

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



แหล่งกำเนิดแสงอุลตราไวโอเลต
และตัวตรวจจับแสงอุลตราไวโอเลต

รฟ.
ท 249ท
2535

นายทองคำ สมโนทยาน
นางสาวสุดี ณ กลาง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วันเดือนปี.....

612554112

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UV SOURCE & UV DETECTOR



Mr. Thongcum Sumanotayan
Miss Surudee Na thalang

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science
Department of Applied Physics
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	แหล่งกำเนิดแสงอุลตราไวโอเลต และตัวตรวจจับแสงอุลตราไวโอเลต
นักศึกษา	นายทองคำ สุ่มโนทยาน นางสาวสุฤดี ณ กลาง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. อารีย์ วิเชียรฉาย
ปีการศึกษา	2535

บทคัดย่อ

ในโครงการพิเศษนี้ จะเป็นการค้นหาและทดสอบแหล่งกำเนิดแสงอุลตราไวโอเลตและตัวตรวจจับแสงอุลตราไวโอเลต เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาการดูดกลืนแสงของสารที่มีสถานะเป็นสารละลาย สัญญาณที่ได้จากตัวตรวจจับซึ่งเป็นกระแสจะมีการนำมาผ่านวงจรเปลี่ยนกระแสเป็นความต่างศักย์ จากนั้นนำมาขยายสัญญาณความต่างศักย์นั้น โดยวงจรขยายแบบกลับเฟสและนำไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล และแสดงผลโดยตัวแสดงผล 7 หลัก (7-Segment) นอกจากนี้ยังมีการทดสอบโดยใช้วงจรขยายผลต่าง (Differential Amplifier) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีการใช้ตัวตรวจจับ 2 ตัวอีกด้วย

Special Project Title UV Source & UV Detector
Name Mr.Thongcum Sumanotayan
 Miss Surudee Na thalang
Special Project Advisor Assist Pro.Dr.Aree Wichienchai
Department Applied Physics
Academic Year 1992

Abstract

In this special project, It is an investigation of ultraviolet source and ultraviolet detector. For study an absorption of substance that is solution stage. And signal, current which can detector from detector, we can get into the circuit and convert it to voltage signal by current to voltage converter. Later get the signal to amplifier by Inverting Amplifier and convert this signal to digital signal by Analog To Digital Converter and display by 7-segment LED. Otherwise, we have the test by differential amplifier that is the method which have two detectors.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อย ด้วยคำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อารีย์ วิเชียรฉาย

ขอขอบคุณ อาจารย์วิจิต ศรีโชติ, ผศ.ดร.จันทร์ชัย หึงงประสูร ที่ให้ความอนุเคราะห์ทั้งอุปกรณ์ เครื่องมือและความรู้ต่าง ๆ และขอขอบคุณอาจารย์อนุพงศ์ สรงประภาที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์

ขอขอบคุณ คุณมงคล เพ็ญสายใจ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องกำเนิดแสงอัลตราไวโอเลตความยาวคลื่น 254 และ 366 นาโนเมตร

ขอขอบคุณ นายณรงค์ แสงแก้ว, นายสยาม เจริญเสียงและนายพงศ์สิริ อ่อนศรี ที่เอื้อเฟื้อเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ ในการจัดพิมพ์โครงการพิเศษนี้ นายอัศวร์ มัธยมจันทร์และนางสาวจันทร์เรือง เอกสัมพันธ์ทิพย์ ที่ช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษนี้ นางสาวสุภารัตน์ จำปา, นางสาวปรีดา เกิดโรจน์วงศ์กุลและนางสาวสุชาวดี ไหวว่องกิจการ ที่เอื้อเฟื้อด้านเอกสาร

ขอขอบคุณ น้องแก้ว, น้องก๊ก และน้อง ๆ หอใช้เคมี ที่ช่วยเหลือทางด้านกรพิมพ์เอกสาร

ขอขอบคุณ ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ที่สนับสนุนด้านงบประมาณและอุปกรณ์ต่าง ๆ

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ทุกท่าน

และสำคัญที่สุดก็คือ พ่อและแม่ ที่กรุณาสนับสนุนผู้เขียนช่วยเหลือทุก ๆ ด้านจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 แหล่งกำเนิดรังสีอุลตราไวโอเลตและอุปกรณ์ตรวจจับ	3
บทที่ 3 วงจรที่ใช้ในโครงการ	26
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	41
บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์	84
ภาคผนวก ก Data Sheet Photodetector	85
ภาคผนวก ข Data Sheet หลอดคายประจุ 6 วัตต์	86
เอกสารอ้างอิง	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ UV 005 กับ แหล่งกำเนิดแสง 254 และ 366 nm ตามลำดับ	43
ตารางที่ 2	แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ UV 005 กับ แหล่งกำเนิดแสง 254, 366 nm และ 15 วัตต์ ตามลำดับ	45
ตารางที่ 3	แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ UV 005 กับ แหล่งกำเนิดแสง UV 6 วัตต์	48
ตารางที่ 4	แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ UV 005 กับ แหล่งกำเนิดแสง UV 15 วัตต์	51
ตารางที่ 5	แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 กับแหล่งกำเนิดแสง 254 และ 366 nm ตามลำดับ	54
ตารางที่ 6	แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 กับ แหล่งกำเนิดแสง 254, 366 nm และ 15 วัตต์ ตามลำดับ	56
ตารางที่ 7	แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 กับ แหล่งกำเนิดแสง UV 6 วัตต์	60
ตารางที่ 8	แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 กับ แหล่งกำเนิดแสง UV 15 วัตต์	63
ตารางที่ 9	แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 และ UV 005 โดยให้แหล่งกำเนิดแสง 366 nm	66
ตารางที่ 10	แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 และ UV 005 โดยให้แหล่งกำเนิดแสง 254 nm	68
ตารางที่ 11	แสดงค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ Phototransistor เมื่อใช้แสงความยาวคลื่นต่าง ๆ	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12	แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ Solar cell กับแหล่งกำเนิดแสง 254 และ 366 nm ตามลำดับ	76
ตารางที่ 13	แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้แผ่นพลาสติกกันระหว่าง แหล่งกำเนิดแสงกับตัวตรวจจับ	79
ตารางที่ 14	แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้วงจรมหาผลคูณต่าง โดย ใช้ แหล่งกำเนิดแสงหลอดคายประจุ 6 วัตต์	81



สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	อุปกรณ์พื้นฐาน สำหรับ Capillary electrophoresis	1
รูปที่ 2.1	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยขยายสเกลย่าน รังสีอุลตราไวโอเลต	3
รูปที่ 2.2	ผลกระทบของการเปลี่ยนความต่างศักย์ (%V) ที่มีต่อคุณสมบัติการทำงานของหลอดเรืองแสง	7
รูปที่ 2.3	หลอดกาซคายประจุ รูปทรงต่าง ๆ	9
รูปที่ 2.4	รูปรอยต่อ p-n ที่ลาดชัน (a) รูปร่างชนิดที่ไม่บริสุทธิ์ (b) แผนผังแถบพลังงานเมื่อการไบแอสเป็นศูนย์ (c) แผนผังแถบพลังงานเมื่อมีการรีเวิร์สไบแอส	13
รูปที่ 2.5	การเกิดอิเล็กตรอน-โฮล โดยโฟตอนที่ถูกดูดกลืนจะให้กระแส ไหลในโฟโตไดโอดแบบ p-n	14
รูปที่ 2.6	โฟโตไดโอดชนิด p-i-n	15
รูปที่ 2.7	วงจรสมมูลกับโฟโตไดโอด	17
รูปที่ 2.8	โครงสร้างโฟโตไดโอดชนิดซิลิกอน สำหรับการทำงานใน โหมดphotoconductive	18
รูปที่ 2.9	แสดงหลักการทำงานของ Avalanche photodiode	20
รูปที่ 2.10	การเปลี่ยนแปลงของอัตราขยายกระแสกับการรีเวิร์สไบแอส สำหรับ Avalanche photodiode	21
รูปที่ 2.11	Avalanche photodiode แบบซิลิกอน โดยมีโครงสร้าง ของการ์ด-ริง	22
รูปที่ 2.12	แสดงโครงสร้างพื้นฐานของ (a) Schottky photodiode (b) การแสดงระดับพลังงานในย่านของรอยต่อ	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13	การต่อภายนอกกับโพโตทรานซิสเตอร์ชนิด npn	24
	(a) แสงถูกดูดกลืนภายในย่านเบส	
	(b) แสดงกระแสที่กำหนดให้ไหลในโพโตทรานซิสเตอร์	
รูปที่ 2.14	ลักษณะการแสดงกระแส-แรงดัน ของรอยต่อ p-n ของโซลาร์เซลล์ ภายใต้การส่องสว่างในระดับต่างๆกัน	25
รูปที่ 3.1	วงจรพื้นฐานของ current to voltage convertor	26
รูปที่ 3.2	แสดงวงจรแปลงกระแสเป็นความต่างศักย์ที่ใช้ในโครงการงาน	27
รูปที่ 3.3	วงจรผลต่าง	28
รูปที่ 3.4	ก.แสดงการตีวงจรรูปแบบ parallel comparator A/D converter ข. ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตที่เป็นอนาลอกกับเอาต์พุตที่เป็นดิจิตอล	30
รูปที่ 3.5	วงจรเอทูดแบบวงจรมัลติเพล็กซ์ที่สร้างขึ้นโดยวงจรมัลติเพล็กซ์และวงจรถูกเอ	30
รูปที่ 3.6	วงจรเอทูดที่สร้างขึ้นจากวงจรมัลติเพล็กซ์/ลง และวงจรถูกเอ	31
รูปที่ 3.7	วงจรแปลงสัญญาณเอทูดแบบการประมาณค่า	32
รูปที่ 3.8	วงจรเอทูดแบบสโโลปเดี่ยว ก) แสดงบล็อกไดอะแกรม ข) ความชันของสัญญาณแรมป์	33
รูปที่ 3.9	วงจรเอทูดแบบสโโลปคู่ ก) แสดงบล็อกไดอะแกรม ข) เอาต์พุตของวงจรมัลติเพล็กซ์เมื่อเทียบกับเวลา	34
รูปที่ 3.10	ก) แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบสโโลปคู่พร้อมส่วนออสซิลโลสโคป ข) แสดงชนิดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตของแอมป์ A_2 สำหรับสัญญาณอินพุตเป็นลบ และสัญญาณอ้างอิงเป็นบวก	35
รูป 3.11	แสดงการขจัดสัญญาณในโหมดนอร์มอลของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบ สโโลปคู่อินทิเกรชันพร้อมด้วยส่วนออสซิลโลสโคป ($t_{2} = T$)	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12	วงจรเปลี่ยนสัญญาณแบบเดลต้า-ซิกมา	39
รูปที่ 3.13	วงจรที่ใช้แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ใช้ใน โครงการ	40

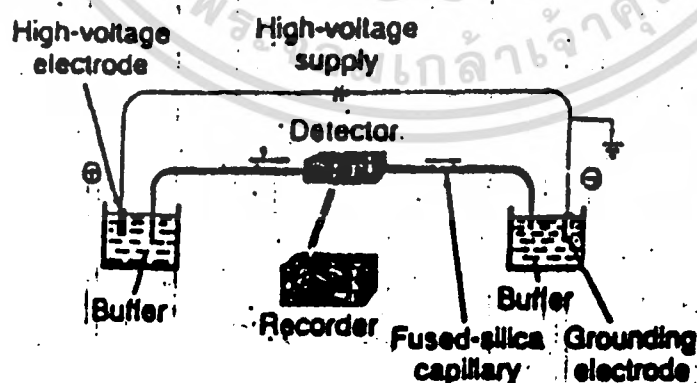


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาทางเทคโนโลยีทางด้านวิทยาศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ นั้นได้มีความก้าวหน้าและมีแนวโน้มที่ต้องการความคล่องตัว ความมีประสิทธิภาพ และการใช้งานที่เป็นไปอย่างง่าย ๆ แต่โดยจะนำความรู้ในแต่ละสาขามาประยุกต์ใช้ซึ่งเป็นการนำมาใช้ร่วมกันอย่างมากมาย เพื่อทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ต้องการ ในเรื่องของรังสีอุตสาหกรรมไวโอเลตก็เช่นกัน ได้มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง และได้ศึกษากันมานานพอสมควร ตัวอย่างการใช้งานที่เห็นได้ง่ายและใช้กันอยู่ทั่วไปก็คือใช้ในการฆ่าเชื้อโรค สิ่งมีชีวิตเล็กๆ ซึ่งก็ได้มีการใช้กันในทางอุตสาหกรรม และการประยุกต์อีกรูปแบบหนึ่งก็คือ ในเรื่องของ อิเล็กโตรโฟรีซิส (Electrophoresis) ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือวัดและใช้วิเคราะห์สารประกอบในทางสาขา ชีวะ-เคมี โดยหัวใจสำคัญของอิเล็กโตรโฟรีซิส จะอยู่ที่การเคลื่อนที่ของโมเลกุลที่มีประจุในสนามไฟฟ้าและเกิดการแยกของโมเลกุลเหล่านั้นภายในหลอดคาปิลลารี (capillary) ซึ่งภายในจะเต็มไปด้วยสารละลายอิเล็กโตรไลต์ เมื่อให้ศักย์ไฟฟ้าแก่ขั้วทั้งสอง จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเหล่านั้น โมเลกุลที่มีขนาดและประจุต่างกัน จะมีการเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้าต่างกัน ทำให้สามารถแยกโมเลกุลเหล่านั้นออกจากกันได้



รูปที่ 1.1 อุปกรณ์พื้นฐาน สำหรับ Capillary electrophoresis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยคาบิลลารีที่ใช้ ทำจากแก้ว หรือ ซิลิกาที่หลอม (fused silica) ปลายเปิดทั้งสองข้างจุ่มอยู่ในภาชนะที่บรรจุสารละลายอิลคโตรไลต์ เมื่อให้ศักย์ไฟฟ้าแก่ขั้วทั้งสองจะมีการเคลื่อนที่ของไอออนจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้าน ซึ่งมีเครื่องมือตรวจวัด (detector) ติดตั้งอยู่ โดยคาบิลลารีเองจะทำหน้าที่เป็น ช่องการไหล สำหรับเครื่องมือตรวจวัดนั้น และเครื่องมือตรวจวัดนี้เองก็จะใช้ประโยชน์จากรังสีอัลตราไวโอเลตมาใช้ตรวจวัดการดูดกลืน

โดยขอบเขตการทำงานของโครงการนี้จะเป็นอย่างนี้

- ทดสอบแหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลต
- ทดสอบตัวตรวจจับรังสีอัลตราไวโอเลต
- นำสัญญาณที่ตรวจจับได้ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอกมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล
- นำมาทดสอบกับสารตัวอย่างแล้วทำการเก็บผลการทดลอง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ คือ

1. สามารถนำความรู้ทางด้านฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้กับสาขาวิชาอื่นๆได้คือชีววิทยาและเคมี
2. สามารถออกแบบเครื่องวิเคราะห์อย่างง่ายๆที่ใช้ทดสอบการแยกสารประกอบต่างๆกันได้
3. สามารถนำแนวคิดและความรู้ไปพัฒนาทำให้ดีขึ้น และยืดหยุ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แหล่งกำเนิดรังสีอุลตราไวโอเล็ตและอุปกรณ์ตรวจจับ

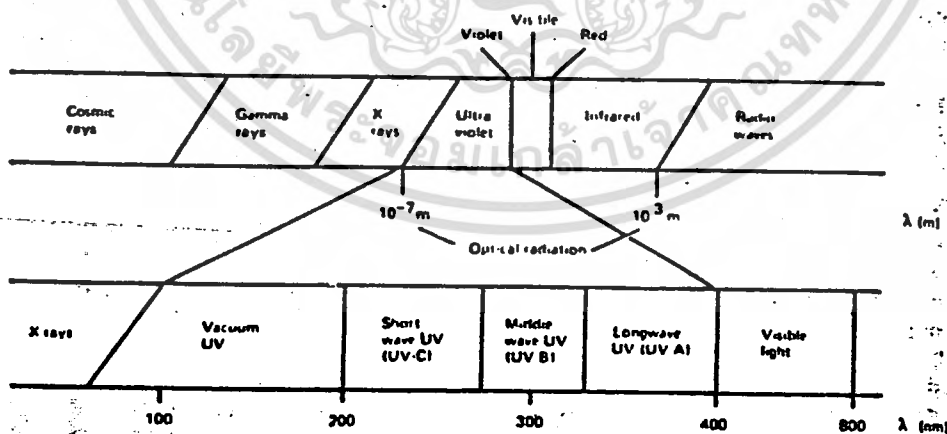
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวางชนิดหนึ่งที่มีย่านความยาวคลื่นที่กว้างมาก และมนุษย์เราก็ค้นพบได้ศึกษา ค้นคว้า นำประยุกต์มาใช้งานกันมาเป็นเวลานานมาแล้ว โดยสามารถแบ่งย่อยได้อีกหลายๆช่วง ซึ่งช่วงที่ได้ทำการศึกษานั้น คือ ช่วงของรังสีอุลตราไวโอเล็ตซึ่งวางตัวอยู่ระหว่างความยาวคลื่นช่วงแสงขาวที่สั้นที่สุด และความยาวคลื่นของเอกซ์เรย์ที่ยาวที่สุด และในช่วงของย่านอุลตราไวโอเล็ตนี้ยังสามารถแบ่งย่อยได้อีก เป็น

UV-A หรือ Longwave UV โดยมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 315 - 400 นาโนเมตร

UV-B หรือ Middlewave UV โดยมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 280 - 315 นาโนเมตร

UV-C หรือ Shortwave UV โดยมีความยาวคลื่นอยู่ช่วงที่ต่ำกว่า 280 นาโนเมตร และ

Vacuum UV จะมีความยาวคลื่นที่น้อยกว่า 100 นาโนเมตรถึงประมาณ 200 นาโนเมตร โดยย่านที่แบ่งช่วงนี้เป็นดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยขยายสเกลย่านรังสีอุลตราไวโอเล็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 รังสีอุลตราไวโอเลตกึ่งสเปกโตรสโคปี

ในปัจจุบัน สเปกโตรสโคปีเป็นแขนงวิชาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในทางวิทยาศาสตร์ โดยเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับสสารดูดกลืน หรือ เปล่งแสงออกมาจากสสาร และจะเห็นได้ว่าจะต้องใช้คุณสมบัติของการแผ่รังสี ดังนั้นก่อนอื่นจะต้องศึกษาคุณสมบัติของแสงและการแผ่รังสีเสียก่อน คุณสมบัติของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานที่สามารถทะลุทะลวงไปในอวกาศได้ ประกอบด้วยคลื่นที่มีความยาวคลื่นต่างๆ กันนับแต่รังสีคอสมิกจนถึงคลื่นวิทยุ โดยรังสีเหล่านี้จะมีพลังงานที่แตกต่างกัน ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่ารังสีแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นทั้งอนุภาคและคลื่นในขณะเดียวกันซึ่งจะต้องระลึกถึงอยู่เสมอ

2.2 กฎแห่งการดูดกลืนแสง

2.2.1. กฎของแลมเบิร์ต

กฎของแลมเบิร์ต กล่าวไว้ว่า "เมื่อแสงสีเดียว คือมีแสงความยาวคลื่นเดียวผ่านตัวกลางเนื้อเดียว (homogeneous) สัดส่วนของความเข้มของแสงที่ถูกตัวกลางนั้นดูดกลืนไว้ไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่กระทบตัวกลางนั้น และความเข้มของแสงจะถูกแต่ละชั้นของตัวกลางดูดกลืนเอาไว้ในสัดส่วนที่เท่ากัน"

โดยขยายความได้ว่า หากให้ลำแสงความยาวคลื่นเดียวผ่านตัวกลางหนึ่งที่เป็นเนื้อเดียวกันแล้ว ความเข้มของแสงนั้นจะลดลงเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียลกับความหนาของตัวกลาง เป็นดังสมการ

$$dI = -kI db \quad (2.1)$$

เมื่อ I = ความเข้มของแสงความยาวคลื่นเดียว

k = สัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนแสงซึ่งมีค่าคงที่สำหรับแต่ละความยาวคลื่น แต่โดยปกติแล้วเปลี่ยนแปลงตามความยาวคลื่นและอุณหภูมิ

dI = ความเข้มของแสงที่เปลี่ยนไป

db = ความหนาของตัวกลางในหน่วย เช่นติเมตร

และสมการที่ (2.1) นี้ อาจเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$dI/I = -k db \quad (2.2)$$

ถ้าให้ I_0 เป็นความเข้มของแสงก่อนผ่านตัวกลาง นั่นคือ เมื่อ $b = 0$

$$\int dI/I = -k \int db \quad (2.3)$$

$$\log_e (I/I_0) = -kb \quad (2.4)$$

$$\log_{10} (I/I_0) = -kb/2.303 \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น $\log_{10} (I_0/I) = Kb$ (2.6)

เมื่อ $K = k/2.303$

โดยค่า K นี้เคยเรียกกันว่า extinction coefficient แต่ในปัจจุบันเรียกว่า absorptivity และใช้สัญลักษณ์ a แทน ส่วน $\log_{10} (I/I_0)$ เคยเรียกกันว่า optical density ของตัวกลาง แต่ในปัจจุบันเรียกว่า absorbance และใช้สัญลักษณ์ A แทน สมการ(2.6) แสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของ กฎของแลมเบิร์ต กฎนี้ใช้ได้กับตัวกลางเนื้อเดียวที่ไม่ก่อให้เกิดการกระเจิงทุกชนิด ไม่ว่าตัวกลางนั้นจะเป็นแก๊ส ของเหลว ของแข็ง หรือ สารละลาย

2.2.2. กฎของเบียร์

กฎของเบียร์กล่าวไว้ว่า "เมื่อแสงที่มีความยาวคลื่นเดียวผ่านตัวกลางเนื้อเดียว สัดส่วนของความเข้มของแสงที่ถูกตัวกลางนั้นดูดกลืนไว้จะแปรโดยตรงกับปริมาณของตัวกลางที่ดูดกลืนแสงนั้น"

เราจะขยายความกฎข้อนี้ได้ว่า ในกรณีที่โมเลกุลของสารต่างก็เป็นอิสระแก่กันและกัน และอิทธิพลของตัวทำละลายคงที่เมื่อความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงไป แต่โมเลกุลของสารจะดูดกลืนความเข้มของแสงที่ได้รับเป็นสัดส่วนที่เท่ากัน หรืออีกนัยหนึ่ง สัดส่วนของลำแสงที่ผ่านสารละลายที่มีความหนาขนาดหนึ่งจะลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียล กับ ความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีสมการดังนี้

$$I = I_0 \exp (-k_m bc) \quad (2.7)$$

เมื่อ c = ความเข้มข้นของสารในหน่วย โมล/ลิตร

b = ความหนาของตัวกลางในหน่วย เซนติเมตร

k_m = สัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนแสงเมื่อความเข้มข้นของสารมีหน่วยโมล/ลิตร ค่านี้เป็นสมบัติเฉพาะตัวของสารซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น แต่ขึ้นกับชนิดของตัวทำละลายและอุณหภูมิ

สมการที่ (2.7) สามารถเขียนอยู่ในรูป ลอการิทึมได้ดังนี้

$$\log_{10} (I/I_0) = -k_m bc \quad (2.8)$$

$$\log_{10} (I_0/I) = k_m bc \quad (2.9)$$

$$\log_{10} (I_0/I) = bc \quad (2.10)$$

เมื่อ $\epsilon = k_m/2.303$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น
$$A = \log_{10} (I_0/I) = \epsilon bc \quad (2.11)$$

เมื่อเราวัดการดูดกลืนแสงของสารละลาย ปริมาณความเข้มของแสงที่ถูกดูดกลืนจะขึ้นอยู่กับ ความเข้มชั้นของสารละลายและความหนาของสารละลายที่ลำแสงต้องผ่าน จึงจำเป็นต้องรวมกฎของแลมเบิร์ตกับกฎของเบียร์เข้าด้วยกันเป็นกฎของเบียร์-แลมเบิร์ต และเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$A = \log_{10} (I_0/I) = \epsilon bc \quad (2.12)$$

เมื่อ ϵ = molar absorptivity

b = เป็นความหนาของสารละลายในหน่วย เซนติเมตร

c = ความเข้มชั้นของสารละลายในหน่วย โมล/ลิตร

A = absorbance

เราสามารถหาหน่วยของ ϵ ได้ดังนี้

$$\epsilon = A/bc = 1 (\text{เนื่องจาก } A \text{ ไม่มีหน่วย}) / \text{ซม.} \cdot \text{โมล} \cdot \text{ซม.}^2 = \text{ซม.}^2 / \text{โมล}$$

จะเห็นได้ว่า ϵ มีหน่วยเป็นพื้นที่ต่อโมล ค่านี้อาจถือเป็นสมบัติของสารแต่ละตัวที่แสดงว่ามีพื้นที่ดูดแสงได้มากหรือน้อยต่อหนึ่งโมลของสารนั้น แต่ตามปกติแล้วมักไม่นิยมเขียนหน่วยของ ϵ ไว้ด้วย

ตามปกติแล้วมักวัดค่าของ ϵ หรือค่าของ absorbance ของสารใดสารหนึ่งในสภาวะที่ค่าเหล่านี้ไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง ในกรณีที่ใช้แสงที่มีความเข้มสูงมากเกินไป อาจมีสารเป็นปริมาณมากพอควรที่ดูดกลืนแสงแล้วเปลี่ยนสภาวะไปอยู่ในสภาวะเร้าก็ได้ ในสภาวะเช่นนี้ ค่าของการดูดกลืน (absorbance) จะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงด้วย ทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนจากกฎของแลมเบิร์ต

2.3 แหล่งกำเนิดแสง

ในปัจจุบันนี้หลอดไฟฟ้าสามารถแบ่ง ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือหลอดเรืองแสงและหลอดคายประจุ

2.3.1 หลอดเรืองแสง

ส่วนประกอบที่สำคัญของหลอดเรืองแสงมีไส้หลอด, กระเปาะแก้ว, ก๊าซที่บรรจุ และฐานหลอด

- ไส้หลอด

ไส้หลอดที่อุณหภูมิสูงจะมีการแผ่พลังงานในช่วงแสงที่สามารถมองเห็นได้ของสเปกตรัม ไส้หลอดในปัจจุบันใช้ทั้งสแตน ทั้งสแตนจะมีจุดแหลมแหลวสูงและ

มีอัตราการระเหยต่ำ ดังนั้นสามารถใช้งานได้ดีที่อุณหภูมิสูง จึงเป็นที่นิยมมากกว่าโลหะชนิดอื่น

- กระจกเป่าแก้ว

ไส้หลอดของหลอดเรืองแสงจะอยู่ภายในครอบแก้วที่เรียกว่า กระจกเป่าแก้ว กระจกเป่าแก้วจะคลุมไส้หลอดและป้องกันมิให้อากาศจากภายนอกมาสัมผัสกับไส้หลอด โดยเฉพาะออกซิเจนซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการระเบิดขึ้น

- ก๊าซที่บรรจุ

การระเหยเป็นไอของไส้หลอดจะถูกลดทอนลงโดยการบรรจุภายในกระจกเป่าแก้วด้วยก๊าซเฉื่อย โดยที่อุณหภูมิการทำงานของไส้หลอดยังคงเป็นที่อุณหภูมิสูง

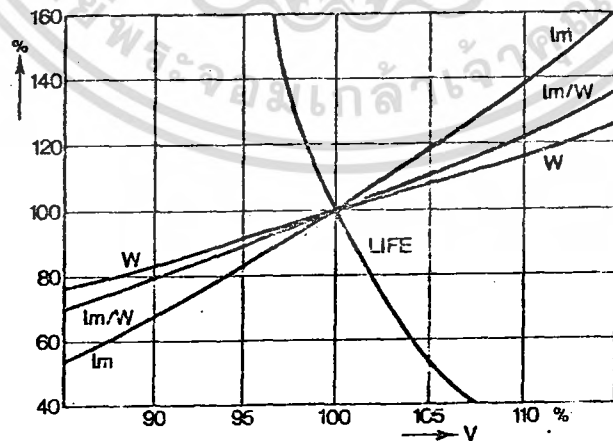
- ฐานหลอด

ฐานหลอดจะเป็นตัวที่ติดกับแหล่งจ่ายไฟ โดยปกติมี 2 ชนิดคือแบบเกลียวหมุน และแบบไขว่ หน่วยของเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดจะวัดเป็นมิลลิเมตร วิธีดัดที่ใช้ทำฐานหลอดมักจะเป็นทองเหลือง, อลูมิเนียมหรือนิกเกิล

คุณสมบัติการทำงาน

ทั้งอายุการใช้งาน และการส่องสว่างต่อวัตต์ของการใช้พลังงานจะถูกกำหนดโดยอุณหภูมิของไส้หลอด ที่อุณหภูมิสูงจะให้การส่องสว่างต่อวัตต์สูงแต่อายุการใช้งานจะสั้น

เมื่อให้ความต่างศักย์ค่าต่างๆ แก่หลอดเรืองแสงจะทำให้คุณสมบัติการทำงานเปลี่ยนไป ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติการทำงานและความต่างศักย์แสดงในรูป 2.2 ตัวอย่างจากกราฟเช่นเมื่อลดความต่างศักย์ลง 5% อายุการใช้งานจะลดลงครึ่งหนึ่ง



รูปที่ 2.2 ผลกระทบของการเปลี่ยนความต่างศักย์ (%V) ที่มีต่อคุณสมบัติการทำงาน ของหลอดเรืองแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หลอดคายประจุ

แสงจากหลอดคายประจุ จะไม่เหมือนกับกรณีของหลอดไฟฟ้าชนิดใช้ลวดอยู่ข้างใน โดยจะสร้างจากการให้ความร้อนแก่เส้นลวด หลอดคายประจุจะใช้การปล่อยกระแสไฟฟ้าต่อเนื่องในการแตกตัวของก๊าซหรือไอ บางครั้งรวมถึงการเรืองแสงของฟอสฟอรัสซึ่งถูกกระตุ้นโดยการส่องแสงของการปล่อยกระแสไฟฟ้า หลอดคายประจุ โดยทั่วไปจะไม่สามารถทำงานโดยปราศจากอุปกรณ์จำกัดกระแสหรือบัลลาสต์ต่อในวงจรของหลอด

2.3.2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของหลอดคายประจุ

ส่วนประกอบที่สำคัญของหลอดคายประจุ ซึ่งได้แก่ ท่อคายประจุ, ขั้วไฟฟ้า และกระเปาะแก้ว

-ท่อคายประจุ

ท่อซึ่งใช้บรรจุการปล่อยกระแสโดยทั่วไปมีรูปทรงเป็นท่อ ในท่อของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (หรือหลอดปรอทความดันต่ำ) โดยปกติมักจะใช้แก้วโปรงใสของ Soda-lime silicate ในหลอดปรอทความดันสูงจะใช้ Silica หรือแก้วควอตซ์ ในหลอดโซเดียมความดันต่ำท่อคายประจุจะเป็นท่อแก้วของ Soda-lime ซึ่งมี Sodium resistant borate อยู่ภายใน สำหรับหลอดโซเดียมความดันสูงวัสดุที่ใช้จะเป็น translucent sintered aluminium

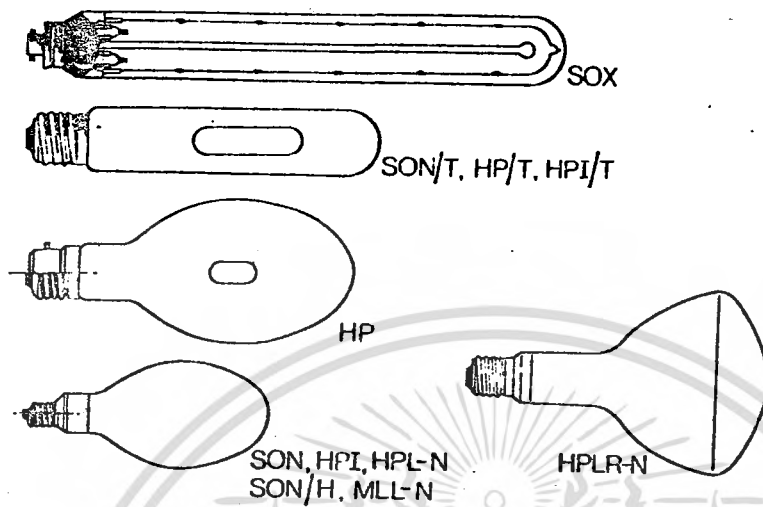
-ขั้วไฟฟ้า

ขั้วไฟฟ้าโดยทั่วไปทำจากเส้นทังสเตน และวัสดุอื่นๆ เช่นเหล็ก, นิกเกิล โดยอาจจะเคลือบหรือไม่เคลือบด้วยวัสดุ emissive ในการแพร่อิเล็กตรอน ซึ่งมักจะ เป็น ออกไซด์ของสารหมู่อัลคาไลน์-เอิร์ท ซึ่งมีทั้งเป็นวงหรือรูปร่างคล้าย beehive ขึ้นอยู่กับชนิดของหลอด ในทุกๆ ขั้วไฟฟ้ากรณีทั่วไปบรรจุวัสดุ emissive เพื่อจ่ายต่อการแพร่อิเล็กตรอนจากขั้วไฟฟ้าในท่อคายประจุ ขั้วไฟฟ้าจะต่อกับกระแสไฟฟ้าโดยผ่านทางฐานหลอดซึ่งครอบด้วยแก้วเพื่อป้องกันลม

-กระเปาะแก้วภายนอก

นอกจากในกรณีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดเป็นท่อ หลอดคายประจุ จะอยู่ในกระเปาะแก้วภายนอกหรือเครื่องห่อหุ้ม กระเปาะนี้จะป้องกันท่อคายประจุจากการสะท้อนจากภายนอก ดังนั้นจะเหมือนกับหลอดแบบไส้โดยมัน จะบรรจุก๊าซเฉื่อยเช่นไนโตรเจน กระเปาะแก้วสามารถคลุมภายในด้วยชั้นแพร่กระจายแสงหรือชั้นของฟอสฟอรัสเพื่อปรับปรุงสี รูปที่ 2.3 แสดงรูปร่างของ กระเปาะบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 หลอดก๊าซคายประจุ รูปทรงต่าง ๆ

การทำงานของหลอดคายประจุ

หลอดคายประจุเป็นหลอดที่ทำงานร่วมกับบัลลาสต์ ฟังก์ชันพื้นฐานของบัลลาสต์คือจำกัดกระแสที่ไหลในหลอดให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ ซึ่งถ้าไม่มีการตรวจสอบจะทำให้หลอดเสียหายได้ บัลลาสต์ปกติประกอบด้วยขดลวดรีดกระแสและตัวเก็บประจุ

สตาร์ทเตอร์หรือตัวจุดจะใช้สำหรับเริ่มการทำงานของหลอด อาจใช้เพียงสตาร์ทเตอร์หรือใช้สตาร์ทเตอร์ร่วมกับบัลลาสต์ก็ได้ ซึ่งสตาร์ทเตอร์จะส่งลูกคลื่นความต่างศักย์ซึ่งจะไปไอออไนซ์และทำให้ไส้ติด

หลอดคายประจุจะให้สเปกตรัมแบบเส้นหลาย ๆ เส้น ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซหรือไอที่บรรจุและความดันในท่อหลอด

หลอดชนิดความดันต่ำ

หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดคายประจุความดันต่ำ ซึ่งแสงจะถูกสร้างโดยการกระตุ้นแก๊วเรืองแสง โดยการคายประจุนี้จะเกิดกับก๊าซและไอของปรอทซึ่งจะทำให้เกิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต และรังสีนี้ก็จะไปกระตุ้นสารฟอสฟอรัสที่เคลือบในหลอดให้ทำการปล่อยแสงที่ต้องการออกมา รูปทรงโดยทั่วไปเป็นท่อกระเปาะแก้วยาวมีขั้วอยู่ภายในด้านปลายทั้ง 2 ด้าน หลอดจะบรรจุไอปรอทที่มีความดันต่ำและมีก๊าซเฉื่อย เช่น อาร์กอน, คริปทอน, นีออน หรือ สารประกอบของก๊าซเหล่านี้

ไม่วากัณณิดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแผ่รังสี แต่ช่วยในการเริ่มจุดหลอด เพราะที่อุณหภูมิห้องความดันไอของปรอท จะต่ำมาก ความดันก๊าซจะต้องถูกควบคุมให้อยู่ในค่าที่ถูกต้อง ถ้าหากสูงเกินไปจะทำให้หลอดติดยาก และ เป็นเหตุให้สูญเสียเอาต์พุตของลูเมน (lumen) ในหลอด แต่จะทำให้ช่วงชีวิตของหลอดและการรักษาค่าลูเมนดีขึ้น และ ลดการดำที่ปลายหลอด แต่ถ้ามันต่ำเกินไป ก็จะลดค่าช่วงชีวิตของหลอด ลดการรักษาค่าลูเมน และเพิ่มการดำที่ปลายหลอด แต่ทำให้หลอดเริ่มจุดและเอาต์พุตของลูเมนดีขึ้น และถึงแม้ว่าก๊าซเฉื่อยจะไม่มีผลต่อแสงที่เป็นเอาต์พุตของหลอด แต่จะใช้พลังงานเนื่องจากการชนแบบยืดหยุ่นระหว่างอิเล็กตรอนและก๊าซมาก และ ในการผลิตหลอดนั้นจะต้องสูบลูเมน อากาศทั้งหมดออกมาก่อนแล้วจึงเติมก๊าซเฉื่อย (เช่น อาร์กอน) ที่ความดัน 200 Pa ถึง 660 Pa และจะอัดก๊าซในแววอนที่ปลายสุดด้านหนึ่งให้ก๊าซไปสู่อีกด้านหนึ่งเอง และที่ผิวของกระเปาะแก้วด้านในจะฉาบด้วยผงเรืองแสงหรือฟอสฟอ ซึ่งถ้าหากต้องการสเปกตรัมที่ค่าต่างๆ ก็จะใช้การเปลี่ยนชนิดของฟอสฟอภายในหลอด

หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดให้ความร้อนแก่ขั้วหลอดก่อน โดยให้ความร้อนแก่ขั้วไฟฟ้าก่อนการใช้งานที่ความต่างศักย์สูง ๆ การให้ความร้อนแก่ขั้วหลอดจะใช้เวลาประมาณ 2-3 วินาที ปกติใช้ร่วมกับสตาร์ทเตอร์ซึ่งต่ออนุกรมกับเอาต์พุตของบัลลาสต์

2.4 แหล่งกำเนิดแสงอุลตราไวโอเล็ต

หลอดที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดของการเปล่งแสงอุลตราไวโอเล็ตส่วนใหญ่จะเป็นหลอดประเภทคาบปรจุ หลอดแบบไส้จะไม่นิยมใช้เพราะสเปกตรัมของมันจะมีช่วงอุลตราไวโอเล็ตประกอบอยู่น้อย

หลอดอุลตราไวโอเล็ตมีมากมายหลายชนิด แต่ชนิดที่ควรกล่าวถึงมี

2.4.1. หลอดพื้นแสงสีม่วง "TL"

หลอดพื้นแสงสีม่วง "TL" มีลักษณะเป็นท่อ เป็นหลอดปรอทความดันต่ำฉาบภายในด้วยชั้นของสารเรืองแสง โดยที่สารนั้นจะเปลี่ยนพลังงานอุลตราไวโอเล็ตช่วงความยาวคลื่นสั้นของประกายไฟเป็นการแผ่แสงที่พื้นสีม่วง ยอดของการแผ่จะมีทั้งที่ 370 และ 420 นาโนเมตร ขึ้นกับชนิดของหลอด (เช่น TL30, TL05 หรือ TL09)

หลอดพื้นแสงสีม่วงนี้มีประสิทธิภาพของการแผ่แสงอุลตราไวโอเล็ตช่วงยาวสูง และใช้สำหรับขบวนการต่าง ๆ ในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเนื่องจากแสง, การรักษาโดยใช้แสง, การถ่ายภาพเอกซเรย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2. หลอด black light

หลอด black light จะให้ยอดของการแผ่ที่ช่วงความยาวคลื่น 350 ถึง 370 nm แสงวิสิเบิลที่ออกมาจะถูกกำจัดโดยทำกระเปาะแก้วของวูด (wood's glass) แก้วของวูดจะมีสีม่วง-น้ำเงินทึบและดูดกลืนทุก ๆ การแผ่ของแสงวิสิเบิล แต่จะให้แสงอุลตราไวโอเลตผ่านออกมา การปล่อยแสงจากหลอดชนิดนี้จะไม่ทำอันตรายต่อสายตาและผิวหนัง หลอด black light ของฟิลิปส์มีอยู่ 3 แบบคือ

2.4.2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ "TL" เป็นหลอดไอปรอทความดันต่ำ มีลักษณะเป็นท่อ ชั้นพิเศษของผนังเรืองแสงบนผิวด้านข้างของหลอดจะเปลี่ยนพลังงานจากประกายไฟฟ้าไอปรอทไปเป็นอุลตราไวโอเลตช่วงความยาวคลื่นยาวที่มียอดการแผ่ที่ 350 nm

2.4.2.2 หลอด HPW-125W หลอด black light HPW เป็นหลอดไอปรอทความดันสูง ประกอบด้วยท่อคายประจุในชั้นนอก กระเปาะแก้ววูดรูปทรงยาวรี ยอดการแผ่สูงสุดที่ประมาณ 365 nm

2.4.2.3 หลอด TW-6W หลอด black light ชนิดนี้ทำงานโดยภายในจะมีกาซปรอทอยู่ไม่เหมือนหลอดชนิดอื่น ๆ หลอดชนิดนี้สามารถทำงานได้โดยตรงจากแหล่งจ่ายไฟ (เมื่อให้ความต่างศักย์ 220 โวลต์) ไม่ต้องใช้บัลลาสต์ช่วย ความยาวคลื่นที่ออกมามากที่สุดจะอยู่ที่ประมาณ 350 nm

2.4.3. Sunlamps

ตั้งแต่พลังงานอุลตราไวโอเลต erythema ได้รับโดยแสงอาทิตย์การออกแบบอุปกรณ์เพื่อจัดการส่องแสงในช่วงของสเปกตรัมนี้ปกติรู้จักใน "Sunlamps" MLU-300W เป็นหลอดแสงอาทิตย์ชนิดทั้งสแตนด์-ปรอท การสร้างไส้หลอดให้ทำหน้าที่คล้ายอุปกรณ์จำกัดกระแส ดังนั้นหลอดนี้สามารถทำงานโดยตรงจากแหล่งจ่ายไฟหลัก ไม่ต้องใช้บัลลาสต์ช่วย นอกจากแสงวิสิเบิล, การแผ่แสงอุลตราไวโอเลตและอินฟราเรดจะถูกปล่อยออกมา กระเปาะแก้วทำจากแก้วซึ่งที่กรองเอาแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 280 nm ออกมา ตัวสะท้อนภายในหลอดทำให้พลังงานการแผ่แสงมีค่าแสงเพียงลำเดียว

2.4.4. หลอดฆ่าเชื้อ

แหล่งกำเนิดของอุลตราไวโอเลตความยาวคลื่นสั้นในหลอดฆ่าเชื้อโรคเป็นหลอดประกายไฟฟ้าไอปรอทความดันต่ำ ประกายไฟฟ้าทำงานบนพื้นฐานเดียวกับประกายไฟฟ้าในหลอดฟลูออเรสเซนต์และสร้างพลังงานอุลตราไวโอเลตชนิดเดิมในกระเปาะ ความแตกต่างของกระเปาะทั้งสองคือกระเปาะหลอดฟลูออเรสเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉาบด้วยฟอสฟอรัสซึ่งแปลงอุลตราไวโอเล็ตเป็นแสงวิสิเบิล ขณะที่หลอดฆ่าเชื้อไม่มีฟอสฟอรัส แต่จะทำจากแก้วพิเศษที่ส่งพลังงานอุลตราไวโอเล็ตความยาวคลื่นสั้นที่สร้างโดยประกายไฟ ประมาณ 95 % ของการแผ่พลังงานโดยหลอดฆ่าเชื้อฟิลิปส์ TUV เป็นที่ความยาวคลื่น 275.7 nm

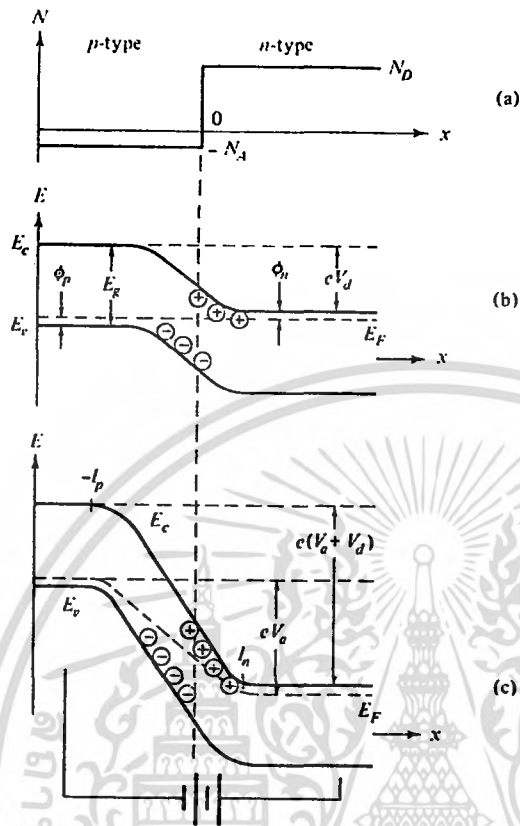
2.5 ตัวตรวจจับชนิดต่างๆ (Photodetectors)

ตัวตรวจจับนั้นอาจแบ่งได้เป็นอุปกรณ์ทางความร้อน หรือ อุปกรณ์ทางโฟตอน ในตัวตรวจจับแบบทางความร้อน การดูดกลืนของแสงจะเพิ่มอุณหภูมิของอุปกรณ์ และเปลี่ยนผลจากการเปลี่ยนแปลงในพารามิเตอร์บางตัวที่ขึ้นกับอุณหภูมิ (เช่น ค่าความนำไฟฟ้า เป็นต้น) โดยเป็นผลลัพธ์ทางเอาท์พุทของตัวตรวจจับแสงแบบทางความร้อนมักจะเป็นปริมาณโดยตรงกับพลังงานที่ดูดกลืนต่อหน่วยเวลาโดยตัวตรวจจับ และถ้าหากว่าประสิทธิภาพการดูดกลืนเหมือนกันที่ทุกความยาวคลื่น คือ ไม่ขึ้นกับความยาวคลื่นของแสง ในตัวตรวจจับทางแสงแบบโฟตอนจะเป็นในทางตรงกันข้าม คือ ขบวนการจะเป็นผลโดยตรงในผลทางควอนตัมแบบแน่นอน (เช่น การกระจายแบบโพโตอิเล็กตริกของอิเล็กตรอนจากพื้นผิว) ซึ่งจะถูกนับโดยระบบการตรวจจับ ดังนั้นเอาท์พุทของตัวตรวจจับแบบโฟตอนจะถูกจัดการโดยอัตราการดูดกลืนของควอนตาของแสง และไม่ขึ้นโดยตรงกับพลังงานของมัน ยิ่งไปกว่านั้นทุกๆ ขบวนการของโฟตอนที่พิจารณาว่าต้องการพลังงานโฟตอนต่ำสุดที่แน่นอนที่จะเริ่มต้น เมื่อพลังงานของโฟตอนเดี่ยว โดยที่ $E = h\nu = hc/\lambda$ ตัวตรวจจับแบบโฟตอนจะมีความยาวคลื่นคัท-ออฟ (cut-off) ที่ยาว นั่นคือ ความยาวคลื่นที่ยาวที่สุด ซึ่งจะพ้นจากการทำงานของมันนั่นเอง

2.5.1 Junction Detector

2.5.1.1 โฟโตไดโอด

โฟโตไดโอดจะทำมาจากรอยต่อ p-n ในสารกึ่งตัวนำภายใต้การรีเวิร์สไบแอส โดยก่อนอื่นต้องเข้าใจถึงหลักการทำงานของรอยต่อ p-n ในสารกึ่งตัวนำก่อน โดยพิจารณาจากรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.4 รูปรอยต่อ p-n ที่ลาดชั้น

- (a) รูปร่างชนิดที่ไม่บริสุทธิ์
- (b) แผนผังแถบพลังงานเมื่อการไบแอสเป็นศูนย์
- (c) แผนผังแถบพลังงานเมื่อมีการรีเวิร์สไบแอส

ซึ่งประกอบไปด้วยการเปลี่ยนระดับที่ลาดชั้น จากย่านการโด๊ปตัวผู้ให้ (ชนิด n) ในสารกึ่งตัวนำที่พาหะประจุคือ อิเล็กตรอน มีมากกว่า ในขณะที่ย่านการโด๊ปตัวผู้รับ (ชนิด p) จะมีพาหะเป็นโฮล ความลาดชั้นในรูปที่ 2.4(a) เป็นผลการจากการแพร่ระดมที่ทำให้ไม่บริสุทธิ์อย่างเหมาะสมในฐานะของสารกึ่งตัวนำ ด้วยชนิดของตัวนำที่ต่างกัน ในรอยต่อที่ลาดชั้นในทางอุดมคติ จะให้ย่าน $n(x > 0)$ มีความหนาแน่นของผู้ให้คงที่ N_D และย่าน p ($x < 0$) มีความหนาแน่นของผู้รับ N_A

ในรูป 2.4 (b) นั้นในเส้นโค้งที่ด้านบนสุด (หรือล่างสุด) จะแสดงพลังงานศักย์ของอิเล็กตรอนที่เป็นฟังก์ชันของตำแหน่ง x ดังนั้นพลังงานที่น้อยที่สุดที่

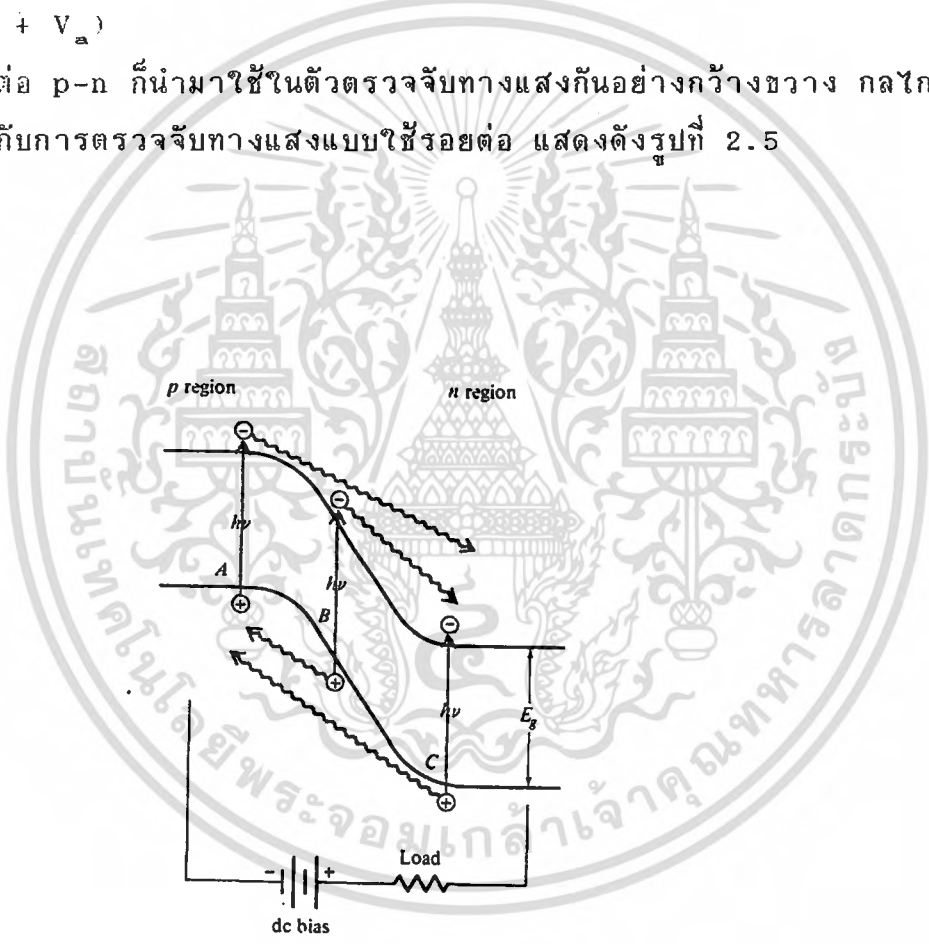
ต้องการในการนำอิเล็กตรอนจากด้าน n ไปด้าน p ของรอยต่อคือ eV_d ให้ระดับ
 เฟอมีแยกจากกันตามลำดับของขอบในแถบเป็น ϕ_n และ ϕ_p ดังรูปจะได้

$$eV_d = E_g - (\phi_n + \phi_p)$$

V_d คือ ศักย์รอยต่อที่สะสมภายใน

ในรูปที่ 2.4 (c) เป็นการ แสดงการกระจายศักย์ในรอยต่อเมื่อมีการ
 รั่วไหลของกระแสขนาด V_m โดยจะนำไปสู่การแยกด้วย eV_m ระหว่างระดับพลังงาน
 เฟอมีในย่าน p และ n และทำให้เกิดกำแพงศักย์ที่รอยต่อโดยจาก eV_d
 เพิ่มเป็น $e(V_d + V_m)$

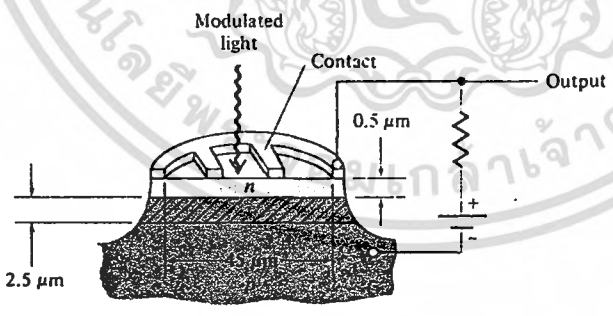
ส่วนรอยต่อ p-n ก็นำมาใช้ในตัวตรวจจับทางแสงกันอย่างกว้างขวาง กลไก
 ที่สำคัญจะเกี่ยวกับการตรวจจับทางแสงแบบใช้รอยต่อ แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การเกิดอิเล็กตรอน-โฮล โดยโฟตอนที่ถูกดูดกลืน ที่จะให้กระแสไหล
 ในโฟโตไดโอดแบบ p-n



ที่จุด A ในรูป เมื่อมีโฟตอนเข้ามาแล้วถูกดูดกลืนในด้าน p และจะสร้างโฮล และอิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งถ้ามีการแทนที่ตามความยาวของการแพร่ (ระยะทางที่ความเข้มข้นพาหะข้างน้อยที่เกินออกมาจะถูกกลดลงเป็น e^{-1} ของค่า peak ของมัน ระยะเฉลี่ยที่พาหะข้างน้อย ที่เดินทางข้ามก่อนการรวมตัวโดยพาหะชนิดตรงข้าม) ของชั้น depletion โดยทั่วไปมักจะเป็นอิเล็กตรอน จนถึงชั้นขอบเขตและจะเกิดการไหล(drift) ภายใต้สนามที่ตกคร่อมมัน การเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อของอิเล็กตรอนจะให้ประจุ e เป็นกระแสไหลในวงจรภายนอก ถ้าโฟตอนถูกดูดกลืนใกล้ด้าน n ของชั้น depletion ดังแสดงที่จุด C โฮลจะแพร่เข้าไปที่รอยต่อ และมีการไหลขึ้นอีกครั้ง ทำให้การไหลของประจุ e ในโฮลภายนอกเพิ่มขึ้น โฟตอนอาจถูกดูดกลืนในชั้น depletion ที่จุด B ทั้ง 2 กรณี ที่โฮลและอิเล็กตรอนทำให้เกิดกระแส drift (ในทิศตรงกันข้าม) ภายใต้สนามจนถึงด้าน p และ n ตามลำดับ ในกรณีนี้แต่ละพาหะจะเดินทางข้ามด้วยระยะทางที่น้อยกว่าความกว้างของรอยต่อทั้งหมด ในทางปฏิบัติขบวนการสุดท้ายนี้เป็นสิ่งที่ต้องการมาก เมื่อการดูดกลืนแต่ละครั้งจะเพิ่มประจุ e และหน่วงการตอบสนองกระแส โดยการหลีกเลี่ยงต่อเวลาการแพร่ที่แน่นอน โฟโตไดโอดมักจะใช้โครงสร้างแบบ p-i-n ซึ่งมีชั้นค่าความต้านทานภายในที่สูง(i) ที่ถูกประกบระหว่างย่าน p และ n สักที่ตกคร่อมในชั้นนี้จะปรากฏขึ้นและยาวมากพอที่ดูดกลืนโฟตอนตกกระทบภายในตัวมัน โครงสร้างของโฟโตไดโอดเป็นดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6 โฟโตไดโอดชนิด p-i-n

โดยที่เราจะเห็นได้ว่า โฟโตไดโอดนั้นจะสามารถตรวจจับได้เพียงการแผ่รังสีที่พลังงานโฟตอน $h\nu \gg E_g$ เมื่อ E_g คือแถบช่องว่างพลังงาน และที่ $h\nu \gg E_g$ การดูดกลืนในสารกึ่งตัวนำจะเกิดขึ้นเป็นอย่างมาก โดยจะเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนที่ตลอดส่วนที่ใกล้หน้าที่ใช้รับ (ในย่าน n ของรูป 2.6) และพาหะข้างน้อยที่
 เกิดขึ้นโดยโฟตอนที่ถูกดูดกลืน จะถูกรวมตัวกับพาหะข้างมากก่อนที่จะแพร่ไปในชั้น
 depletion ซึ่งเหตุการณ์นี้จะไม่ให้กระแสไหลออกมา ซึ่งเป็นเหตุผลว่าทำไมการ
 ตอบสนองทางแสงของไดโอดจะตอบสนองได้เมื่อ $h\nu > E_g$

ในการเกิดคู่อิเล็กตรอน-โฮลนี้ เราอาจตรวจจับการแยกกันของประจุได้
 2 วิธี ถ้าเราให้อยู่ในอุกรณ์วงจรถัด จะเกิดศักย์ที่สามารถวัดได้ภายนอกจะปรากฏ
 ระหว่างย่าน p และ n จะเรียกการทำงานนี้ว่า โหมดโฟโตโวลตาอิก (photo-
 voltaic) ในอีกทางหนึ่งเราจะให้วงจรถัด (short circuit) จากอุปกรณ์
 ภายนอก (หรือยิ่งไปกว่านั้นก็คือ การทำงานโดยปกติจะอยู่ภายใต้การรีเวิร์สไบแอส)
 ในกรณีนี้กระแสภายนอกจะไหลระหว่างย่าน p และ n การทำงานนี้จะเป็น โหมด
 โฟโตคอนดักทีฟ (photoconductive)

ในการทำงาน เราอาจแสดงโฟโตไดโอด โดยเป็นตัวกำเนิดกระแสตรงที่
 (เกิดจากการดูดกลืนทางแสง) i_{ph} โดยมีไดโอดแบบอุดมคติต่อคร่อมร่วมกับมัน (เพื่อ
 เลียนแบบผลของรอยต่อ $p-n$) ดังรูปที่ 2.7 ลักษณะภายในของเซลล์อาจออกแบบ
 ให้ดีขึ้น โดยการใช้อั้วต้านทานแบบชั้น R_{sh} ถ้าเรากำหนดประสิทธิภาพเชิงควอน
 ตัม สำหรับขบวนการดูดกลืนโฟตอนและการตกกระทบของการแผ่รังสี ก็ถูกดูดกลืน
 ในเซลล์ด้วย จะได้ว่า

$$i_{ph} = \eta I_0 A e^{-\alpha x} / hc$$

โดยที่ I_0 คือ ความเข้ม (irradiance) ของแสงที่ตกลงบนเซลล์ พื้นที่ A

ในตอนนั้น ถ้าต้องการปรับปรุงสำหรับความไวของโฟโตไดโอด เมื่อทำ
 งานใน 2 โหมดที่แตกต่างกัน เพื่อความง่าย เราจะกำหนดให้ การทำงานที่ความถี่
 ที่รวมกันทางแสงต่ำ ดังนั้นผลของตัวเก็บประจุแบบชั้นที่จะตัดทิ้งได้คือ $i_c = 0$

พิจารณากระแสที่ไหล ดังรูป 2.20 จะได้

$$i_{ph} = i_d + i_{sh} + i_{ext}$$

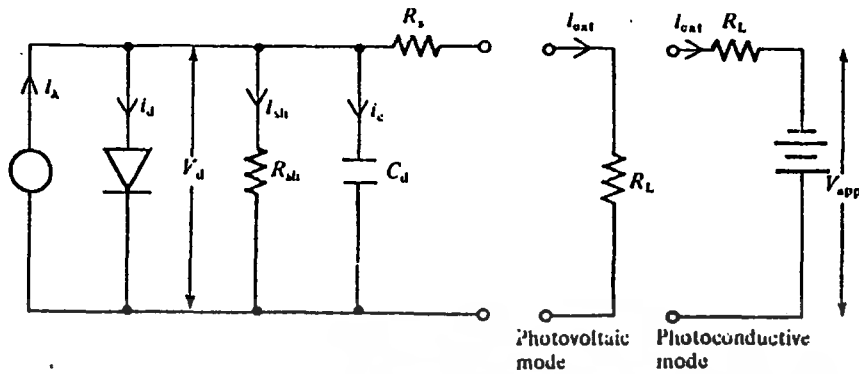
ดังนั้น

$$V_{ext} = V_d - i_{ext} R_s$$

หรือ

$$V_d = i_{sh} R_{sh}$$

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลกับโฟโตไดโอด โดยในการทำงานสามารถแบ่งได้เป็น แหล่งกำเนิดกระแสที่เกิดขึ้นทางแสง จะป้อนให้กับไดโอดเชิงอุดมคติ ลักษณะของ เซลล์ภายในทำให้ได้ขึ้นได้โดยการใช้ ตัวต้านทานชั้นที่ ตัวเก็บประจุชั้นที่ ตัวต้านทานอนุกรม โดยในโหมดโฟโตโวลตาอิก ตัวต้านทานภายนอกค่าสูงๆ (R_L) จะต่อคร่อมกับเอาต์พุตและแรงดันที่ตกคร่อมจะวัดได้ ในโหมดโฟโตคอนดักทีฟ การไบแอสภายนอก (V_{app}) ที่ให้รวมกับความต้านทานโหลดอนุกรม (R_L) กระแสไหลผ่าน R_L จะบอกโดยการวัดแรงดันที่คร่อมตัวมัน

ถ้าเรานำคุณสมบัติของกระแส-แรงดันของไดโอดมาใช้คือ

$$i_d = i_o [\exp(eV_d/kT) - 1]$$

เมื่อ i_o คือกระแสรั่วไหลจากการรีเวิร์สไบแอสของไดโอด

ในโหมดการทำงาน photovoltaic กระแสภายนอกจะไหลน้อยมาก

ดังนั้น $i_{ext} = 0$ จะได้ $i_{\lambda} = i_d + i_{sh}$ และ $V_{ext} = V_d$ ตามลำดับ แทนค่าได้

$$i_{\lambda} = i_o [\exp(eV_d/kT) - 1] + (V_d/R_{sh})$$

จัดรูปใหม่ได้

$$\exp(eV_d/kT) = 1 + (i_{\lambda} / i_o) - (V_d / i_o R_{sh})$$

ภายใต้เงื่อนไขการทำงานปกติ $i_{\lambda} \gg i_o$ ขณะที่ V_d จะมีออร์เดอร์เดียวกับ $i_o R_{sh}$ เราจะประมาณได้ว่า

$$\exp(eV_d/kT) = i_{\lambda} / i_o$$

จะได้

$$V_d = (kT/e) \ln(i_{\lambda} / i_o)$$

และ

$$V_{ext} = (kT/e) \ln(\eta I_o e \lambda A / h c i_o)$$

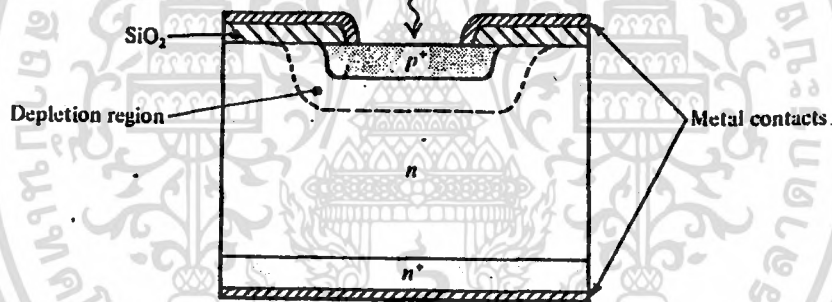
โดยแรงดันภายนอกควรจะเป็นฟังก์ชันลอการิทึมของการส่องแสงตกกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดการทำงาน photoconductive จะให้การรีเวิร์สไบแอส (ประมาณ 10 V หรือ มากกว่า) ให้ตกคร่อมไดโอด (จากรูปที่ 2.6) เมื่อ กระแสที่ไดโอดอิมิต์วที่ i_0 ซึ่งจากวงจรจากรูปที่ 2.20 จะได้ i_L ในหน่วยไมโครแอมป์ และจะได้

$$i_{ext} = \eta I_0 A e \lambda / hc$$

ในโหมดการทำงาน photoconductive กระแสที่ไหลภายนอกจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ แสงที่ส่องตกกระทบ, มีการตอบสนองเชิงเส้นโดยตัวมันเอง, และมักใช้ในการตอบสนองที่เร็วขึ้น, มีเสถียรภาพดีกว่า และ มีย่าน dynamic ที่กว้างกว่า แต่ข้อเสียที่สำคัญ คือ การมี dark current ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนที่สำคัญ และ shot noise ซึ่งจะจำกัดความไวของอุปกรณ์ และรูปที่ 2.8 แสดงลักษณะการสร้างโฟโตไดโอดชนิดซิลิกอน



รูปที่ 2.8 โครงสร้างโฟโตไดโอดชนิดซิลิกอน สำหรับการทำงานในโหมด photoconductive โดยรอยต่อจะเกิดขึ้นระหว่าง การโด๊ปอย่างมากที่สุดชนิด p (p^+) และการโด๊ปอย่างค่อนข้างน้อยที่วัสดุชนิด n ดังนั้นย่าน depletion จะขยายไปสู่วัสดุชนิด n ชั้น p^+ มักจะค่อนข้างบาง โดยมีหน้าสัมผัสโลหะที่สามารถทำได้โดยตรงกับวัสดุ p^+ แต่จะมี ohmic contact ที่วัสดุชนิด n และชั้น n^+ จะเกิดขึ้นมา

2.5.1.2 สัญญาณรบกวนในโฟโตไดโอด

ในระบบไฟฟ้าแทบทุกชนิดมักจะมีปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนอยู่เสมอคือ สัญญาณเอาต์พุตจะเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอ โดยไม่สัมพันธ์กับสัญญาณอินพุตใดๆใน โฟโตมัลติพลายเออร์ และแหล่งกำเนิดของสัญญาณรบกวนมีหลายอย่างคือ

1. Dark current

เมื่อไม่มีการแผ่รังสีตกลงบนพื้นผิวหน้า โฟโตคาโธด การกระจายออก แบบเทอร์โมอิเล็กทริก จะให้ dark current เพิ่มขึ้นซึ่งมักจะทำให้มีแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนที่สำคัญในอุปกรณ์โฟโตมิสซีพ โดยการกระจายแบบเทอร์โมอิเล็กทริกจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยการลดอุณหภูมิและเป็นการจำเป็นโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับค่า work function ของโฟโตคาโธด ถึงแม้ว่าแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนอื่นๆ อาจจะมีค่าเด่นที่อุณหภูมิต่ำ (ตัวอย่าง คืออิเล็กตรอนอาจจะกระเจิงออกจากโฟโตคาโธด โดยการยิงกัมมันตรังสี) ถ้า dark current เป็นค่าคงที่จะสามารถหักออก จากเอาต์พุตรวมได้ แต่อย่างไรก็ตาม โดยตัวของมันเองแล้วมันจะมีการขึ้นลงแบบ สุ่ม เนื่องจากลักษณะทางสถิติของการกระจายแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

2. Shot noise

Shot noise จะพบได้เมื่อใดที่มีกระแสไหล และ เพิ่มขึ้นโดยตรงจาก ลักษณะที่แยกจากกันของประจุที่เกี่ยวข้องกับอิเล็กตรอน ดังนั้นเมื่อกระแสไหลผ่านจุดใด ใดในวงจร อัตราการมาถึง (arrival rate) ของอิเล็กตรอนจะกระเพื่อมขึ้นลงเล็กน้อย และการกระเพื่อมขึ้นลงจะมากขึ้นในกระแสที่ไหลที่จุดนั้น

การมี dark current และ shot noise จะให้ขีดจำกัดของสัญญาณที่สามารถตรวจจับได้ต่ำที่สุด ถ้าสัญญาณทางแสงที่มีผลเป็นสัญญาณไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าน้อยกว่าสัญญาณรบกวน จะไม่สามารถตรวจจับได้

3. Multiplication noise

ได้มีการค้นพบว่าการรบกวนกระแสที่อาโนด มักจะมีมากกว่าการคาดหมายจาก shot noise เพียงอย่างเดียว เหตุผลก็คือ การกระจายตัวเชิงสถิติใน สัมประสิทธิ์ในการกระจายตัวของอิเล็กตรอนทุติยภูมิประมาณเป็นค่าเฉลี่ย δ ซึ่งทำให้สัญญาณรบกวนทางกระแสที่อาโนดเพิ่มขึ้น โดยเป็นไปตามแฟคเตอร์ $(\delta / (\delta - 1))^{1/2}$

4. Johnson (หรือ Nyquist) noise

Johnson noise เกิดขึ้นเนื่องมาจากการเพิ่มความร้อนของพาหะประจุ ภายในตัวนำ ลักษณะการสุ่มของการเคลื่อนที่นี้ ทำให้เกิดการกระเพื่อมขึ้นลงของ

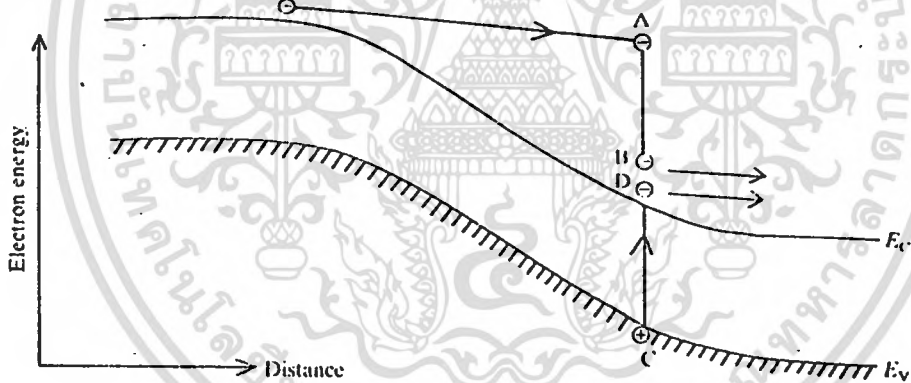
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันโดยจะปรากฏคร่อมที่ตัวต้านทานโหลดที่อาโนด ในทางปฏิบัติ Johnson noise จะมีค่าน้อยกว่า dark current และ shot noise

โฟโตไดโอดสารกึ่งตัวนำในทางปฏิบัติ จะมีโครงสร้างภายในเหมือนกับ ไดโอดรอยต่อ พีเอ็นแบบธรรมดา แต่ต่างกันตรงที่บริเวณรอยต่อของโฟโตไดโอด นั้นหุ้มด้วยสารโปร่งใส เพื่อให้แสงจากภายนอกสามารถส่องผ่านเข้าไปถึงรอยต่อ ได้

2.5.1.3 Avalanche photodiodes

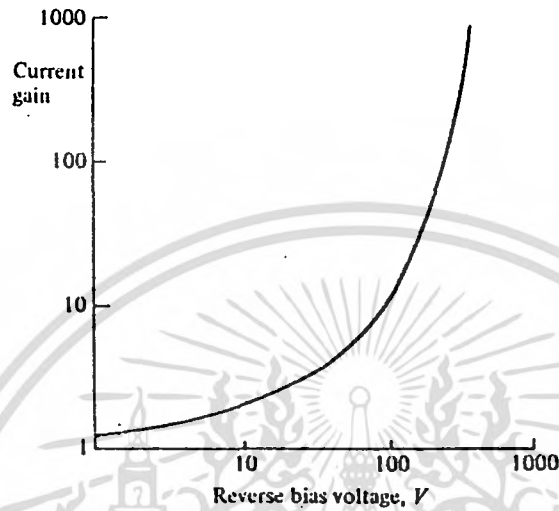
Avalanche photodiodes เป็นอุปกรณ์ที่ให้กระแสที่เกิดขึ้นทางแสงที่สามารถขยายภายในได้ โดยโครงสร้างพื้นฐานของรอยต่อ p-n จะทำงานภายใต้การรีเวิร์สไบแอสที่สูงมาก พาหะจะเดินทางข้ามย่าน depletion เพราะฉะนั้น จะให้พลังงานเพียงพอที่จะสามารถทำให้พาหะถูกกระตุ้นมากขึ้น ให้ผ่านช่องว่าง พลังงาน โดยการกระตุ้นที่เพียงพอ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงหลักการทำงานของ Avalanche photodiode อิเล็กตรอน จะถึงจุด A โดยมีพลังงานเพียงพออยู่เหนือเส้นของแถบความนำ ที่ สามารถกระตุ้นอิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์สู่แถบความนำ (C-->D) และทำให้มันตกจาก A ไปยัง B

เมื่ออิเล็กตรอนไปถึงจุด A ดังรูปโดยมีพลังงานเพียงพออยู่เหนือเส้นแถบ ความนำ โดยมันสามารถชนกับอิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ และจะยกมันไปสู่แถบ ความนำ (C-->D) ซึ่งจะให้อิเล็กตรอน-โฮลใหม่ ซึ่งในการกระทำเดียวกันอิเล็ก-

ตรอนจะสูญเสียพลังงานทำให้สมดุลย์เปลี่ยนไปโดยจะเคลื่อนที่จาก A ไป B และจะสร้างพาหะ โดยต่อมาเป็นารสร้างคู่อิเล็ดตรอน-โฮล โดยขบวนการเดียวกัน



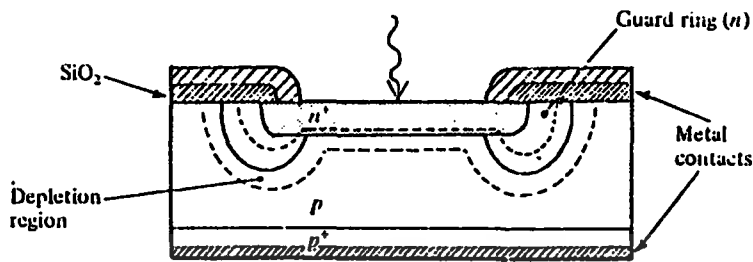
รูปที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงของอัตราขยายกระแสกับการรีเวิร์สไบแอสสำหรับ Avalanche photodiode

จากรูปที่ 2.10 ถ้าให้การไบแอสแรงดันมากเกินไปจะมีกระแสอวาลานซ์ไหลในขณะที่ไม่ม่แสงตกกระทบลงมากกระตุ้น และ จะถือเป็นการตั้งขีดจำกัดบนสุดที่จะใช้แรงดันเท่าใด เพื่อให้แน่ใจว่าแรงดัน Avalanche breakdown ที่ค่ามากๆ โดยเป็นแบบอย่างเดียวกันและอัตราขยายแบบเดียวกันตลอดทั้งไดโอด ซึ่งจำเป็นจะต้องใช้สนามเป็นรูปแบบเดียวกันที่ค่าสูงๆตกคร่อมอุปกรณ์ โดยจากรูปที่ 2.11 มีการใช้โครงสร้างของการ์ด-ริง (guard-ring) จะจำกัดย่าน avalanche ถึงส่วนที่ใช้ในการส่องสว่างส่วนกลางของเซลล์

ข้อควรระวังในการใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ก็คือ ในการเปลี่ยนแปลงอัตราขยายอย่างรวดเร็วเมื่อมีการไบแอสแรงดันตามรูปที่ 2.10 ซึ่งต้องการเพาเวอร์ซีพพลายที่มีความเสถียรมาก ถ้าหากว่าต้องการให้อัตราขยายนี้มีค่าคงที่ และถ้าหากใช้วงจรวไบแอสที่ต่ออนุกรมกับแหล่งกำเนิดแรงดัน และตัวต้านทานโหลด ก็ต้องระวังด้วย เพราะว่าถ้ากระแสเอาท์พุทมีค่ามาก อาจทำให้มีแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทานไบแอสและไดโอดที่อนุกรมกับตัวต้านทานที่มากเพียงพอ ทำให้เอาท์พุทนั้นไม่มีความเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชิงเส้น และอัตราขยายนั้นก็ยิ่งขึ้นกับอุณหภูมิเป็นอย่างมากอีกด้วย

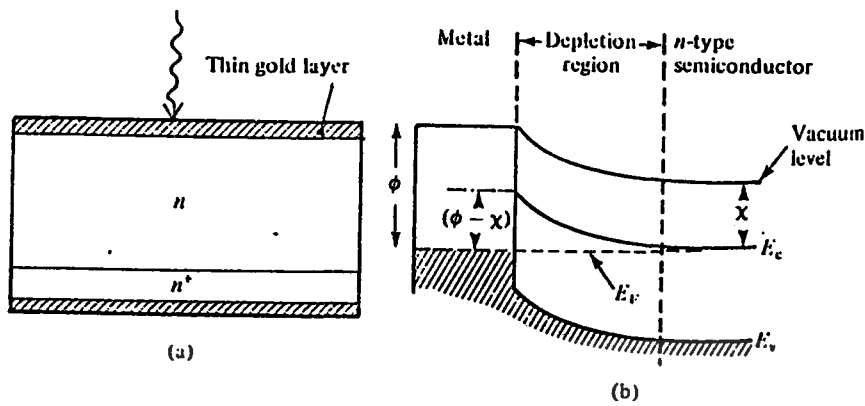


รูปที่ 2.11 Avalanche photodiode แบบซิลิกอน โดยมีโครงสร้างของ การ์ด-ริง ซึ่งการ์ด-ริงคือย่านที่มีการโด๊ปต่ำ และกล่าวได้ว่าย่าน depletion จะขยายไปถึงตัวมัน ดังนั้นในการ์ด-ริงที่ใกล้เคียงกัน ในชั้นความหนาของ depletion ทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นและค่า สนามไฟฟ้าสูงสุดจะมีค่าน้อยลงกว่าในย่านส่วนกลาง

Avalanche photodiode เป็นที่นิยมใช้ในการสื่อสารทางระบบ fiber optic แต่ก็ยังคงต้องการการพัฒนาต่อไปอีกมากทีเดียว

2.5.1.4 Schottky photodiodes

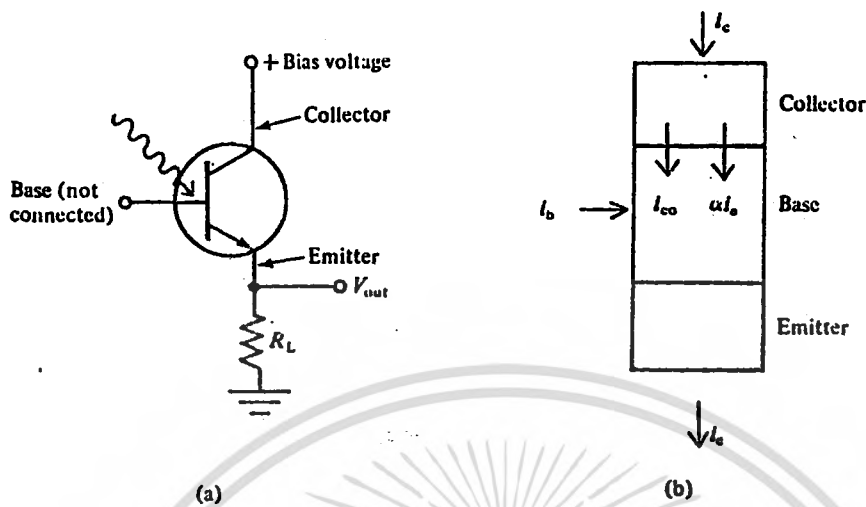
Schottky photodiodes จะมีลักษณะของโฟโตไดโอดที่มีแผ่นโลหะ บางๆ (มักจะเป็นทอง) เคลือบอยู่ที่ฐานซิลิกอนชนิด n (ดังรูปที่ 2.12 (a)) โครงสร้าง ของแถบพลังงานแสดงไว้ในรูปที่ 2.12 (b) สามารถเห็นได้ว่า เมื่อคู่อิเล็กตรอน- โห้ลเกิดขึ้นภายในย่าน depletion อิเล็กตรอนและโห้ลจะแยกจากกันโดยการกระทำ ของสนามภายในที่มีในรอยต่อ p-n ของโฟโตไดโอด ข้อได้เปรียบอย่างหนึ่งของ โฟโตไดโอดชนิดนี้ก็คือ ชั้นผิวหน้าที่เคลือบด้วยชั้นโลหะสามารถทำให้บางเพียงพอที่จะ ใช้ในย่านที่มีการแผ่รังสีระดับอัลตราไวโอเลตได้ โดยเพิ่มความไวให้มากขึ้น



รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของ Schottky photodiode. (a) และการแสดงระดับพลังงานในย่านของรอยต่อในรูป (b) โดยที่ความสูงของศักย์ที่เป็นตัวกัน $\phi - x$ เกิดขึ้นระหว่างโลหะที่เคลือบกับสารกึ่งตัวนำ

2.5.1.5 โฟโตทรานซิสเตอร์

โฟโตทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์อีกชนิดที่มีลักษณะคล้ายกับโฟโตไดโอดแบบอวาแลนซ์ (Avalanche photodiode) คือเมื่อกระแสไหลจากตัวตรวจจับชนิดรอยต่อ p-n ก็จะถูกขยายภายใน ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานคล้ายกับรอยต่อชนิดของทรานซิสเตอร์ โดยมีย่านเบสเป็นตัวรับการแผ่รังสีตกกระทบ โดยปกติแล้วจะไม่มีการทำงานนอกที่ด้านเบส (ดังรูปที่ 2.13(a)) เพื่อทำความเข้าใจกับการทำงานของอุปกรณ์นี้ เราจะพิจารณากระแสภายนอกที่แสดงดังรูปที่ 2.13(b) กระแสเบส i_b จะถูกจ่ายโดยกระแสที่มีกำเนิดจากทางแสง



รูปที่ 2.13 การต่อภายนอกกับโพโตทรานซิสเตอร์ชนิด npn (a) แสงถูกดูดกลืนภายในย่านเบส ทำให้กระแสอิมิตเตอร์ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด R_L และจะเกิดสัญญาณแรงดันตกคร่อมตัวมัน รูป(b) แสดงกระแสที่กำหนดให้ไหลในโพโตทรานซิสเตอร์

ดังนั้นจะได้สมการ

$$i_c = i_e - i_b$$

เมื่อ i_c และ i_e คือ กระแสคอลเลคเตอร์และกระแสอิมิตเตอร์ตามลำดับ โดยที่กระแสคอลเลคเตอร์มีส่วนประกอบ 2 ส่วน ก็คือ

1. กระแสย้อนกลับแบบไดโอดปกติ คือ i_{co} และ
 2. ส่วนของกระแสอิมิตเตอร์ที่มีส่วนควบคุมทางด้านคอลเลคเตอร์ (กระแสจะถูกนำไป โดยการแพร่ของพาหะข้างน้อยที่ตกคร่อมเบสและพาหะข้างน้อยเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะออกจากด้านอิมิตเตอร์ไปที่ด้านคอลเลคเตอร์) ซึ่งก็คือ αi_e
- โดยที่ α ก็คือ อัตราขยายของกระแสเบสปกติ (common base current gain) จะได้

$$i_{co} + \alpha i_e = i_e - i_b$$

จะได้

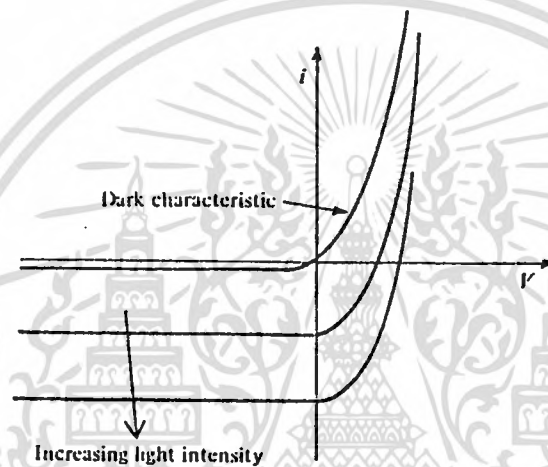
$$\begin{aligned} i_e &= (i_b + i_{co}) / (1 - \alpha) \\ &= (i_b + i_{co}) ((\alpha / 1 - \alpha) + 1) \\ &= (i_b + i_{co}) (h_{fe} + 1) \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $h_{fe} = \alpha / (1 - \alpha)$ ซึ่งก็คือ อัตราขยายของกระแสอิมิตเตอร์ปกติ (common emitter current gain) ของทรานซิสเตอร์

ข้อเสียของโฟโตทรานซิสเตอร์ก็คือ ถ้าแสงมีระดับต่ำ กระแสเบสที่ได้ก็จะมีค่าต่ำ ค่า h_{fe} ก็จะตกลงเป็นค่าต่ำ และ การตอบสนองทางความถี่ยังไม่ได้นัก โพลาร์เซลล์ (Solar cell)

โพลาร์เซลล์ จะมีการทำงานพื้นฐานเดียวกันกับตัวตรวจจับแบบรอยต่อ p-n ภายใต้เงื่อนไขที่ว่ามันสามารถส่งกำลังงานให้กับโหลดภายนอกได้ ลักษณะคุณสมบัติ i-V ของรอยต่อ p-n ภายใต้การส่องสว่างเป็นไปดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ลักษณะการแสดง กระแส-แรงดัน ของรอยต่อ p-n ของโพลาร์เซลล์ ภายใต้การส่องสว่างในระดับต่างๆกัน ในส่วนของ dark characteristic จะเป็นส่วนของไดโอดแบบ p-n ทั่วๆไป ส่วนของระดับ increasing ของการส่องสว่าง เห็นได้ว่าเส้นกราฟจะตกลงมา

โดยโพลาร์เซลล์ จะทำงานในด้านที่ i เป็นลบ และ V เป็นบวก กำลังเกือบทั้งหมดจะถูกส่งออกมาเมื่อผลผลิตของ iV เป็นค่าสูงสุด และเป็นการบอกค่าของโหลดอิมพีแดนซ์ที่เหมาะสมที่สุดจะต่อคร่อมกับเซลล์ โดยทั่วไปจะใช้ซิลิกอนซึ่งจะสามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนา โดยการใช้ในรูปลักษณะของฟิล์มบางซึ่งเป็นที่คาดกันว่าราคาจะถูกกว่าเดิม

บทที่ 3

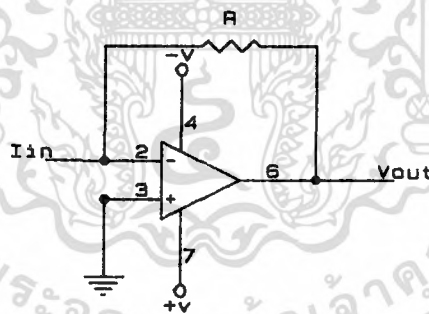
วงจรที่ใช้ในโครงการ

วงจรที่ใช้ในโครงการเป็นวงจรที่นำสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจจับมาเปลี่ยนเป็นสัญญาณที่เหมาะสม โดยในโครงการนี้ใช้วงจรแปลงกระแสเป็นความต่างศักย์ (current to voltage convertor) นอกจากนี้จะนำค่าความต่างศักย์ที่เป็นสัญญาณอนาล็อกนั้นนำมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยใช้วงจรรวมเบอร์ 7107 โดยจะมีตัวแสดงผลเป็น 7-segment

3.1 วงจรเปลี่ยนกระแสเป็นความต่างศักย์

(Current to Voltage convertor)

ตัวตรวจจับ (detector) จะให้กระแสออกมาซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มของพลังงานที่แผ่มากระทบหรือแสงและไม่ขึ้นอยู่กับ load กระแสที่ออกมาเราสามารถเปลี่ยนไปเป็นความต่างศักย์โดยใช้ current to voltage convertor โดยจะมีวงจรพื้นฐานการเปลี่ยนกระแสเป็นความต่างศักย์เป็นวงจรขยายแบบขั้วกลับ แต่จะไม่มีควมต้านทานสัญญาณเข้า ดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 วงจรพื้นฐานของ current to voltage convertor

พิจารณาอัตราขยายความต่างศักย์ในอุดมคติตามสมการ

$$V_o / V_{i_n} = -R_F / R_1 \quad (3.1)$$

ดังนั้น $V_o = -(V_{i_n} / R_1) R_F$

$$V_{i_n} / R_1 = i_{i_n}$$

$$V_o = -i_{i_n} R_F = A i_{i_n}$$

เมื่อ A เป็นอัตราขยายของวงจร (วัดในหน่วยโอห์ม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราขยายเป็นลบแสดงว่าเรากำหนดทิศทางของขั้วของ i_{in} กลับตั้งนั้นต้องกลับขั้วของ V_o ถ้าเราต้องการเปลี่ยนแปลงขนาดของอัตราขยายเราสามารถทำได้โดยใช้ความต้านทานที่ปรับค่าได้แทน R_f ซึ่งบางครั้งเราเรียกววงจรนี้ว่า Potentiometric Amplifier หรือ เรียกอีกอย่างหนึ่งได้ว่า current control voltage source (ccvs) เพราะยอมให้กระแสเข้า i_{in} และให้ความต่างศักย์ขาออก ในบางกรณีการป้อนกลับอาจไม่ใช้ความต้านทานแต่สามารถใช้อิมพีแดนซ์ Z สมการข้างต้นจะกลายเป็น

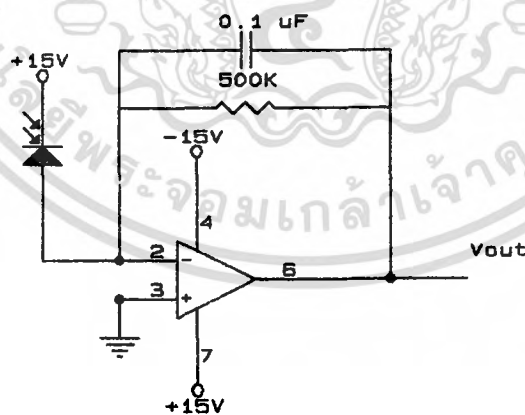
$$V_o = (-Z)i_{in} \quad (3.2)$$

และจะเรียกว่า Transimpedance amplifier

อัตราขยาย R จะเรียกว่า Sensitivity ของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดของการเปลี่ยนแปลง output voltage เมื่อมีการให้ input current เปลี่ยนแปลง สำหรับ Sensitivity $1\mu V/\mu A$ เราต้องใช้ R 1 กิโลโอห์ม สำหรับ Sensitivity $1\mu V/\mu A$ เราต้องใช้ R 1 เมกะโอห์ม

3.2 วงจรแปลงกระแสเป็นความต่างศักย์ที่ใช้ในโครงการ

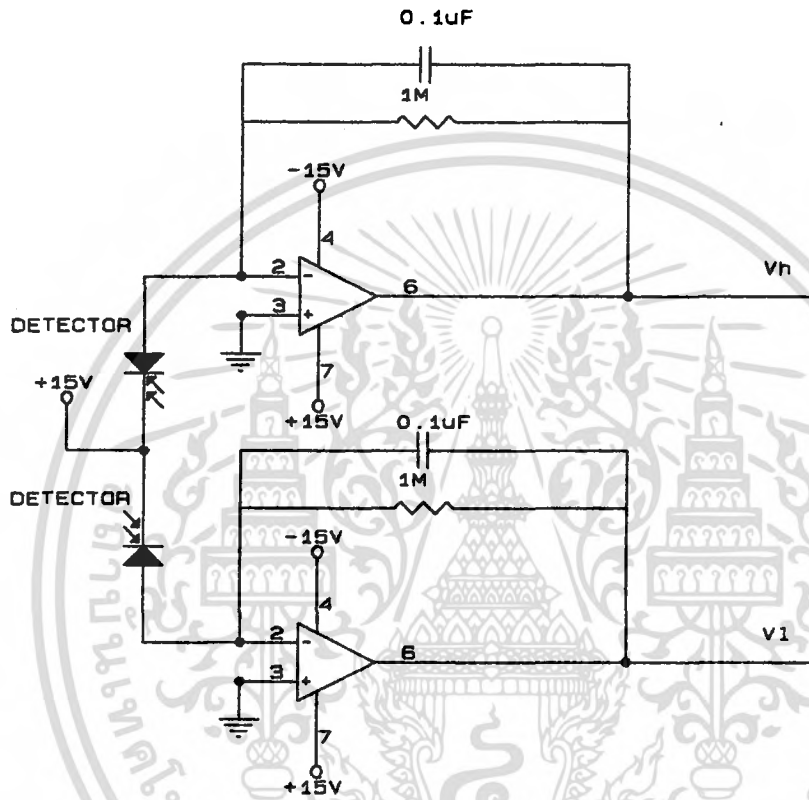
วงจรแปลงกระแสเป็นความต่างศักย์ที่ใช้ในโครงการที่ใช้ในโครงการนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรแปลงกระแสเป็นความต่างศักย์ที่ใช้ในโครงการ โดยค่าจากอุปกรณ์ในวงจรรูปที่ 3.2 จะได้ว่าค่า Sensitivity ของวงจรนี้มีค่า $1V/2\mu A$ และมีอัตราขยายของวงจรเท่ากับ 500 ในหน่วยโอห์ม

นอกจากนี้ยังได้มีการเปลี่ยน Sensitivity ของวงจรโดยใช้ความต้านทานป้อนกลับ 1 เมกะโอห์มซึ่งจะทำให้ได้ Sensitivity เป็น $1V/\mu A$ สำหรับข้อมูลของการดำเนินการนั้นจะกล่าวในส่วนต่อไป

อีกวงจรหนึ่งที่ใช้ในการดำเนินการทดลองจะเป็นวงจรแปลงกระแสเป็นความต่างศักย์ 2 ตัวที่นำสัญญาณขาออก (output) มาบวกกันวงจรแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรผลต่าง

3.3 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (A/D Converter)

ในโลกของการศึกษาทางไฟฟ้าได้มีการพิจารณาสัญญาณทางไฟฟ้าออกเป็น 2 ลักษณะได้แก่ สัญญาณอนาลอกและสัญญาณดิจิตอล สัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณที่มีความเป็นเชิงเส้น คือจะมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเมื่อเทียบกับเวลาเป็นลักษณะเชิงเส้น ส่วนสัญญาณดิจิตอล จะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเพียง 2 สถานะคือสถานะ '1' และสถานะ '0'

การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก และการแปลงสัญญาณอนาลอกกลับไปเป็นสัญญาณดิจิตอล เป็นกระบวนการที่มีความจำเป็นอย่างมากในวงจรไฟฟ้า

เนื่องจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้งานจะมีลักษณะการทำงานที่เกี่ยวข้องกับทั้งสองสัญญาณ ตัวอย่างเช่น ในระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ อุณหภูมิที่ต้องการวัดจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า (ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก) สัญญาณที่ได้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อประมวลผลด้วยระบบไมโครโพรเซสเซอร์ จากนั้น ไมโครโพรเซสเซอร์ก็จะส่งสัญญาณมาควบคุมตัวทำความร้อน ให้เพิ่มอุณหภูมิ หรือ ลดอุณหภูมิ ตามที่ผู้ใช้ได้โปรแกรมไว้

3.3.1 คุณสมบัติของการแปลงสัญญาณ

การใช้งานตัวแปลงสัญญาณ เราจำเป็นต้องรู้ถึงคุณสมบัติบางประการของตัวแปลงสัญญาณชนิดนั้น

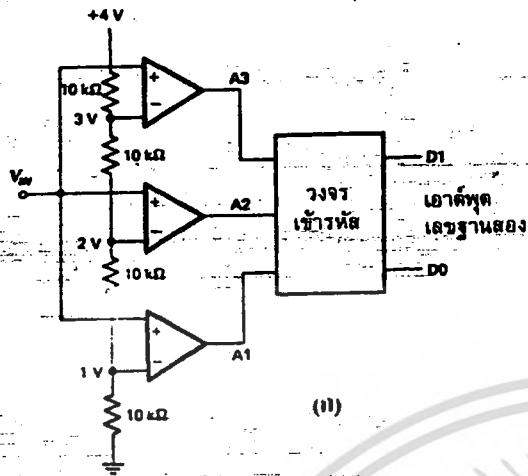
1. ความถูกต้องสัมบูรณ์ (Absolute Accuracy) เป็นค่าของผลต่างระหว่างค่าของสัญญาณอนาล็อกจริงกับค่าของสัญญาณดิจิทัลที่สร้างขึ้น
2. ออโตเมติกซีโร (Automatic Zero) เป็นการปรับค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อชดเชยจากค่าผิดพลาดของการแปลงสัญญาณ (drift error)
3. ค่าสูงสุด (Full scale) ช่วงค่าสูงสุดของสัญญาณอนาล็อกที่จะแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล เช่น $+ 2.000 \text{ V}$
4. ความละเอียดในการแปลงสัญญาณ (Resolution) เป็นค่าซึ่งแสดงถึงการแปลงจะสามารถแยกความแตกต่างของสัญญาณที่ใกล้เคียงกันได้มากที่สุด เช่นตัวแปลงสัญญาณที่มีจะนวน 12 บิต จะมีค่าความละเอียดสูงกว่า ตัวแปลงสัญญาณที่มีจำนวน 4 บิต
5. อัตราการแปลงสัญญาณ (Rating) เป็นค่าซึ่งแสดงถึงความเร็วในการแปลงสัญญาณภายในหนึ่งหน่วยเวลา
6. ค่าความผิดพลาดจากอุณหภูมิ (Temperature Error) ค่าที่แสดงถึงความผิดพลาดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

3.3.2 แบบต่าง ๆ ของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลมีหลายแบบ ดังต่อไปนี้

3.3.2.1. แบบใช้วงจรเปรียบเทียบ (Flash A/D Converter)

วงจรเอททูดี (A To D) แบบนี้ใช้หลักการของการเปรียบเทียบสัญญาณ จากวงจรเปรียบเทียบที่ต่อขนานกัน สัญญาณอนาล็อกจะเข้ามายังวงจรเปรียบเทียบ แล้วผ่านไปยังวงจรเข้ารหัส ดังรูปที่ 3.4



แรงดันอินพุต V_{in} (โวลต์)	เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบ			เอาต์พุตเลขฐานสอง	
	A1	A2	A3	D1	D0
0 - 1	0	0	0	0	0
1 - 2	1	0	0	0	1
2 - 3	1	1	0	1	0
3 - 4	1	1	1	1	1

(ข)

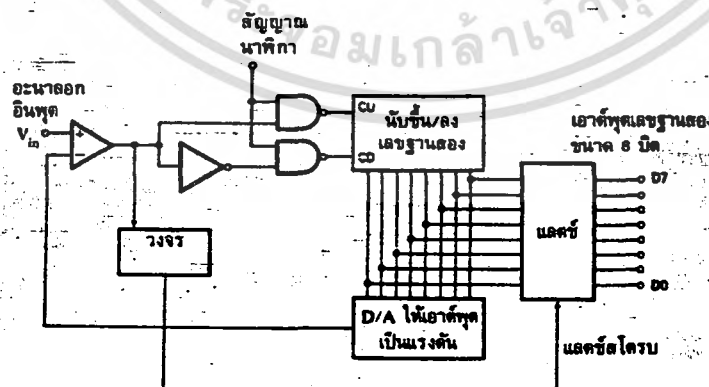
รูปที่ 3.4 ก. แสดงการตีดวงจร parallel comparator A/D converter

ข. ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตที่เป็นอนาลอกกับเอาต์พุตที่เป็นดิจิตอล

ดังนั้นเอาต์พุตแบบนี้ จึงเป็นวงจรที่มีความเร็วในการแปลงสัญญาณสูงมาก แต่ก็ยังมีข้อเสียคือ เมื่อต้องการสัญญาณที่มีความละเอียดสูง วงจรจะมีขนาดใหญ่ เช่น ถ้าต้องการความละเอียด 8 บิต จะต้องใช้วงจรเปรียบเทียบถึง 255 ตัว (จำนวนของวงจรเปรียบเทียบเท่ากับ $2^n - 1$ โดยที่ n เป็นจำนวนบิตของข้อมูล)

3.3.2.2 แบบใช้วงจรรนับและวงจร DAC ประกอบกัน

3.3.2.2.1 แบบวงจรรนับเดี่ยว (Single Counter)

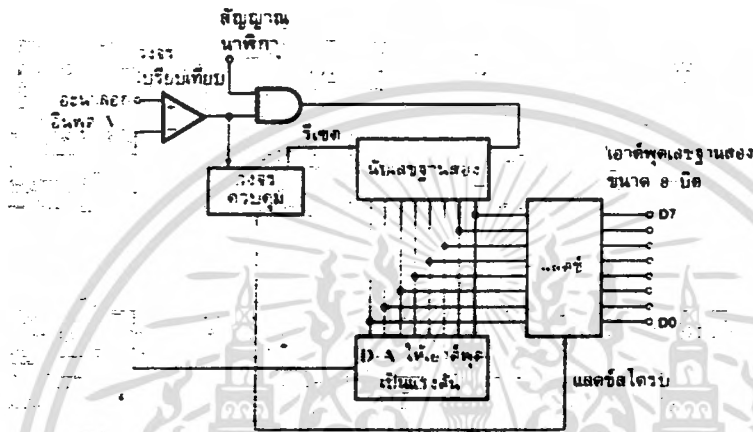


รูปที่ 3.5 วงจรเอาต์พุตแบบวงจรรนับเดี่ยวที่สร้างขึ้นโดยวงจรรนับขึ้นและวงจรเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณแอมป์เชิงเส้น (linear amp) จะประกอบด้วยสัญญาณขั้นบันได เล็กๆ จำนวนมากที่เกิดจากการต่อเอาต์พุตของวงจรนับเข้ากับวงจรแปลงดิจิทัล โดย ขนาดของขั้นบันไดแต่ละขั้นขึ้นอยู่กับจำนวนบิตหรือความละเอียดของดิจิทัล (A TO D) รูปที่ 3.5 แสดงการกำเนิดสัญญาณแอมป์เดี่ยวด้วยวงจรนับขึ้น และวงจรดิจิทัล (แทนวงจรอินทิเกรเตอร์)

3.3.2.2.2 แบบแทร็กกิ้ง (Tracking A/D Converter)



รูปที่ 3.6 วงจรเอทูดิจิทัลที่สร้างขึ้นจากวงจรนับขึ้น/ลง และวงจรดิจิทัล

การทำงานของเอทูดิจิทัลนี้จะคล้ายกับวงจรนับเดี่ยว แต่จะไม่เริ่มนับที่ ศูนย์ จะเริ่มนับขึ้นหรือลงจากค่าสุดท้ายไปยังค่าใหม่ แล้วแต่ค่าแรงดันอินพุตในรอบใหม่ มีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าที่แล้ว ข้อดีของวงจรเอทูดิจิทัลแบบนี้คือ ทำงานได้เร็วขึ้น

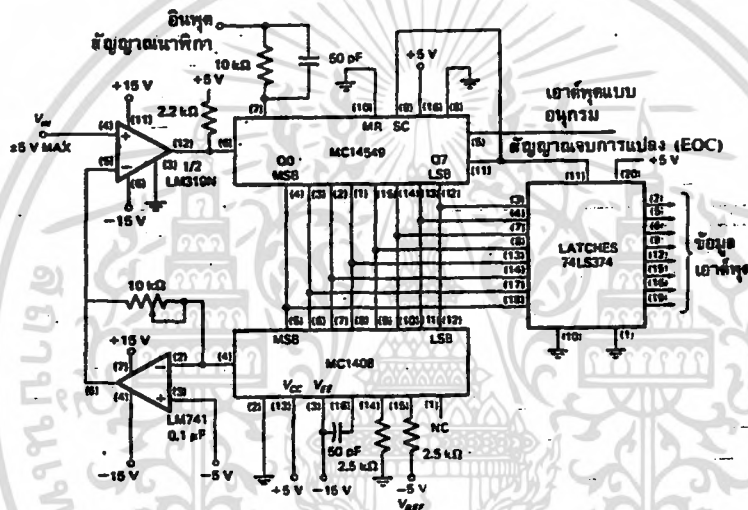
3.3.2.3. แบบใช้การประมาณค่า (Successive Approximation A/D Converter)

วงจรเอทูดิจิทัลแบบนี้มีข้อดีคือ มีความละเอียดสูงซึ่งสามารถกำหนดได้จาก สัญญาณพัลส์นาฬิกาเช่น วงจรแปลงขนาด 8 บิต ต้องใช้พัลส์สัญญาณ 8 ลูก ในขณะที่ วงจรนับต้องใช้พัลส์ถึง 256 ลูก หัวใจสำคัญของเอทูดิจิทัลนี้ได้แก่ Successive Approximation Register (SAR) เมื่อเริ่มเปลี่ยนสัญญาณ พัลส์ลูกแรกจะส่งบิต ที่มีนัยสำคัญสูงสุดไปยังดิจิทัล โดย เอสเออาร์จะรอสัญญาณจากวงจรเปรียบเทียบ ซึ่งจะตรวจสอบว่า เอาต์พุตของวงจรดิจิทัลมากหรือน้อยกว่าแรงดันอินพุต V_{in} ถ้าเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบมีสถานะ "1" เอาต์พุตของดิจิทัลจะต่ำกว่า V_{in} เอสเออาร์ จะเก็บบิตที่มีนัยสำคัญสูงสุดไว้ ถ้าเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบมี สถานะ "0" เอาต์พุตของดิจิทัลจะมากกว่า V_{in} เอสเออาร์จะรีเซตบิตที่มีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงที่สุดนั้น

พัลส์ลูกต่อมาก็ทำเช่นเดียวกัน โดยบิทที่ได้คือบิทที่มีนัยสำคัญรองลงมา เอสเออาร์จะทำงานแบบนี้ไปจนถึงบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด เมื่อแต่ละบิทใช้สัญญาณนาฬิกาครบทุกบิทแล้ว เอสเออาร์จะส่งสัญญาณให้หยุดการแปลง (End of Conversion, EOC) ออกไป สัญญาณนี้จะเป็นตัวบอกว่ามีข้อมูลอยู่ที่อินพุตครบแล้ว แต่ถ้าสัญญาณนี้ถูกต่อไปยังอินพุตที่เป็นจุดเริ่มการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ การเปลี่ยนแปลงสัญญาณก็จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง วงจรดังในรูปที่ 3.7 ออปแอมป์จะเป็นตัวเปลี่ยนกระแสไปเป็นแรงดัน วงจรแบบนี้สามารถรับสัญญาณอนาล็อกที่เป็นรูป ซายน์ (มีค่าแรงดัน จาก -5 ถึง $+5$ V) ได้ และยังมีคามละเอียดสูง



รูปที่ 3.7 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกแบบการประมาณค่า

3.3.2.4. แบบที่ใช้วงจรอินทิเกรต

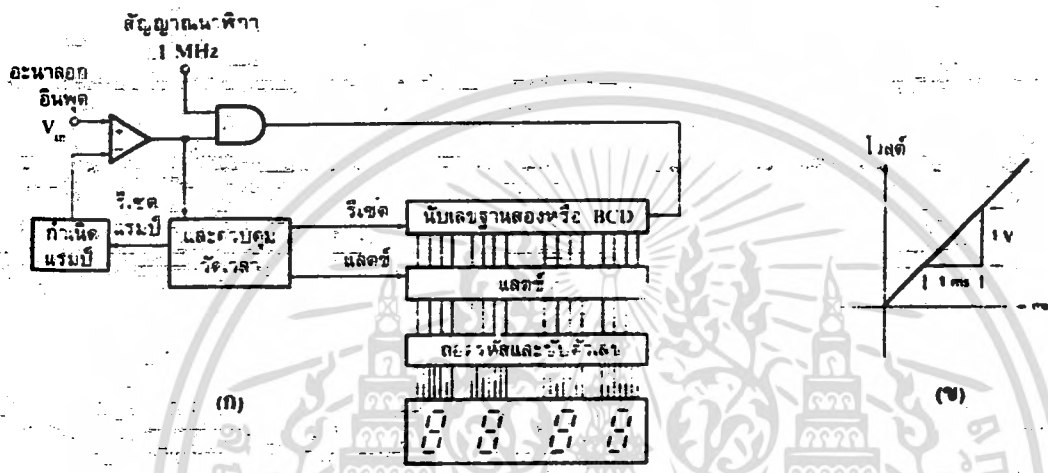
3.3.2.4.1. แบบสโลปเดี่ยว (Single Ramp หรือ

Single slope)

วงจรแอนะล็อกแบบนี้แสดงดังรูปที่ 3.8 ประกอบด้วยวงจรกำเนิดสัญญาณแรมป์, วงจรเปรียบเทียบ, วงจรนับ BCD หรือนับเลขฐานสองเมื่อเริ่มทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ สัญญาณแรมป์ และวงจรรันจะถูกรีเซ็ตให้เป็น "0" แรงดันอนาล็อกถูกป้อนไปยังวงจรเปรียบเทียบทางขาอินพุตแบบไม่ย้อนกลับ วงจรเปรียบเทียบก็จะให้เอาต์พุตเป็นสถานะ "1" ทำให้แอนดเกิดปล่อยสัญญาณนาฬิกา ผ่านไปยังวงจรรันได้และทำให้เริ่มเกิดสัญญาณแรมป์ สัญญาณแรมป์มีแรงดันเพิ่มขึ้นจนมากกว่าแรงดันอินพุต เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบจะเปลี่ยนสถานะเป็น "0" ปิดแอนดเกิด

ทำให้ไม่มีสัญญาณผ่านไปยังวงจรมับ วงจรมับจะหยุดนับและค่าที่นับได้ จะถูกแลตซ์ไว้ จากนั้นจึงทำการรีเซ็ต วงจรมับและวงจรมับสร้างสัญญาณแรมป์

วงจรมับเป็นหลักการเบื้องต้นของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ ซึ่งถ้าใช้วงจรมับ เลขฐานสองแทนแบบ BCD เอาท์พุทก็จะอ่านได้ค่าเลขฐานสองโดยตรง ข้อเสียของ วงจรมับแบบนี้คือ จะไม่สามารถใช้กับงานที่ต้องการความถูกต้องสูงได้ เนื่องจาก วงจรมับมีผลตอบสนองต่ออุณหภูมิ



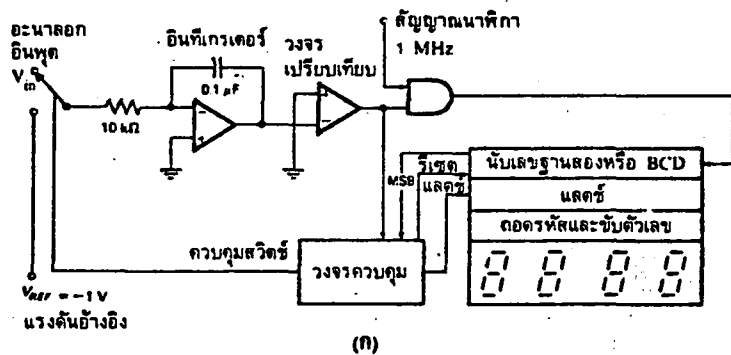
รูปที่ 3.8 วงจรมับแบบสโลปเดี่ยว
 ก) แสดงบล็อกไดอะแกรม
 ข) ความชันของสัญญาณแรมป์

3.3.2.4.2 แบบสโลปคู่ (Dual-Slope A/D converter)

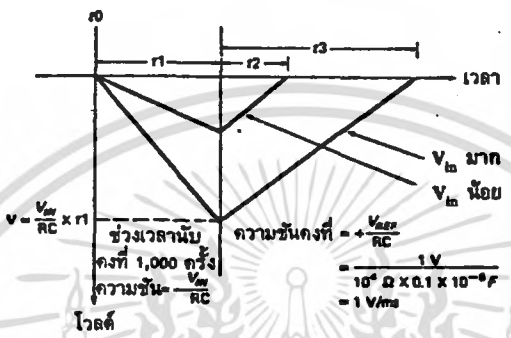
วงจรมับแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบสโลปคู่ อินทิเกรชันนี้ ข้อมูลที่แปลงได้เป็นจำนวนบิต หรือแบบบิต การแปลงสัญญาณแบบสโลปคู่จะไม่ เปรียบเทียบแรงดันที่ต้องการตรงๆ แต่จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิง ค่าหนึ่ง โดยใช้เวลาเป็นตัวกำหนดการทำงาน การทำงานจะเริ่มต้นจากสวิทช์ S_1 รับอินพุทเข้ามาสู่วงจรมับอินทิเกรชันด้วยเวลาคงที่ T_1 เมื่อครบเวลา T_1 สวิทช์ S_1 จะถูกสับกลับไปที่แรงดันอ้างอิงที่มีศักย์ตรงข้ามกับแรงดันอินพุท วงจรมับจะเริ่มต้นนับเวลาไปจนกระทั่ง เอาท์พุทของวงจรมับอินทิเกรเตอร์ โดยที่ T_1 เป็นเวลาที่กำหนดคงที่ และ T_2 เป็นเวลาแปรตามแรงดันอินพุทซึ่งมีความสัมพันธ์

$$T_2 = T_1 * E_{in} / E_{ref} \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.9 วงจรเอททีแบบสไลปคู้

ก) แสดงบล็อกไดอะแกรม

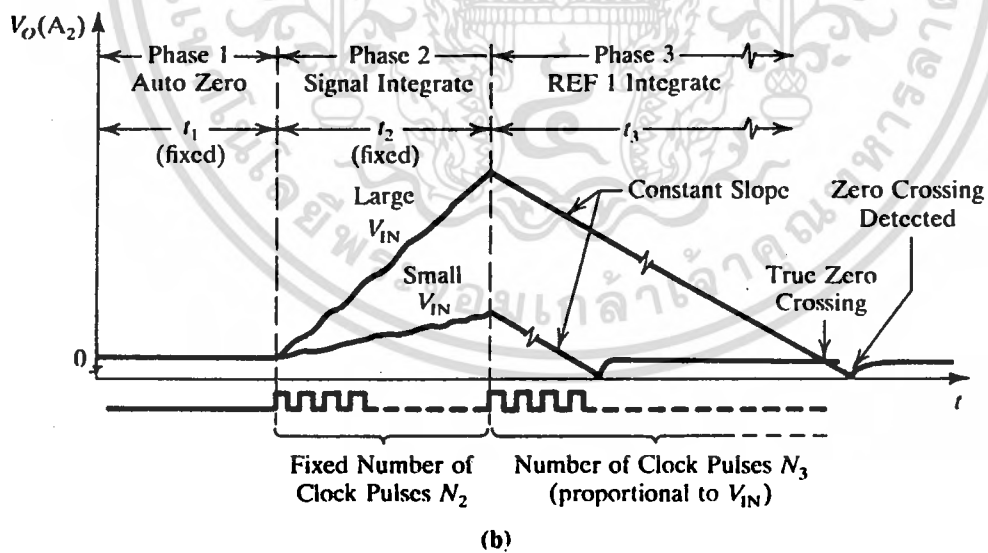
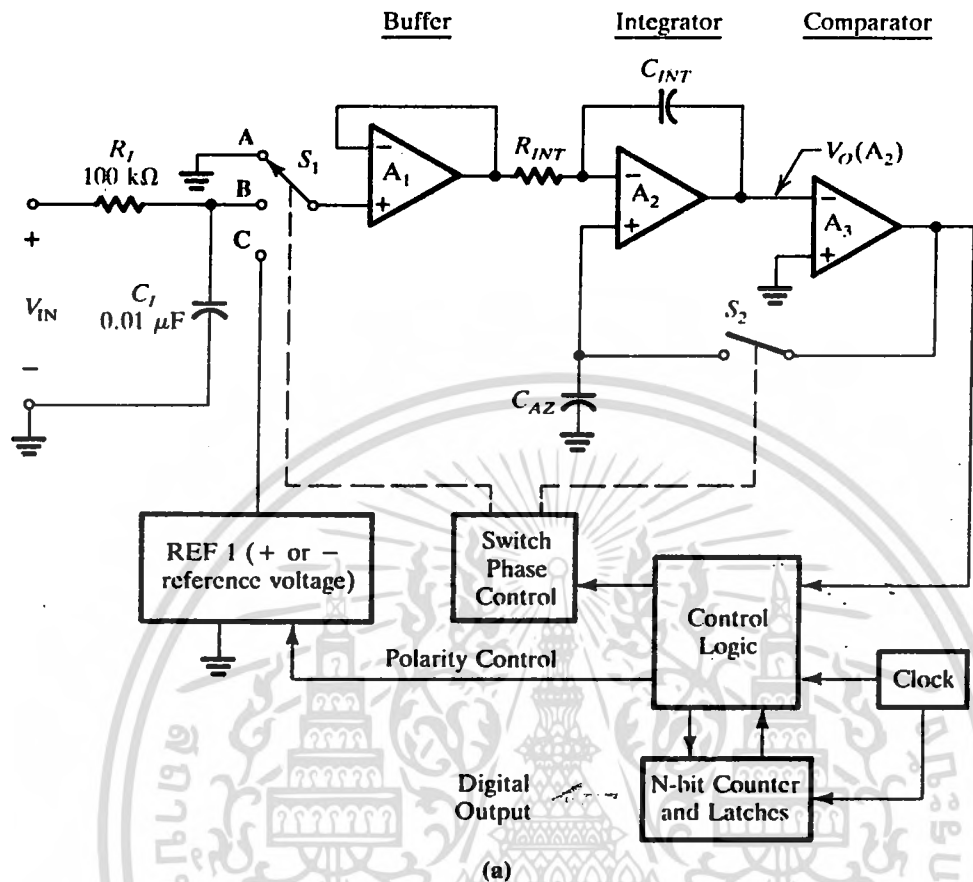
ข) เอาท์พุทของวงจรอินทิเกรเตอร์เมื่อเทียบกับเวลา

ผลของการนับด้วยวงจรมับในเวลา T_2 จะอยู่ในรูปของจำนวนพัลส์ต่อโวลต์ ส่วนเอาท์พุทนั้นจะขึ้นอยู่กับวงจรรวมแต่ละตัว ส่วนแสดงผลจะแสดงผลของการนับออกเป็นค่าโวลต์ หรือเป็นจำนวนบิต ถ้าผลการนับแสดงออกเป็นโวลต์ จะอยู่ในลักษณะของจำนวนหลัก เช่น สามหลักครึ่ง สี่หลักครึ่ง ส่วนข้อมูลที่เป็นจำนวนบิต หรือเลขฐานสอง จะเป็น 8 บิต , 12บิต

จากวงจรสไลปคู้ที่ได้กล่าวมาแล้วได้มีการพัฒนาวงจรดังกล่าวโดยการเพิ่มส่วนออโต-ซีโร (Auto-Zero) แสดงดังรูปที่ 3.10

วงจรนี้ใช้ออปแอมป์เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดันแบบซีโร-ครอสซึ่งมีการชาร์จสัญญาณจากตัวเก็บประจุในวงจรอินทิเกรเตอร์ มีส่วนที่เป็นสัญญาณนาฬิกา และส่วนที่เป็นวงจรมับ ส่วนที่มีการเพิ่มเติมเข้าไปใหม่ คืออินพุตสวิตช์และวงจรออโต-ซีโร เพื่อลดแรงดันออฟเซตที่ซีโร ที่เกิดจากวงจรอินทิเกรเตอร์ และวงจรเปรียบเทียบแรงดัน วงจรแปลงสัญญาณแบบนี้สามารถแปลงสัญญาณ มีค่าความถูกต้องถึงหกหลักครึ่ง (20 บิต) แต่ใช้เวลาจนถึง 100 มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ก) แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบสโโลปคู่ พร้อมส่วนออโต-ซีโร

ข) แสดงชนิดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตของออปแอมป์ A_2

สำหรับสัญญาณอินพุตเป็นลบ และสัญญาณอ้างอิงเป็นบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.10 ก) และ ข) ในส่วนของไซเคิลแรก (เฟส 1) เริ่มจากส่วนอินพุทของวงจรขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้าแบบเป็นบัฟเฟอร์ต่อกับกราวด์ (สวิทช์ S_1 อยู่ที่ตำแหน่ง A) ขณะที่สวิทช์ S_2 จะปิดวงจรเพื่อชาร์จสัญญาณเข้าตัวเก็บประจุออร์โต-ซีโร C_{int} ด้วยเหตุนี้ผลการคำนวณค่าแรงดันออฟเซตที่ซีโรที่ผลิตผลของออปแอมป์ A_1 และ A_2 และวงจรเปรียบเทียบแรงดัน A_3 จะถูกเก็บไว้ใน C_{int} เนื่องจากวงจรเปรียบเทียบแรงดัน A_3 รวมอยู่ในลูป จะแก้ไขแรงดันออฟเซตที่เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นเองในวงจร โดยปกติจะมีค่าประมาณ 10 ไมโครโวลต์ เวลา t_1 ที่กำหนดค่าไว้แล้วเป็นเวลาที่ใช้ในโหมดออร์โต-ซีโร แต่ในกรณีอื่นอาจจะถูกเซทให้มีค่ามากกว่า 20 เท่าของเวลาการชาร์จที่มีผลต่อการรวมสัญญาณที่เลื่อนไปเทอมสั้นๆ

ส่วนเริ่มของเฟสที่สองลูปของออร์โต-ซีโร จะเปิดออก (สวิทช์ S_2 เปิดออก) และสวิทช์อินพุท S_1 จะต่อเข้ากับจุด B (ต่อกับสัญญาณอินพุท V_{in}) วงจรอินทิเกรเตอร์ A_2 จะอินทิเกรตสัญญาณอินพุทในเวลา t_2 ที่กำหนดค่าไว้แล้ว ในขณะที่เดียวกัน วงจรนี้จะถูกทริกที่จุดเริ่มต้นของเฟสสอง และจะมีค่าเป็นไปตามจำนวนเลขที่ถูกกำหนดไว้ของพัลส์สัญญาณนาฬิกา ที่จุดสุดท้ายของ t_2 อยู่ในตำแหน่งจุด C ซึ่งถูกกำหนดไว้กับแหล่งจ่ายสัญญาณแรงดันอ้างอิง จะมีลักษณะสัญญาณที่ตรงข้ามกับสัญญาณอินพุท ด้วยเหตุนี้ระหว่างที่อยู่ในเฟสสอง ความสำคัญของการคำนวณ V_{ref} จะมีค่าที่เซตค่าแรงดันอ้างอิง ให้มีความสำคัญเดียวกัน

เนื่องจากแรงดันอ้างอิงได้ถูกกำหนดค่าไว้แล้ว สโลปของสัญญาณเอาต์พุทของออปแอมป์ A_2 จะมีผลดีอินทิเกรตสัญญาณอินพุทกลับไปยังศูนย์ สิ่งสำคัญมากที่สุดที่ใช้ในส่วนของแรงดันอ้างอิง ต้องมีค่ามากกว่าค่ามากที่สุดของสัญญาณอินพุท วงจรเปรียบเทียบแรงดัน A_3 เป็นแบบ ซีโร-ดรอสซึ่ง สัญญาณอินพุทจนจบสามเฟส และหยุดวงจรรีบ และรีเซตที่จุดเริ่มต้นของเฟสสามด้วยเหตุนี้ สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปที่เอาต์พุทของออปแอมป์ A_2 เป็นจุดสุดท้ายของ t_2 มีค่า

$$V_{o(z)} \cdot (t=t_2) = -[V_{in} / (R_{int} \cdot C_{int}) \cdot t_2] \quad (3.4)$$

และที่จุดสุดท้ายของ t_3

$$V_{o(z)} \cdot (t=t_3) = -[V_{ref} / (R_{int} \cdot C_{int}) \cdot t_2] \quad (3.5)$$

เนื่องจากค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงเท่ากัน ค่าเวลา t_3 มีค่า (หรือค่า N_3 คือ จำนวนพัลส์ทั้งหมดในระหว่าง t_3)

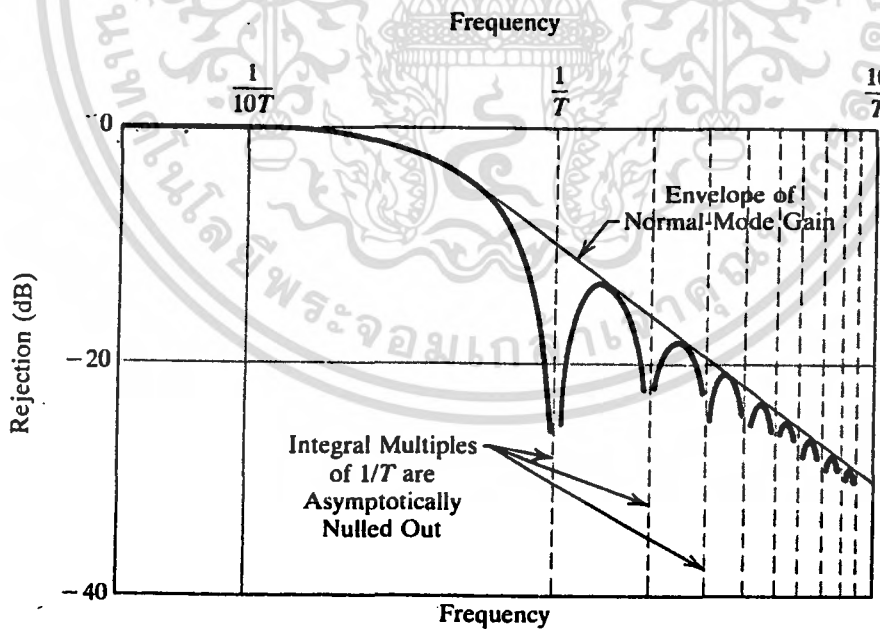
$$t_3 = V_{in} - (t_2/V_{ref}) \quad (3.6)$$

ค่าในเทอมของจำนวนพัลส์ คือ

$$N_3 = V_{in} (N_2/V_{ref}) \quad (3.7)$$

จากสมการข้างต้นจะพบว่าความถูกต้องของการแปลงข้อมูลไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าความถูกต้องของแรงดันอ้างอิง และความถูกต้องของสัญญาณนาฬิกา เท่านั้นแต่ยังขึ้นกับเสถียรภาพของตัวเก็บประจุในวงจรอินทิเกรเตอร์ C_{int} ที่เปลี่ยนแปลง ยกเว้นค่าที่ไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการแปลงข้อมูลในแต่ละไซเคิล

ข้อดีของวงจรแปลงสัญญาณแบบนี้ การอินทิเกรตสัญญาณคาบเวลา t_2 สามารถเซตให้เท่ากับค่าจำนวนเต็มของค่าสัญญาณอินพุท ที่มีสัญญาณความถี่สมกันหลายความถี่ จะถูกอินทิเกรตเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ ที่เอาท์พุทของวงจรอินทิเกรเตอร์ การขจัดนี้เรียกว่า โหมดนอร์มอล (normal mode or line frequency rejection) แสดงในรูปที่ 3.11



รูป 3.11 แสดงการขจัดสัญญาณในโหมดนอร์มอลของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณดิจิทัลแบบ สโโลปคู่อินทิเกรชันพร้อมด้วยส่วนออร์โต-ซีโร ($t_2 = T$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าวงจรนี้จะสามารถแปลงสัญญาณอนาล็อกในย่านความถี่ต่ำได้ดี แต่ก็ยังมีข้อผิดพลาดที่เกิดจากกระแสรั่วที่สวิตช์ S_2 มีค่าประมาณน้อยกว่า 10 พิโคแอมป์ ซึ่งส่งผลไปลดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ถูกเก็บไว้ใน C_+ และ C_{in} และปัญหาที่เกิดขึ้นจากสวิตช์ S_1 และ S_2 ก็ยังมีผลต่อออปแอมป์ A_1 และ A_2 ทำให้เกิดความไม่เป็นเชิงเส้นที่เอาท์พุท ซึ่งเหมือนกับผลของค่าสลูน-เรท ในออปแอมป์ A_1 ขณะที่สวิตช์ S_1 ได้จากแหล่งจ่ายแรงดันอ้างอิงกราวด์ ตัวเก็บประจุ C_{in} และ C_+ จะมีค่าการคูณกลืนไดอิเล็กตริกเกิดขึ้น แต่เราสามารถทำให้ลดลงได้โดย การใช้ตัวเก็บประจุแบบโพลีโอสไตรลีน โพลีโพรพิลีน นอกจากนี้ยังมีการดีเลย์ (delay) ในระหว่างการทำซีโร-ครอสซึ่งที่เอาท์พุทออปแอมป์ A_2 กับการทำซีโร-ครอสซึ่ง โดยส่วนควบคุมลอจิก ซึ่งจะมีผลให้เกิดความแตกต่างในจำนวนของการนับ N_0 เท่ากับค่าความผิดพลาดส่วนที่เหลือใน ออร์โต-ซีโร จึงจำเป็นต้องเก็บผลรวมของค่าความผิดพลาดทั้งหมดให้มีค่าน้อยกว่า $1/2$ LSB สำหรับการแปลงข้อมูลเอาท์พุท

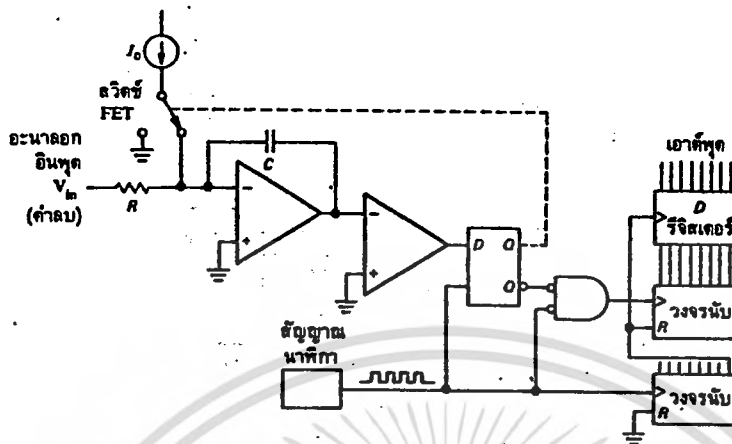
3.3.2.4.3. แบบชาร์จบาลานซ์ (Charge Balance A/D Convertors)

วงจรเปลี่ยนสัญญาณเอาต์แบบชาร์จบาลานซ์ ใช้วงจรสำคัญคล้ายกับแบบสโลปคันทันเอง แต่แทนที่จะให้อินพุทสวิตช์ไปมาระหว่างแรงดันที่ไม่รู้ค่ากับแรงดันอ้างอิง ก็ทำการแทรกพัลส์ของกระแสอ้างอิงมาตรงๆ ที่จุดรวม (summing point) ของวงจรอินทิเกรเตอร์ในช่วงเวลาที่คงที่ โดยที่จำนวนของพัลส์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันอินพุทที่ไม่รู้ค่า

ประโยชน์ของเทคนิคนี้คือ แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุของวงจรอินทิเกรเตอร์จะมีค่าใกล้เคียง 0 V ดังนั้น จึงไม่เกิดความผิดพลาดจากผลของกระแสรั่วไหล เอาต์ซิงคัลนี้จึงมีความถูกต้องสูงกว่าแบบสโลปคันทัน

3.3.2.4.4. แบบเดลต้า-ซิกมา (Delta-Sigma A/D Convertors)

จากวงจรรูปที่ 3.12 เมื่อมีแรงดันอินพุทป้อนเข้าไปที่วงจรอินทิเกรเตอร์ จะให้เอาท์พุทไปเข้าวงจรเปรียบเทียบ เปรียบเทียบกับแรงดันคงที่ (จากรูป คือ กราวด์) พัลส์ของกระแสที่ได้ขึ้นอยู่กับเอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบ โดยสวิตช์ที่ทำงานจากเฟสจะควบคุมให้กระแสเข้าไปยังที่จุดรวมหรือลงกราวด์ไป ส่วนวงจรมัน จะนับจำนวนพัลส์ด้วยหลักการที่คล้ายกัน



รูปที่ 3.12 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแบบเดลต้า-ซิกมา

จุดสำคัญของอินทิเกรตติ้งเทคนิค คือ อินพุตที่ให้กับวงจรรีจิสเตอร์ ต้องเป็นกระแส ไอซีคอนเวอร์เตอร์บางตัวอาจมีอินพุตได้ 2 ขา แต่จะมีขาหนึ่ง ต่อตรงกับจุด summing point ใช้กับอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสโดยตรง ถ้าให้อินพุตเป็นกระแส ไม่ต้องคำนึงถึงแรงดันออฟเซตของวงจรรีจิสเตอร์ แต่ถ้าหากใช้กับอินพุตที่เป็นแรงดัน (ที่ต้องมีตัวต้านทานต่ออนุกรมอยู่ เพื่อให้ได้กระแส) ต้องปรับออฟเซตของออปแอมป์เสียก่อน การใช้อินพุตเป็นกระแส ทำให้งานการใช้งานทางไฟสลั๊กกว้าง ไอซีแบบชาร์จ-บาลานซ์ มักประกอบด้วย วงจรแปลงแรงดันเป็นความถี่อยู่ด้วย ดังนั้นถ้าหากต้องการเอาท์พุตเป็นความถี่ก็สามารถเลือกได้

3.3.2.5 ไอซีที่ใช้ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ใช้ในโครงการ

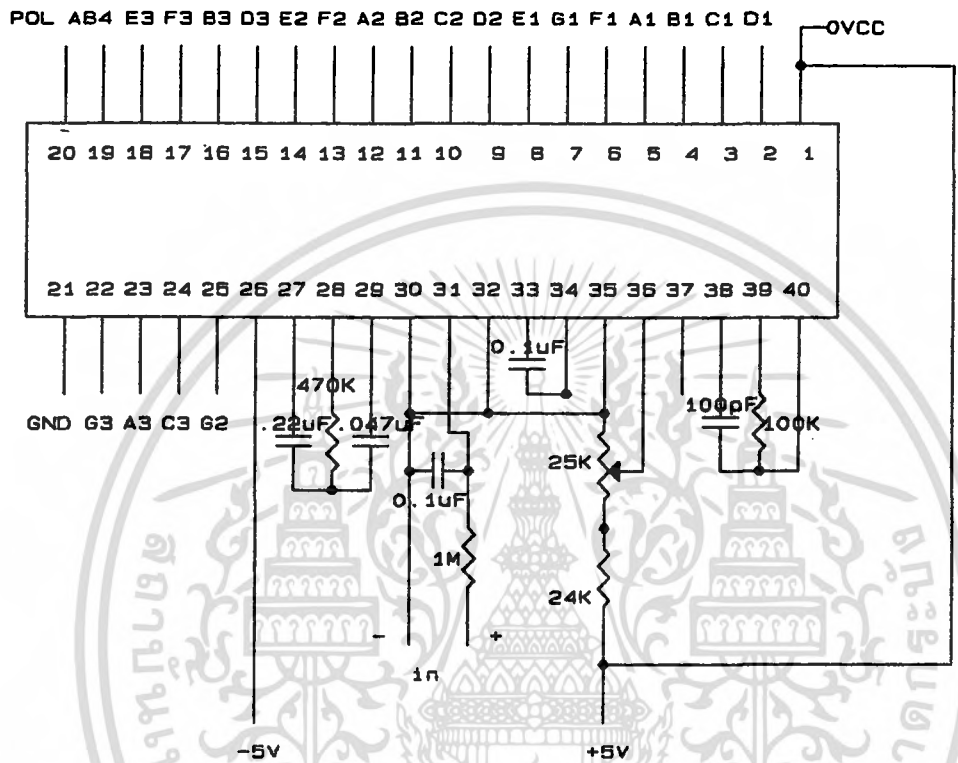
วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลในโครงการนี้ได้ใช้ไอซีเบอร์ ICL7107 โดยมีตัวแสดงผลเป็น 7-segment

รายละเอียดทั่วไปของไอซี

ICL7107 เป็น ไอซี ที่แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล ของบริษัท INTERSIL ภายในไอซี ประกอบไปด้วยตัวถอดรหัส 7-segment, ตัวขับการแสดงผลและลูกคลื่นนาฬิกา มีความเที่ยงตรงสูง มี ซีโร-ดริฟท์ น้อยกว่า $1\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ กระแสไบแอสสูงสุด 10 pA สามารถใช้ขับตัวแสดงผลโดยตรง ไม่ต้องการส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

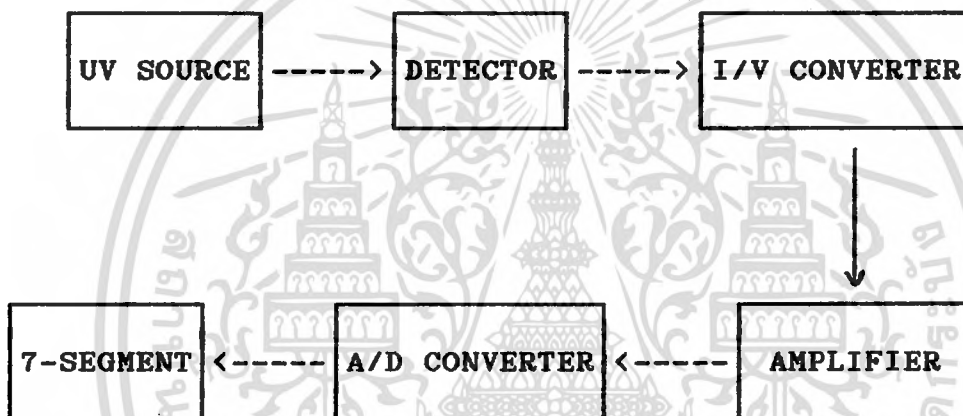
ประกอบอื่นๆ มีสัญญาณรบกวนต่ำคือ น้อยกว่า $15 \mu\text{V}$ การสูญเสียพลังงานต่ำ (น้อยกว่า 10 mW) วงจรที่ใช้แสดงดังรูป 3.13



รูปที่ 3.13 วงจรที่ใช้แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ใช้ในโครงการ

บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบในโครงการนี้ส่วนใหญ่จะเป็นการทดสอบเพื่อเลือกหาแหล่งกำเนิดแสงอุลตราไวโอเลตและตัวตรวจจับแสงอุลตราไวโอเลตในแต่ละชนิดที่หามาได้ว่ามีความเหมาะสมของแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจจับมากน้อยเพียงใด โดยจะใช้แหล่งกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน กำลังงานต่างกัน ส่วนในตัวตรวจจับนั้นจะใช้ตัวตรวจจับชนิดต่าง ๆ กัน โดยจะนำสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจจับมาผ่านวงจรเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดันและใช้วงจรขยายทำการขยายสัญญาณให้มีขนาดใหญ่ขึ้น แสดงได้ดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 4.1



บล็อกไดอะแกรมรูปที่ 4.1

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- สำหรับแหล่งกำเนิดแสงที่นำมาใช้ในการทดสอบนั้นจะใช้แหล่งกำเนิดแสงดังนี้
- หลอดฟลูออเรสเซนต์ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร
 - หลอดฟลูออเรสเซนต์ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร
 - หลอดฆ่าเชื้อฟลูออเรสเซนต์ 15 วัตต์
 - หลอดคายประจุ 6 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตัวตรวจจับที่นำมาทดสอบจะมีดังนี้

-Phototransistor :MRD 3443

-Solar Cell

-Photodiode :UV 005,RS 303-674

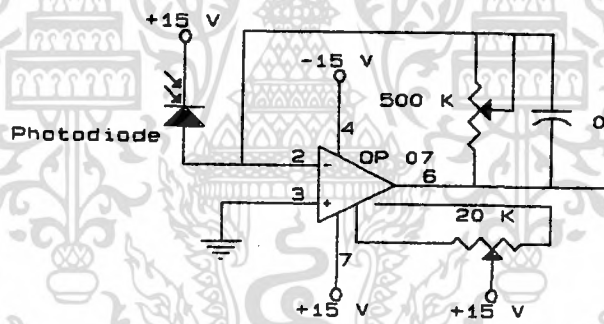
วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

1. การทดสอบแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจจับ Photodiode จุดประสงค์ในการทดสอบคือเพื่อศึกษาความเหมาะสมแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่าง ๆ กับตัวตรวจจับ Photodiode

วิธีการทดสอบ

วิธีการในการทดสอบสามารถสรุปเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ต่อวงจรที่ใช้ในการทดสอบ โดยจะใช้วงจรดังรูปข้างล่าง โดยใช้ UV 005 เป็นตัวตรวจจับ



2. ใช้แหล่งกำเนิดแสงหลอดฟลูออเรสเซนต์ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร นำมาส่องให้แสงตรงกับตัวตรวจจับ
3. อ่านค่าจากอุปกรณ์แสดงผล ในที่นี้จะป็นมิเตอร์ บันทึกค่าที่อ่านได้
4. ทำการอ่านค่าทุก ๆ 10 วินาที เป็นเวลา 3 นาที บันทึกค่า
5. เปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสงเป็น
 - หลอดฟลูออเรสเซนต์ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร
 - หลอดฆ่าเชื้อฟลูออเรสเซนต์ 15 วัตต์
 - หลอดคายประจุ 6 วัตต์
6. นำผลที่ได้มาวาดกราฟ
7. เปลี่ยนตัวตรวจจับเป็น RS 303-674 ทำการทดลองซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ UV 005 กับ แหล่งกำเนิดแสง 254 และ 366 nm ตามลำดับ

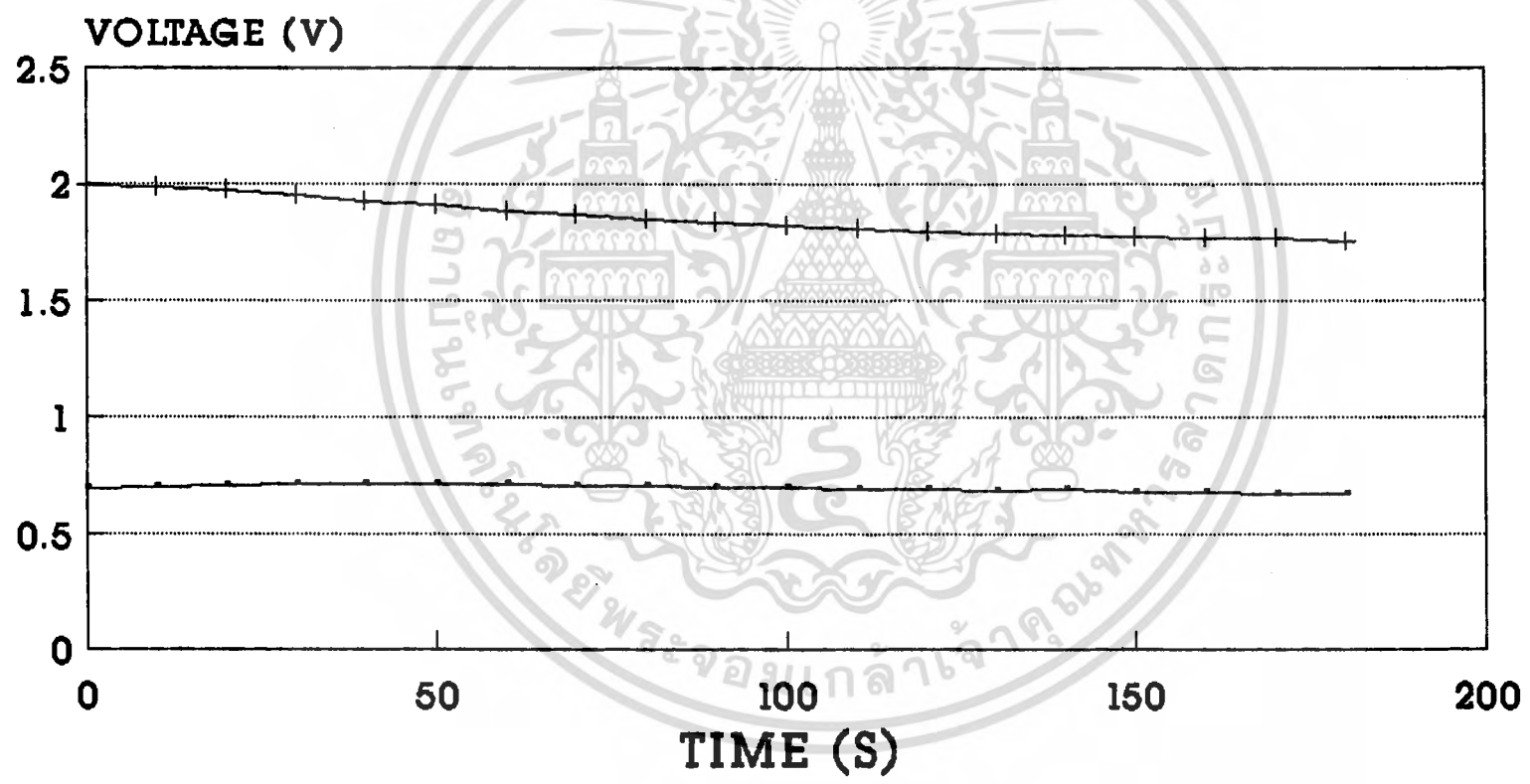
เวลา(วินาที)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 254 nm (V)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 366 nm (V)
0	0.687	1.992
10	0.698	1.982
20	0.706	1.971
30	0.711	1.95
40	0.712	1.925
50	0.711	1.907
60	0.708	1.884
70	0.705	1.865
80	0.702	1.848
90	0.697	1.833
100	0.694	1.816
110	0.69	1.807
120	0.686	1.794
130	0.683	1.785
140	0.689	1.777
150	0.676	1.77
160	0.673	1.762
170	0.671	1.762
180	0.668	1.752

* ใช้ความต้านทานป้อนกลับ 500 KOHM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UV 005

254 and 366 nm



— 254 nm + 366 nm

ตารางที่ 2 แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ UV 005 กับ แหล่งกำเนิดแสง 254,366 nm และ 15 วัตต์ ตามลำดับ

เวลา(วินาที)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 254 nm (V)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 366 nm (V)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 15 วัตต์ (V)
0	2.35	6.70	0.151
10	2.5	7.02	0.153
20	2.64	7.19	0.155
30	2.76	7.24	0.156
40	2.84	7.25	0.156
50	2.89	7.23	0.156
60	2.92	7.16	0.156
70	2.93	7.11	0.156
80	2.942	7.03	0.155
90	2.946	6.97	0.155
100	2.946	6.91	0.153
110	2.94	6.86	0.152
120	2.933	6.80	0.152
130	2.92	6.75	0.151
140	2.915	6.72	0.150
150	2.906	6.67	0.149
160	2.897	6.64	0.148
170	2.883	6.61	0.147
180	2.87	6.57	0.146
190	2.856	6.55	0.145
200	2.84	6.53	0.145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

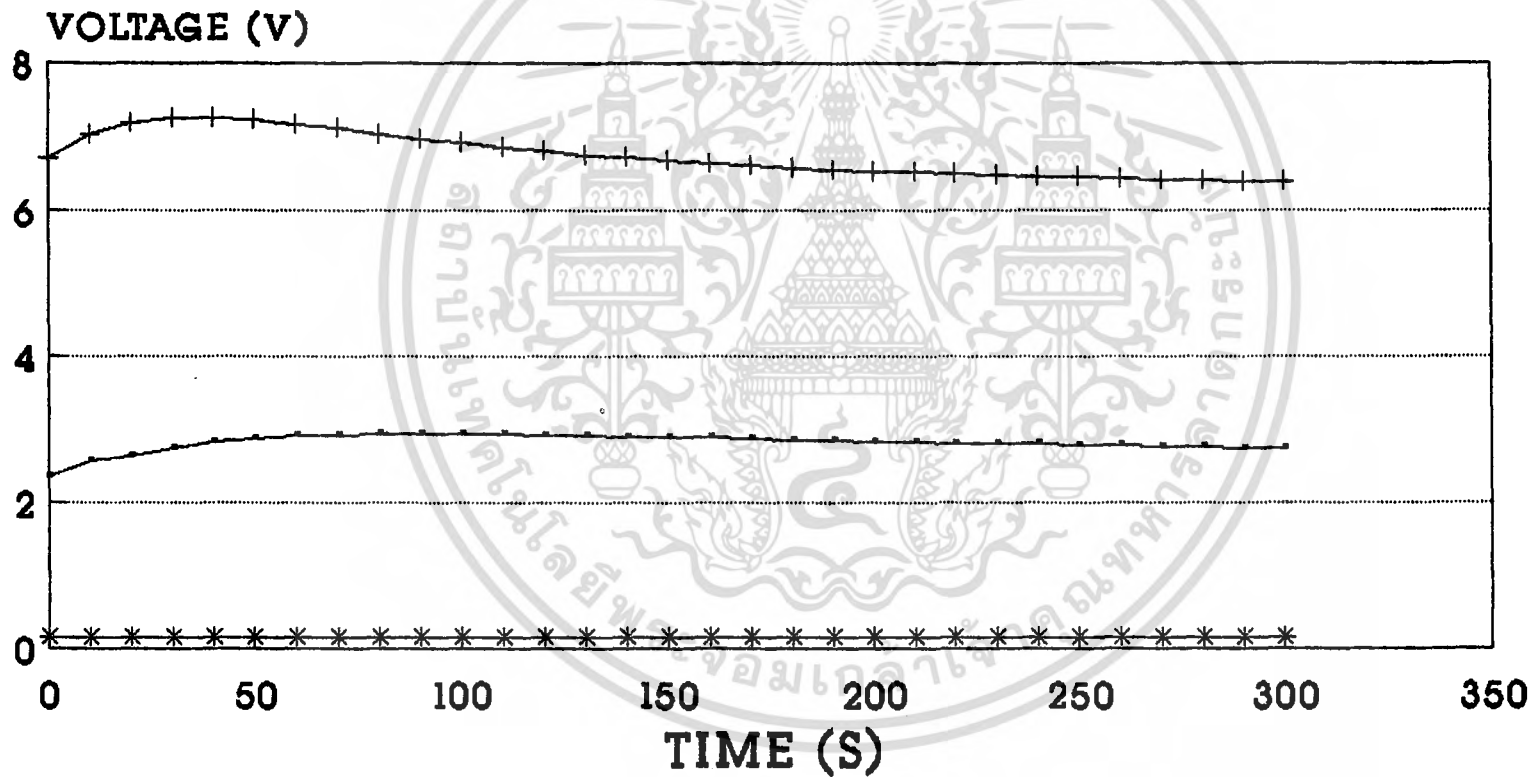
ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ UV 005 กับ แหล่งกำเนิดแสง 254,366 nm และ 15 วัตต์ ตามลำดับ

เวลา(วินาที)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 254 nm (V)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 366 nm (V)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 15 วัตต์ (V)
210	2.84	6.52	0.145
220	2.827	6.50	0.143
230	2.814	6.48	0.143
240	2.811	6.45	0.142
250	2.79	6.45	0.142
260	2.787	6.44	0.141
270	2.785	6.42	0.141
280	2.775	6.42	0.140
290	2.762	6.40	0.140
300	2.766	6.39	0.139

*ใช้ความต้านทานป้อนกลับ 1 MOHM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UV 005 at 254,366 nm and UV 15 watt



— 254 nm + 366 nm * UV 15 watt

ตารางที่ 3 แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจذب UV 005 กับ แหล่งกำเนิดแสง UV 6 วัตต์

เวลา (วินาที)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
0	17.4
10	17.5
20	17.5
30	18
40	18.2
50	18.3
60	18.5
70	18.7
80	18.8
90	18.8
100	19
110	19.1
120	19.3
130	19.1
140	19
150	18.9
160	18.8
170	18.8
180	18.7
190	18.6
200	18.4

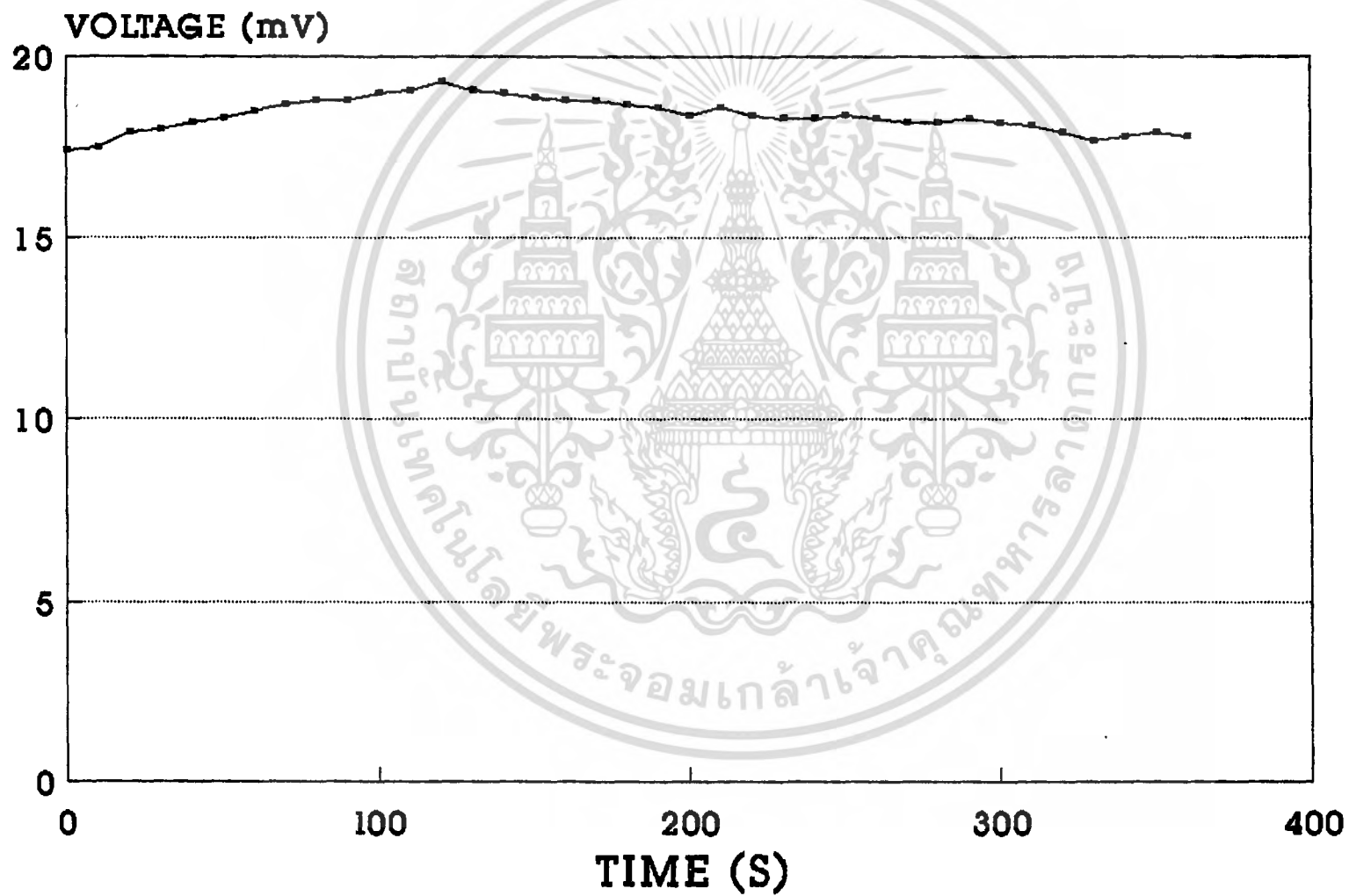
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 (ต่อ) แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ UV 005 กับ แหล่งกำเนิดแสง UV 6 วัตต์

เวลา (วินาที)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
210	18.6
220	18.4
230	18.3
240	18.3
250	18.4
260	18.3
270	18.2
280	18.2
290	18.3
300	18.2
310	18.1
320	17.9
330	17.7
340	17.8
350	17.9
360	17.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UV005 UV 6 W



ตารางที่ 4 แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ UV 005 กับ แหล่งกำเนิดแสง UV 15 วัตต์

เวลา (วินาที)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
0	151
10	153
20	155
30	156
40	156
50	156
60	156
70	156
80	155
90	155
100	153
110	152
120	152
130	151
140	150
150	149
160	148
170	147
180	146
190	145
200	145

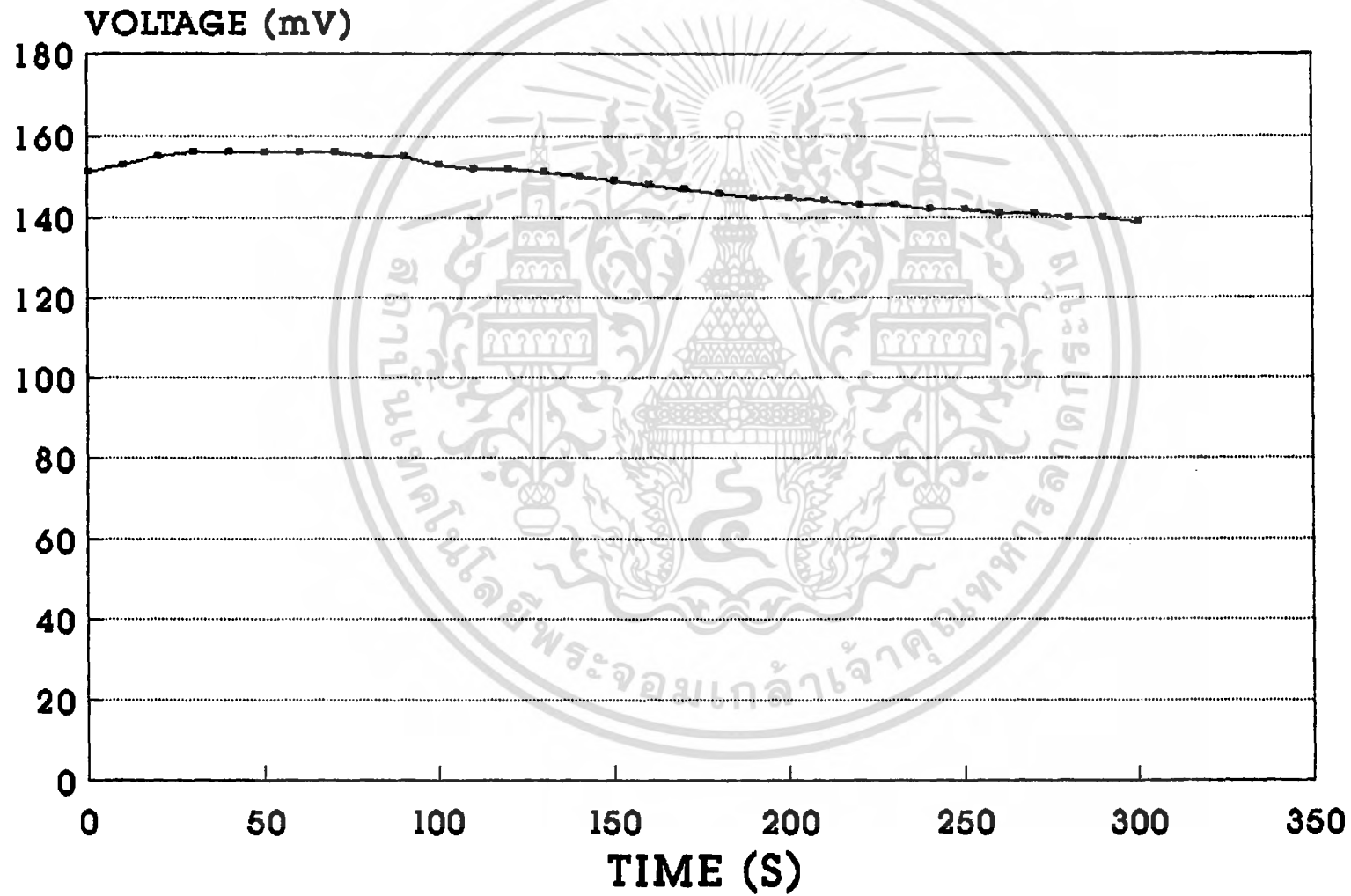
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 (ต่อ) แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ UV 005 กับ แหล่งกำเนิดแสง UV 15 วัตต์

เวลา (วินาที)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
210	144
220	143
230	143
240	142
250	142
260	141
270	141
280	140
290	140
300	139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UV 005 source 15 watt



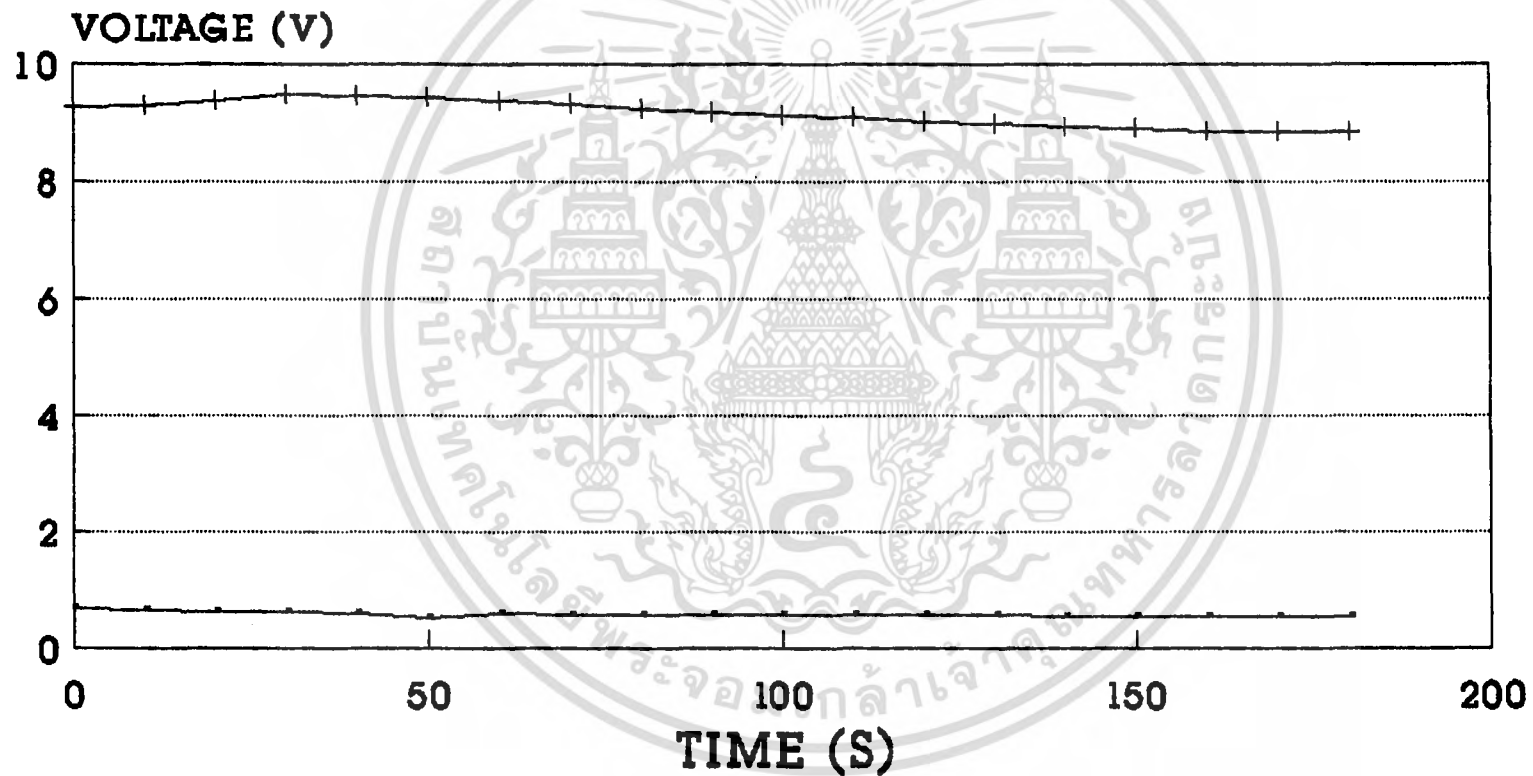
ตารางที่ 5 แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 กับ แหล่งกำเนิดแสง 254 และ 366 nm ตามลำดับ

เวลา(วินาที)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 254 nm (V)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 366 nm (V)
0	0.663	9.24
10	0.642	9.28
20	0.624	9.35
30	0.612	9.46
40	0.603	9.44
50	0.519	9.41
60	0.583	9.35
70	0.578	9.29
80	0.574	9.23
90	0.568	9.18
100	0.564	9.11
110	0.56	9.08
120	0.557	9.01
130	0.556	8.97
140	0.551	8.93
150	0.548	8.89
160	0.546	8.85
170	0.54	8.83
180	0.528	8.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS 303-674

254 and 366 nm



— 254 nm —+ 366 nm

ตารางที่ 6 แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 กับ แหล่งกำเนิดแสง 254,366 nm และ 15 วัตต์ ตามลำดับ

เวลา(วินาที)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 254 nm (V)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 366 nm (V)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 15 วัตต์ (V)
0	0.960	7.30	1.382
10	0.780	7.49	1.394
20	0.706	7.55	1.389
30	0.654	7.53	1.381
40	0.622	7.48	1.377
50	0.603	7.42	1.372
60	0.582	7.33	1.366
70	0.564	7.25	1.362
80	0.560	7.18	1.355
90	0.553	7.10	1.351
100	0.552	7.04	1.349
110	0.548	6.98	1.344
120	0.542	6.92	1.341
130	0.538	6.89	1.336
140	0.536	6.85	1.332
150	.0531	6.81	1.330
160	0.528	6.85	1.329
170	0.526	6.80	1.323
180	0.522	6.77	1.324
190	0.520	6.75	1.339
200	0.517	6.71	1.344

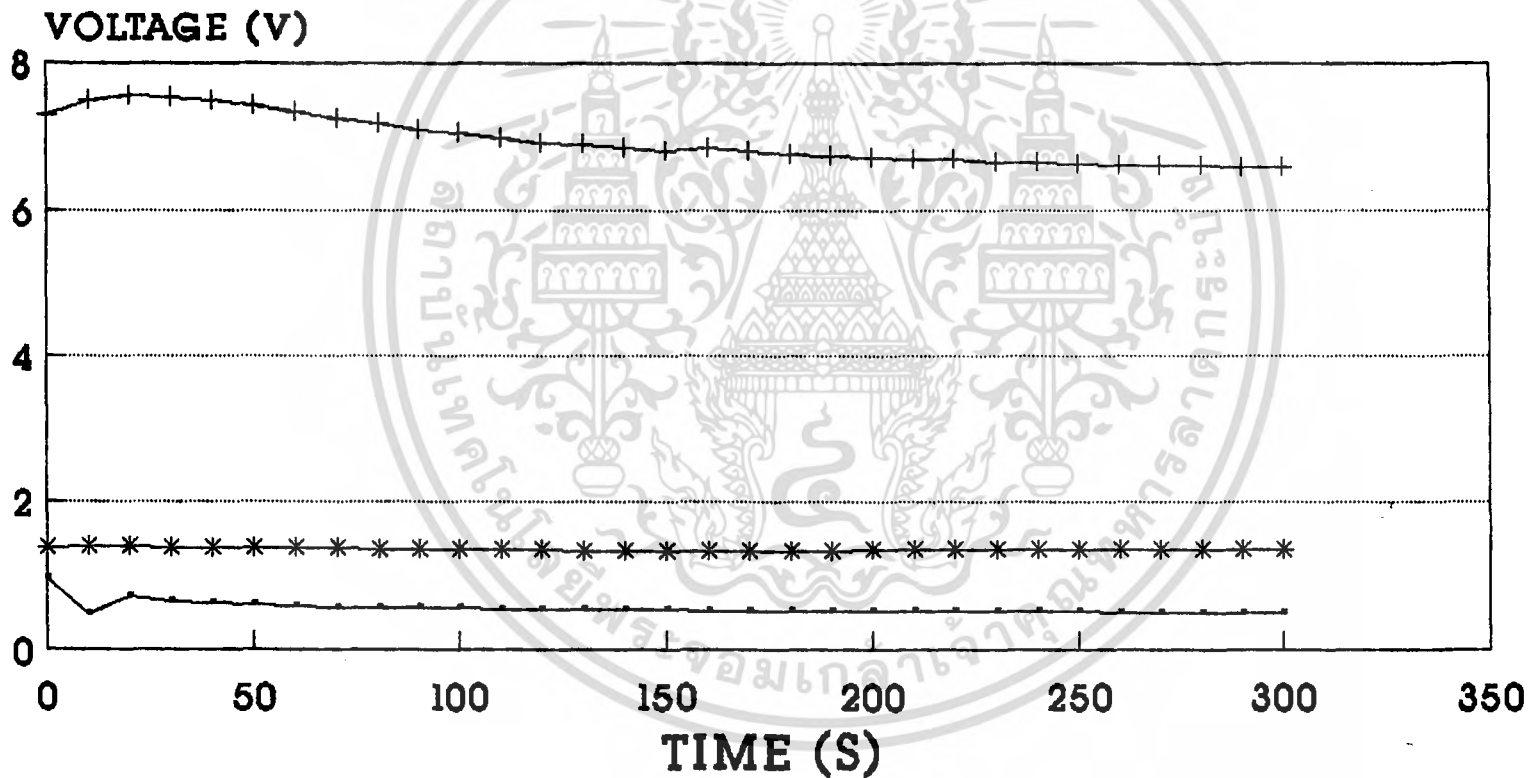
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 (ต่อ) แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674
กับแหล่งกำเนิดแสง 254, 366 nm และ 15 วัตต์ ตามลำดับ

เวลา(วินาที)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 254 nm (V)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 366 nm (V)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 15 วัตต์ (V)
210	0.515	6.69	1.355
220	0.514	6.69	1.354
230	0.511	6.66	1.353
240	0.510	6.65	1.351
250	0.509	6.64	1.351
260	0.504	6.62	1.347
270	0.502	6.61	1.346
280	0.497	6.61	1.346
290	0.494	6.59	1.345
300	0.493	6.59	1.342

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS 303-674 at 254,366 nm and UV 15 watt



— 254 nm + 366 nm * UV 15 watt

ตารางที่ 7 แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 กับ แหล่งกำเนิดแสง UV 6 วัตต์

เวลา (วินาที)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
0	8.7
10	8.3
20	8.1
30	8.1
40	8.1
50	8
60	8
70	7.9
80	7.8
90	7.8
100	7.7
110	7.7
120	7.6
130	7.6
140	7.6
150	7.6
160	7.4
170	7.3
180	7.4
190	7.3
200	7.4

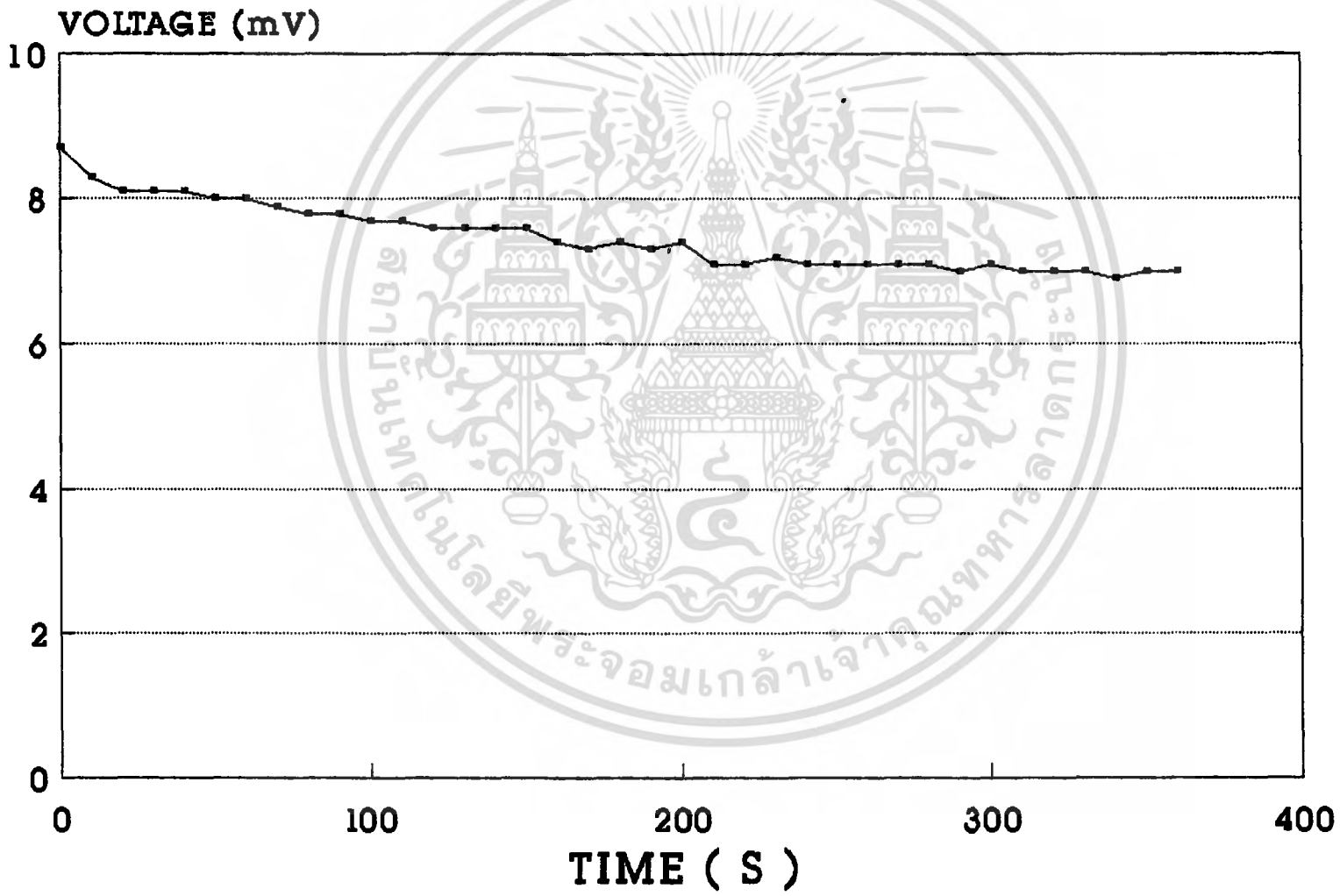
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 (ต่อ) แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ UV 005 กับ แหล่งกำเนิดแสง UV 6 วัตต์

เวลา (วินาที)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
210	7.1
220	7.1
230	7.2
240	7.1
250	7.1
260	7.1
270	7.1
280	7.1
290	7
300	7.1
310	7
320	7
330	7
340	6.9
350	7
360	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS 303-674 UV 6 W



ตารางที่ 8 แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 กับ แหล่งกำเนิดแสง UV 15 วัตต์

เวลา (วินาที)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (V)
0	1.382
10	1.394
20	1.389
30	1.381
40	1.377
50	1.372
60	1.366
70	1.362
80	1.355
90	1.351
100	1.349
110	1.344
120	1.341
130	1.336
140	1.332
150	1.33
160	1.329
170	1.323
180	1.324
190	1.339
200	1.344

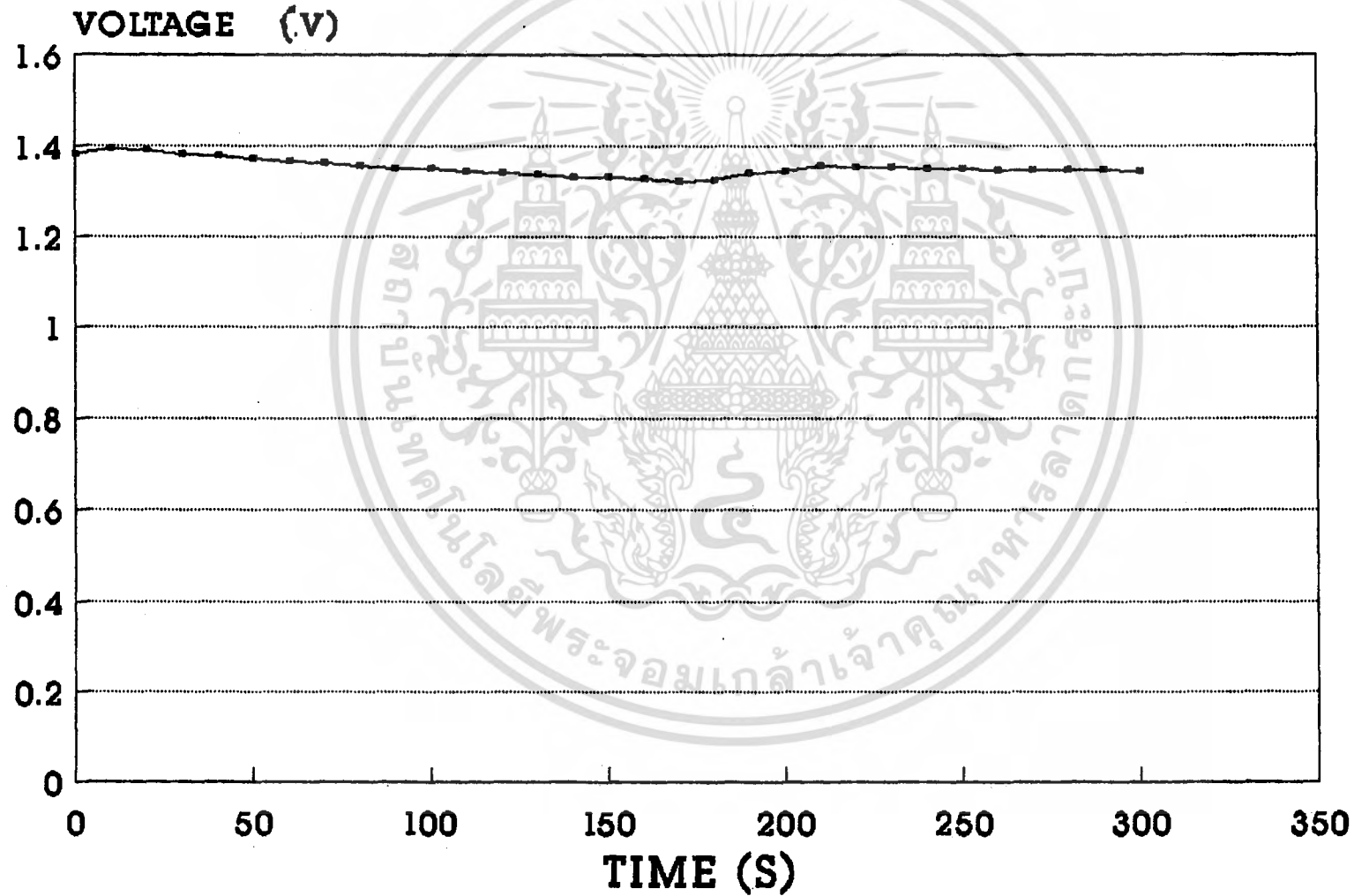
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 (ต่อ) แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 กับ แหล่งกำเนิดแสง UV 15 วัตต์

เวลา (วินาที)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (V)
210	1.355
220	1.354
230	1.353
240	1.351
250	1.351
260	1.347
270	1.346
280	1.346
290	1.345
300	1.342

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS 303-674 source 15 watt

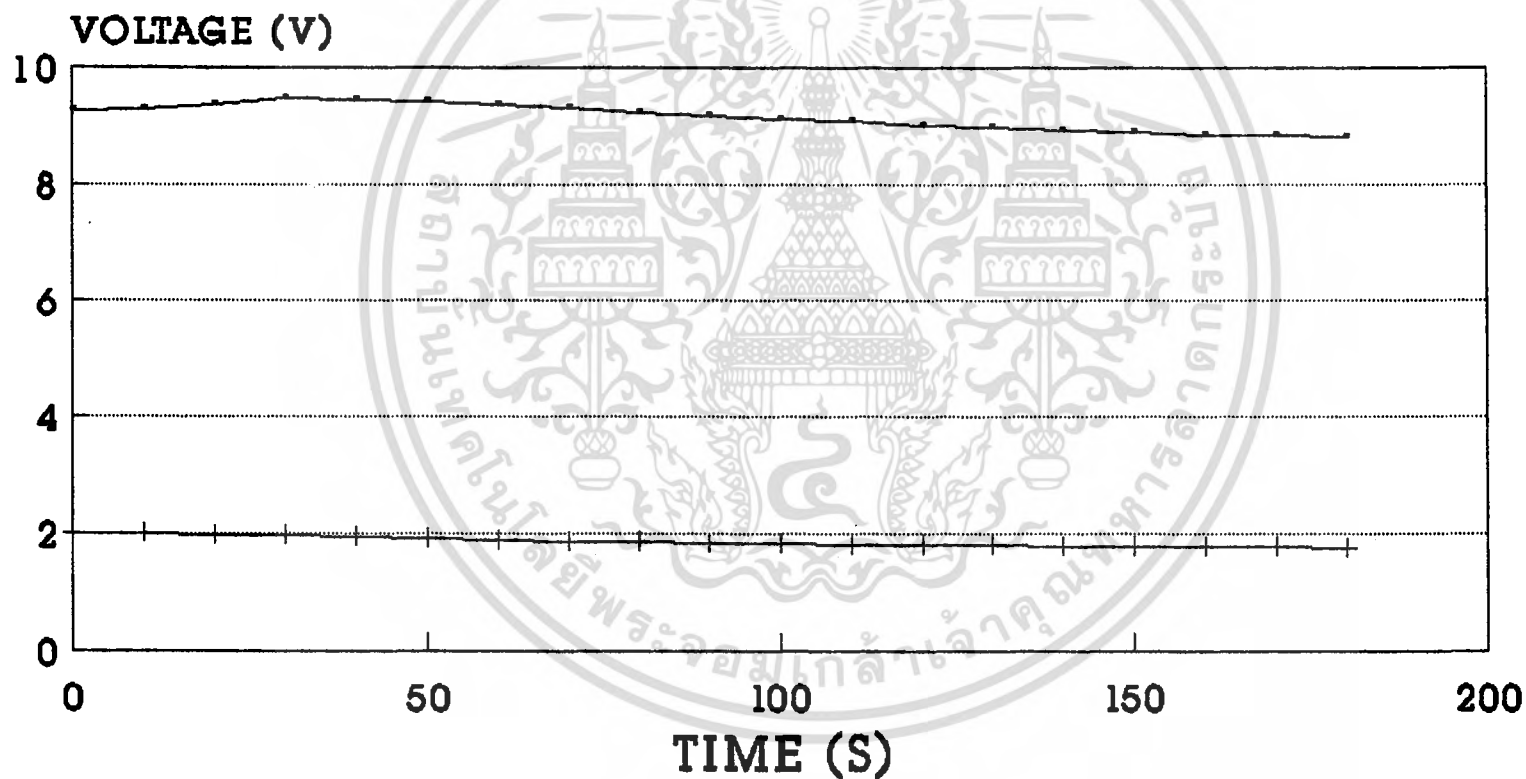


ตารางที่ 9 แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 และ UV 005 โดยให้แหล่งกำเนิดแสง 366 nm

เวลา(วินาที)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 254 nm (V)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 366 nm (V)
0	9.24	1.992
10	9.28	1.982
20	9.35	1.971
30	9.46	1.95
40	9.44	1.925
50	9.41	1.907
60	9.35	1.884
70	9.29	1.865
80	9.23	1.848
90	9.18	1.833
100	9.11	1.816
110	9.08	1.807
120	9.01	1.794
130	8.97	1.785
140	8.93	1.777
150	8.89	1.77
160	8.85	1.762
170	8.83	1.762
180	8.8	1.752

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS 303-674 and UV 005 at 366 nm



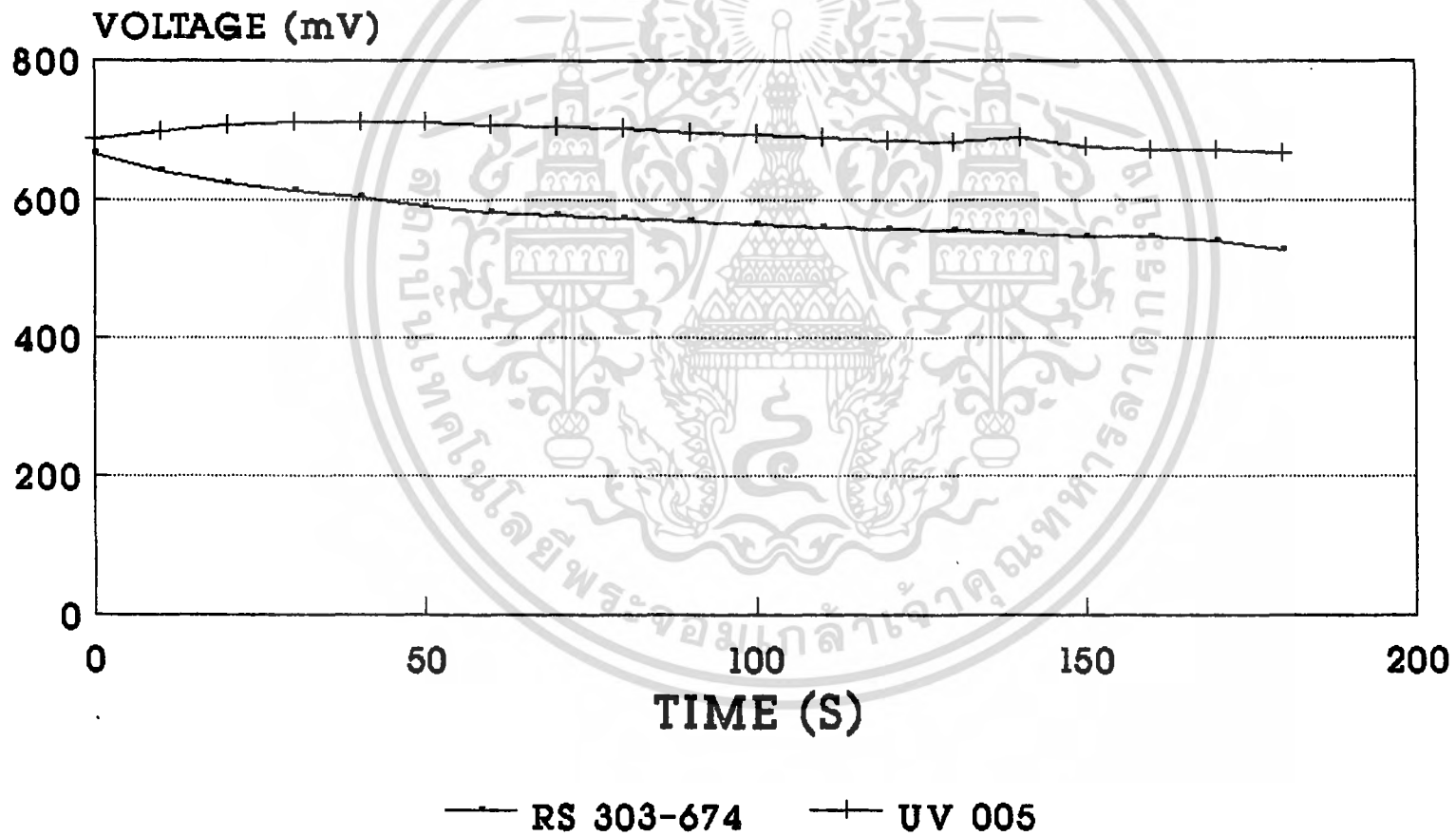
— RS 303-674 - - - UV 005

ตารางที่ 10 แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ RS 303-674 และ UV 005 โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง 254 nm

เวลา(วินาที)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 254 nm (mV)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 366 nm (mV)
0	665	687
10	642	698
20	624	706
30	612	711
40	603	712
50	591	711
60	583	708
70	578	705
80	574	702
90	568	697
100	564	694
110	560	690
120	557	686
130	556	683
140	551	689
150	548	676
160	546	673
170	540	671
180	528	668

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS 303-674 and UV 005 at 254 nm



2. การทดสอบตัวตรวจจับโฟโตทรานส์ซิสเตอร์

จุดประสงค์เพื่อทดสอบว่าโฟโตทรานส์ซิสเตอร์มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ตรวจจับแสงอุลตราไวโอเลตได้หรือไม่

วิธีการทดสอบ

1. นำโฟโตทรานส์ซิสเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบมารับแสง
2. เริ่มเปลี่ยนความยาวคลื่นแสงเริ่มจาก 200 นาโนเมตร โดยเพิ่มทีละ 10 นาโนเมตร จนถึง 950 นาโนเมตร
3. บันทึกค่าที่อ่านได้
4. นำค่าที่ได้มาวาดกราฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ Phototransistor
เมื่อใช้แสงความยาวคลื่นต่าง ๆ

ความยาวคลื่น ของแสงที่ใช้ (nm)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
400	0.2
410	0.2
420	0.2
430	0.2
440	0.4
450	0.5
460	0.8
470	1.2
480	1.7
490	2.6
500	4.0
510	5.6
520	9.0
530	12.0
540	16.3
550	23.2
560	32.2
570	45.3
580	57.6
590	69.7
600	80.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11(ต่อ) แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ Phototransistor เมื่อใช้แสงความยาวคลื่นต่าง ๆ

ความยาวคลื่น ของแสงที่ใช้ (nm)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
610	84.3
620	87.4
630	102.4
640	107.2
650	113.8
660	126.5
670	133.6
680	146.4
690	161.3
700	170.4
710	177.8
720	184.4
730	213
740	231
750	263
760	278
770	320
780	332
790	371
800	391

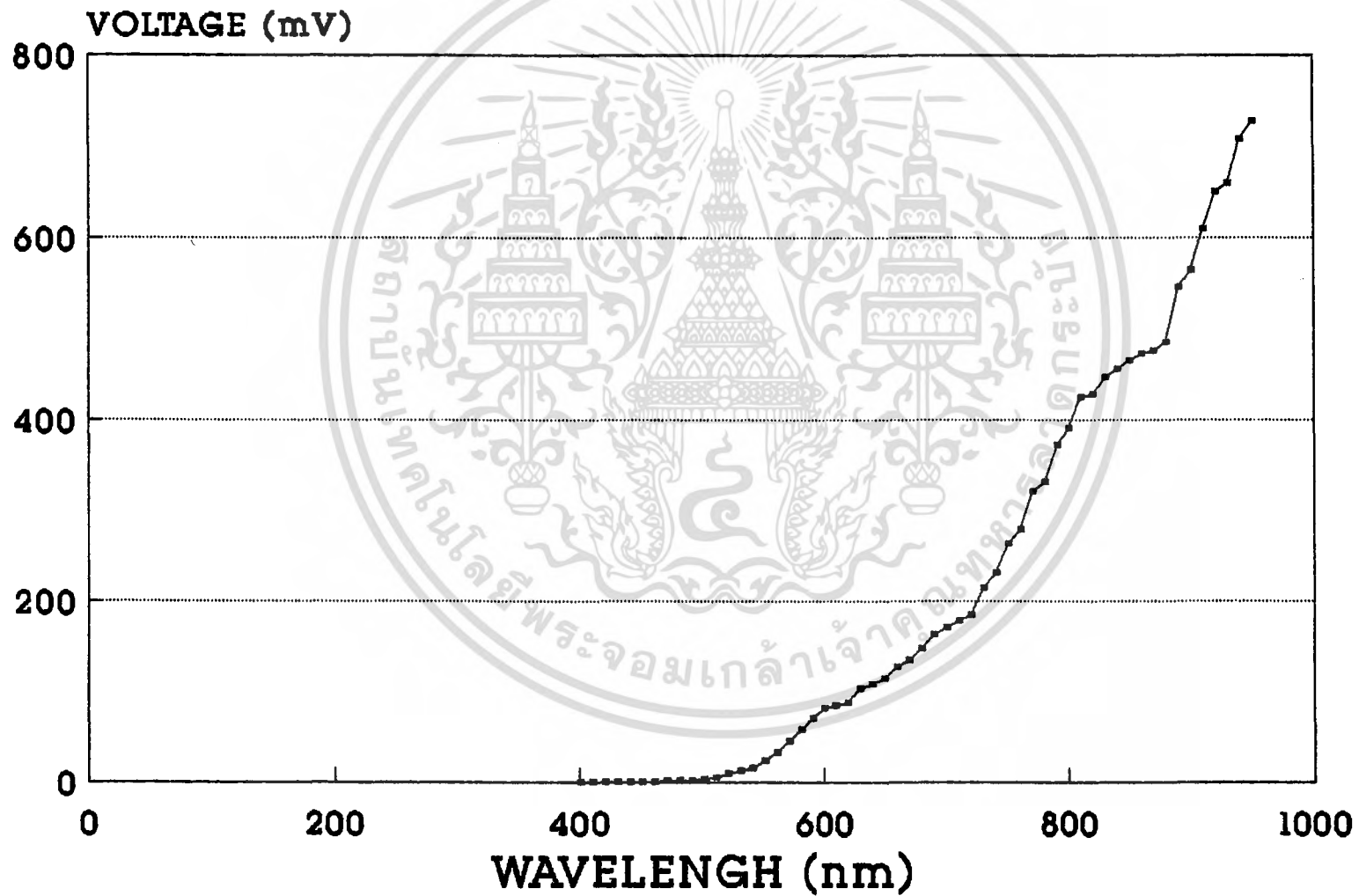
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11(ต่อ) แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ Phototransistor เมื่อใช้แสงความยาวคลื่นต่าง ๆ

ความยาวคลื่น ของแสงที่ใช้ (nm)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
810	424
820	428
830	447
840	456
850	465
860	473
870	476
880	485
890	546
900	565
910	609
920	650
930	659
940	708
950	727

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST Phototransistor



3. การตรวจสอบโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นตัวตรวจจับ

จุดประสงค์เพื่อทดสอบในการใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นตัวตรวจจับแสงอุลตรา

ไวโอเล็ต

วิธีการทดสอบ

1. จัดให้เซลล์แสงอาทิตย์ รัับแสงอุลตราไวโอเล็ต ดังรูป โดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร



2. อ่านค่าที่ได้ บันทึกผล

3. บันทึกค่าที่ได้ทุก ๆ 10 วินาที เป็นเวลา 3 นาที

4. เปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสงเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ทำการทดลองซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

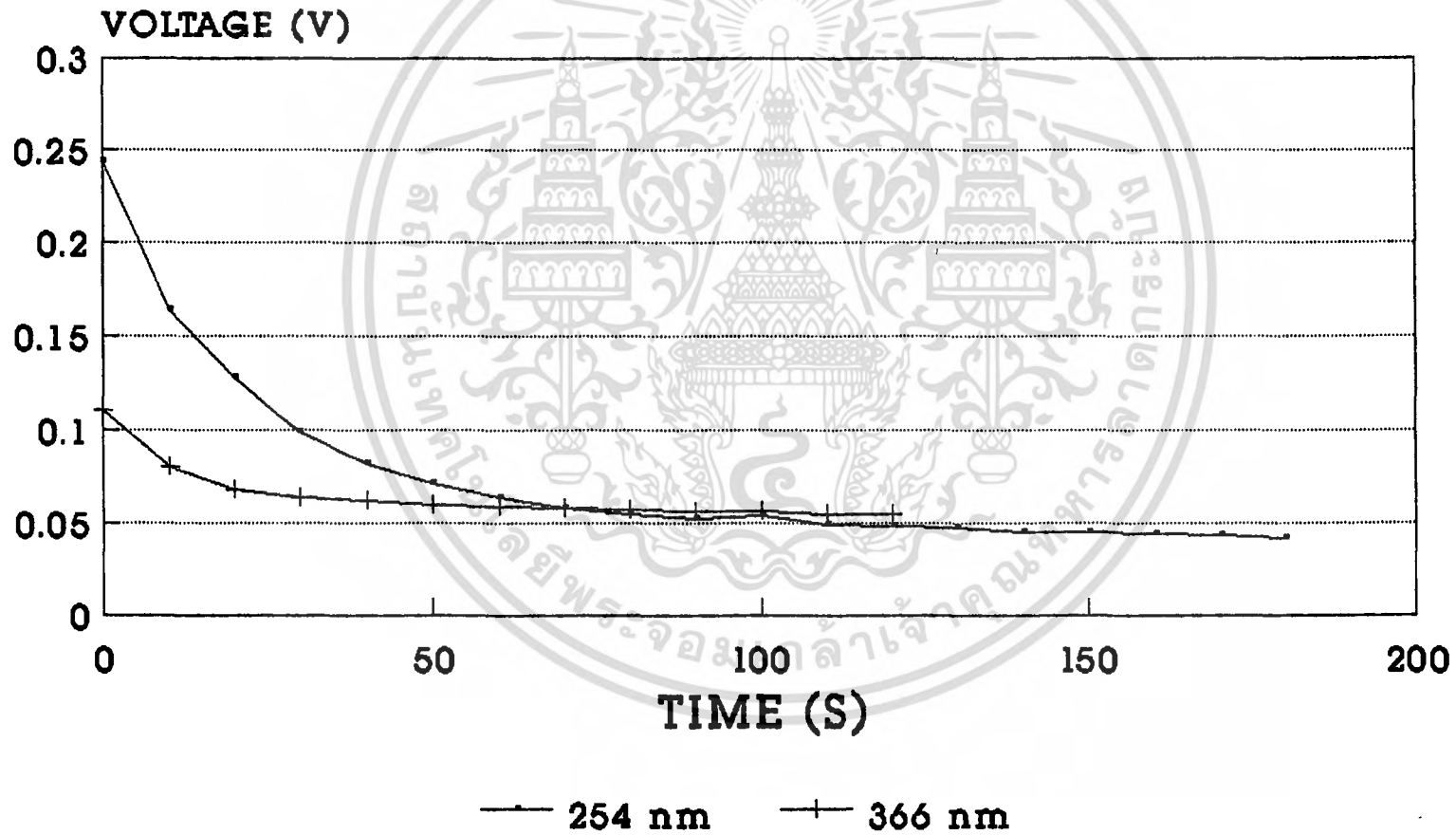
ตารางที่ 12 แสดงค่าความต่างศักย์ที่ได้เมื่อใช้ตัวตรวจจับ Solar cell กับ แหล่งกำเนิดแสง 254 และ 366 nm ตามลำดับ

เวลา(วินาที)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 254 nm (mV)	ความต่างศักย์เมื่อใช้ UV 366 nm (mV)
0	244	111
10	164	80
20	128	68
30	99	64
40	82	62
50	71	60
60	64	59
70	58	58
80	55	57
90	52	56
100	50	56
110	49	55
120	48	55
130	47	-
140	45	-
150	45	-
160	44	-
170	43	-
180	42	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOLAR CELL

254 and 366 nm

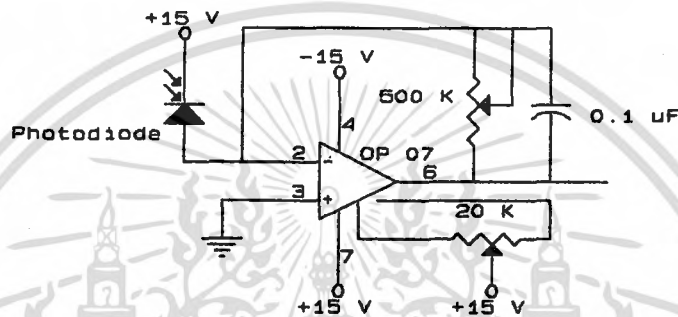


4. การทดสอบโดยใช้แผ่นพลาสติกกัน

จุดประสงค์ในการทดสอบนี้คือ เพื่อศึกษาผลของแผ่นพลาสติกที่มีผลต่อแสง
อุลตราไวโอเลต

วิธีการทดสอบ

1. ใช้ UV 005 เป็นตัวตรวจจับ ต่อดังรูป



2. ปรับ Offset Voltage ให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้
3. จัดให้แสงส่องตรงตัวตรวจจับ บันทึกค่า
4. นำแผ่นพลาสติกกัน 1 แผ่น บันทึกค่า
5. เพิ่มจำนวนแผ่นพลาสติกทีละ 1 แผ่น บันทึกค่า
6. นำค่าที่ได้มาวาดกราฟ

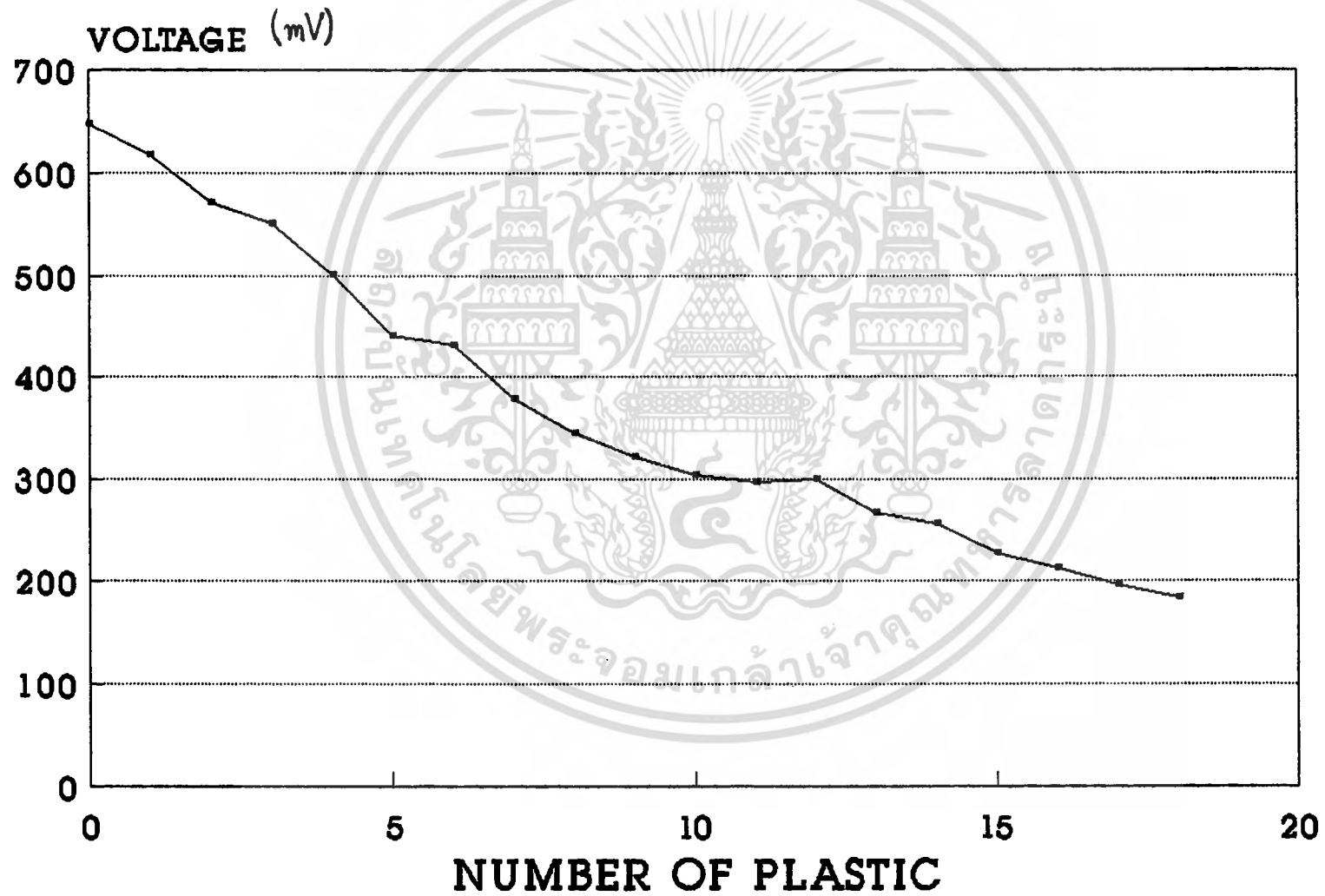
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้แผ่นพลาสติกกันระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับตัวตรวจจับ

จำนวนแผ่นพลาสติกที่ใช้ในการกัน(แผ่น)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
0	647
1	617
2	571
3	551
4	501
5	441
6	431
7	378
8	344
9	321
10	303
11	297
12	300
13	267
14	256
15	228
16	212
17	196
18	184

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLASTIC ABSORB



5. การเปรียบเทียบผลที่ได้จากตัวตรวจจับโดยใช้วงจรมหาชนแบบผลต่าง
จุดประสงค์ในการทดสอบนี้คือ เปรียบเทียบผลที่ได้จากตัวตรวจจับโดยใช้วงจรมหาชนแบบผลต่าง โดยที่ตัวตรวจจับอันหนึ่งจะเป็นตัวอ้างอิง

วิธีการทดสอบ

1. นำตัวตรวจจับ 2 ตัว มารับแสง (ใช้หลอด UV 6 วัตต์)
2. นำสัญญาณขาออกของตัวตรวจจับที่ได้มาเป็นสัญญาณขาเข้าของวงจรมหาชนแบบผลต่าง
3. บันทึกผลที่ได้ ทุก 10 วินาที
4. นำผลที่ได้มาเขียนกราฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้วงจรมหาผลต่างโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงหลอดคายประจุ 6 วัตต์

เวลา (วินาที)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
0	6.43
10	6.92
20	7.35
30	7.35
40	7.81
50	8.23
60	8.56
70	9.01
80	9.47
90	9.79
100	10.09
110	10.37
120	10.61
130	11.07
140	11.20
150	11.29
160	11.51
170	11.66
180	11.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 (ต่อ) แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้วงจรมหาผลต่างโดยใช้
แหล่งกำเนิดแสงหลอดคายประจุ 6 วัตต์

เวลา (วินาที)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
190	11.81
200	11.80
210	11.90
220	11.92
230	12.03
240	12.12
250	12.19
260	12.19
270	12.17
280	12.20
290	12.23
300	12.21
310	12.21
320	12.24
330	12.26
340	12.23
350	12.22
360	12.21
370	12.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 (ต่อ) แสดงความต่างศักย์ที่อ่านได้เมื่อใช้วงจรขยายผลต่างโดยใช้
แหล่งกำเนิดแสงหลอดคายประจุ 6 วัตต์

เวลา (วินาที)	ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ (mV)
380	12.23
390	12.21
400	12.21
410	12.24
420	12.22
430	12.18
440	12.19
450	12.26
460	12.29
470	12.25
480	12.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาและทดลองในเรื่อง แหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต และตัวตรวจจับจะพบว่า

- แหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ นั้นจะเป็นแหล่งกำเนิดแสง ที่มีหลายความยาวคลื่น โดยไม่ใช่ความยาวคลื่นเดียว ซึ่งในการใช้งานจริงๆจะต้องใช้ตัวกรอง (filter) ซึ่งหายากมากและราคาแพง และ ถ้าหากจะใช้แหล่งกำเนิดความยาวคลื่นเดียวจำพวกเลเซอร์นั้นก็จะมีราคาแพงมากเช่นกัน

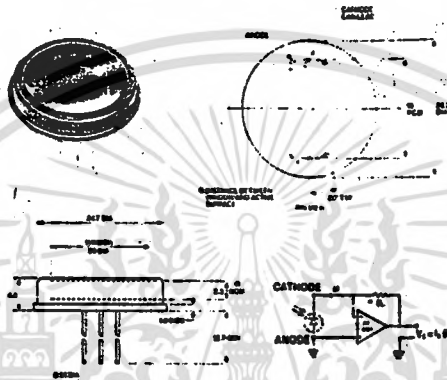
- ตัวตรวจจับ โดยปกติส่วนใหญ่ ตัวตรวจจับที่มีขายทั่วไปในท้องตลาด นั้นจะตรวจจับได้ดีในย่าน วิสิเบิล และ ย่านอินฟราเรด และตัวตรวจจับที่ใช้ในการทดลองนั้นสามารถตอบสนองความยาวคลื่นในย่านอัลตราไวโอเล็ตได้เช่นกัน แต่จะมีค่าผิดพลาดอยู่มากพอสมควร เพราะตัวตรวจจับจะไวต่อแสงรอบด้านมากกว่า และตัวตรวจจับที่เราใช้นั้นเป็น ตัวตรวจจับชนิดโฟโตไดโอด ซึ่งยังมีประสิทธิภาพไม่ดีนักคือความเร็วและการตอบสนองสัญญาณยังไม่ดี ซึ่งควรจะใช้โฟโตมัลติพลายเออร์ แต่มีราคาแพง และต้องระมัดระวังให้มากด้วย

จากที่กล่าวมา จะพบว่าการทำอุปกรณ์โดยใช้แหล่งกำเนิดและตัวตรวจจับของรังสีอัลตราไวโอเล็ตนั้นยังไม่ทำกันในเมืองไทย มีแต่ใช้กันในลักษณะที่ซื้อเครื่องมาจากเมืองนอกแล้วนำมาใช้กัน ดังนั้นจากโครงการนี้ซึ่งจะต้องเป็นส่วนที่สำคัญมากส่วนหนึ่งในการทำเครื่องมือ อิเล็กทรอนิกส์ จึงมีอุปสรรคมากเนื่อง เครื่องต้นแบบที่ไปศึกษามานั้น มีลักษณะอุปกรณ์ไม่เหมือนกับของเราเลย และเครื่องนั้นมีราคาสูงมาก ประสิทธิภาพของอุปกรณ์จึงต่างกันมาก

ในโครงการพิเศษนี้ หากสามารถพัฒนาโดยการใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีสัญญาณรบกวนน้อยลง ก็จะสามารถทำเป็นเครื่องมือวัดที่ดีได้ โดยสามารถวิเคราะห์สารอินทรีย์ได้ดี

photodiodes

large area 100 mm²



A high-speed, large area, silicon photovoltaic detector mounted in a 26.2 mm diameter case with p.c.b. pin connections. Features high sensitivity over wide spectral range, low noise, fast response and low capacitance. Applications include optical instrumentation, light and laser detection, and optical communication. The 100 mm² sensitive area ensures the output from the device is related to the incident light in terms of the standard 1 cm² calibration, a feature often required in optical measurements.

technical specification

Spectral response range (5% points)	350 to 1150 nm
Peak wavelength	900 nm
Responsivity 0.2 A/W at 450 nm	0.35 A/W at 633 nm
Max. responsivity at peak wavelength	0.5 A/W
Dark current (at 10 V bias)	0.5 μ A typ.
Capacitance (at 10 V bias)	350 pF
Rise time (10% to 90%) at 10 V bias.	
($R_L = 50 \Omega$, $\lambda \leq 900$ nm)	50 ns
Breakdown voltage	50 V
Operating temperature range	-55 °C to +70 °C.

Data sheet 2135 December 81 available.

stock no.	price each	
	1-9	10+
303-674	£35.50	£31.85



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Chapter 1 TUV lamps and accessories

Philips TUV germicidal lamps are available in 6 W, 15 W, 25 W, 30 W and 40 W.

The TUV 6 W lamp works on the same principle as a glow discharge lamp, whereas the TUV 15 W, 25 W and 30 W lamps are similar to their equivalent 'TL'D' fluorescent lamps. The TUV 40 W lamp is similar to the normal size 'TL' 40 W lamp. They require the same types of ballasts and accessories as do their corresponding normal fluorescent lamps

Physical and electrical details of all five types are as given in Table 10. The TUV 6 W lamp operates on 210-230 V A.C. and without the need for a ballast. In thus constitutes an inexpensive and handy source of U.V. germicidal radiation, particularly for use in applications where space is limited.

35 a) and b) Irradiance in a plane at one metre distance from a TUV 30 W lamp, a) without reflector b) with reflector.

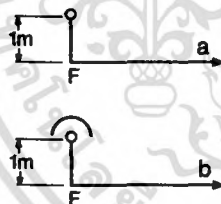
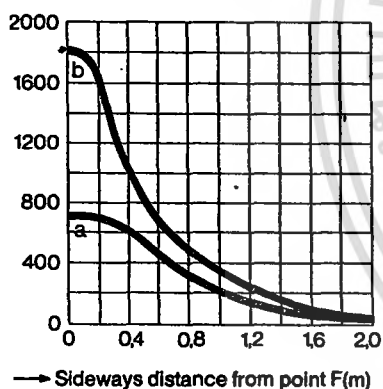
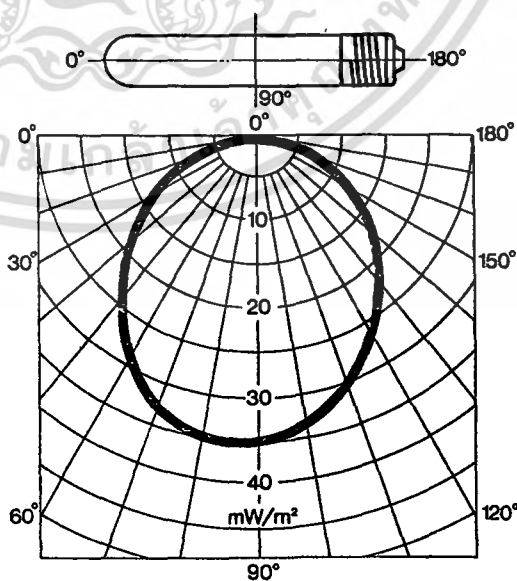
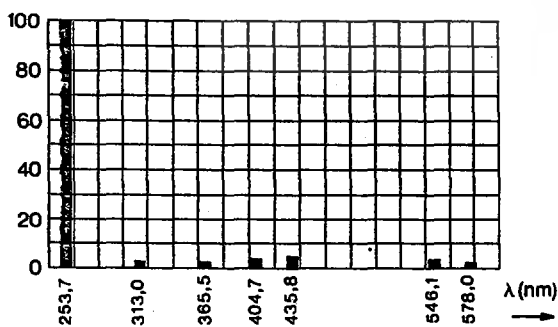


Fig. 37. UV-254 radiation distribution of a TUV 6 W lamp, measured at 0,5 m distance from the lamp, in a plane vertical to the lamp axis.



36. Relative spectral power distribution of a TUV 30 W lamp.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chapter 2

Measurement of the useful life of TUV lamps

For the useful life of TUV lamps, see Table 10. Measurement of the U.V. output can be made with any suitable U.V. meter. Such measurements have to be made after the lamp has been cleaned, as described in Chapter 3, and then allowed to burn for approximately 15 minutes.

TABLE 10.

Technical data

Type	Lamp voltage V	Lamp current A	Irradiance UV-254 nm ¹⁾ mW/m ²	Power output UV-254 nm W	Depreciation ²⁾ %	Formation of ozone	Average useful life ³⁾ h	Base or Caps
TUV 6 W	220	0,027	8,5	0,085	25	nil	2500	E27
TUV 15 W	54	0,31	370	3,5	20	nil	3000	G13
TUV 25 W	46	0,67	700	5,0	25	nil	3000	G13
TUV 30 W	96	0,36	830	9,0	15	nil	3000	G13
TUV 40 W	107	0,43	940	12,6	15	nil	3000	G13

1) At a distance of 1 m

2) With respect to the value at 100 h after 2500 burning hours.

3) The value stated is based on an average of three burning hours per switching.

Chapter 3

Maintenance of TUV lamps

TUV lamps must be cleaned at a frequency depending upon the degree of grime in the atmosphere concerned. They must be periodically wiped with a cloth dampened with alcohol or ammonia and water. No oils or waxes should be used on the wiping cloth.

Fig. 38. Relationship between UV-254 nm radiation from TUV lamps and the ambient temperature and air movement.

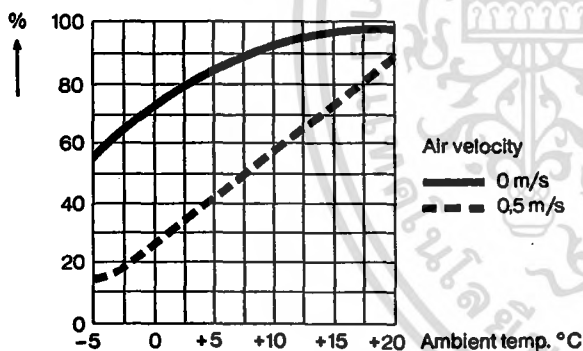
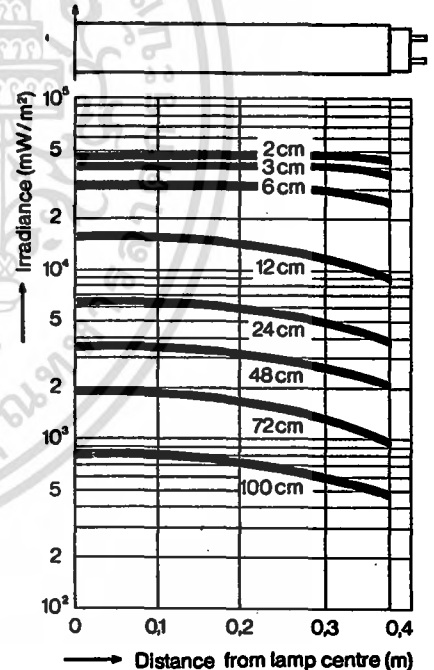
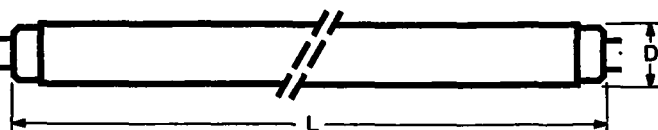
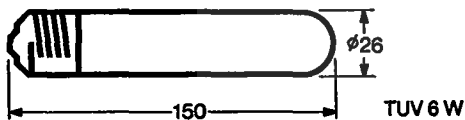


Fig. 39. Irradiance from one TUV 30 W lamp measured at various sideways distances from the centre of the lamp, and with the distance below the lamp as the parameter.



Dimensions in mm



Type	Lampholder face to lampholder face ¹⁾		D
	L max.	L min.	
TUV 15 W	439,2 ²⁾	437,6 ²⁾	26
TUV 25 W	439,2	437,6	26
TUV 30 W	896,4	894,8	26
TUV 40 W	1201,2	1199,6	38

¹⁾ In accordance with IEC publication 61 7005-50-1

²⁾ Not specified in IEC publication 61 7005-50-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

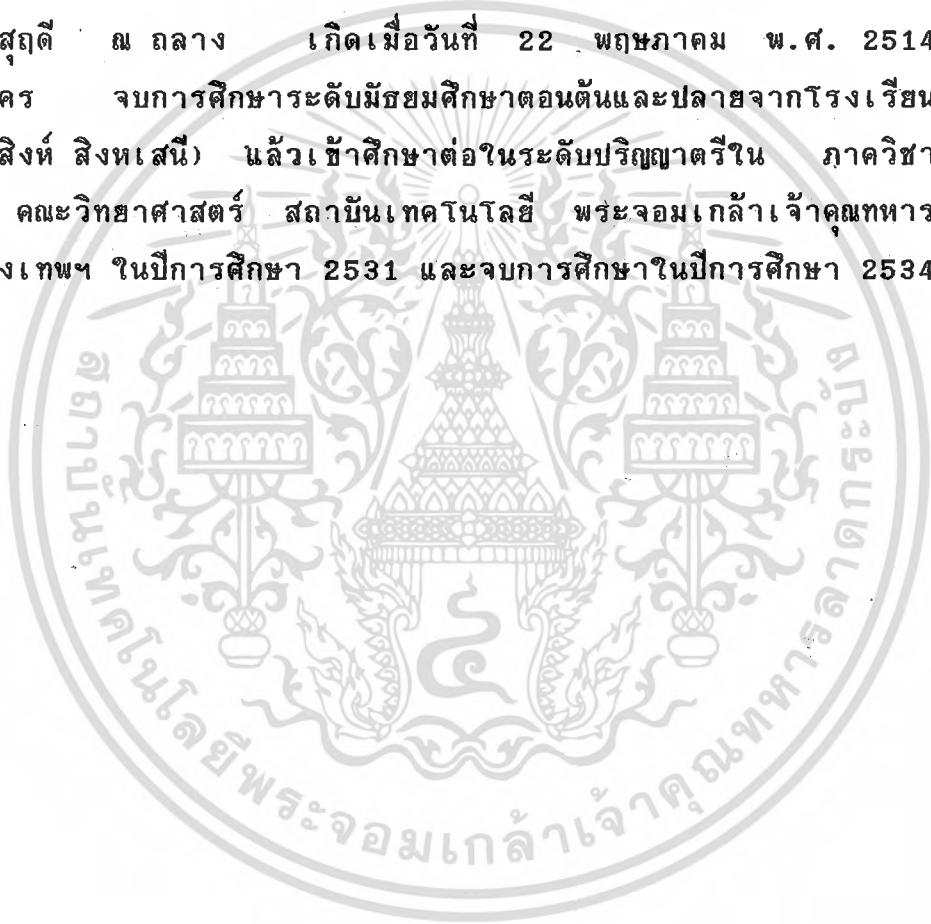
1. Radley, J.A. and Julius Grant, Fluorescence Analysis in Ultra-violet 4th.ed, Chapman & Hall, London 1954
2. Howard M. Berlin Design of Op-Amp Circuits with Experiment Howard W. Sams & Co., Inc. Indianapolis USA 1977
3. Galen W. Ewing, Instrumental Method of Chemical Analysis, 5th edition, McGraw-Hill International Editions, 1987
4. Cayless M.A., and Marsden A.M. Lamps and Lighting, Addison-Wesley Publishing Comp., 1982
5. วิชัย ลิ่มตระกูล, โกศลย์คุณสารานุก, พิเศษส์ วิริยะจิตรรา, สุรชัย นิมาจิรวัดน์, อภิชาติ สุขสำราญ " การประยุกต์ใช้สเปคโตรสโคปีในเคมีอินทรีย์ ", พิมพ์ครั้งที่ 2, นำอักษรการพิมพ์ กรุงเทพ, 2527
6. เปรมจิตร วิสุทธิศิริ "พื้นฐานวงจร เกทูดี, ดีทูเอ" เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ 103 (2533) : 302-309

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายทองคำ สุ่มโนทยาน เกิดเมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2513 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและปลายจากโรงเรียนชลราษฎรอำรุง แล้วเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรีใน ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ในปีการศึกษา 2531 และจบการศึกษาในปีการศึกษา 2534

นางสาวสุฤดี ณ ถลาง เกิดเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2514 ที่กรุงเทพมหานคร จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและปลายจากโรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) แล้วเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรีใน ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ ในปีการศึกษา 2531 และจบการศึกษาในปีการศึกษา 2534



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้