 ไมโครเมตร โดยในการทดลองที่เกี่ยวกับการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนจะใช้สเปกโตรมิเตอร์และสายใยแก้วนำแสงเดิมทุกครั้ง



(ก) (ข)

รูปที่ 3.14 (ก) เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (ข) สายใยแก้วนำแสง

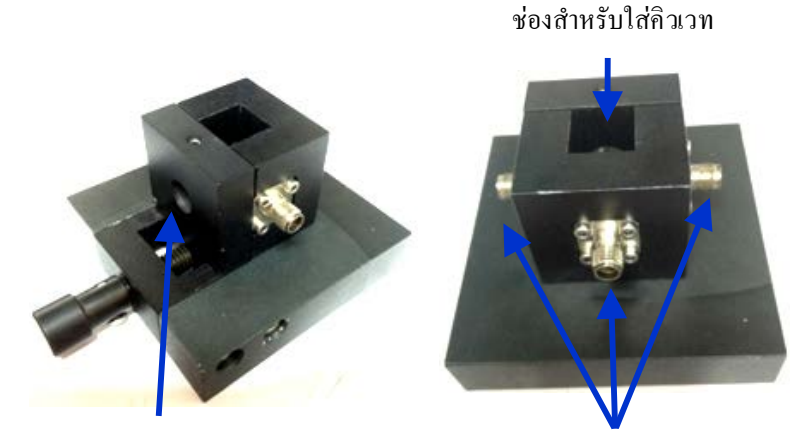
ง. อุปกรณ์สำหรับใส่สารสีย้อมเรืองแสงที่ใช้ในการทดลองจะมี 2 แบบ คือ1. คิวเวททำจากวัสดุควอทซ์ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรและสูง 4.5 เซนติเมตร 2. อุปกรณ์ไมโครฟลูอิดิกที่สร้างขึ้น



(ข)

รูปที่ 3.15 (ก) คิวเวทควอทซ์ (ข) อุปกรณ์ไมโครฟลูอิดิก

จ. อุปกรณ์สำหรับยึดสายใยแก้วนำแสงจะประกอบไปด้วยช่องสำหรับใส่สายใยแก้วนำแสงและใส่อุปกรณ์สำหรับใส่สารละลาย ในการทดลองนี้มีด้วยกัน 2 แบบ คือ 1. แบบใส่คิวเวท และ 2. แบบใส่ไมโครฟลูอิดิก



(ก) อุปกรณ์สำหรับยึดสายใยแก้วนำแสงและใส่คิวเวท

(ข) อุปกรณ์สำหรับยึดสายใยแก้วนำแสงและใส่ไมโครฟลูอิดิก

รูปที่ 3.16 อุปกรณ์จับยึดยึดสายใยแก้วนำแสงและใส่ที่บรรจุสารละลาย

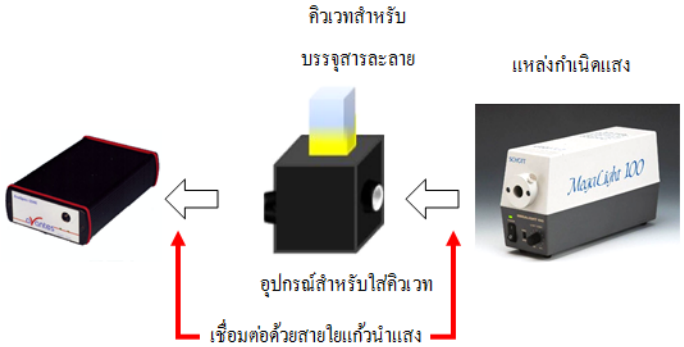
ส่วนประกอบทั้ง 5 ส่วนจะถูกนำมาจัดเป็นระบบวัดสมบัติการดูดกลืนแสงดังแผนภาพรูปที่ 3.17 และ 3.18 ซึ่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสงจะเดินทางผ่านสายใยแก้วนำแสงตกกระทบกับสารสีย้อมเรืองแสงและแสงที่สามารถส่องผ่านสารสีย้อมเรืองแสงออกมาได้จะเดินทางเข้าสู่สายใยแก้วนำแสงอีกเส้นหนึ่งเพื่อนำแสงไปยังเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ แสงที่ถูกนำส่งเข้าสู่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์จะถูกวิเคราะห์และส่งผ่านเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ถูกเชื่อมต่อกับเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ผ่านสาย USB และทำการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงโดยโปรแกรม Avasoft รุ่น 7.4

$$A = -\log (P/P_0)$$

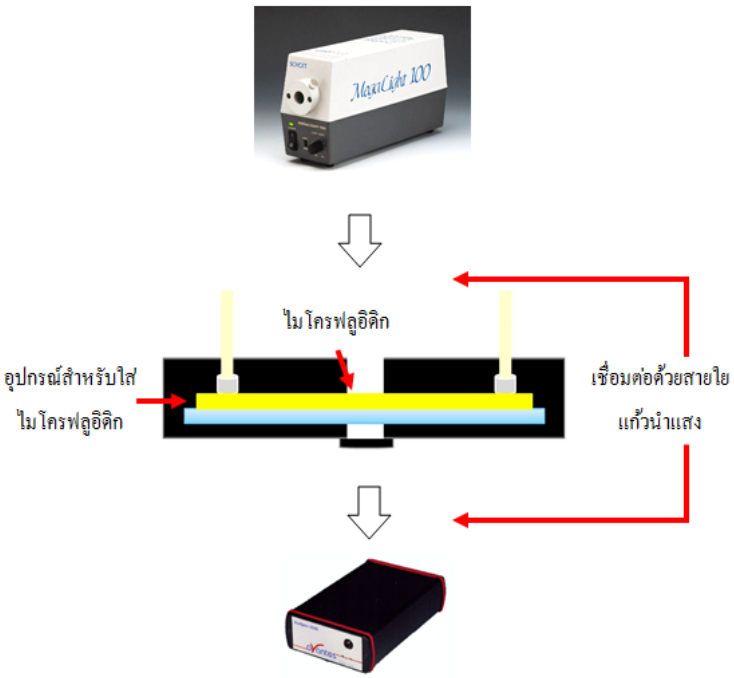
เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสีย้อมเรืองแสง

P_0 คือ ความเข้มแสงอ้างอิงซึ่งมาจากการวัดความเข้มแสงที่ผ่านเอทานอล

P คือ ความเข้มแสงซึ่งมาจากการวัดความเข้มแสงที่ผ่านสารสีย้อมเรืองแสง



รูปที่ 3.17 ระบบการวัดสมบัติการดูดกลืนแสงของสารสีย้อมเรืองแสงในคิวเวท

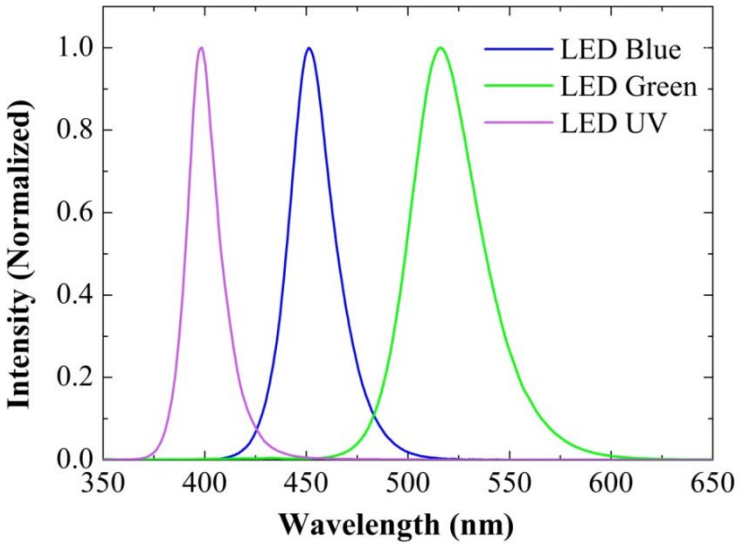


รูปที่ 3.18 ระบบการวัดสมบัติการดูดกลืนแสงของสารสีย้อมเรืองแสงในไมโครฟลูอิดิก

3.3.2 ระบบวัดสเปกตรัมแสงฟลูออเรสเซนต์

ระบบวัดสเปกตรัมแสงฟลูออเรสเซนต์ของสารสีย้อมเรืองแสงที่ใช้ทดสอบในคิวเวทและไมโครฟลูอิดิก มีส่วนประกอบของระบบการวัดดังนี้

ก. แหล่งกำเนิดแสงสำหรับใช้ในการกระตุ้นสารเรืองแสง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ไดโอดเปล่งแสงกำลังสูง (High Power Light Emitting Diode: LED) ขนาด 3 วัตต์เป็นตัวกระตุ้นและไดโอดเปล่งแสง ในการวัดสเปกตรัมแสงฟลูอเรสเซนซ์ผู้วิจัยจะเลือกใช้ไดโอดเปล่งแสงที่ให้สเปกตรัมแสงสอดคล้องกับสเปกตรัมการดูดกลืนของสารสีย้อมเรืองแสงทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการทดสอบ คือ 1.สาร Rhodamine 6 G จะใช้ไดโอดเปล่งแสงสีเขียวที่มีความยาวคลื่นในย่านประมาณ 447 – 627 นาโนเมตรและมีความเข้มแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 515.77 นาโนเมตร 2.สาร DCM จะใช้ไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินที่มีความยาวคลื่นในย่านประมาณ 409 – 516 นาโนเมตรและมีความเข้มแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 451.26 นาโนเมตรและ3.สาร Coumarin 153 จะใช้ไดโอดเปล่งแสงสีม่วงที่มีความยาวคลื่นในย่านประมาณ 363 – 472 นาโนเมตรและมีความเข้มแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 398.63 นาโนเมตร



รูปที่ 3.19 สเปกตรัมแสงของไดโอดเปล่งแสงที่ปลดปล่อยแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด 515.77 นาโนเมตร (เส้นสีเขียว) 451.26 นาโนเมตร (เส้นสีน้ำเงิน) และ 398.63 นาโนเมตร (เส้นสีม่วง)

ข. สเปกโตรมิเตอร์และสายใยแก้วนำแสง

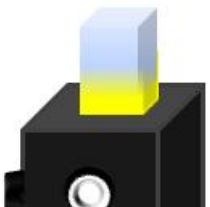
ค. อุปกรณ์สำหรับใส่สารสีย้อมเรืองแสงที่ใช้ในการทดลองจะมี 2 แบบ คือ 1. คิวเวททำจากวัสดุควอทซ์ และ 2. อุปกรณ์ไมโครฟลูอิดิก

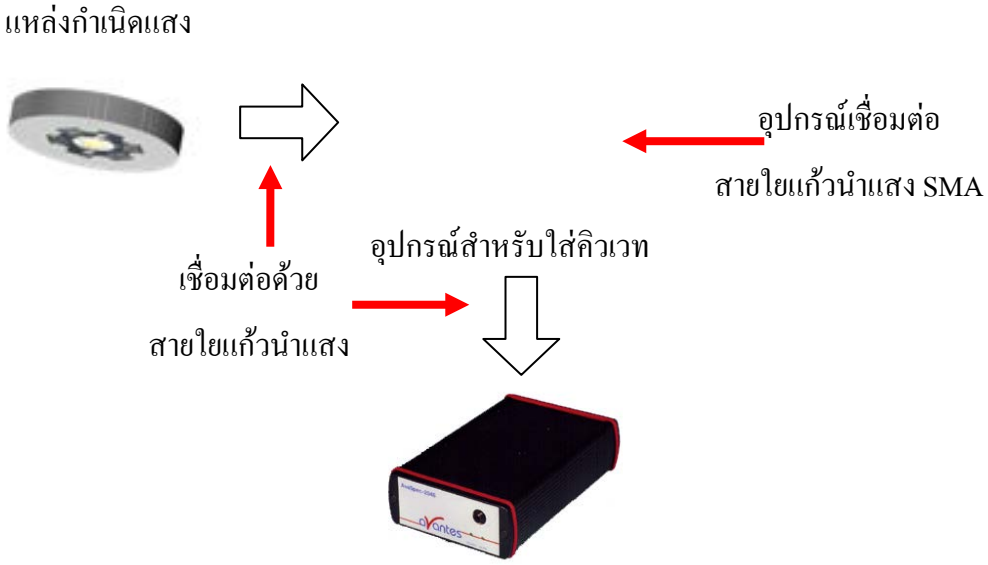
ง. สายใยแก้วนำแสงสำหรับนำส่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังสารละลาย

จ. อุปกรณ์เชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสง

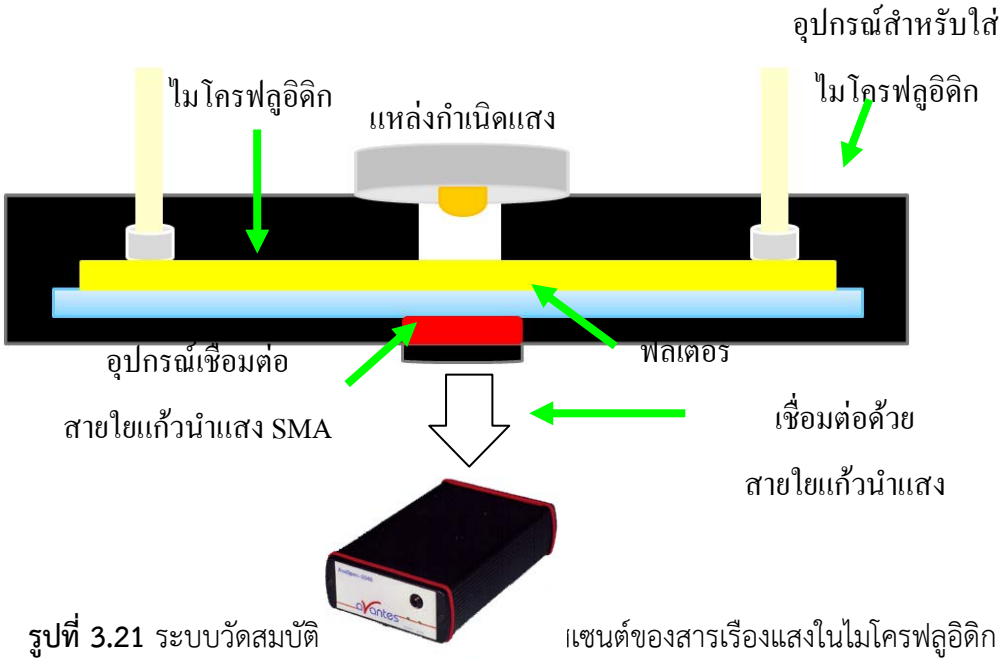
ฉ.ฟิลเตอร์กรองแสงทำหน้าที่เป็นตัวกรองแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไม่ให้ผ่านเข้าไปใน สเปกโตรมิเตอร์ ฟิลเตอร์แสงที่ถูกนำมาใช้ในระบบวัดที่จัดเตรียมขึ้น คือ ฟิลเตอร์แสงชนิด long pass (long pass filter) ของบริษัท Thorlabs โดยเลือกฟิลเตอร์ที่มี cut-on wavelength สอดคล้องกับสเปกตรัมของแหล่งกำเนิด คือ ไดโอดเปล่งแสงสีเขียวและสีม่วงจะใช้ฟิลเตอร์ที่มี cut-on wavelength 570 นาโนเมตร และไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินจะใช้ฟิลเตอร์ที่มี cut-on wavelength 495 นาโนเมตร

คิวเวทสำหรับบรรจุสารละลาย





รูปที่ 3.20 ระบบการวัดสมบัติการเบลงแสงฟลูออเรสเซนต์ของสารเรืองแสงในคิวเวท

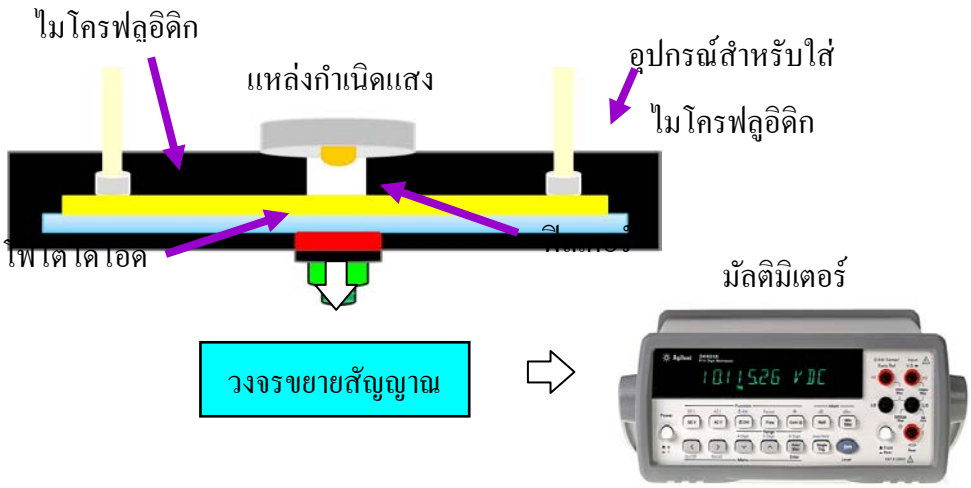


รูปที่ 3.21 ระบบวัดสมบัติ เซนต์ของสารเรืองแสงในไมโครฟลูอิดิก

สมบัติการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนต์ของสารเรืองแสงจะถูกวัดในรูปของความเข้มแสง แสงจากไดโอดเปล่งแสงจะตกกระทบกับสารเรืองแสง แสงฟลูออเรสเซนต์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะถูกรวบรวมโดยสายใยแก้วนำแสงที่เชื่อมต่ออยู่กับเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ ซึ่งในการวัดสมบัติการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนต์ที่วัดในคิวเวทตำแหน่งของสายใยแก้วนำแสงที่จะเข้าสเปกโตรมิเตอร์จะทำมุม 90° กับตำแหน่งสายใยแก้วนำแสงของแหล่งกำเนิดแสงเพื่อหลีกเลี่ยงแสงที่มาจากแหล่งกำเนิดผ่านเข้าไปยังสเปกโตรมิเตอร์ สำหรับการวัดสเปกตรัมแสงฟลูออเรสเซนต์ในไมโครฟลูอิดิกตำแหน่งของสายใยแก้วนำแสงที่จะเข้าสเปกโตรมิเตอร์จะอยู่ตรงกับตำแหน่งสายใยแก้วนำแสงของแหล่งกำเนิดแสงแต่จะมีฟิลเตอร์มาช่วยกรองแสงแหล่งกำเนิดไม่ให้ผ่านเข้าไปยังสเปกโตรมิเตอร์และแสงที่ถูกนำส่งเข้าสู่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์จะถูกวิเคราะห์ความเข้มแสงโดยโปรแกรม Avasoft 7.4

3.3.3 ระบบวัดสมบัติทางไฟฟ้า

ในการทดลองนี้ ผู้วิจัยจะทำการวัดทั้งค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสที่ผลิตได้จากโฟโตไดโอด ซึ่งระบบการวัดนี้จะเป็นระบบที่ผู้วิจัยจะใช้ในการพัฒนาให้เป็นระบบการตรวจวัดแสงฟลูออเรสเซนต์ต้นแบบดังรูป 3.1 ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การจัดระบบจะคล้ายกับระบบการวัดสมบัติการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนต์ของสารสีย้อมเรืองแสงในไมโครฟลูอิดิกแต่จะต่างกันตรงที่ระบบนี้จะใช้โฟโตไดโอดต่อเข้ากับวงจรขยายสัญญาณออปแอมป์ 741 แล้วต่อเข้ากับมัลติมิเตอร์ 6 หลัก ยี่ห้อ Agilent รุ่น 34401A เพื่อแสดงค่าแทนการใช้สเปกโตรมิเตอร์ การจัดชุดอุปกรณ์การวัดจะแสดงได้ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 ระบบการวัดสมบัติทางไฟฟ้าในไมโครฟลูอิดิก

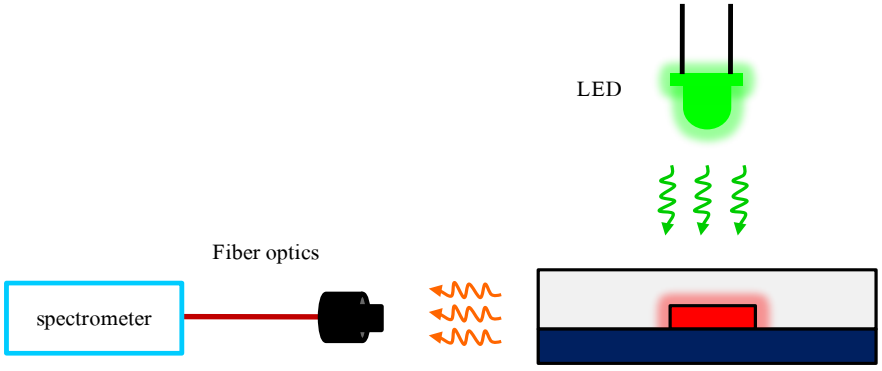
3.4 การทดลอง

3.4.1 การศึกษาและเปรียบเทียบระบบวัดแสงฟลูออเรสเซนต์รูปแบบต่างๆ ของสารละลายสีย้อมเรืองแสง

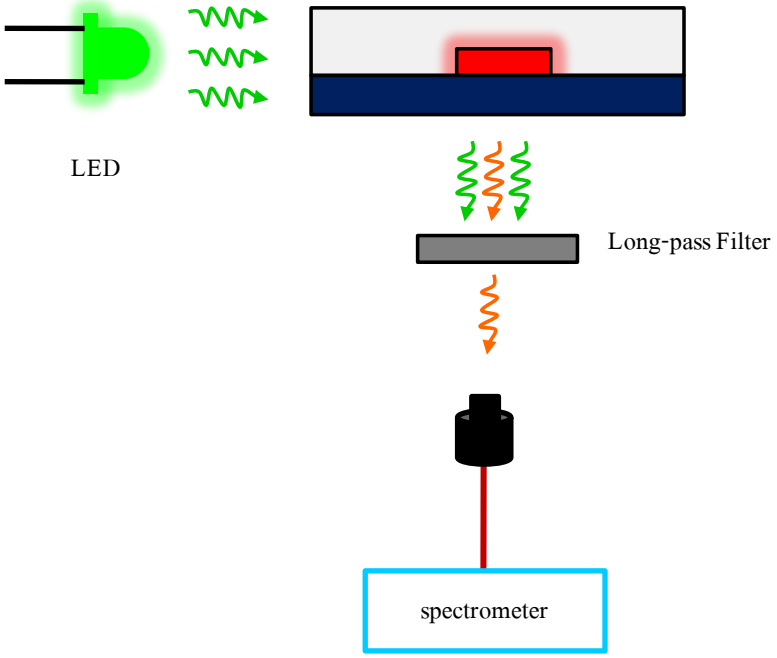
ในการทดลองนี้ ทำการศึกษาระบบการวัดแสงฟลูออเรสเซนต์ทั้งหมด 3 รูปแบบ ซึ่งโดยปกติแล้ว จะจัดแนวทางเดินแสงให้ตัวตรวจวัดแสงทำมุม 90 องศากับแนวแสงตกกระทบจากแหล่งกำเนิดแสง (รูปแบบที่ 1 และ 2) อย่างไรก็ตาม รูปแบบดังกล่าวมีสัญญาณเอาท์พุตน้อยมาก ซึ่งทำให้ยากต่อการวัดปริมาณความเข้มข้นของสารน้อยๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงทำการศึกษาการจัดระบบที่ตัวตรวจวัดแสงอยู่ในแนวเดียวกันกับทิศทางของแสงตกกระทบ (รูปแบบที่ 3) โดยใช้ฟิลเตอร์ long pass ช่วยในการตัดแสงจากแหล่งกำเนิดไม่ให้รบกวนสัญญาณเอาท์พุตของตัวตรวจวัดแสง โดยจะทำการในไมโครฟลูอิดิกที่มีขนาด 500 ไมโครเมตร ใช้สารละลาย Rhodamine 6 G ที่มีความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เตรียมสารละลาย Rhodamine 6 G ที่ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ โดยทำละลายในเอทานอล

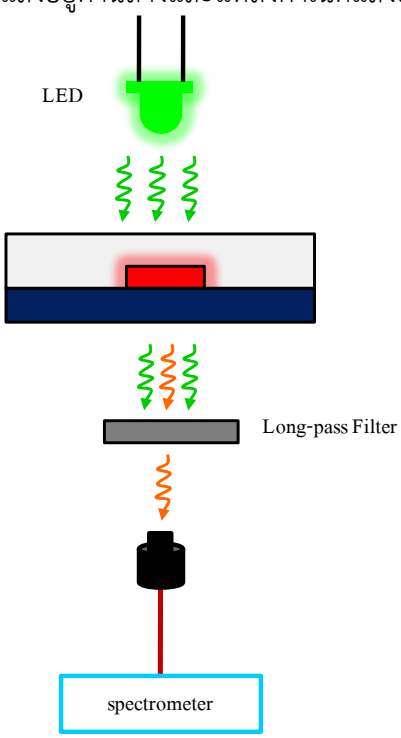
2.นำสารละลายที่เตรียมในข้อ 1. มาวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนต์โดยใช้เครื่อง syringe pump ที่อัตราเร็ว 1 มิลลิลิตร/นาทีฉีดสารละลายเข้าไปในไมโครฟลูอิดิกขนาด 500 ไมโครเมตร โดยจัดระบบให้เปลี่ยนตำแหน่งแหล่งกำเนิดแสงและตำแหน่งสายใยแก้วนำแสงที่ต่อกับเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ ดังรูปที่ 3.23 แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้คือไดโอดเปล่งแสงสีเขียวและฟิลเตอร์ที่ใช้เป็นฟิลเตอร์แสงชนิด long pass ของบริษัท Thorlabs ที่มี cut-on wavelength 570 นาโนเมตร



แบบที่ 1 สายใยแก้วนำแสงอยู่ด้านข้างและแหล่งกำเนิดแสงอยู่ด้านบนไมโครฟลูอิดิก



แบบที่ 2 สายใยแก้วนำแสงอยู่ด้านล่างและแหล่งกำเนิดแสงอยู่ด้านข้างไมโครฟลูอิดิก



แบบที่ 3 สายใยแก้วนำแสงอยู่ด้านล่างและแหล่งกำเนิดแสงอยู่ด้านบนไมโครฟลูอิดิก

รูปที่ 3.23 ระบบวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนต์โดยมีการจัดตำแหน่งแหล่งกำเนิดแสงและตำแหน่งสายใยแก้วนำแสง 3 รูปแบบ

3.4.2 การศึกษาสเปกตรัมที่ตรวจวัดได้เมื่อบรรจุสารละลายเรืองแสงในคิวเวทและไมโครฟลูอิดิก

ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ทำการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนและการเปล่งแสงของสารละลายที่บรรจุใน คิวเวทและไมโครฟลูอิดิก ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างของสเปกตรัมที่ได้จากการบรรจุสารในภาชนะทั้ง 2 ชนิดโดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เตรียมสารละลาย Rhodamine 6 G DCM และCoumarin 153 ที่มีความเข้มข้น 10^{-7}- $5x10^{-3}$ โมลาร์ โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

2. นำสารละลายที่เตรียมในข้อ 1. มาวัดสเปกตรัมการดูดกลืนและสเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนต์สำหรับวัดในคิวเวทจะจัดระบบการวัดดังรูปที่ 3.17 และ 3.20 ส่วนการวัดในไมโครฟลูอิดิกจะใช้เครื่อง syring pump ที่อัตราเร็ว 1 มิลลิลิตร/นาที ฉีดสารละลายเข้าไปในไมโครฟลูอิดิกระบบการวัดจะจัดดังรูปที่ 3.18 และ 3.21 ตามลำดับ

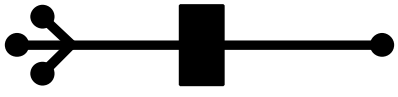
3.4.3 การศึกษาสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลายเรืองแสงในไมโครฟลูอิดิกที่มีขนาดต่างๆ

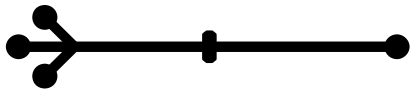
ในการทดลองนี้จะทำการวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลายที่บรรจุในไมโครฟลูอิดิกที่มีขนาดต่างกันตามตารางที่ 3.2 เพื่อศึกษาความแตกต่างของสเปกตรัมแสงที่วัดในไมโครฟลูดิกแชนแนลขนาดต่างกัน โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เตรียมสารละลาย Rhodamine 6 G ที่ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ โดยทำละลายในเอทานอล

2. นำสารละลายที่เตรียมในข้อ 1. มาวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนต์โดยใช้เครื่อง syringe pump ฉีดสารละลายเข้าไปในไมโครฟลูอิดิกด้วยอัตราเร็ว 1 มิลลิลิตร/นาที ระบบการวัดจะจัดตามรูปที่ 3.21 แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้คือไดโอดเปล่งแสงสีเขียว และฟิลเตอร์ที่ใช้เป็นฟิลเตอร์แสงชนิด long pass ของบริษัท Thorlabs ที่มี cut-on wavelength 570 นาโนเมตร

ตารางที่ 3.2 รูปทรงและขนาดของลวดลายไมโครฟลูอิดิกที่ใช้ในการทดลอง

รูปทรง	**ขนาดของแชนแนล**		**เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)**
	ความกว้าง (ไมโครเมตร)	**ความยาว (มิลลิเมตร)**	
	250 500 1000	50	3
	250 500 1000	50	3

	250 500 1000	50	3

3.4.4 การศึกษาการตอบสนองต่อแสงของโฟโตไดโอด

ในการทดลองนี้ จะทำการวัดปริมาณแสงฟลูออเรสเซนต์ออกเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าด้วยซิลิกอนโฟโตไดโอด 2 รุ่น คือ 1.โฟโตไดโอดซิลิกอนของบริษัท Roithner Laser รุ่น SPD900-9P และ 2. โฟโตไดโอดของบริษัท Thorlabs รุ่น SM05PD1A เพื่อศึกษาการตอบสนองต่อแสงของโฟโตไดโอดทั้ง 2 รุ่น ระบบวัดจะแสดงดังรูปที่ 3.22 โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เตรียมสารละลาย Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น 10^{-7}- 10^{-3} โมลาร์ โดยทำละลายในเอทานอล

2. นำสารละลายที่เตรียมได้ในข้อ 1. ฉีดสารละลายเข้าไปในไมโครฟลูอิดิกขนาด 500 ไมโครเมตรด้วยเครื่อง syring pump ที่อัตราเร็ว 1 มิลลิลิตร/นาที แล้วทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าผ่านวงจรขยายสัญญาณและค่ากระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์ แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้คือไดโอดเปล่งแสงสีเขียว สีม่วง สีน้ำเงินและฟิลเตอร์ที่ใช้เป็นฟิลเตอร์แสงชนิด long pass ของบริษัท Thorlabs ที่มี cut-on wavelength 570 และ 495 นาโนเมตร สำหรับสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ตามลำดับ