



อนุสิทธิบัตร

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542
บทตีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกอนุสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ชื่อสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี)
ตามที่ปรากฏในอนุสิทธิบัตรนี้

เลขที่คำขอ 0303001113
วันขอรับอนุสิทธิบัตร 31 ตุลาคม 2546
ผู้ประดิษฐ์ นายบุญส่ง สุตะพันธ์ และคณะ

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ เครื่องอ่านคำสี่สำหรับวัดความเข้มข้นของสารเคมีและ
วิธีการอ่านคำสี่เพื่อหาความเข้มข้นของสารเคมี

ให้ผู้ทรงสิทธิและหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ

ออกให้ 4 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2547

หมดอายุ 30 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552



(ลงชื่อ) Ally Krivy

(นายคณิตสร นาวานุเคราะห์)

อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา
ผู้ออกอนุสิทธิบัตร

พนักงานเจ้าหน้าที่

- หมายเหตุ
1. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มตั้งแต่ปีที่ 5 ของอายุอนุสิทธิบัตร มิฉะนั้น อนุสิทธิบัตรจะสิ้นสุดอายุ
 2. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวกันได้
 3. ภายใน 90 วันก่อนวันสิ้นสุดอายุอนุสิทธิบัตร ผู้ทรงสิทธิบัตรมีสิทธิขอต่ออายุอนุสิทธิบัตรได้ 2 ครั้ง
มีกำหนดคราวละ 2 ปี โดยยื่นคำขอต่ออายุต่อพนักงานเจ้าหน้าที่
 4. การอนุญาตให้ใช้สิทธิตามอนุสิทธิบัตรและการโอนอนุสิทธิบัตรต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่

หน้าที่ 1 ของจำนวน 4 หน้า

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

เครื่องอ่านค่าสีสำหรับวัดความเข้มข้นของสารเคมีและวิธีการอ่านค่าสีเพื่อหาความเข้มข้นของสารเคมี
สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

- 5 เป็นการประดิษฐ์เกี่ยวกับวิศวกรรมไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ (Electro-optics) โดยเฉพาะที่
เกี่ยวกับการวัดปริมาณสารเคมี โดยการอ่านจากสีที่เกิดขึ้นบนแถบกระดาษทดสอบหรือการวัดค่าดูด
กลืนแสง (Absorbance) จากแสงที่ผ่านสารละลาย

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

- 10 ในอดีตการวัดปริมาณสารเคมี เช่น สารหนูในน้ำ, น้ำตาลในเลือด ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)
เป็นต้น สามารถทำได้โดยการจุ่มแถบกระดาษทดสอบ (Testing Strip) ที่มีตัวทำปฏิกิริยาเฉพาะ
(Reagent) เคลือบอยู่ ลงในสารละลายที่ต้องการทดสอบ เมื่อตัวกลางทำปฏิกิริยากับสารเคมีแล้ว จะ
เกิดเป็นสีขึ้นบนกระดาษ ซึ่งสีที่ปรากฏบนแถบกระดาษจะแปรผันไปตามความเข้มข้นของสารเคมีที่
กำลังวัด ตัวอย่างเช่น ในการวัดค่าความเป็นกรดต่าง (ค่า pH) ค่า pH ในช่วง 0 (กรด) – 14 (ด่าง)
กระดาษทดสอบจะเปลี่ยนสีได้ตั้งแต่ช่วงสีแดง (กรด pH 0) ไปจนถึงสีน้ำเงิน (ด่าง pH 14) ตามสภาพ
15 ความเป็นกรด/ด่างของตัวอย่าง หรือในการวัดปริมาณสารหนูกระดาษจะเปลี่ยนสี อยู่ในช่วงเป็นสี ขาว
(ไม่มีสารหนู) ไปจนถึงสีเทาหรือฟ้า (มีสารหนู 0-100 ppb) เป็นต้น จากนั้นจึงนำแถบกระดาษทดสอบ
นั้นไปเทียบสีเพื่ออ่านค่าความเข้มข้น โดยทั่วไปแล้วจะใช้วิธีนำแถบกระดาษมาเปรียบเทียบกับตาราง
สีที่ได้สอบเทียบไว้แล้วด้วยตาเปล่า ซึ่งค่าที่อ่านได้อาจจะคลาดเคลื่อนไปได้บ้างขึ้นอยู่กับความ
สามารถในการมองเห็น แหล่งกำเนิดแสงภายนอก ประสบการณ์ของผู้อ่านเทียบ และสามารถเกิด
20 ความผิดพลาดได้มากโดยเฉพาะเมื่อสารเคมีมีความเข้มข้นต่ำๆ

- ในปัจจุบันได้มีการประดิษฐ์เครื่องมือหลายชนิดเพื่อใช้อ่านค่าจากแถบวัดสีหรือวัดคุณสมบัติ
ทางแสงของสารตัวอย่างแทนการใช้ตาเทียบสี เครื่องมือเหล่านี้มักจะได้รับ การสอบเทียบจากผู้ผลิตไว้
แล้ว ทำให้สามารถแสดงผลการวัดในรูปความเข้มข้นหรือความปริมาณสารที่ต้องการวัดได้ทันที
เครื่องมือเหล่านี้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานภาคสนาม เช่น มีขนาดเล็ก และ สามารถทำงานด้วย
25 พลังงานจากแบตเตอรี่

 เครื่องมือที่มีการประดิษฐ์ขึ้นสามารถจัดเป็นกลุ่มตามลักษณะการใช้งานได้ 3 กลุ่ม ประกอบ
ด้วย

- กลุ่มเครื่องมือช่วยในการมองเห็น
- กลุ่มเครื่องมือวัดสีจากแสงสะท้อนของวัตถุ (Light reflecting samples)
- 30 - กลุ่มเครื่องมือวัดสีจากแสงทะลุผ่านของวัตถุ (Light transmitting samples)

หน้าที่ 2 ของจำนวน 4 หน้า

กลุ่มเครื่องมือช่วยในการมองเห็น หรือ Visual-aided Devices เป็นเครื่องมือที่จะช่วยทำให้การมองเห็นได้ดีขึ้น โดยเฉพาะในกรณีสารมีความเข้มข้นต่ำ ซึ่งสีที่เกิดขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับตัวทำปฏิกิริยาเฉพาะ (Reagent) สีมักจะจางมากจนตาแยกแยะได้ยาก ตัวอย่างของเครื่องมือที่มีจำหน่ายได้แก่ Lovibond comparator ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Tintometer ประเทศเยอรมัน โดยจะใช้แผ่นแก้วย้อมสี (Glass filter) แทนตารางสีที่พิมพ์อยู่บนกระดาษหรือแผ่นพลาสติก ในตัวเครื่องจะมีแหล่งกำเนิดแสง ใช้สำหรับส่องเทียบสีของตัวอย่างกับสีของแผ่นแก้ว โดยจะมีกล่องที่ออกแบบไว้เพื่อป้องกันแสงภายนอกรบกวน สารตัวอย่างการวัดจะอยู่ในรูปสารละลายหรือของเหลวที่ยอมให้แสงทะลุได้ แต่ไม่นิยมใช้กับตัวอย่างที่เป็นแถบกระดาษ ในการตรวจวัดสารเคมี 1 สาร อาจจะต้องใช้แผ่นแก้วย้อมสีนี้ 5-10 สี (หนึ่งสีต่อหนึ่งแผ่น) เมื่อต้องการวัดสารอื่นก็ต้องเปลี่ยนไปใช้แผ่นแก้วที่สอบเทียบไว้สำหรับสารนั้นๆ การที่ยังต้องใช้ตาเปล่าดูก็ทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาที่ว่า ตาของมนุษย์ตอบสนองต่อสีไม่เหมือนกันได้ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผู้ใช้งานเองจึงยังมีสูง อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังมีการใช้งานเครื่องมือนี้อยู่ เพราะมีราคาถูกกว่าเครื่องมือชนิดอื่นๆ

สำหรับเครื่องมือประเภทที่สองซึ่งเหมาะสำหรับการใช้วัดกับตัวอย่างที่มีลักษณะทึบแสง แสงทะลุผ่านไม่ได้หรือได้น้อย จึงนิยมวัดในรูปแสงสะท้อนจากตัวอย่าง เช่น แถบกระดาษทดสอบ (Testing strip) ปกติจะมีพื้นขาวและไม่ยอมให้แสงทะลุผ่านได้ หรือในบางกรณีแสงทะลุผ่านได้น้อยมาก เมื่อเกิดปฏิกิริยากับสารเคมีที่ต้องการวัดกับสารเคมีที่เคลือบไว้ที่แถบกระดาษทดสอบ ก็จะเกิดสีขึ้น เครื่องมือลักษณะนี้เรียกว่า Reflectometer

หลักการในการวัดของเครื่อง Reflectometer คือ ความเข้มของแสงสะท้อนจากตัวอย่างจะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารเคมีที่ต้องการวัด ทั้งนี้จะต้องเลือกใช้ความยาวคลื่นแสงเพียงความยาวคลื่นเดียวที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการวัดสารเคมีนั้นๆ ในกรณีนี้จะไม่ใช้การวัดสีของตัวอย่างโดยตรง แต่วัดความเข้มของแสงสะท้อนแทน เมื่อทราบความเข้มแสงสะท้อน ก็จะสามารถคำนวณหาค่าของความเข้มข้นของสารเคมี ที่ได้สอบเทียบไว้ก่อนแล้ว ตัวอย่างสิ่งประดิษฐ์ประเภทนี้ได้แก่ ประกาศโฆษณาการค้าขอรับสิทธิบัตรเลขที่ WO9923479 (Technical Chemicals & Products, Inc.) ซึ่งใช้ไดโอดเปล่งแสง (Light emitting diode, LED) เพียงความยาวคลื่นเดียวในการวัด เมื่อต้องการวัดสารอื่นก็จำเป็นต้องเลือกใช้แสงที่มีความยาวคลื่นอื่น หรือ เครื่องมือของบริษัท Peters Engineering รุ่น "PeCo AS 75" ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้อ่านสีจากแถบกระดาษ ใช้สำหรับชุดทดสอบสารหนู (Arsenic, As) เนื่องจากเครื่อง Reflectometer มีการใช้ความยาวคลื่นแสงเพียงความยาวคลื่นเดียว จึงมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถใช้ได้กับสารเคมีหลายๆ ชนิด

กลุ่มเครื่องมือประเภทที่สามเรียกว่าโฟโตมิเตอร์ หรือ คัลเลอร์มิเตอร์ (Photometer or Colorimeter) ใช้กับสารละลายที่ไม่ทึบแสง เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับงานวัดภาคสนาม ใช้หลักการการวัดค่าดูดกลืนแสง (Absorbance) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของ

หน้าที่ 3 ของจำนวน 4 หน้า

สารเคมีตามสมการของเบียร์และแลมเบิร์ต (Beer-Lambert's Law) ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นหนึ่งจะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสารเคมี ทำให้การสอบเทียบหรือการออกแบบเครื่องมือวัดทำได้ง่าย ในการออกแบบมักจะนิยมใช้ความยาวคลื่นแสงเพียงความยาวคลื่นเดียวในการใช้งานจริงผู้ผลิตจะเลือกใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นแหล่งกำเนิดแสง เพราะมีราคาถูก ใช้พลังงานน้อย และมีอายุการใช้งานนาน บางกรณีอาจจะใช้ฟิลเตอร์ทางแสงเพิ่มเข้าไปด้วย เพื่อให้ได้ความยาวคลื่นแสงที่ตรงกับที่ต้องการมากขึ้น ด้วยข้อดีหลายประการ จึงพบว่าผู้ผลิตเครื่องมือแบบนี้และรวมทั้งสารเคมีทดสอบเฉพาะ (Reagents) ที่ใช้ทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดสีอยู่เป็นจำนวนมาก ตัวอย่างของผู้ผลิต เช่น Merck, Hach, Hanna และ Tintometer เป็นต้น

ถึงแม้จะมีข้อดีอยู่หลายประการ เครื่องโฟโตมิเตอร์หรือคัลเลอร์มิเตอร์ก็มีข้อจำกัด เช่น เครื่องที่มีไดโอดเปล่งแสงอันเดียวจะสามารถใช้วัดสารได้เพียง 1-2 สารเท่านั้น เมื่อต้องการให้เครื่องเดียววัดได้หลายสารมากขึ้น ก็ต้องเพิ่มจำนวนของไดโอดเปล่งแสง เช่น ใช้ไดโอดเปล่งแสง 6 ตัว ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร การเพิ่มจำนวนไดโอดเปล่งแสงจะทำให้ราคาของเครื่องมือสูงขึ้น และการออกแบบระบบแสงมีความยุ่งยากมากขึ้น

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

จุดมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้คือจัดให้มีเครื่องอ่านค่าสีสำหรับวัดความเข้มข้นของสารเคมีที่มีข้อดีคือมีราคาถูกและมีขนาดเล็ก และเพื่อลดความผิดพลาดการอ่านค่าเนื่องจากขีดจำกัดในการมองเห็นของตามนุษย์ และความผิดพลาดเนื่องจากแหล่งแสงภายนอก

จุดมุ่งหมายอีกประการหนึ่งของการประดิษฐ์นี้คือ การจัดให้มีเครื่องอ่านค่าสีสำหรับวัดความเข้มข้นของสารเคมีที่สามารถนำไปใช้วัดสารเคมีได้หลายชนิด ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์แรก การประดิษฐ์นี้จึงจัดให้มีเครื่องวัดเทียบสีสำหรับวัดความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ตัวกำเนิดแสงแม่สีหลัก 3 สี ได้แก่ แสงสีแดง (R) แสงสีเขียว (G) และแสงสีน้ำเงิน (B) ซึ่งจะให้กำเนิดแสงส่องไปกระทบกับแถบกระดาษทดสอบหรือส่องผ่านสารละลายที่ต้องการทดสอบเข้าสู่ตัวรับแสง (Photodetector) ค่าการสะท้อนแสงหรือการทะลุผ่านของแสงของทั้งสามสี จะถูกนำมาคำนวณเปรียบเทียบกับสีใดในตารางสีที่ได้สอบเทียบไว้แล้ว (Look-up table) ซึ่งเก็บค่า $P_i(R_i, G_i, B_i)$ และ C_i ไว้จำนวนหนึ่ง โดย $P_i(R_i, G_i, B_i)$ คือ ค่าทางแสงจากตัวอย่างมาตรฐานลำดับที่ i ซึ่งจะตรงกับ C_i ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างลำดับที่ i โดยค่าดัชนี i มีค่าตั้ง 1, 2, 3, ..., n โดยที่ n เป็นจำนวนตัวอย่างมาตรฐานทั้งหมดที่ได้สอบเทียบไว้แล้ว ถ้าให้ $P(R, G, B)$ คือ ค่าทางแสงที่วัดได้ในแต่ละครั้งจากตัวอย่าง เครื่องจะหาความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่กำลังวัดได้ โดยคำนวณหา ค่า "ความแตกต่างสี" (Color difference) หรือบางครั้งอาจจะเรียกว่า "ระยะทางสี" (Color distance) ระหว่าง $P(R, G, B)$ กับ $P_i(R_i, G_i, B_i)$ แต่ละจุด และเลือกค่า $P_i(R_i, G_i, B_i)$ ที่มี "ความแตกต่างสี" มีค่าน้อยที่สุดสองค่า และทำการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) เพื่อแปลงออกมาเป็นค่าความเข้มข้น

หน้าที่ 4 ของจำนวน 4 หน้า

ของสารเคมีที่ต้องการวัดได้ ทำให้ลดความผิดพลาดจากการมอง และการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารเคมีจากตัวแปรทางแสง 3 ตัวแปรทำให้การวัดค่าทำได้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เพื่อให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายการประดิษฐ์ที่สองนั้นเครื่องเทียบสีตามการประดิษฐ์นี้ได้จัดให้มีแหล่งกำเนิดแสงแม่สี 3 สี ทำให้สามารถครอบคลุมช่วงการตอบสนองของสารเคมีต่อแสงได้กว้างยิ่งขึ้น ทำให้สามารถใช้วัดความเข้มข้นของสารเคมีได้หลายชนิด และเครื่องตามการประดิษฐ์นี้จะมีหน่วยความจำที่สามารถเก็บตารางเทียบสีจำนวนหนึ่ง หรือสามารถโหลดตารางเทียบสีที่เหมาะสมกับสารเคมีที่ต้องการวัดเข้าไปในเครื่องได้ ดังนั้นเมื่อต้องการวัดสารเคมีชนิดอื่น ก็สามารถเลือกใช้ตารางเทียบสีที่ได้สอบเทียบกับสารนั้นๆได้

วัตถุประสงค์ต่างๆ และลักษณะเฉพาะเหล่านี้และประการอื่นๆของการประดิษฐ์นี้จะปรากฏชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อได้รับการพิจารณาประกอบกับรูปเขียนที่แนบมาด้วยและรายละเอียด การประดิษฐ์ในรูปแบบที่ดีที่สุดซึ่งจะได้บรรยายต่อไป

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงการจัดอุปกรณ์และตัวอย่างของไดอะแกรมอุปกรณ์สำหรับการวัดสีของสารตัวอย่างแบบโปร่งแสง โดยใช้ LED สามตัว (แดง, เขียว, น้ำเงิน) และ ตัวรับแสง หนึ่งตัว

รูปที่ 2 แสดงการจัดอุปกรณ์และตัวอย่างของไดอะแกรมอุปกรณ์สำหรับการวัดสีของสารตัวอย่างแบบโปร่งแสง โดยใช้ LED หนึ่งตัว (สีขาว) และ ตัวรับแสงสามตัวพร้อมกับฟิลเตอร์สามสี (แดง, เขียว, น้ำเงิน)

รูปที่ 3 แสดงการจัดอุปกรณ์และตัวอย่างของไดอะแกรมอุปกรณ์สำหรับการวัดสีหรือความเข้มข้นของสารตัวอย่างแบบทึบแสง โดยใช้ LED สามตัว (แดง, เขียว, น้ำเงิน) และตัวรับแสงหนึ่งตัว

รูปที่ 4 แสดงการจัดอุปกรณ์และตัวอย่างของไดอะแกรมอุปกรณ์สำหรับการวัดสีหรือความเข้มข้นของสารตัวอย่างแบบทึบแสง โดยใช้ LED หนึ่งตัว (สีขาว) และตัวรับแสงสามตัวพร้อมกับฟิลเตอร์ทางแสงสามสี(แดง, เขียว, น้ำเงิน)

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

การบรรยายถึงการประดิษฐ์นี้จะทำโดยการยกตัวอย่างการประดิษฐ์ และอ้างอิงถึงโดยรูปเขียนเพื่อเป็นตัวอย่างและช่วยให้บรรยายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และขึ้นส่วนที่เหมือนกันในรูปเขียนเหล่านี้จะแทนด้วยหมายเลขอ้างอิงเดียวกัน ทั้งนี้ โดยมีได้เป็นการจำกัดแต่อย่างใด และขอบเขตของการประดิษฐ์จะเป็นไปตามข้อถ้อยคำที่แนบท้าย

หลักการทํางานของเครื่องเทียบสีสำหรับวัดค่าความเข้มข้นของสารเคมี

หลักการทํางานของสิ่งประดิษฐ์นี้ คือ การอ่านค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างด้วยเทคนิคการวัดสีโดยการวัดค่าทางแสง (Optical parameters) ของแสงที่มีความยาวคลื่นในแถบแม่สีหลักประกอบด้วยแถบสีแดง (R) แถบสีเขียว (G) และแถบสีน้ำเงิน (B) จากนั้นไปเทียบกับค่าทางแสงที่ได้สอบเทียบไว้แล้ว โดยการเปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างสีที่น้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้ทราบค่าความเข้มข้น

หน้าที่ 5 ของจำนวน 4 หน้า

ของสารที่กำลังวัดได้ นิยามของแสงสีแดง (R) สีเขียว (G) และสีน้ำเงิน (B) ในสิ่งประดิษฐ์นี้ หมายถึงแสงสีแดง คือ แสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 580-780 นาโนเมตร (nm) แสงสีเขียว คือ แสงที่มีความยาวคลื่น 500-580 นาโนเมตร และ แสงสีน้ำเงิน คือแสงที่มีความยาวคลื่น 400-500 นาโนเมตร ในกรณีที่ตัวอย่างมีลักษณะทึบแสง ค่าทางแสงจะหมายถึงการวัดค่าการสะท้อนแสงของตัวอย่าง (Reflectance) ส่วนตัวอย่างที่มีลักษณะโปร่งแสง ค่าทางแสงจะหมายถึงการวัดค่าการทะลุผ่านของแสงหรือค่าการดูดกลืนแสง (Transmittance or Absorbance) หลักการทำงานของเครื่องเทียบสีอิเล็กทรอนิกส์ที่จะกล่าวต่อไปนี้ครอบคลุมการใช้งานในค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) และการค่าการทะลุผ่านของแสง (Transmittance) ตัวอย่างการประดิษฐ์ของเครื่องมือนี้จะได้อธิบายต่อไป

10 สมมติว่า เรากำลังวัดความเข้มข้นของสารเคมีชนิดหนึ่ง เรียกว่า สารเคมี A โดยใช้เครื่องมือตามการประดิษฐ์นี้ และให้ $P(R, G, B)$ คือ ค่าทางแสงที่วัดได้ในแต่ละครั้งจากตัวอย่าง และ $P_i(R_i, G_i, B_i)$ คือ ค่าทางแสงจากสารตัวอย่างมาตรฐานลำดับที่ i ค่าดัชนี i มีค่าตั้ง 1, 2, 3, ..., n โดยที่ n จำนวนสารตัวอย่างมาตรฐานที่ได้สอบเทียบไว้แล้ว ซึ่งสารตัวอย่างมาตรฐานนี้ทราบความเข้มข้นของสารเคมีที่กำลังจะวัดว่าเท่ากับ C_i โดยค่าความเข้มข้น C_i นี้ทราบจากวิธีการอื่นใดที่ไม่เกี่ยวข้องของสิ่ง

15 ประดิษฐ์นี้ โดยปกติแล้ว $n > 1$ กรณีที่ออกแบบของสิ่งประดิษฐ์นี้ให้ใช้กับตัวอย่างทึบแสง ค่า $P(R, G, B)$ หมายถึงค่าการสะท้อนแสงจากตัวอย่างสำหรับแสงความยาวคลื่นในแถบสีแดง แถบสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ตามลำดับ กรณีที่ออกแบบของสิ่งประดิษฐ์นี้ให้ใช้กับตัวอย่างที่โปร่งแสง ค่า $P(R, G, B)$ นี้หมายถึงค่าทะลุผ่านแสงหรือค่าการดูดกลืนแสงอย่างสำหรับแสงความยาวคลื่นในแถบสีแดง แถบสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ตามลำดับ

20 เพื่อให้เข้าใจหลักการการทำงานของสิ่งประดิษฐ์นี้ได้ง่ายขึ้น ให้ดูตารางที่ 1 ประกอบ ตารางที่ 1 เป็นตัวอย่างตารางสอบเทียบสำหรับสารเคมี A สำหรับสารตัวอย่างมาตรฐานที่ 1 (หรือ Ref.#1) ซึ่งมีความเข้มข้นของสารเคมี A เท่ากับ C_1 จะมีค่าทางแสงสำหรับแสงสีแดง (Red factor) สีเขียว (Green factor) และสีน้ำเงิน (Blue factor) เป็น R_1, G_1, B_1 ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ตัวอย่างมาตรฐานที่ n (หรือ Ref.# n) ก็จะมีค่าความเข้มข้นเป็น C_n และค่าทางแสงสำหรับแสงสีแดง (Red Factor) สีเขียว (Green factor) และสีน้ำเงิน (Blue factor) เป็น R_n, G_n, B_n ตามลำดับ สมมติว่า

25 ค่าทางแสงที่วัดได้ในแต่ละครั้งจากตัวอย่าง คือ $P(R, G, B)$ เมื่อนำค่านี้ไปเปรียบเทียบกับค่าทางแสง $P_i(R_i, G_i, B_i)$ ของสารตัวอย่างมาตรฐานในตารางทุกค่า โดยหาคำนวนหาค่า "ความแตกต่างสี" (Color difference) หรือบางครั้งอาจจะเรียกว่า "ระยะทางสี" (Color distance) ถ้าความแตกต่างสีระหว่าง $P(R, G, B)$ กับ $P_i(R_i, G_i, B_i)$ ใดมีค่าน้อยที่สุด แสดงว่าสารตัวอย่างที่กำลังวัดมีความเข้มข้น

30 ของสารเคมี A ใกล้เคียงกับสารตัวอย่างมาตรฐานนั้นมากที่สุด เช่น ถ้าความแตกต่างสีระหว่างค่า

ทางแสงที่อ่านค่าได้กับค่าทางแสงของตัวอย่างมาตรฐานที่ 2 มีค่าน้อยที่สุด ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้ ก็ควรจะเป็น C_2 เป็นต้น

ตารางที่ 1 สีที่ได้สอบเทียบไว้สำหรับการวัดสารหนึ่งๆ

	ค่าทางแสง สีแดง (R)	ค่าทางแสง สีเขียว (G)	ค่าทางแสง สีน้ำเงิน (B)	ความเข้มข้นของสารเคมี (mg/L, ppb ฯลฯ)
Ref.# 1	R_1	G_1	B_1	C_1
Ref.# 2	R_2	G_2	B_2	C_2
Ref.# 3	R_3	G_3	B_3	C_3
...
Ref.# i-1	R_{i-1}	G_{i-1}	B_{i-1}	C_{i-1}
Ref.# i	R_i	G_i	B_i	C_i
Ref.# i+1	R_{i+1}	G_{i+1}	B_{i+1}	C_{i+1}
.....
Ref# n	R_n	G_n	B_n	C_n

ค่า “ความแตกต่างสี (Color difference, CD_i)” ระหว่างค่าสีที่อ่านได้ $P(R, G, B)$ กับค่าสี
5 ของสารตัวอย่างมาตรฐาน $P_i(R_i, G_i, B_i)$ คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{สูตรการคำนวณความแตกต่างสี } CD_i = \sqrt{(R_i - R)^2 + (G_i - G)^2 + (B_i - B)^2} \quad (\text{สมการ 1})$$

ตามสมการที่ 1 ถ้าค่า CD_i ของสารตัวอย่างมาตรฐานใดมีค่าน้อยที่สุด แสดงว่าค่าสีที่วัดได้มี
ค่าใกล้เคียงกับค่าสีของสารตัวอย่างมาตรฐานนั้นมากที่สุด ดังนั้น ค่าความเข้มข้นที่วัดได้ควรมีค่า
ใกล้เคียงกับความเข้มข้นของตัวอย่างมาตรฐานนั้นด้วย ถ้ามีจำนวนสารตัวอย่างมาตรฐานมาก ค่า
10 ความเข้มข้นที่อ่านค่าได้จะมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้จำนวนสารตัวอย่างมาตรฐานขึ้นอยู่กับความ
เหมาะสมในการใช้งาน และความต้องการของผู้ผลิตชุดทดสอบ

ค่าทางแสง $P(R, G, B)$ ที่วัดได้จากสารตัวอย่าง หรือ ค่าทางแสงของสารตัวอย่างมาตรฐาน
ใดๆ $P_i(R_i, G_i, B_i)$ จะมีค่าอยู่ระหว่างค่าสูงสุด $P(R_{MAX}, G_{MAX}, B_{MAX})$ และค่าต่ำสุดค่าหนึ่ง $P_{MIN}(R_{MIN},$
 $G_{MIN}, B_{MIN})$ ผู้ใช้สามารถตั้งค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดได้ตามความเหมาะสมกับการใช้งาน ดังตัวอย่างต่อ
15 ไปนี้

ตัวอย่างที่ 1: การวัดสีจากแถบกระดาษโดยแถบกระดาษมีพื้นเป็นสีขาว จุดสีที่เกิดขึ้นอาจจะอยู่
ในรูปวงกลมหรือรูปสี่เหลี่ยมหรือรูปร่างอื่นๆ ค่าทางแสง $P(R, G, B)$ ในกรณีนี้หมายถึงค่าการ
สะท้อนแสงจากจุดสีที่อยู่บนแถบกระดาษ ค่าสะท้อนแสงควรมีค่าสูงสุดเมื่อจุดสีเป็นสีขาวหรือจากสี
พื้นของกระดาษโดยตรง เพราะวัตถุสีขาวสะท้อนแสงได้ดีกว่าสีอื่น ในแง่ของชุดทดสอบในกรณีจุดสี

เป็นสีขาวนั้นหมายถึง ไม่มีสารเคมีหรือมีปริมาณน้อยเกินกว่าที่ชุดทดสอบนั้นจะวัดได้ ในกรณีที่เราใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์แบบ 8 บิต สามารถตั้งค่าการสะท้อนแสงจากสีขาว $P(R_{MAX}, G_{MAX}, B_{MAX}) = P(255, 255, 255)$ ส่วนค่าสะท้อนแสงที่ต่ำที่สุดมักมาจากจุดสีทึบ เช่น สีดำ เราอาจเลือกให้ค่าต่ำสุด $P_{MIN}(R_{MIN}, G_{MIN}, B_{MIN}) = P(0, 0, 0)$ เป็นต้น

- 5 ตัวอย่างที่ 2: การวัดสีจากของเหลวหรือสารละลาย ค่าทางแสง $P(R, G, B)$ ในที่นี้จะหมายถึงค่าการทะลุผ่านของแสงหรือค่าการดูดกลืนแสง สมมติว่าเราเลือกใช้ค่าการทะลุผ่านของแสง ค่าการทะลุผ่านสูงสุดเมื่อสารละลายนั้นไม่มีสีเลย เช่น น้ำตัวอย่าง เมื่อเติมสารทดสอบเฉพาะลงในน้ำตัวอย่างนี้แล้วเกิดสีขึ้น ค่าการทะลุผ่านทางแสงจะลดลง และถ้าน้ำตัวอย่างนั้นมีสีทึบมาก ค่าการทะลุผ่านของแสงอาจจะลดลงมาก ในที่สุด แสงไม่ทะลุผ่านน้ำตัวอย่างนั้นไปได้เลย ดังนั้นในกรณีนี้อาจจะตั้งให้ค่าทางแสงสูงสุด $P(R_{MAX}, G_{MAX}, B_{MAX}) = P(100, 100, 100)$ และ $P_{MIN}(R_{MIN}, G_{MIN}, B_{MIN}) = P(0, 0, 0)$ เพื่อให้สอดคล้องกับนิยามการวัดค่าทะลุผ่าน ที่นิยมวัดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์หรือร้อยละ

เทคนิคการประมาณความเข้มข้น

- ความเข้มข้นของสารเคมีที่อ่านได้จากสิ่งประดิษฐ์นี้ จะมีค่าเป็นช่วงๆ (discrete value) เท่ากับค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างมาตรฐานที่ได้สอบเทียบไว้แล้วเท่านั้น หรือเท่ากับค่า $C_1, C_2, C_3, \dots, C_i, \dots, C_n$ ดังในตารางที่ 1 เนื่องจากหลักการทำงานของสิ่งประดิษฐ์นี้จะเปรียบเทียบค่าสีที่อ่านได้กับค่าสีของสารตัวอย่างมาตรฐาน เมื่อพบว่าค่าสีที่อ่านได้มีความแตกต่างสีกับค่าสีของสารตัวอย่างมาตรฐานใดน้อยที่สุด ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จะเท่ากับค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างนั้น ดังที่ได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้แล้ว ถ้าค่าความเข้มข้นที่อ่านได้เท่ากับ C_i ความเข้มข้นจริงของสารที่กำลังวัดจะอยู่ระหว่าง $[(C_i - C_{i-1})/2]$ ถึง $[(C_{i+1} - C_i)/2]$ โดยที่ความเข้มข้นจริงนี้สามารถหาค่าได้ด้วยวิธีอื่น จะเห็นได้ว่าเราสามารถลดความคลาดเคลื่อนในการวัดลงได้ด้วยการใช้สารตัวอย่างมาตรฐานที่มีค่าความเข้มข้นแตกต่างกันไม่มาก หรือด้วยการเพิ่มจำนวนสารตัวอย่างมาตรฐานให้มากขึ้น การทำเช่นนี้จะทำให้การสอบเทียบเครื่องมือมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น และเสียเวลาในการสอบเทียบมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ในแง่การออกแบบเครื่องมือ การใช้จำนวนตารางสอบเทียบมากขึ้น ก็จะทำให้ต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีหน่วยความจำสูงขึ้นด้วย

- 25 เทคนิคการคำนวณที่จะได้อธิบายต่อไปนี้จะทำให้ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากสิ่งประดิษฐ์นี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นจริงมากขึ้น หรือ อีกนัยหนึ่งคือค่าความคลาดเคลื่อนจะลดลง โดยไม่ต้องเพิ่มจำนวนตารางสอบเทียบหรือเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ของเครื่องมือ

- ยกตัวอย่างสำหรับสารเคมีที่กำลังวัดนั้นมีตารางสอบเทียบตามตารางที่ 1 ให้ความเข้มข้นค่าหนึ่งมีค่าทางแสงที่อ่านได้จากสิ่งประดิษฐ์นี้เท่ากับ $P(R, G, B)$ ให้คำนวณหาค่าความแตกต่างสีระหว่างค่าทางแสงที่วัดได้ $P(R, G, B)$ กับค่าทางแสงของตัวอย่างมาตรฐานใดๆ $P(R_i, G_i, B_i)$ ทุกค่าโดยใช้สูตรตามสมการที่ 1 ซึ่งจะทำให้ระบบสารตัวอย่างมาตรฐาน 2 ตัวอย่างแรกที่ให้ค่าความแตกต่าง

ที่น้อยที่สุดได้ ค่าความเข้มข้นจริงจะมีค่าอยู่ระหว่างความเข้มข้นของ 2 ตัวอย่างมาตรฐานนี้ สมมติให้ 2 สารตัวอย่างมาตรฐานนี้มีความเข้มข้นเท่ากับ C_m กับ C_n โดยที่ $C_m < C_n$ สามารถประมาณค่าความเข้มข้นใหม่ (C) ได้ดังนี้

$$5 \quad C = C_m + (C_n - C_m) \frac{\sqrt{(R_m - R)^2 + (G_m - G)^2 + (B_m - B)^2}}{\sqrt{(R_m - R)^2 + (G_m - G)^2 + (B_m - B)^2} + \sqrt{(R_n - R)^2 + (G_n - G)^2 + (B_n - B)^2}} \quad (\text{สมการ 2})$$

หรือ

$$C = C_n - (C_n - C_m) \frac{\sqrt{(R_n - R)^2 + (G_n - G)^2 + (B_n - B)^2}}{\sqrt{(R_m - R)^2 + (G_m - G)^2 + (B_m - B)^2} + \sqrt{(R_n - R)^2 + (G_n - G)^2 + (B_n - B)^2}} \quad (\text{สมการ 3})$$

10 โดย C_m และ C_n คือ ความเข้มข้นของสารตัวอย่างมาตรฐาน 2 ตัวอย่างที่มีค่าความแตกต่างสีกับค่าทางแสงที่วัดได้น้อยที่สุด 2 ค่าแรก และ $C_m < C_n$

$P(R, G, B)$ คือ ค่าทางแสงที่วัดได้สำหรับความเข้มข้นใดๆ อาจจะเป็นค่าการสะท้อนแสง ค่าการทะลุผ่านของแสง หรือ ค่าการดูดกลืนแสงก็ได้ ดังที่ได้อธิบายในหัวข้อ 4.1

15 $P(R_m, G_m, B_m)$ คือ ค่าทางแสงที่สอดคล้องกับความเข้มข้น C_m ของสารตัวอย่างมาตรฐานลำดับที่ m

และ $P(R_n, G_n, B_n)$ คือ ค่าทางแสงที่สอดคล้องกับความเข้มข้น C_n ของสารตัวอย่างมาตรฐานลำดับที่ n

ในการคำนวณหาความเข้มข้น C สามารถเลือกใช้สมการที่ 2 หรือ สมการที่ 3 ก็ได้ ค่าที่คำนวณได้ควรจะมีค่าใกล้เคียงกัน เพื่อให้เข้าใจเทคนิคการคำนวณนี้มากขึ้น พิจารณาตัวอย่างดังต่อไปนี้

20 ตารางที่ 2 แสดงตารางสอบเทียบของสารเคมี A ซึ่งใช้เทคนิคการทำให้เกิดสีบนแถบกระดาษ ดังนั้นค่าทางแสง $P(R, G, B)$ ในที่นี้หมายถึง ค่าการสะท้อนแสง โดยกำหนดให้ค่าสะท้อนแสงมีค่าสูงสุดเป็น $P_{MAX}(100, 100, 100)$ เมื่อสะท้อนจากแผ่นกระดาษสีขาวซึ่งเป็นสีพื้น และค่าสะท้อนแสงต่ำสุดเป็น $P_{MIN}(0, 0, 0)$ เมื่อจุดสีเป็นสีดำ ค่าทางแสงของตัวอย่างมาตรฐานอื่นๆ แสดงไว้ในตาราง โดยมีหน่วยเป็น ppb (หนึ่งในพันล้านส่วน, (parts per billion))

25 รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ความเข้มข้นสารเคมีบนแกนสี 3 แกน เพื่อใช้คำนวณหาความแตกต่างสี

สมมติให้ว่า ในการทดสอบหาปริมาณสารเคมี A ครั้งหนึ่ง ค่าทางแสงที่วัดได้คือ $P(x, y, z)$ เมื่อคำนวณหาความแตกต่างสี (CD) ตามสูตรในสมการที่ 1 พบว่า ตัวอย่างที่ 5 มีความแตกต่างสีน้อยที่สุด ดังนั้นความเข้มข้นของสารเคมีควรจะเท่ากับ 100 ppb แต่ให้สังเกตว่า ค่าทางแสง $P(100, 100, 40)$

หน้าที่ 9 ของจำนวน 4 หน้า

นั้นอยู่ระหว่างค่าทางแสงของตัวอย่างมาตรฐานที่ 4 และ 5 ค่าความเข้มข้นก็ควรจะอยู่ระหว่าง 80 - 100 ppb แต่มีค่าใกล้เคียง 100 ppb มากกว่า เพื่อให้ประมาณค่าได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น สามารถใช้สมการที่ 3 คำนวณค่าความเข้มข้นได้ดังนี้

$$C = 100 - (100-80)(4/16) = 100 - 5 = 95 \text{ ppb}$$

- 5 จากการคำนวณ ค่าความเข้มข้นของสารเคมี A เท่ากับ 95 ppb ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ระหว่างความเข้มข้นของตัวอย่างที่ 4 และ 5 เทคนิคการคำนวณแบบนี้จะช่วยให้สามารถอ่านค่าได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น โดยไม่ต้องเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงตารางสอบเทียบ

ตารางที่ 2 ตารางสอบเทียบสำหรับสารเคมี A

Reference No.#	ค่าทางแสง สีแดง (R)	ค่าทางแสง สีเขียว (G)	ค่าทางแสง สีน้ำเงิน (B)	ความเข้มข้นของ สารเคมี (ppb)	ความแตกต่างสี (CD)
Ref.# 1	100	100	100	0	60
Ref.# 2	100	100	85	30	45
Ref.# 3	100	100	73	50	33
Ref.# 4	100	100	52	80	12
Ref.# 5	100	100	36	100	4
Ref.# 6	95	73	39	120	27
Ref.# 7	77	55	30	200	51
Ref.# 8	61	48	29	300	66
Ref.# 9	50	45	30	500	75

ตัวอย่างการจัดอุปกรณ์

- 10 ในหัวข้อนี้จะได้อธิบายวิธีการจัดอุปกรณ์แบบต่างๆ เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานและการประยุกต์ใช้งานของสิ่งประดิษฐ์ได้ดีมากขึ้น โดยจะแยกอธิบายถึงการจัดอุปกรณ์สำหรับสารตัวอย่างแบบโปร่งแสงและแบบทึบแสงออกจากกัน และจะเน้นให้เข้าใจถึงหลักการสำคัญของการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ที่ได้อธิบายไว้แล้ว มากกว่าการอธิบายรายละเอียดของการออกแบบของอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งนี้
- 15 เพราะพื้นฐานการออกแบบของอุปกรณ์ของสิ่งประดิษฐ์นี้จะคล้ายกับเครื่องโฟโตมิเตอร์ เครื่องคัลเลอริมิเตอร์ เครื่องรีเฟกโตมิเตอร์หรือเครื่องวัดสี ซึ่งเป็นที่รู้จักกันทั่วไปอยู่แล้ว การอธิบายจะใช้สัญลักษณ์และตัวเลขแทนรูปภาพหรือรูปวาดของอุปกรณ์ อุปกรณ์แบบเดียวกันจะใช้สัญลักษณ์และตัวเลขเดียวกัน เว้นแต่จะระบุไว้เป็นอย่างอื่นในเอกสาร

- การจัดอุปกรณ์สำหรับวัดสีของสารตัวอย่างแบบโปร่งแสง

รูปที่ 1 และ รูปที่ 2 แสดงถึงการจัดอุปกรณ์สำหรับการวัดสีของสารตัวอย่างแบบโปร่งแสง (Light-transmitting sample) ในรูปแบบต่างๆ ที่เป็นไปได้ โดยมีหลักการที่สำคัญคือ เป็นการวัดค่า 5 ทะลุผ่านของแสงและสุดท้ายจะได้ค่าทางแสง P(R, G, B) ที่หมายถึงค่าการทะลุผ่านของแสงเหมือนกัน จากนั้นนำค่าทางแสงที่ได้นี้ไปประมวลผล เพื่อให้สามารถอ่านค่าความเข้มข้นของสารเคมีได้ ตามหลักการที่ได้อธิบายไปแล้วก่อนหน้านี้

ในรูปที่ 1 ใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diodes, LED) แบบสีแดง (3a) สีเขียว (3b) และสีน้ำเงิน (3c) ขณะที่ในรูปที่ 2 ใช้ไดโอดเปล่งแสงแบบสีขาว (White-light LED) (18) โดยทั่วไปแล้วการจัดอุปกรณ์แบบนี้เหมาะกับตัวอย่างที่อยู่ในรูปของเหลวหรือสารละลาย แต่ 10 สามารถประยุกต์ใช้กับตัวอย่างที่อยู่ในรูปอื่น ๆ ได้ด้วย เช่น ของแข็ง ผง เมล็ด เป็นต้น แต่แสงจะต้องทะลุตัวอย่างได้ ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นของเหลว จะต้องใช้ภาชนะบรรจุที่โปร่งใส (Transparent container) (1) เช่น แก้วหรือพลาสติกใส ซึ่งอาจจะมีรูปร่างเป็นขวดหรือหลอด รูปทรงสี่เหลี่ยมหรือกลมก็ได้

อย่างไรก็ดี ในรูปที่ 1 แหล่งกำเนิดแสงเป็นไดโอดเปล่งแสง (Light emitting diodes, LED) 15 แบบ 3 สี ประกอบด้วยLEDสีแดง (3a) LEDสีเขียว (3b) และLEDสีน้ำเงิน (3c) ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า “RBG LED” ไดโอดเปล่งแสงนี้อาจจะเป็นชนิดที่มีตัวเปล่งแสงทั้ง 3 สีรวมอยู่ในไดโอดตัวเดียว หรือ อาจจะเป็นไดโอดเปล่งแสง 3 ตัวแยกกันและแต่ละตัวให้สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตามลำดับ ก็ได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (11) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์นี้ทั้งระบบ สำหรับในส่วนของไดโอด 20 เปล่งแสง (3a,3b,3c) มีวงจรขับ LED ทำหน้าที่ควบคุมการป้อนกระแสไฟฟ้าในปริมาณที่เหมาะสมให้กับ RBG LED ตามที่กำหนดไว้โดยผู้ผลิต (10) และมีสวิตช์แบบอิเล็กทรอนิกส์ (9) ควบคุมการเปล่งแสงของไดโอดให้เปล่งแสงครั้งละหลอด สลับกันไปจนครบทั้งสามสี เมื่อแสงตกกระทบ (5) สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตกกระทบสารตัวอย่าง (2) ที่ต้องการวัดซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะโปร่งใส (1) แสงบาง 25 ส่วนจะถูกดูดกลืน แสงส่วนที่เหลือ (7) จะทะลุผ่านตัวอย่างที่ต้องการวัด ค่าการทะลุผ่านของแสงของแต่ละสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารและสีของสารตัวอย่างนั้นๆ อาจเลือกใช้เลนส์ (4) และ (6) เข้าช่วย เพื่อให้การจัดแสงมีความเหมาะสม ความเข้มของแสงที่ทะลุผ่านสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน จะถูกวัด 30 ด้วยตัวรับแสง หรือ หัววัดแสง (8) เช่น โฟโตไดโอด (Photodiode) เป็นต้น หัววัดแสงจะเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากหัววัดแสงจะแปรผันตรงกับความเข้มแสง เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากหัววัดแสงมักมีค่าสัญญาณต่ำ จึงจำเป็นต้องปรับสัญญาณให้เหมาะสมโดยใช้วงจรปรับสัญญาณ (Pre-amplifier) (14) และวงจขยายสัญญาณ (Amplifier) (13) จากนั้นตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converter) ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่รับ 35 มาจากหัววัดแสงหรือโฟโตไดโอดที่ผ่านการกรองด้วยฟิลเตอร์และขยายสัญญาณแล้วให้เป็นสัญญาณ

ดิจิตอล ได้แก่ สัญญาณสีแดง R, สีเขียว G, และสีน้ำเงิน B ตามลำดับ และทำหน้าที่เปรียบเทียบ สัญญาณดิจิตอล P(R,G,B) ซึ่งจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปค่าทะลุผ่านของแสง (Transmittance) กับค่าใน ตารางเทียบสีที่เก็บไว้ในหน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูลเพื่อทำการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของ สารเคมีที่ใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงที่เก็บไว้ในตารางเทียบสีในหน่วยความจำของเครื่อง (17) และแสดงผล ค่าความเข้มข้นที่ได้จากทางจอแสดงผล (12)

รูปที่ 2 แสดงการจัดอุปกรณ์แสงสำหรับวัดสีหรือความเข้มข้นของสารตัวอย่างแบบโปร่งแสงอีก แบบหนึ่ง ในกรณีนี้แหล่งกำเนิดแสงจะเป็นไดโอดเปล่งแสงขาว (White-light LED) (22) หรืออาจจะใช้ หลอดไฟ เช่น หลอดทังสเตน ก็ได้ ไดโอดเปล่งแสงจะถูกควบคุมการทำงานด้วยวงจรรีบ (10) ไมโคร คอนโทรลเลอร์ (11) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด เมื่อแสง (5) ตกกระทบสารตัวอย่าง ที่ต้องการวัด (2) ซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะโปร่งใส (1) แสงบางส่วนจะถูกดูดกลืน แสงส่วนที่เหลือจะทะลุ ผ่านสารตัวอย่างที่ต้องการวัด (7) ค่าการทะลุผ่านของแสงของแต่ละสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารและสี ของสารตัวอย่างนั้นๆ อาจเลือกใช้เลนส์ (4) และ (6) เข้าช่วยเพื่อให้การจัดแสงมีความเหมาะสม แสงที่ ทะลุผ่านสารตัวอย่าง (7) จะถูกแยกออกเป็น 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ด้วยฟิลเตอร์แสงแบบ แถบแคบ (Narrow-band filter) (15) ชนิดแรกจะยอมให้เฉพาะสีแดงทะลุไปได้เท่านั้น ชนิดที่สองจะ ยอมให้เฉพาะแสงสีเขียวทะลุไปได้เท่านั้น และชนิดที่สามจะยอมให้เฉพาะแสงสีน้ำเงินทะลุไปได้เท่านั้น การวัดค่าความเข้มของแสงทั้งสามสีจะต้องใช้หัววัดแสง 3 ตัว (16a, 16b, 16c) ที่เหมือนกัน โดยจัด วางตำแหน่งหัววัดแสงอยู่หลังและตรงกับชนิดฟิลเตอร์แสงแต่ละตัว หัววัดแสงจะเปลี่ยนสัญญาณ แสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ค่าการทะลุผ่านของแสงของแต่ละสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารและสีของสาร ตัวอย่างนั้นๆ เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากหัววัดแสงมักมีค่าสัญญาณต่ำ จึงจำเป็นต้องใช้วงจรปรับ สัญญาณ (Pre-amplifiers) (14) อุปกรณ์รวมสัญญาณแบบเรียงแถว (Multiplexer) (23) รวม สัญญาณจากหัววัดทั้งสามและสัญญาณจะถูกขยายด้วยวงจรรขยายสัญญาณ (Amplifier) (13) ตัว แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D Converter) ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่รับมาจาก หัววัดแสงหรือโฟโตไดโอดที่ผ่านการกรองด้วยฟิลเตอร์และขยายสัญญาณแล้วแปลงให้เป็นสัญญาณ ดิจิตอล (15) ได้แก่ สัญญาณสีแดง R, สีเขียว G, และสีน้ำเงิน B ตามลำดับ และทำหน้าที่เปรียบเทียบ สัญญาณดิจิตอล P(R,G,B) ซึ่งจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปค่าทะลุผ่านของแสง (Transmittance) กับ ค่าในตารางเทียบสีที่เก็บไว้ในหน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูลเพื่อทำการคำนวณหาค่าความเข้มข้น ของสารเคมีที่ใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงที่เก็บไว้ในตารางเทียบสีในหน่วยความจำของเครื่อง (17) และ แสดงผลค่าความเข้มข้นที่ได้จากทางจอแสดงผล (12)

- การจัดอุปกรณ์แสงสำหรับวัดสีของตัวอย่างแบบทึบแสง

สำหรับตัวอย่างแบบทึบแสง เช่น กระดาษทดสอบ การวัดสีทำได้โดยการวัดค่าสะท้อนแสง ดังนั้นค่าทางแสง P(R, G, B) ที่กล่าวถึงในหัวข้อก่อนหน้า หมายถึงค่าสะท้อนแสง

หน้าที่ 12 ของจำนวน 4 หน้า

รูปที่ 3 และ รูปที่ 4 แสดงถึงการจัดอุปกรณ์สำหรับการวัดสีหรือความเข้มข้นของสารตัวอย่างแบบที่บ่งแสง (Light-reflecting sample) .ในรูปแบบต่างๆ

รูปที่ 3 ใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นไดโอดเปล่งแสง (Light emitting diodes, LED) แบบ 3 สี ประกอบด้วยสีแดง (3a) สีเขียว (3b) และสีน้ำเงิน (3c) หรือ “RGB LED” ไดโอดเปล่งแสงนี้อาจจะเป็นชนิดที่มีตัวเปล่งแสงทั้ง 3 สีรวมอยู่ในไดโอดตัวเดียว หรืออาจจะเป็นไดโอดเปล่งแสง 3 ตัวแยกกัน แต่ละตัวให้สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตามลำดับก็ได้ อุปกรณ์อื่นๆ เหมือนกับรูปที่ 1 เมื่อแสงตกกระทบสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (20) ตกกระทบสารตัวอย่างที่ต้องการวัด (18) โดยจะต้องจัดให้แสงตกกระทบ (20) อยู่ภายในบริเวณจุดสี (19) เท่านั้น แสงบางส่วนจะถูกดูดกลืน แสงส่วนที่เหลือจะเกิดการสะท้อน (21) ค่าการสะท้อนแสงของแต่ละสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารและสีของสารตัวอย่างนั้นๆ ข้อมูลที่ได้จากหัววัดแสง หรือ ค่าทางแสง P(R, G, B) จะถูกนำไปประมวลผลเพื่อคำนวณหาสีหรือความเข้มข้นของสารต่อไป ตามหลักการเปรียบเทียบสีที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อก่อนหน้าความเข้มข้นที่อ่านได้จะแสดงผลผ่านอุปกรณ์แสดงผล (12)

รูปที่ 4 แสดงการจัดอุปกรณ์แสงสำหรับวัดสีหรือความเข้มข้นของสารตัวอย่างแบบที่บ่งแสงอีกแบบหนึ่ง ในกรณีนี้แหล่งกำเนิดแสงจะเป็นไดโอดเปล่งแสงขาว (White-light LED) (22) หรืออาจใช้หลอดไฟ เช่น หลอดทังสเตน ก็ได้ อุปกรณ์อื่นๆ เหมือนรูปที่ 2 เมื่อแสงตกกระทบ (20) ตกกระทบสารตัวอย่างที่ต้องการวัด (18) โดยจะต้องจัดให้แสงตกกระทบ (20) อยู่ภายในบริเวณจุดสี (19) เท่านั้น แสงบางส่วนจะถูกดูดกลืน แสงส่วนที่เหลือจะสะท้อน (21) จากสารตัวอย่างที่ต้องการวัด ค่าการสะท้อนของแสงของแต่ละสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารและสีของสารตัวอย่างนั้นๆ แสงที่สะท้อนจากสารตัวอย่าง (21) จะถูกแยกออกเป็น 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ด้วยฟิลเตอร์แสงแบบแถบแคบ (Narrow-band filter) (16) ชนิดแรกจะยอมให้เฉพาะสีแดงทะลุไปได้เท่านั้น ชนิดที่สองจะยอมให้เฉพาะแสงสีเขียวทะลุไปได้เท่านั้น และชนิดที่สามจะยอมให้เฉพาะแสงสีน้ำเงินทะลุไปได้เท่านั้น การวัดค่าความเข้มของแสงทั้งสามสีจะต้องใช้หัววัดแสง (16) 3 ตัว โดยจัดวางตำแหน่งหัววัดแสงอยู่หลังและตรงกับชนิดฟิลเตอร์แสงแต่ละตัว ค่าการสะท้อนของแสงของแต่ละสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารและสีของสารตัวอย่างนั้นๆ ข้อมูลที่ได้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปค่าการสะท้อนของแสง (Reflectance) ซึ่งสามารถจัดให้อยู่ในรูปค่าทางแสง P(R, G, B) แล้วนำไปประมวลผลโดยไม่โครคอนดทลเลอร์ (11) เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของสารต่อไป ตามหลักการเปรียบเทียบสีที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อก่อนหน้า จากนั้นแสดงผลค่าความเข้มข้นที่อ่านได้ผ่านจอแสดงผล (12)

การจัดอุปกรณ์แสงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4 จะวางแหล่งกำเนิดแสงให้ทิศทางของแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงตั้งฉากกับเส้นตั้งฉาก (Normal) ของตัวอย่างที่ต้องการวัด หรืออีกนัยหนึ่งคือมุมของแสงตกกระทบ ทำมุม 0 องศา กับเส้นตั้งฉากของตัวอย่างที่ต้องการวัด และวางหัววัดแสงในทิศทางทำมุมใดๆ 0 องศา ถึง 90 องศา กับเส้นตั้งฉากของตัวอย่างที่ต้องการวัด แต่มุมที่นิยมใช้มากที่สุด

สุดคือ มุม 45 องศา กับเส้นตั้งฉากของตัวอย่างที่ต้องการวัด การจัดอุปกรณ์แบบนี้เรียกว่า การจัด
อุปกรณ์แบบ “0°/45°” ในทางตรงกันข้ามสามารถสลับตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงและหัววัดแสง
ในรูปที่ 3 และ 4 ก็ได้ เช่น การจัดอุปกรณ์แบบ “45°/0°”

กล่าวโดยสรุปคือการประดิษฐ์นี้ใช้สำหรับการตรวจวัดปริมาณสารเคมีหรือคุณสมบัติทางกาย
ภาพของสารตัวอย่าง เช่น ค่า pH ของดินหรือน้ำ คลอรีนในน้ำดื่มหรือสระว่ายน้ำ สารหนูที่ปนเปื้อน
5 อยู่ในน้ำดื่ม หรือปริมาณของสารเคมีในร่างการมนุษย์ เป็นต้น มีหลายเทคนิคที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ซึ่งแต่ละ
เทคนิคมีขีดความสามารถและความเหมาะสมของการใช้งานแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม สำหรับการ
วัดภาคสนามแล้ว เทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางคือ การผสมตัวทำปฏิกิริยาเฉพาะ (Reagent)
ลงไปโดยสารตัวอย่าง เมื่อตัวทำปฏิกิริยาเฉพาะทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ต้องการวัดจะเกิดสีขึ้น
10 ลักษณะสีที่เกิดขึ้นจะสามารถใช้บ่งบอกถึงปริมาณสารเคมีที่ต้องการวัดได้

ในบางกรณี ตัวอย่างที่ต้องการวัดอยู่ในรูปของเหลวสารละลายหรือของเหลว ปฏิกิริยาที่เกิด
ขึ้นระหว่างตัวทำปฏิกิริยาเฉพาะกับสารเคมีในสารละลาย จะทำให้สีของสารละลายนั้นเปลี่ยนไป หรือ
ในบางกรณีนิยมทำให้เกิดสีอยู่บนแถบกระดาษทดสอบ (Testing strip) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารเคมีที่
ต้องการวัดหรือลักษณะของตัวทำปฏิกิริยาเฉพาะ

วิธีที่ง่ายที่สุดในการเทียบสีที่เกิดขึ้นกับสีในตารางสี คือ การดูด้วยตาเปล่า แต่วิธีนี้มีความไม่
15 แน่นนอนสูง เพราะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ดวงตาของแต่ละคนตอบสนองต่อสีไม่เหมือนกัน สีที่มอง
เห็นขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มของแหล่งกำเนิดแสง สิ่งประดิษฐ์นี้จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ ตารางสีที่ได้
สอบเทียบไว้ก่อนแล้ว ก็สามารถบันทึกเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Memory) ของเครื่องมือนี้ สิ่งประดิษฐ์
นี้สามารถใช้อ่านสีของตัวอย่างได้และสอบเทียบกับตารางสีได้ทันที และสามารถแสดงผลในรูปของ
20 ปริมาณของสารเคมีที่ต้องการวัด ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน มีความแม่นยำสูงกว่าการดูด้วยตาเปล่า
มาก และการวัดไม่ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดแสงภายนอก

สิ่งประดิษฐ์นี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือวัดภาคสนามราคาถูกลง เหมาะกับงานภาคสนาม
สำหรับงานประยุกต์ด้านการเกษตร สิ่งแวดล้อม การควบคุมคุณภาพการผลิต และการแพทย์.
สามารถใช้อ่านสีจากตัวอย่าง เช่น แถบกระดาษ ของเหลว หรือของแข็ง ได้ทุกสี โดยความเข้มของสี
25 หรือเฉดสีของตัวอย่างนั้น สามารถใช้บ่งบอกถึงความเข้มชั้นหรือชนิดสารเคมีบางอย่างได้ เมื่อนำสีที่
อ่านได้ไปสอบเทียบกับตารางสีที่ได้สอบเทียบไว้แล้ว ก็จะสามารถใช้บอกความเข้มชั้นหรือชนิดของ
สารเคมีที่กำลังวัดได้ เมื่อเทียบกับการดูสีด้วยตาเปล่า เครื่องมือนี้จะมีความแม่นยำกว่ามาก เพราะ
การวัดไม่ขึ้นกับแสงสว่างภายนอกและไม่ขึ้นกับผู้ใช้งาน คุณลักษณะพิเศษอีกอย่างของสิ่งประดิษฐ์นี้
คือ สามารถใช้วัดได้หลายสารเคมีภายในเครื่องเดียว

ถึงแม้ว่าการประดิษฐ์นี้จะได้รับการบรรยายโดยสมบูรณ์โดยใช้ประกอบกับรูปเขียนที่แนบมา
30 ด้วยก็ตาม ย่อมเป็นที่เข้าใจได้ว่าการดัดแปลง หรือแก้ไขต่างๆ โดยผู้ที่มีความชำนาญในระดับสามัญใน

ศิลปะวิทยาการแขนงนี้โดยที่อยู่ภายในขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการประดิษฐ์ อาจจะกระทำได้ ตัวอย่างเช่น พิลเตอร์ทางแสงสีแดง R สีเขียว G และ สีน้ำเงิน B อาจจะใช้ฟิลเตอร์ทางแสงแม่สีเหลือง (YELLOW) สีม่วงแดง (MAGENTA) และ สีฟ้าอมเขียว (CYAN) แทนได้เช่นกัน หรือในกรณีที่ต้องการความแม่นยำเพิ่มมากขึ้นอาจใช้ A/D converter ที่มีความละเอียดมากกว่า 8 บิตแทนก็ได้ เป็นต้น

5 วิธีการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

บทสรุปการประดิษฐ์

เครื่องวัดเทียบสีสำหรับวัดความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ตัวกำเนิดแสงแม่สีหลัก 3 สี ได้แก่ แสงสีแดง (R) แสงสีเขียว (G) และแสงสีน้ำเงิน (B) ซึ่งจะให้กำเนิดแสงส่องไปกระทบกับแถบกระดาษทดสอบหรือส่องผ่านสารละลายที่ต้องการทดสอบเข้าสู่ตัวรับแสง (Photodetector) ค่าการสะท้อนแสงหรือการทะลุผ่านของแสงของทั้งสามสี จะถูกนำมาคำนวณเปรียบเทียบกับสีใดในตารางสีที่ได้สอบเทียบไว้แล้ว (Look-up table) ซึ่งเก็บค่า $P_i(R_i, G_i, B_i)$ และ C_i ไว้จำนวนหนึ่ง โดย $P_i(R_i, G_i, B_i)$ คือ ค่าทางแสงจากตัวอย่างมาตรฐานลำดับที่ i ซึ่งจะตรงกับ C_i ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างลำดับที่ i โดยค่าดัชนี i มีค่าตั้ง 1, 2, 3, ..., n โดยที่ n เป็นจำนวนสารตัวอย่างมาตรฐานทั้งหมดที่ได้สอบเทียบไว้แล้ว ถ้าให้ $P(R, G, B)$ คือ ค่าทางแสงที่วัดได้ในแต่ละครั้งจากตัวอย่าง เครื่องจะหาความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่กำลังวัดได้ โดยคำนวณหาค่า “ความแตกต่างสี” ระหว่าง $P(R, G, B)$ กับ $P_i(R_i, G_i, B_i)$ แต่ละจุด และเลือกค่า $P_i(R_i, G_i, B_i)$ ที่มี “ความแตกต่างสี” มีค่าน้อยที่สุด ทำให้ทราบค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่กำลังวัดได้ ซึ่งเท่ากับค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างมาตรฐานนั้น นอกจากนี้ เมื่อต้องการอ่านค่าความเข้มข้นให้ละเอียดและแม่นยำมากขึ้นโดยไม่ต้องเพิ่มจำนวนสารตัวอย่างมาตรฐาน เครื่องจะเลือกค่าเลือกค่า $P_i(R_i, G_i, B_i)$ ที่มี “ความแตกต่างสี” มีค่าน้อยที่สุดสองค่าแรก จากนั้นทำการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) โดยใช้หลักการหาอัตราส่วน “ความแตกต่างสี” เพื่อแปลงออกมาเป็นค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่ละเอียดมากขึ้นได้

ข้ออธิธิ

1. เครื่องอ่านค่าสีสำหรับวัดความเข้มข้นของสารเคมีแบบสะท้อนแสงผ่านตัวกลางที่บดซึ่งตัวกลางนั้นมีตัวทำปฏิกิริยาเฉพาะซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ต้องการวัดและทำให้เกิดสีเฉพาะที่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารเคมีที่ต้องการวัดนั้น, เครื่องอ่านค่าสีดังกล่าวประกอบด้วย

5 แหล่งกำเนิดแสงจำนวนหนึ่ง เพื่อให้กำเนิดแสงที่ครอบคลุมอย่างน้อยที่สุดย่านความถี่ที่ตามองเห็นโดยที่แสงจะส่องไปตกกระทบบนตัวกลางที่บดดังกล่าวและเกิดแสงสะท้อน

หัววัดแสงอย่างน้อยที่สุดหนึ่งหัว ที่ถูกจัดวางในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อรับแสงที่สะท้อนจากตัวกลางที่บดดังกล่าวและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าอนาล็อกจำนวนหนึ่ง

หน่วยประมวลผลข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูล
10 ตารางเทียบสีซึ่งมีค่าสีอ้างอิงมาตรฐานจำนวนหนึ่งที่สอดคล้องกับค่าความเข้มข้นของสารเคมีดังกล่าว, ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลเพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกจำนวนหนึ่งดังกล่าวที่ได้รับจากหัววัดแสงดังกล่าวให้เป็นสัญญาณดิจิตอลชุดที่หนึ่ง และวิถีทางคำนวณ เพื่อคำนวณเปรียบเทียบสัญญาณดิจิตอลชุดที่หนึ่งดังกล่าวกับค่าสีอ้างอิงมาตรฐานจากตารางเทียบสีดังกล่าวเพื่อทำการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารเคมีดังกล่าว และ

15 หน่วยแสดงผลเพื่อแสดงค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่คำนวณได้ดังกล่าว

โดยที่เครื่องอ่านค่าสีดังกล่าว**มีลักษณะเฉพาะคือ** เครื่องอ่านค่าสีดังกล่าวคำนวณหาค่าระยะทางระหว่างสัญญาณดิจิตอลชุดที่หนึ่งดังกล่าวกับค่าสีอ้างอิงมาตรฐานในตารางเทียบสีดังกล่าวที่ละเอียด และเลือกค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่สอดคล้องกันกับสีอ้างอิงมาตรฐานจากตารางเทียบสีดังกล่าวที่มีระยะทางที่มีค่าน้อยที่สุดสองค่าและทำการประมาณค่าในช่วงเพื่อแปลง
20 ออกมาเป็นค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่วัดได้ดังกล่าว

2. เครื่องอ่านค่าสีสำหรับวัดความเข้มข้นของสารเคมีแบบส่องแสงผ่านตัวกลางโปร่งแสงซึ่งตัวกลางนั้นมีตัวทำปฏิกิริยาเฉพาะซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ต้องการวัดและทำให้เกิดสีเฉพาะที่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารเคมีที่ต้องการวัดนั้น, เครื่องอ่านค่าสีดังกล่าวประกอบด้วย

25 แหล่งกำเนิดแสงจำนวนหนึ่ง เพื่อให้กำเนิดแสงที่ครอบคลุมอย่างน้อยที่สุดย่านความถี่ที่ตามองเห็นโดยที่แสงจะส่องไปบนตัวกลางโปร่งแสงดังกล่าว

หัววัดแสงอย่างน้อยที่สุดหนึ่งหัว ที่ถูกจัดวางในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อรับแสงที่ส่องผ่านตัวกลางโปร่งแสงดังกล่าวและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าอนาล็อกจำนวนหนึ่ง

หน่วยประมวลผลข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูล
30 ตารางเทียบสีซึ่งมีค่าสีอ้างอิงมาตรฐานจำนวนหนึ่งที่สอดคล้องกับค่าความเข้มข้นของสารเคมีดังกล่าว, ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลเพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกจำนวนหนึ่งดังกล่าวที่

หน้าที่ 2 ของจำนวน 4 หน้า

ได้รับจากหัววัดแสงดังกล่าวให้เป็นสัญญาณดิจิทัลชุดที่หนึ่ง และวิถีทางคำนวณ เพื่อคำนวณเปรียบเทียบสัญญาณดิจิทัลชุดที่หนึ่งดังกล่าวกับค่าสีอ้างอิงมาตรฐานจากตารางเทียบสีดังกล่าว เพื่อทำการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารเคมีดังกล่าว และ

หน่วยแสดงผลเพื่อแสดงค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่คำนวณได้ดังกล่าว

5 โดยที่เครื่องอ่านค่าสีดังกล่าว**มีลักษณะเฉพาะคือ** เครื่องอ่านค่าสีดังกล่าวคำนวณหาค่าระยะทางระหว่างสัญญาณดิจิทัลชุดที่หนึ่งดังกล่าวกับค่าสีอ้างอิงมาตรฐานในตารางเทียบสีดังกล่าวที่ละเอียด และเลือกค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่สอดคล้องกันกับสีอ้างอิงมาตรฐานจากตารางเทียบสีดังกล่าวที่มีระยะทางที่มีค่าน้อยที่สุดสองค่าและทำการประมาณค่าในช่วงเพื่อแปลงออกมาเป็นค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่วัดได้ดังกล่าว

10 3. เครื่องอ่านค่าสีสำหรับวัดความเข้มข้นของสารเคมีแบบสะท้อนแสงผ่านตัวกลางที่บดแสงซึ่งตัวกลางนั้นมีตัวทำปฏิกิริยาเฉพาะซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ต้องการวัดและทำให้เกิดสีเฉพาะที่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารเคมีที่ต้องการวัดนั้น, เครื่องอ่านค่าสีดังกล่าวประกอบด้วย

แหล่งกำเนิดแสง สำหรับให้กำเนิดแสงที่ครอบคลุมอย่างน้อยที่สุดย่านความถี่ที่ตามองเห็นโดยที่แสงจะส่องไปตกกระทบบนตัวกลางที่บดแสงดังกล่าวและเกิดแสงสะท้อน

15 ฟิลเตอร์ทางแสงจำนวนหนึ่ง ที่ถูกจัดวางในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อรับแสงที่สะท้อนจากตัวกลางที่บดแสงดังกล่าว

หัววัดแสงอย่างน้อยที่สุดหนึ่งหัวซึ่งวางต่อจากฟิลเตอร์ทางแสงจำนวนหนึ่งดังกล่าว เพื่อแปลงแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าอนาล็อกจำนวนหนึ่ง

หน่วยประมวลผลข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูล
20 ตารางเทียบสีซึ่งมีค่าสีอ้างอิงมาตรฐานจำนวนหนึ่งที่สอดคล้องกับค่าความเข้มข้นของสารเคมีดังกล่าว, ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลเพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกจำนวนหนึ่งดังกล่าวที่ได้รับจากหัววัดแสงแต่ละหัวดังกล่าวให้เป็นสัญญาณดิจิทัลชุดที่หนึ่ง มัลติเพลกซ์เซอร์ซึ่งถูกควบคุมโดยหน่วยประมวลผลดังกล่าวสำหรับการมัลติเพลกซ์สัญญาณจากหัววัดแสงดังกล่าวแต่ละหัวให้เข้าสู่ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลดังกล่าวที่ละสัญญาณ และวิถีทางคำนวณ เพื่อ
25 คำนวณเปรียบเทียบสัญญาณดิจิทัลชุดที่หนึ่งดังกล่าวกับค่าสีอ้างอิงมาตรฐานดังกล่าวจากตารางเทียบสีดังกล่าวเพื่อทำการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารเคมีดังกล่าว และ

หน่วยแสดงผลเพื่อแสดงค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่คำนวณได้ดังกล่าว

โดยที่เครื่องอ่านค่าสีดังกล่าว**มีลักษณะเฉพาะคือ** เครื่องอ่านค่าสีดังกล่าวคำนวณหาค่าระยะทางระหว่างสัญญาณดิจิทัลชุดที่หนึ่งดังกล่าวกับค่าสีอ้างอิงมาตรฐานในตารางเทียบสีดังกล่าวที่ละเอียด และเลือกค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่สอดคล้องกันกับสีอ้างอิงมาตรฐานจากตา
30

หน้าที่ 3 ของจำนวน 4 หน้า

ร่างเทียบสื่อดังกล่าวที่มีระยะทางที่มีค่าน้อยที่สุดสองค่าและทำการประมาณค่าในช่วงเพื่อแปลงออกมาเป็นค่าความเข้มชั้นของสารเคมีที่วัดได้ดังกล่าว

4. เครื่องอ่านค่าสีสำหรับวัดความเข้มชั้นของสารเคมีแบบส่องแสงผ่านตัวกลางโปร่งแสงซึ่งตัวกลางนั้นมีตัวทำปฏิกิริยาเฉพาะซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ต้องการวัดและทำให้เกิดสีเฉพาะที่ขึ้นอยู่กับความเข้มชั้นของสารเคมีที่ต้องการวัดนั้น, เครื่องอ่านค่าสีดังกล่าวประกอบด้วย

แหล่งกำเนิดแสง สำหรับให้กำเนิดแสงที่ครอบคลุมอย่างน้อยที่สุดย่านความถี่ที่ตามองเห็นโดยที่แสงจะส่องไปบนตัวกลางโปร่งแสงดังกล่าว

ฟิลเตอร์ทางแสงจำนวนหนึ่ง ที่ถูกจัดวางในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อรับแสงที่ส่องผ่านตัวกลางโปร่งแสงดังกล่าว

- 10 หัววัดแสงอย่างน้อยที่สุดหนึ่งหัว ที่ซึ่งวางต่อจากฟิลเตอร์ทางแสงจำนวนหนึ่งดังกล่าว เพื่อรับแสงที่ส่องผ่านตัวกลางโปร่งแสงดังกล่าวและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าอนาลอกจำนวนหนึ่ง

หน่วยประมวลผลข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลตารางเทียบสีซึ่งมีค่าสีอ้างอิงมาตรฐานจำนวนหนึ่งที่สอดคล้องกับค่าความเข้มชั้นของสารเคมีดังกล่าว, ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเพื่อแปลงสัญญาณอนาลอกจำนวนหนึ่งดังกล่าวที่ได้รับจากหัววัดแสงแต่ละหัวดังกล่าวให้เป็นสัญญาณดิจิตอลชุดที่หนึ่ง มัลติเพลกซ์เซอร์ซึ่งถูกควบคุมโดยหน่วยประมวลผลดังกล่าวสำหรับการมัลติเพลกซ์สัญญาณจากหัววัดแสงดังกล่าวแต่ละหัวให้เข้าสู่ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลดังกล่าวทีละสัญญาณ และวิถีทางคำนวณ เพื่อคำนวณเปรียบเทียบสัญญาณดิจิตอลชุดที่หนึ่งดังกล่าวกับค่าสีอ้างอิงมาตรฐานดังกล่าวจากตารางเทียบสีดังกล่าวเพื่อทำการคำนวณหาค่าความเข้มชั้นของสารเคมีดังกล่าว และ

- 20 หน่วยแสดงผลเพื่อแสดงค่าความเข้มชั้นของสารเคมีที่คำนวณได้ดังกล่าว

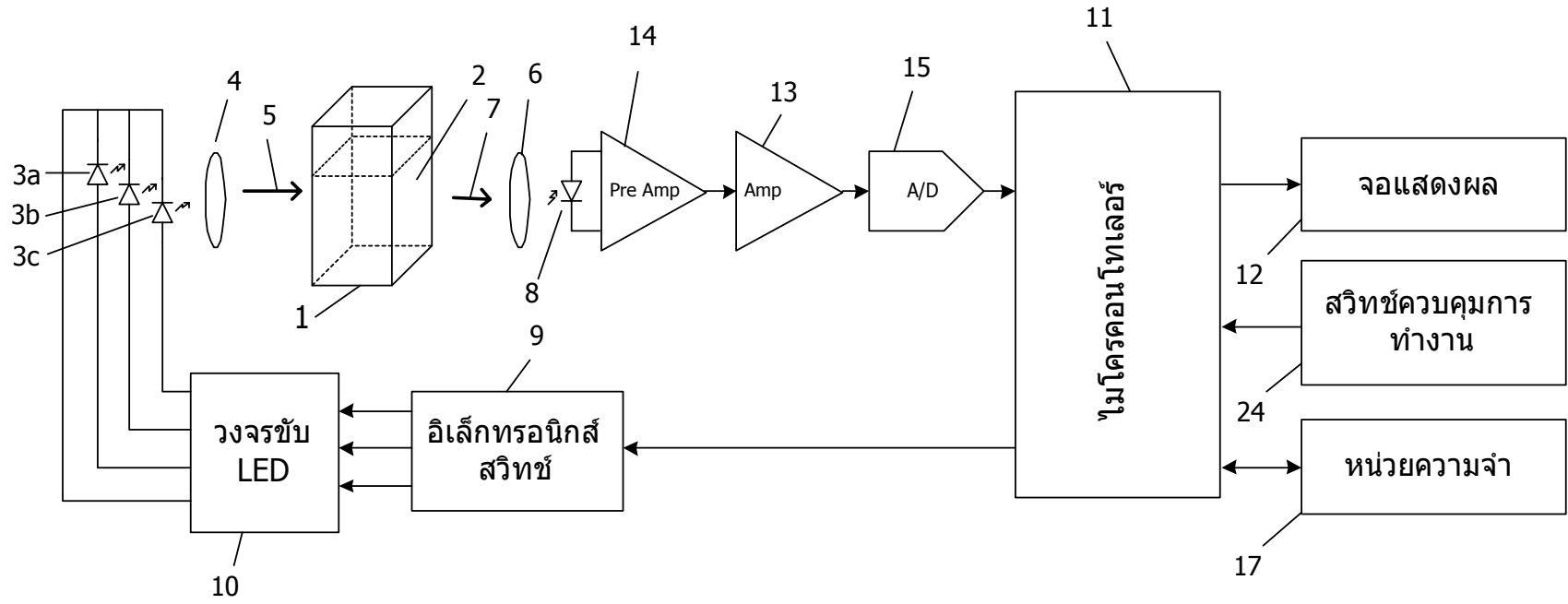
โดยที่เครื่องอ่านค่าสีดังกล่าว**มีลักษณะเฉพาะคือ** เครื่องอ่านค่าสีดังกล่าวคำนวณหาค่าระยะทางระหว่างสัญญาณดิจิตอลชุดที่หนึ่งดังกล่าวกับค่าสีอ้างอิงมาตรฐานในตารางเทียบสีดังกล่าวทีละจุด และเลือกค่าความเข้มชั้นของสารเคมีที่สอดคล้องกันกับสีอ้างอิงมาตรฐานจากตารางเทียบสีดังกล่าวที่มีระยะทางที่มีค่าน้อยที่สุดสองค่าและทำการประมาณค่าในช่วงเพื่อแปลงออกมาเป็นค่าความเข้มชั้นของสารเคมีที่วัดได้ดังกล่าว

5. เครื่องอ่านค่าสีสำหรับวัดความเข้มชั้นของสารเคมี ตามข้อถือสิทธิ 1 – 4 ข้อใดข้อหนึ่ง โดยที่แหล่งกำเนิดแสงดังกล่าวให้แสงแม่สีสามสีคือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

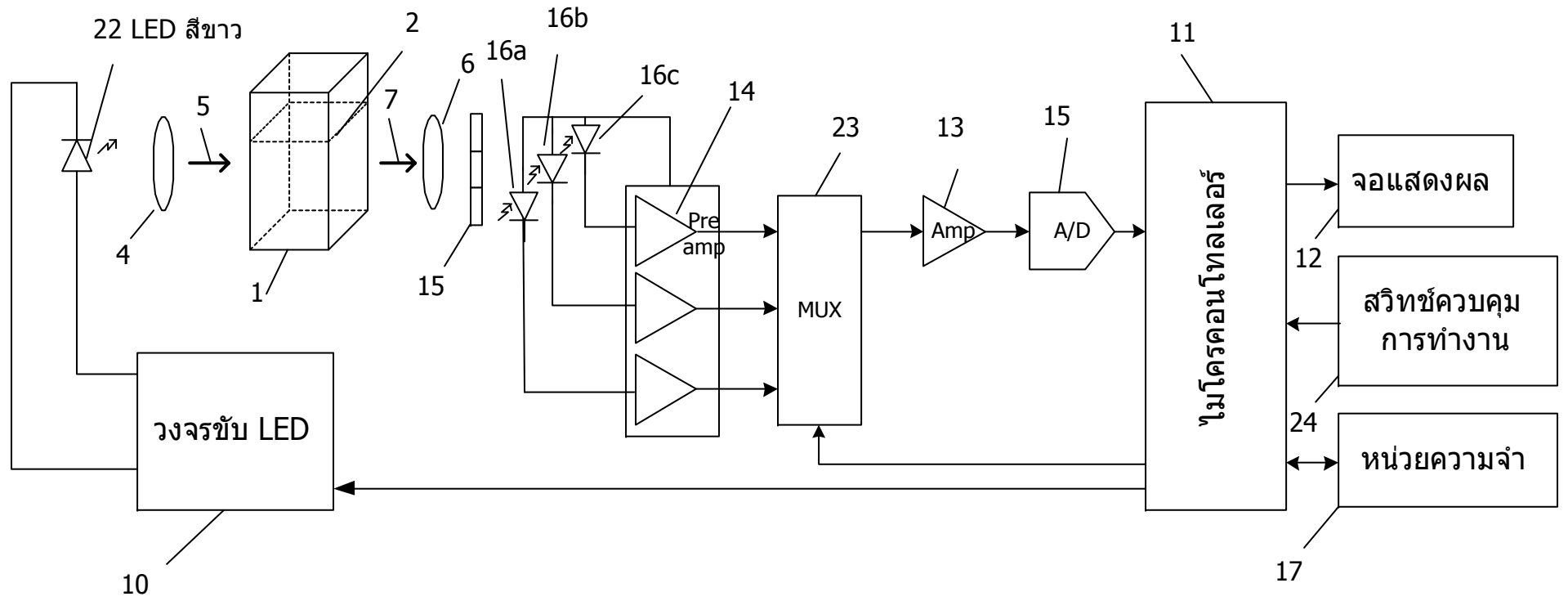
6. เครื่องอ่านค่าสีสำหรับวัดความเข้มชั้นของสารเคมี ตามข้อถือสิทธิ 3 หรือ 4 ข้อใดข้อหนึ่ง โดยที่แหล่งกำเนิดแสงดังกล่าวให้แสงสีขาว และฟิลเตอร์ทางแสงดังกล่าวเป็นฟิลเตอร์แบบแบนด์

หน้าที่ 4 ของจำนวน 4 หน้า

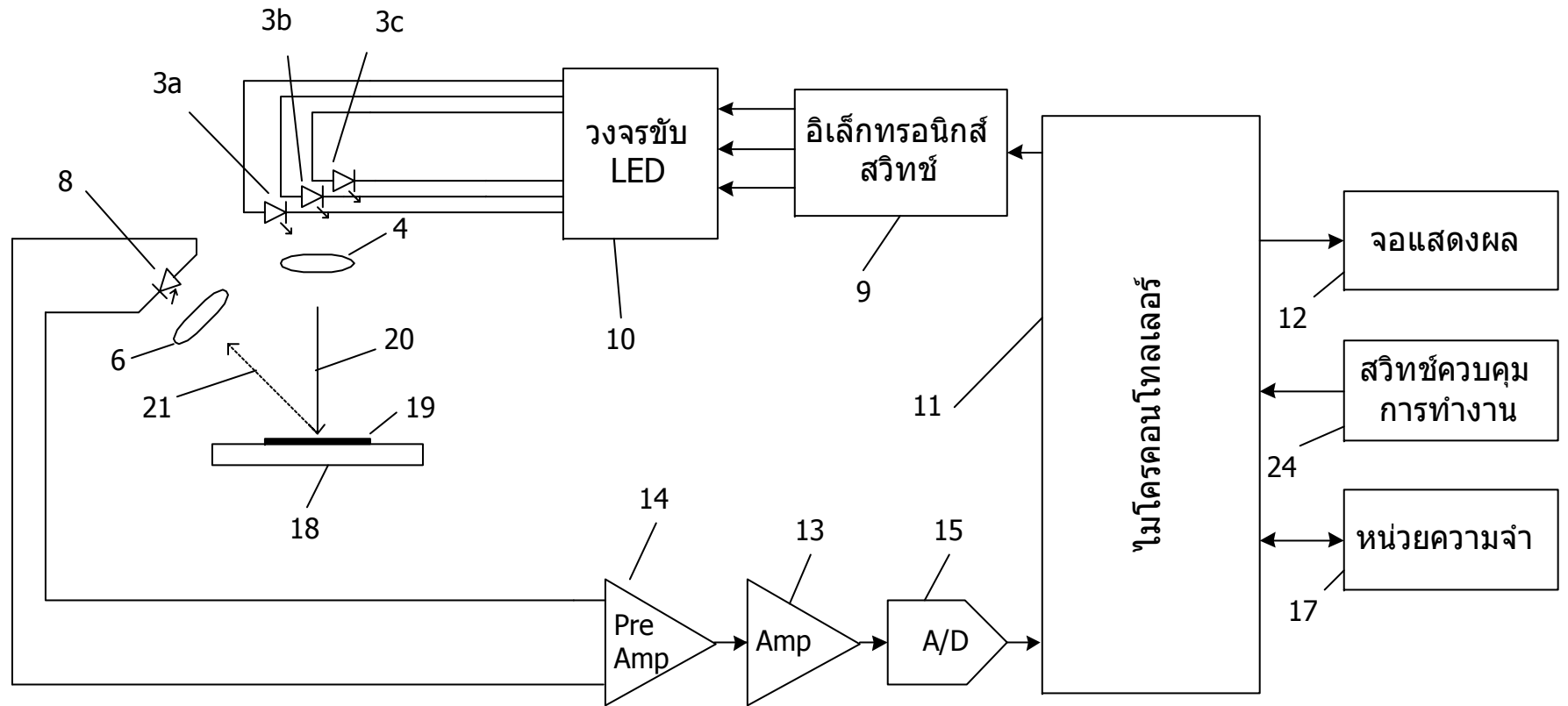
แคบ (Narrow-band filter) 3 ตัว โดยที่ตัวที่หนึ่งให้เฉพาะแสงสีแดงผ่านเท่านั้น ตัวที่สองให้เฉพาะแสงสีเขียวผ่านเท่านั้นและตัวที่สามให้เฉพาะแสงสีน้ำเงินผ่านเท่านั้น



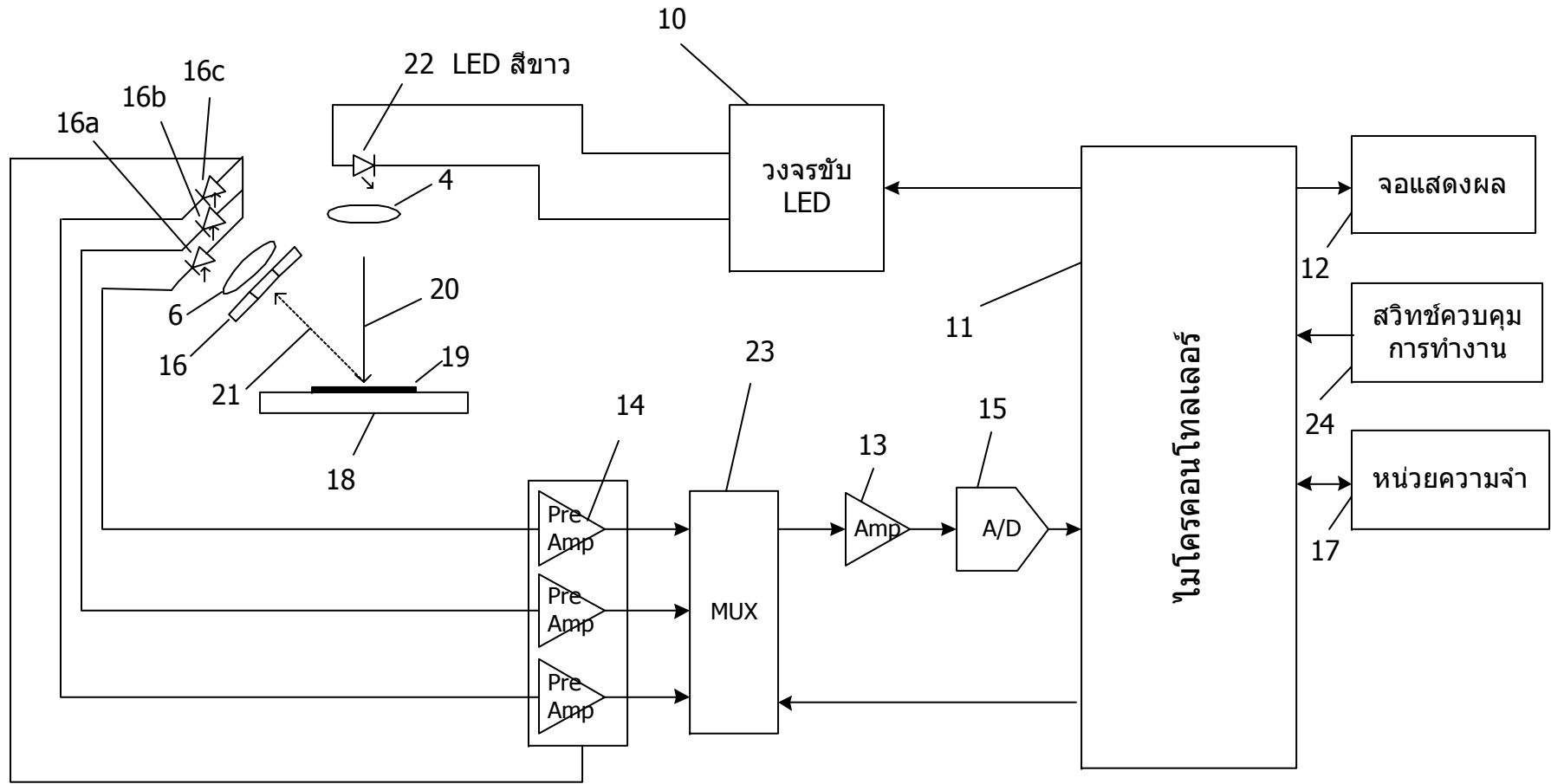
รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4

หน้าที่ 5 ของจำนวน 4 หน้า