

สมอ./ศอ.พว./CDV
กันยายน 2560

ห้ามใช้หรือยึดร่างนี้เป็นมาตรฐาน
มาตรฐานฉบับสมบูรณ์จะมีประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ร่าง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ตัวขยายสัญญาณรามาน

SURFACE-ENHANCED RAMAN SPECTROSCOPIC DEVICE

สำหรับเวียนขอซื้อคิดเห็นจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202-33XX

คณะกรรมการวิชาการ
ด้านมาตรฐานชิปขยายสัญญาณรามาน

ประธาน

ผศ.ดร.อมรินทร์ รัตน์วิศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

กรรมการ

ผศ.ดร.เชมฤทัย งามะพัฒน์

นายปิยพัฒน์ พูลทอง

นายธนวัฒน์ ภูลายเหลื่อง

นางสาวสุปราณี พันธุ์ธนวิบูลย์

นายชวิศ ศรีจันทร์

นางสาวพิมพ์ภัส งามสันติวงศ์

นางสาวประภาพรพรณ เพชรเรืองรอง

นายนิรันดร์ ยาสมุทร

นางสาวศุภลักษณ์ บำรุงเมือง

นางสาววรรณวิษา มานะชัยประเสริฐ

นางสาวปฤษฎางค์ พชรวรารังกูร

นางสาวฐายิกา สวายถ่านถาวร

นายจิระวุธ แสนสิทธิเวช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ผู้ทรงคุณวุฒิ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน)

สถาบันนิติวิทยาศาสตร์

บริษัท ซายน์ สเปค จำกัด

บริษัท เมทโรทรม สยาม จำกัด

บริษัท ไรท์ อินสตรูเมนต์ จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายธีรเจต พันพาไพโร

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

คณะกรรมการ
ด้านมาตรฐานชิปขยายสัญญาณรามา

ที่ปรึกษา

นายศรีณย์ สัมฤทธิ์เดชขจร
นายกมล เอื้อชินกุล

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

คณะกรรมการด้านเทคนิค

นายพิทักษ์ เพิ่มประเสริฐ
นายนพดล นันทวงศ์
นายพิทักษ์ เอี่ยมชัย
นางณัฐธรมัน ลิ้มสุวรรณ
นายมติ ห่อประทุม
นายศักร์ศรีณย์ ลิ้มวิเชียร
นางสาวชนันธร ชนนนวรร
นายวิยะพล พัฒนเศรษฐกุล

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

รามานสเปกโทรสโกปี (Raman spectroscopy) เป็นเทคนิคกระเจิงแสงแบบไม่ยืดหยุ่นของแสงที่มากกระตุ้นโมเลกุลของสาร เป็นเทคนิคที่นำมาใช้บ่งชี้ลักษณะเฉพาะของสารดังกล่าวได้แม่นยำ แต่ด้วยสัญญาณการกระเจิงของรามานจะมีสัญญาณน้อยมากทำให้การตรวจวัดมวลสารที่มีปริมาณน้อย ๆ โดยตรงเป็นไปได้ยาก จึงได้เกิดการพัฒนาศูนย์วิจัยสัญญาณรามาน (surface-enhanced Raman spectroscopy, SERS) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการขยายสัญญาณรามานดังกล่าว ซึ่งทำให้การตรวจวัดและวิเคราะห์โมเลกุลของสารเป็นไปได้จนถึงระดับที่ตรวจวัดสารตกค้าง (trace) ประเภทต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำมาก การประดิษฐ์คิดค้นพื้นผิวขยายสัญญาณรามานในรูปแบบต่าง ๆ ประกอบกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเลเซอร์และอุปกรณ์ตรวจวัดทำให้เครื่องตรวจวัดด้วยเทคนิครามานมีขนาดเล็กและมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น จึงได้มีการนำเทคนิคนี้ไปประยุกต์ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านการเกษตร เช่น การตรวจพิสูจน์ยาฆ่าแมลงตกค้าง ด้านนิติวิทยาศาสตร์ เช่น การตรวจพิสูจน์สารเสพติด การตรวจพิสูจน์สารระเบิด การตรวจเปรียบเทียบและพิสูจน์ชนิดหมึกปากกา ด้านความมั่นคง เช่น การตรวจสารตั้งต้นของวัตถุระเบิดในการทำระเบิด รวมทั้งด้านการแพทย์ เช่น การตรวจวินิจฉัยเชื้อก่อโรค และการตรวจวัดสารชีวโมเลกุลทางการแพทย์ ซึ่งเป็นงานที่ต้องการความเชื่อมั่นในกระบวนการ เครื่องมือตรวจวัด อุปกรณ์ และผลลัพธ์การตรวจวัดเป็นอย่างมาก

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติซึ่งมีหน่วยวิจัยที่มีองค์ความรู้ด้านเทคนิคและศักยภาพในการพัฒนาตัวขยายสัญญาณรามาน เห็นควรต้องกำหนดมาตรฐานของตัวขยายสัญญาณรามาน เพื่อสร้างความเชื่อมั่นต่อคุณภาพของตัวขยายสัญญาณรามาน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ จัดทำขึ้นตามความร่วมมือด้านการกำหนดมาตรฐานระหว่างสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกับศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

สารบัญ

หน้า

1. ขอบข่าย	1
2. เอกสารอ้างอิง	1
3. บทนิยาม	1
4. คุณสมบัติที่ต้องการทั่วไป	2
5. การบรรจุ	2
6. เครื่องหมายและฉลาก	2
7. การเตรียมการทดสอบ	3
8. การทดสอบ	3

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างค่ายอดหลัก ณ ตำแหน่งรามานชิฟต์ $1\ 626\ \text{cm}^{-1}$	4
รูปที่ 2 ตัวขยายสัญญาณรามานชนิด ก	6
รูปที่ 3 ตัวขยายสัญญาณรามานชนิด ข	6

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตัวขยายสัญญาณรามาน

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมคุณลักษณะที่ต้องการทั่วไปของตัวขยายสัญญาณรามาน เพื่อนำไปใช้ในการตรวจวัดเอกลักษณ์ของสารที่มีปริมาณน้อยกว่า 100 ppm (trace concentration) ด้วยเทคนิครามานสเปกโทรสโกปี (Raman spectroscopy) ให้สามารถวัดสารที่มีปริมาณน้อยได้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มีเนื้อหาครอบคลุมวิธีการทดสอบสมรรถนะของตัวขยายสัญญาณรามาน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมตัวขยายสัญญาณรามานชนิดสารแขวนลอย

2. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงที่ระบุนี้ ประกอบด้วยข้อกำหนดที่นำมาอ้างอิงในการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ สำหรับเอกสารอ้างอิงฉบับที่แก้ไขเพิ่มเติมหรือแก้ไขปรับปรุงมาใช้ในการอ้างอิง อย่างไรก็ตามการจะนำเอกสารอ้างอิงฉบับล่าสุดมาใช้ ผู้เกี่ยวข้องอาจร่วมพิจารณากันว่าสามารถใช้อ้างอิงได้เพียง ส่วนเอกสารอ้างอิงฉบับที่ไม่ได้ระบุปีที่พิมพ์นั้น ให้ใช้ฉบับล่าสุด

ASTM E1840 - 96 (2014) Standard Guide for Raman Shift Standards for Spectrometer Calibration

3. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ให้เป็นไปตามบทนิยามต่อไปนี้

3.1 **ตัวขยายสัญญาณรามาน** (surface-enhanced Raman spectroscopic device) หมายถึง วัสดุสำหรับตรวจพิสูจน์สารโดยอาศัยหลักการขยายสัญญาณรามานจากการกระเจิงของแสง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดให้ตัวขยายสัญญาณรามานครอบคลุมถึงส่วนประกอบของตัวขยายสัญญาณรามาน

หมายเหตุ ตัวอย่างของตัวขยายสัญญาณรามานแสดงตามรูปที่ 2 และรูปที่ 3 ภาคผนวก ก.

3.2 **รามานสเปกโทรสโกปี** (Raman spectroscopy) หมายถึง การศึกษาอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างแสงกับสสารในรูปของเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป อันเนื่องมาจากปรากฏการณ์กระเจิงของแสงแบบไม่ยืดหยุ่นของโฟตอน เมื่อโมเลกุลในวัสดุถูกกระตุ้นด้วยแสงเลเซอร์แล้วทำให้เกิดการกระเจิงของแสงจากโมเลกุลที่สั่นสะเทือนอยู่

- 3.3 **รามานสเปกตรัม** (Raman spectrum) หมายถึง แถบสัญญาณอันเกิดจากการกระเจิงแสงแบบรามานเมื่อมีแสงกระตุ้นลงบนพื้นผิวของวัสดุใด ๆ และเกิดการเปลี่ยนแปลงของพลังงานของแสงดังกล่าว สามารถอ่านค่ารามานสเปกตรัมได้จากเครื่องวัดสัญญาณรามานทุกประเภท โดยรามานสเปกตรัมอยู่ในลักษณะของกราฟสองแกน โดยแกน X บ่งชี้ถึง ผลต่างของพลังงาน (หรือความถี่) ของแสงที่ตกกระทบกับพลังงานของแสงที่กระเจิงแบบรามาน หรือเรียกว่า รามานชิฟต์ (Raman shift) และแกน Y บ่งชี้ถึงความเข้มของสัญญาณรามาน (intensity)
- 3.4 **สารทดสอบ** หมายถึง สารละลายเมธิลีนบลู (methylene blue methylthioninium chloride solution) ในน้ำปราศจากไอออน (deionized water) โดยมีความเข้มข้นในช่วงระหว่าง 1 mol/m^3 ถึง 9 mol/m^3 สำหรับใช้ทดสอบตัวขยายสัญญาณรามาน
- 3.5 **พื้นผิวมาตรฐาน** หมายถึง พื้นผิวของแผ่นซิลิคอนเวเฟอร์ (silicon wafer) ที่มีการจัดเรียงระนาบ (orientation) $\langle 100 \rangle$
- 3.6 **ตัวอย่างทดสอบ** หมายถึง ตัวขยายสัญญาณรามานที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ โดยตัวอย่างทุกชิ้นต้องอยู่ในรอบการผลิตเดียวกัน ซึ่งทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

4. คุณลักษณะที่ต้องการทั่วไป

4.1 ลักษณะทั่วไป

ตัวขยายสัญญาณรามานต้องมีคุณลักษณะที่ต้องการ ดังนี้

- 4.1.1 ใช้งานกับเลเซอร์ในช่วงความยาวคลื่น (wavelength) 400 nm ถึง 1 100 nm
- 4.1.2 รามานสเปกตรัมที่วัดได้อยู่ในช่วงเลขคลื่น (wavenumber) 100 cm^{-1} ถึง $3 000 \text{ cm}^{-1}$
- 4.1.3 กำลังขยายสัญญาณรามาน ณ ตำแหน่งค่ายอดหลัก (main peak) ที่วัดได้จากสารทดสอบที่หยดลงบนตัวขยายสัญญาณรามานต้องไม่น้อยกว่า 3 เท่าของสัญญาณรามานที่วัดได้จากสารทดสอบที่หยดลงบนพื้นผิวมาตรฐาน

5. การบรรจุ

ให้บรรจุตัวขยายสัญญาณรามานในบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นในการขนส่งและเก็บรักษา

6. เครื่องหมายและฉลาก

- 6.1 บนตัวขยายสัญญาณรามานหรือบรรจุภัณฑ์หรือคำแนะนำการใช้งาน อย่างน้อยต้องมี เลข อักษร หรือเครื่องหมายที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน ตัดแน่นและถาวร
 - 6.1.1 ย่านความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ที่ใช้งานได้
 - 6.1.2 มิติของตัวขยายสัญญาณรามาน (ความกว้าง x ความยาว) หน่วยเป็นมิลลิเมตร

- 6.1.3 จำนวนตัวขยายสัญญาณรามาในบรรจุภัณฑ์
- 6.1.4 วัน เดือน ปีที่ผลิต และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ
- 6.1.5 รหัสรุ่น
- 6.1.6 ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
- 6.1.7 ประเทศที่ทำ
- 6.1.8 ระยะเวลาที่ใช้งานได้ของตัวขยายสัญญาณรามาหลังจากออกจากบรรจุภัณฑ์
- 6.1.9 กำลังขยายสัญญาณรามา ณ ตำแหน่งค่ายอดหลัก

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศด้วย ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การเตรียมการทดสอบ

7.1 เครื่องทดสอบ

ใช้เครื่องรามาสเปกโทรสโกปีที่ได้รับการสอบเทียบตาม ASTM E1840-96 หรือตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

7.2 ภาวะการทดสอบ

อุณหภูมิในขณะทดสอบต้องควบคุมให้อยู่ในช่วง 20 °C ถึง 28 °C

ความชื้นสัมพัทธ์ในขณะทดสอบต้องควบคุมให้อยู่ในช่วง 40 % ถึง 60 %

7.3 สารทดสอบ

ให้ใช้สารทดสอบตามข้อ 3.4

7.4 ตัวอย่างทดสอบ

ให้ใช้ตัวอย่างทดสอบตามข้อ 3.6 จำนวน 10 ตัว

8. การทดสอบ

8.1 ให้เตรียมการทดสอบตามที่กำหนดไว้ในข้อ 7.2 ถึง ข้อ 7.4

8.2 การตั้งค่าเครื่องทดสอบ

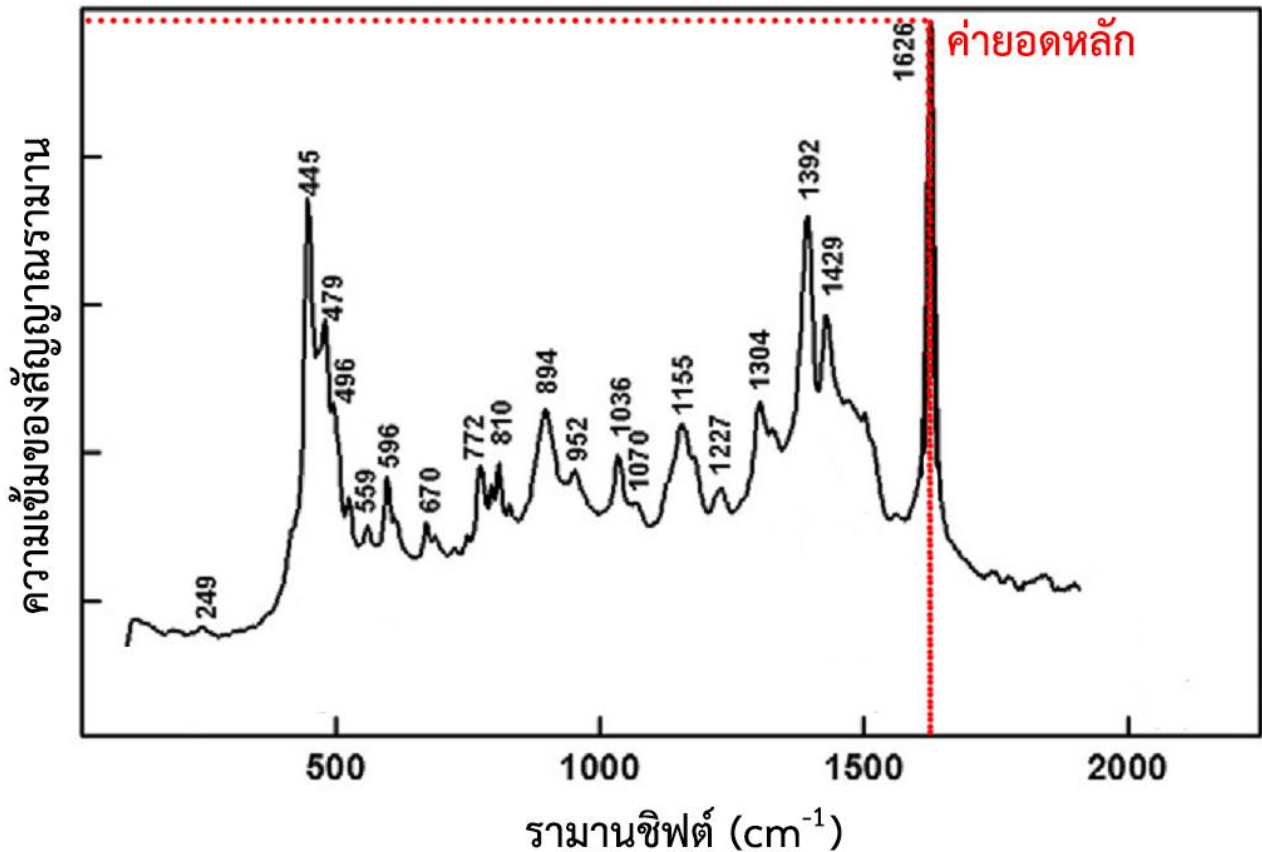
8.2.1 ใช้ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ให้สอดคล้องกับข้อ 6.1.1 โดยต้องอยู่ในช่วง 400 nm ถึง 1 100 nm

8.2.2 ตั้งเวลาที่ใช้ในการรวบรวม (accumulate) สัญญาณรามา 10 s และให้ทำซ้ำ 5 รอบ

8.2.3 หยดสารทดสอบปริมาตร 2.5 ul ลงบนพื้นผิวมาตรฐาน และรอให้สารทดสอบแห้ง (ใช้เวลาไม่เกิน 30 min)

การเป็นไปตามข้อกำหนดให้ทำโดยการตรวจพินิจ

8.2.4 วัดสัญญาณรามานของสารทดสอบบนพื้นผิวมาตรฐาน ณ บริเวณกึ่งกลางของสารทดสอบ โดยปรับกำลังของแสงเลเซอร์ให้ได้ความเข้มของสัญญาณรามานของสารทดสอบ ที่ค่ายอดหลัก ณ ตำแหน่งรามานชิฟต์ $1\ 626\ \text{cm}^{-1} \pm 10\ \text{cm}^{-1}$ ดังรูปที่ 1 ให้ได้ค่าอัตราส่วนระหว่างสัญญาณที่ค่ายอดหลักต่อสัญญาณรบกวน (signal-to-noise ratio) มากกว่าหรือเท่ากับ 3 และบันทึกผลความเข้มของสัญญาณรามาน (I_{Base})



รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างค่ายอดหลัก ณ ตำแหน่งรามานชิฟต์ $1\ 626\ \text{cm}^{-1}$

(ข้อ 8.2.4)

8.3 การหาลำดับขยายสัญญาณรามานของตัวขยายสัญญาณรามานแต่ละตัวต้องดำเนินการทดสอบดังต่อไปนี้

8.3.1 หยดสารทดสอบปริมาตร 2.5 ul ลงบนบริเวณกึ่งกลางพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน และรอให้สารทดสอบแห้ง (ใช้เวลาไม่เกิน 30 min)

การเป็นไปตามข้อกำหนดให้ทำโดยการตรวจพินิจ

8.3.2 วัดสัญญาณรามานของสารทดสอบบนพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน ณ บริเวณกึ่งกลางของสารทดสอบ และบันทึกค่าความเข้มของสัญญาณรามาน (I_{SERS}) ที่ค่ายอดหลัก ณ ตำแหน่งรามานชิฟต์ $1\ 626\ \text{cm}^{-1} \pm 10\ \text{cm}^{-1}$

8.3.3 คำนวณ ค่ากำลังขยายสัญญาณรบกวนของตัวขยายสัญญาณรบกวน (P) ดังนี้

$$P = \frac{I_{SERS}}{I_{Base}}$$

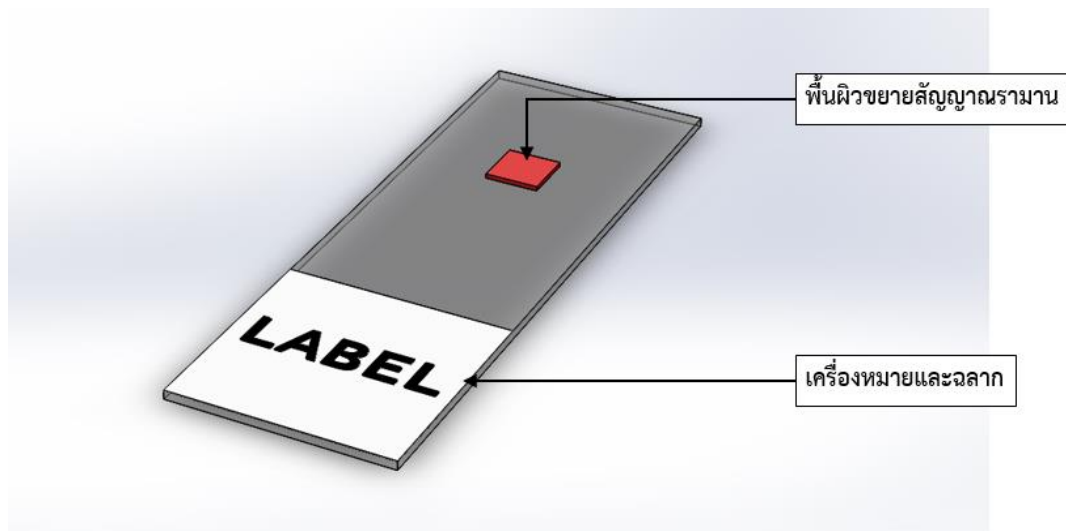
8.3.4 ต้องทดสอบตัวขยายสัญญาณรบกวนตามข้อ 8.3.1 ถึงข้อ 8.3.3 จำนวน 10 ตัว และค่ากำลังขยายสัญญาณรบกวนของตัวขยายสัญญาณรบกวนทั้ง 10 ตัว ต้องเป็นไปตาม ข้อ 4.1.3

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างของตัวขยายสัญญาณรามาาน

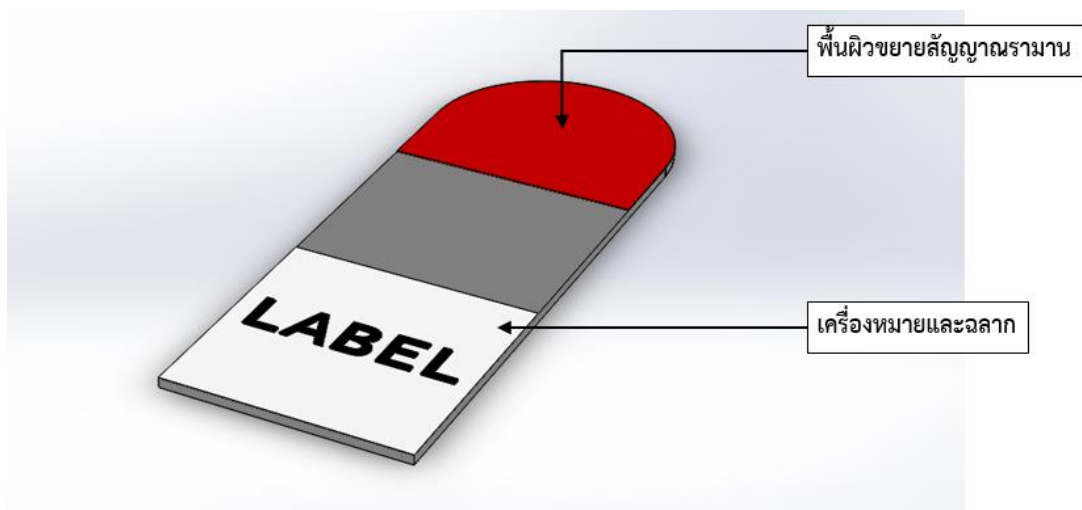
(ข้อ 3.1)

ในรูปที่ 2 และรูปที่ 3 แสดงตัวอย่างของตัวขยายสัญญาณรามาานแบบต่าง ๆ



รูปที่ 2 ตัวขยายสัญญาณรามาานชนิด ก

(ข้อ 3.1)



รูปที่ 3 ตัวขยายสัญญาณรามาานชนิด ข

(ข้อ 3.1)