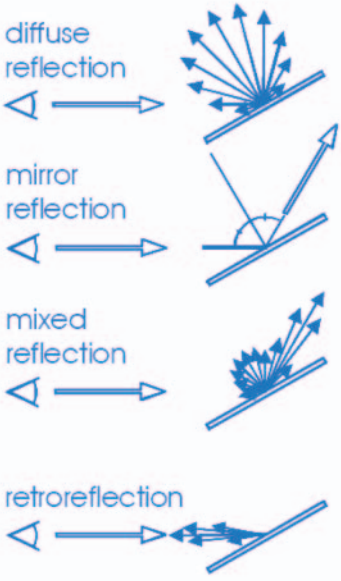
หลักการวัดค่าสะท้อนแสง

ชนก ท่วมจร *

แสงมีโมเมนตัม

เมื่อตกกระทบผิววัตถุจะเกิดการดูดกลืน ทะลุผ่านหรือสะท้อนกลับ ความสามารถในการสะท้อนแสงของวัตถุขึ้นอยู่กับสภาพพื้นผิววัตถุตัวอย่างที่แสงตกกระทบ รูปแบบการสะท้อนแสงแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด ดังนี้

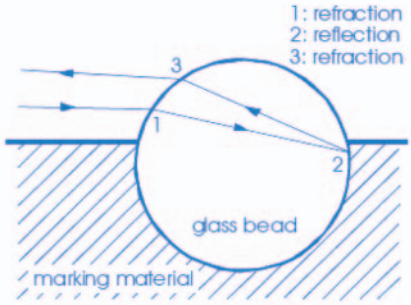
1. การสะท้อนจากวัตถุผิวขรุขระ (diffuse reflection)
2. การสะท้อนจากวัตถุผิวเรียบเหมือนกระจก (mirror reflection)
3. การสะท้อนจากวัตถุกึ่งเรียบกึ่งขรุขระ (mixed reflection)
4. การสะท้อนจากวัตถุที่สามารถสะท้อนแสงกลับในทิศทางเดิม (retroreflection)



ภาพที่ 1 รูปแบบการสะท้อนแสงของวัตถุ

วัตถุสะท้อนแสงสำหรับงานจราจร

วัตถุสะท้อนแสงกลับในทิศทางเดิมสามารถพบเห็นโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น วัตถุสะท้อนแสงสำหรับงานจราจร ผลิตโดยอาศัยเทคนิคเติมหรือเคลือบวัสดุสะท้อนแสงมีลักษณะเป็นเม็ดแก้วทรงกลมบนพื้นผิววัตถุ เพื่อให้เกิดการหักเห เลี้ยวเบนหรือสะท้อนกลับ บังคับให้แสงสุดท้ายกลับไปยังทิศทางเดิมของแหล่งกำเนิด

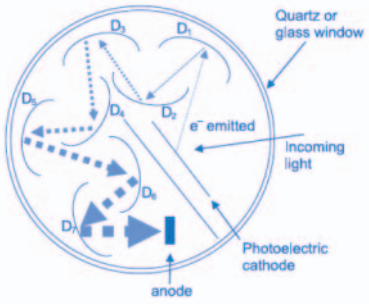


ภาพที่ 2 ตัวอย่างทางเดินแสงของวัตถุที่มีเม็ดแก้วทรงกลมบนผิวหน้า

การตรวจจับสัญญาณแสงเพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า Photomultiplier

Photomultiplier อาศัยหลักการทำงานของ photo electric มี photoelectric cathode ทำหน้าที่ปล่อยอิเล็กตรอนเมื่อมีแสงตกกระทบพื้นผิว และจำนวนอิเล็กตรอนจะเพิ่มขึ้นทุกครั้งเมื่ออิเล็กตรอนจาก cathode เคลื่อนที่ตกกระทบ dynode: d กระแสรวมที่ได้ของแบบจำลองคือ $i=M\eta eP/hf$ โดยที่ η คือประสิทธิภาพในการเปลี่ยนจำนวนโฟตอนเป็นจำนวนอิเล็กตรอน

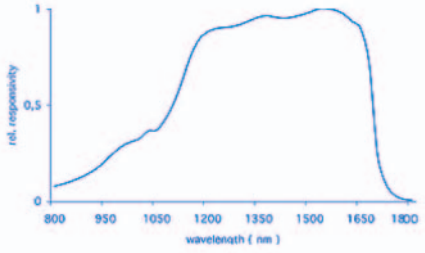
* นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ สำนักพัฒนาศักยภาพนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ



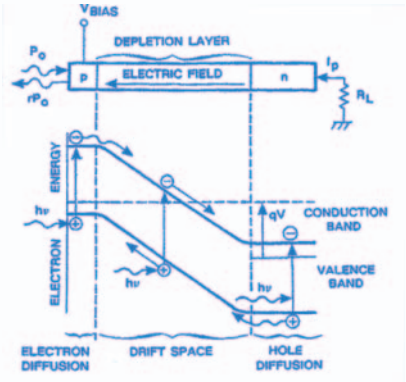
ภาพที่ 3 แบบจำลองการทำงานของ Photomultiplier

Semiconductor Photodiode

อาศัยหลักการกระตุ้นอิเล็กตรอนในอิเล็กตรอนวงนอก (valence electron) ของสารกึ่งตัวนำ ให้เกิดเป็นอิเล็กตรอนอิสระ โดยใช้พลังงานของแสงเป็นตัวกระตุ้น ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนปริมาณแสงเป็นปริมาณไฟฟ้าขึ้นอยู่กับชนิดของสารกึ่งตัวนำซึ่งมักอธิบายในรูปเส้นโค้งการตอบสนองต่อความถี่-ความยาวคลื่นของสารกึ่งตัวนำ



ภาพที่ 4 ตัวอย่างเส้นโค้งการตอบสนองต่อความยาวคลื่นของ InGaAs



ภาพที่ 5 แบบจำลองการทำงานของ Semiconductor Photodiode ชนิด PIN

การวัดค่าสะท้อนแสง และสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างของการสะท้อนแสงกลับในทิศทางเดิม (coefficient of retroreflected luminance)

ในการนิยามการหาค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างของการสะท้อนแสงกลับในทิศทางเดิมของวัตถุมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ

ความเข้มของการส่องสว่าง (luminous intensity) มีหน่วยเป็นแรงเทียน (candela: cd)

พื้นผิวทดสอบ (apparent surface area) มีหน่วยเป็นตารางเมตร (square Metre: m^2)

ความส่องสว่าง (luminance) คืออัตราส่วนความเข้มของการส่องสว่างต่อพื้นที่ผิวทดสอบ มีหน่วยเป็น ($cd.m^{-2}$)

ความสว่าง (illuminance) คือความสว่างของผิววัตถุ มีหน่วยเป็น (lux:: lx)

ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างของการสะท้อนแสงกลับในทิศทางเดิม นิยามโดยสัดส่วน R_A โดยที่

$$R_A = L/E$$

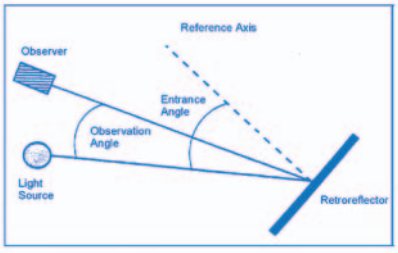
เมื่อ

L คือความส่องสว่างที่สะท้อนจากผิววัตถุทดสอบโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงเดี่ยว

E คือความสว่างที่ผิววัตถุทดสอบโดยทำการวัดที่ระนาบตั้งฉากกับการส่องสว่างของผิววัตถุ

ดังนั้น R_A มีหน่วยเป็น $cd.m^{-2}.\ lx^{-1}$

การจัดวางระบบวัดค่า R_A



ภาพที่ 6 รูปแบบการจัดวางระบบวัด R_A

ระบบวัดค่า R_A ตาม Standard practice for measuring photometric characteristics of retroreflectors (ASTM: E809-08) ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงชนิดไส้หลอดทังสเตนแบนด์วิดท์ต่ำ (tungsten filament lamp) ทำงานที่อุณหภูมิสีอ้างอิง 2856° K ±20K (CIE source A) ฉายแสงทำมุม β (entrance angle) กับแนวตั้งฉากของผิววัตถุตัวอย่าง ทำการวัดปริมาณแสงสะท้อนจากผิวโดยจัดวางหัววัดทำมุม α (observation angle) กับแนวแสงจากแหล่งกำเนิด

การรายงานผลจึงเป็นการแสดงค่า R_A ที่มุม α และ β ต่างกันเพื่อแสดงประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงที่มุมตกกระทบต่าง ๆ ของวัตถุทดสอบ

Entrance Angle(β)	Observation Angle(α)				
	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0
5	180	175	72	14	2.5
30	140	135	70	12	2.0
45	85	85	48	9.4	1.0

ภาพที่ 7 ตัวอย่างการรายงานผลการวัดค่า R_A

ทั้งนี้วัตถุสะท้อนแสงในงานจราจรจะต้องสะท้อนแสงส่วนใหญ่ซึ่งเกิดจากแสงกระทบ กลับไปยังแหล่งที่มาในลักษณะกรวยแคบโดยมีแสงหักเหเข้านัยน์ตาของผู้ขับรถซึ่งอยู่สูงกว่าโคมไฟในระดับปกติอย่างพอเพียง

จากภาพที่ 7 เป็นตารางตัวอย่างค่า R_A ที่มุม α ซึ่งเป็นมุมของหัววัดแสง ในที่นี้ทำหน้าที่แทนนัยน์ตาของผู้ขับรถ เห็นได้ว่าปริมาณแสงที่สะท้อนเข้านัยน์ตาจะยังคงมีอยู่เมื่อถึงมุมมองที่ 0.5 องศา เมื่อมุม α มากกว่านั้น แสงจะมีปริมาณน้อยลงเมื่อเทียบกับปริมาณแสงตกกระทบ แต่ข้อสำคัญคือ แม้มุมกระทบ β จะมีค่ามากถึง 45 องศา แสงก็ยังคงสามารถสะท้อนกลับเข้าสู่นัยน์ตาผู้ขับขี่ได้ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการผลิตวัตถุสะท้อนแสงในงานจราจรนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

American Society for Testing and Materials. Standard Practice for Describing Retroreflection. E808-01. In **Annual book of ASTM standard.** West Conshohocken : ASTM, 2010.

American Society for Testing and Materials. Standard Practice for Measuring Photometric Characteristics of Retroreflectors. E809-08. In **Annual book of ASTM standard.** West Conshohocken : ASTM,2010.

American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Coefficient of Retroreflection of Retroreflective Sheeting Utilizing the Coplanar Geometry. E810-03. In **Annual book of ASTM standard.** West Conshohocken : ASTM, 2010.

Delta. Reflection and Retroreflection Technical Note. RS 101. [Online]. [cite dated 11 July 2011] Available from internet: http://www.madebydelta.com/imported/images/documents/Roadsensors/ RS101.pdf.