



บทที่ ๕

การวิจัยและผลการวิจัย

๕.๑ ผลตอบสนองต่อรังสีหรือแสงเปรียบเทียบของเซลล์พลังงานแสง

๕.๑.๑ ผลตอบสนองต่อรังสีเปรียบเทียบของเซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอน เซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอน มีผลตอบสนอง (response) ต่อรังสีที่มีความยาวคลื่นประมาณ ๔๐๐ - ๑,๑๐๐ นาโนเมตร โดยที่ผลตอบสนองต่อรังสีที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ ไม่เท่ากัน วิธีการวัดผลตอบสนองต่อรังสีของเซลล์พลังงานแสงทำได้โดยใช้ Universal Spectrophotometer เป็นตัวกำเนิดแสงที่มีขนาดความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน แต่มีพลังงานเท่ากัน ให้แก่เซลล์พลังงานแสง แล้ววัดกระแสไฟฟ้าขาออกของเซลล์พลังงานแสงด้วย Digital Multimeter ที่ทำหน้าที่เป็น ไมโครแอมป์มิเตอร์

ค่าผลตอบสนองต่อรังสีเปรียบเทียบ (relative response) ของเซลล์พลังงานแสงทำได้โดยใช้ค่าสูงสุดที่วัดได้จากไมโครแอมป์มิเตอร์ หาค่าต่าง ๆ ที่อ่านได้ ดังแสดงในตารางที่ ๕.๑ (ก) และกราฟที่ ๕.๑ แต่เนื่องจาก เครื่องวัด Universal Spectrophotometer นี้ สามารถทำการวัดแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง ๓๕๐ - ๘๒๐ นาโนเมตร คือในช่วงแสงที่ตามนุษย์มองเห็น ส่วนช่วงความยาวคลื่น ๘๕๐ - ๑,๑๕๐ นาโนเมตร อันเป็นช่วงของรังสีใต้แดง ไม่สามารถวัดโดย Universal Spectrophotometer ได้ แต่จากหนังสือ Energy Conversion โดย S.S.L. Chang หน้า ๑๘๔ ได้ทำการทดลองวัดผลตอบสนองต่อรังสีของเซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอน ดังแสดงในตารางที่ ๕.๑ (ข) และกราฟที่ ๕.๑

๕.๑.๒ ผลตอบสนองต่อแสงเปรียบเทียบของเซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียม เซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียม มีผลตอบสนองต่อแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ ๓๕๐ - ๗๕๐ นาโนเมตร ผลตอบสนองต่อแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กันจะไม่เท่ากัน ถึงแม้ว่าจะมีพลังงานแสงขนาดเท่ากันก็ตาม วิธีการวัดผลตอบสนองต่อแสงใช้วิธีเดียวกับการวัดผลตอบสนองต่อรังสีของเซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอน

ค่าผลตอบสนองต่อแสง เปรียบเทียบของเซลล์พลังงานแสงหาได้โดยใช้ค่าสูงสุดที่วัดได้จาก ไมโครแอมป์มิเตอร์ หาค่าต่าง ๆ ที่อ่านได้ ดังแสดงในตารางที่ ๕.๒ และกราฟที่ ๕.๒

๕.๒ ผลตอบสนองต่อแสงของตามนุษย์ (V_λ curve หรือ CIE curve)

มนุษย์สามารถมองเห็นแสงสีต่าง ๆ ที่มีความยาวคลื่นประมาณ ๓๘๐ - ๗๘๐ นาโนเมตร สำหรับแสงขนาดความยาวคลื่นต่าง ๆ ที่มีความเข้มของแสงเท่ากัน มนุษย์จะมองเห็นได้ดีที่สุดเมื่อแสงมีความยาวคลื่น ๕๕๐ - ๕๖๐ นาโนเมตร ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๓ และกราฟที่ ๕.๓

๕.๓ การวัดเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัม

ฟิล์มกรองแสงแต่ละชนิดจะยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นเฉพาะบางช่วงผ่านไปได้ แสงที่มีความยาวคลื่นนอกเหนือจากนี้จะถูกดูดซึมหรือสะท้อนกลับไป การวัดเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัม (percent transmittance) สำหรับฟิล์มกรองแสงต่าง ๆ จะต้องใช้ Double Beam Spectrophotometer และ X - Y Recorder ซึ่งจะอ่านค่าออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัม ซึ่งสามารถวัดได้ ๒ ช่วงคือ ช่วงของรังสีเหนือม่วง (๑๕๐ - ๓๗๐ นาโนเมตร) และช่วงแสงที่ตามนุษย์มองเห็น (๓๗๐ - ๘๐๐ นาโนเมตร) ดังแสดงในตารางที่ ๕.๔ (ก), (ข) (ค) และกราฟที่ ๕.๔ (ก), (ข), (ค)

๕.๔ การปรับรูปสเปกตรัมด้วยฟิล์มกรองแสง

ด้วยการนำเอาฟิล์มกรองแสงที่มีรูปสเปกตรัมต่างกัน มาวางซ้อนกัน รูปสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงซึ่งมีผลต่อแสงที่ผ่านทะลุไป จะเป็นผลคูณของค่าการส่งผ่านทางสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงที่นำมาซ้อนกันนั้นคูณกัน ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๕ และกราฟที่ ๕.๕

๕.๔.๑ การปรับผลตอบสนองของเซลล์พลังงานแสงให้เป็น V_λ curve

จากทฤษฎี Subtractive colour mixing ก็สามารถคำนวณหารูปสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงที่สามารถปรับผลตอบสนองต่อแสงของเซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมให้เหมือนกับ V_λ curve

$$S_{Se} \times \gamma_{F_1} = V_{\lambda}$$

$$\therefore \gamma_{F_1} = \frac{V_{\lambda}}{S_{Se}}$$

ซึ่ง γ_{F_1} เป็นรูปสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงในอุดมคติที่ใช้ปรับรูปผลตอบสนองต่อแสงของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมให้เหมือนกับ V_{λ} curve ดังแสดงด้วยกราฟที่ ๕.๖(ก)

ด้วยทฤษฎีนี้เช่นกันสามารถคำนวณหารูปสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงที่สามารถปรับผลตอบสนองต่อรังสีของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอนให้เหมือนกับ V_{λ} curve ได้เป็น

$$\gamma_{F_2} = \frac{V_{\lambda}}{S_{Si}}$$

ซึ่ง γ_{F_2} เป็นรูปสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงในอุดมคติที่ใช้ปรับผลตอบสนองต่อรังสีของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอนให้เหมือนกับ V_{λ} curve ดังแสดงด้วยกราฟที่ ๕.๖(ข)

๕.๔.๑.๑ เซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียม พิจารณาฟิล์มกรองแสงเบอร์ ๑๐๒ (Yellow-Green) ของโกดัก ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๖ และกราฟที่ ๕.๖ (ค) คล้ายกับ γ_{F_1} เมื่อนำมาใช้ปรับผลตอบสนองต่อแสงของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมมีรูปร่างคล้าย V curve ซึ่งผลตอบสนองต่อแสงที่ปรับรูปร่างแล้วนี้ หาได้โดยนำค่าผลตอบสนองต่อแสงเปรียบเทียบของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียม (S_{Se}) และค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงเบอร์ ๑๐๒ ของโกดัก (γ_{102}) ที่ความยาวคลื่นเดียวกันคูณกัน ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๗ และกราฟที่ ๕.๗

แต่ในงานวิจัยนี้ไม่สามารถจัดซื้อฟิล์มกรองแสงเบอร์ ๑๐๒ ได้ แต่ได้เลือกใช้อะคริลิคพลาสติกสีเขียว ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่ายกว่ามาใช้แทนซึ่งวัดค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๘ และกราฟที่ ๕.๘ เมื่อใช้อะคริลิคพลาสติกสีเขียวร่วมกับเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียม ผลตอบสนองต่อแสงเปรียบเทียบของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมจะเปลี่ยนไปดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๘ (ก) และกราฟที่ ๕.๘ (ก) ซึ่งเลือกใช้เป็นเซลล์รับพลังงานแสงในช่วงตามนุษย์มองเห็นสำหรับงานวิจัยนี้ เมื่อทดลองปรับผลตอบสนองต่อแสงของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมด้วยฟิล์มกรองแสงสีเหลืองร่วมกับฟิล์มกรองแสงสีน้ำเงินของ "Cinemoid" colour filter จะได้ผลดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๘ (ข) และกราฟที่ ๕.๘ (ข) ซึ่งให้ผลยังไม่เป็นที่พอใจ

๕.๔.๑.๒ เซลรับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอน เนื่องจากผลตอบสนองต่อรังสี มีรูปร่างไม่ใกล้เคียงกับ V_{λ} curve เหมือนกับซิลีเนียม เพราะว่าในช่วงรังสีใต้แดงผลตอบสนองต่อรังสียังมีค่าสูงอยู่ และฟิล์มกรองแสงที่ใช้ก็มีคุณสมบัติ ยอมให้รังสีใต้แดงผ่านไปสะดวก จึงไม่สามารถตัดหรือลดค่าผลตอบสนองต่อแสงในช่วงนี้ลงได้ ในการวิจัยจึงไม่ใช้วัดแสงในช่วงที่ตามนุษย์มองเห็น แต่จะใช้วัดพลังงานแสงอาทิตย์แทน เพราะซิลิกอนทนความร้อนได้สูง อีกทั้งใช้กับพลังงานแสงค่าสูง ๆ ได้ดี

อย่างไรก็ตาม ผลตอบสนองต่อรังสีของเซลรับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอนสามารถปรับให้มีรูปร่างคล้าย V_{λ} curve โดยใช้งานกับฟิล์มกรองแสงของโกดักเบอร์ ๑๐๒ และ Infrared cut-off filter ของโกดักเบอร์ ๓๐๑ (ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๑๐ (ก) และกราฟที่ ๕.๑๐ (ก)) ด้วยการเอาค่าเปอร์เซ็นต์ของการส่งผ่านทางสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงเบอร์ ๑๐๒ กับของเบอร์ ๓๐๑ และค่าผลตอบสนองต่อรังสีของเซลรับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอน ที่ความยาวคลื่นเดียวกันคูณกัน ก็จะเป็นรูปผลตอบสนองต่อแสงของเซลรับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอนที่ได้ปรับค่าแล้ว ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๑๑ (ก) และกราฟที่ ๕.๑๑ (ก) นอกจากนี้กระจกกรองแสงสีเขียวของ PAR SOL มีคุณสมบัติในการดูดซึมรังสีใต้แดงบางส่วนได้ ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๑๐ (ข) และกราฟที่ ๕.๑๐ (ข) จึงได้นำมาใช้งานร่วมกับเซลรับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอน และอะคริลิกพลาสติกสีเขียว ก็สามารถปรับผลตอบสนองต่อรังสีของเซลรับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอนได้ ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๑๑ (ข) และกราฟที่ ๕.๑๑ (ข)

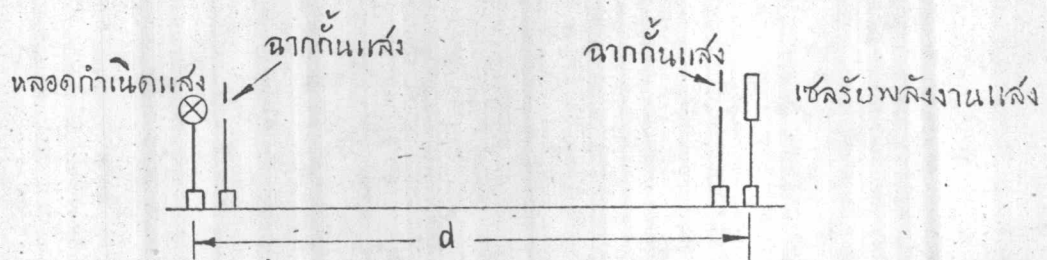
๕.๔.๒ การปรับผลตอบสนองต่อรังสีให้เท่ากันตลอดช่วง

สามารถกระทำได้โดยวิธีคำนวณในทางปฏิบัติไม่สามารถหาฟิล์มกรองแสงที่มีผลตอบสนองต่อรังสีตามต้องการได้ อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการปรับผลตอบสนองต่อรังสีของเซลรับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอนให้เท่ากันตลอดช่วง ก็จะต้องลดค่าผลตอบสนองต่อรังสีลงมา ถ้าลดลงมากก็จะทำให้ช่วงกว้างขึ้น เช่นถ้าลดลงมาเป็น ๐.๕ ก็จะทำให้ช่วงที่มีผลตอบสนองต่อรังสีเท่ากันเริ่มตั้งแต่ความยาวคลื่น ๕๓๐-๑,๐๐๐ นาโนเมตร หรือลดลงมาเป็น ๐.๔ ก็จะทำให้ช่วงที่มีผลตอบสนองต่อรังสีเท่ากัน เริ่มตั้งแต่ความยาวคลื่น ๕๑๐-๑,๐๒๐ นาโนเมตร ซึ่งฟิล์มกรองแสงที่ต้องการจะต้องมีรูปสเปกตรัม ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๑๒ (ก), (ข) และกราฟที่ ๕.๑๒ (ก), (ข) เมื่อปรับให้มีผล

ตอบสนองต่อรังสีมีค่าเท่ากันตลอดช่วง ก็สามารถนำไปวัดรังสีที่มีรูปสเปกตรัมต่างกันได้ โดยค่าที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับพื้นที่ใต้รูปสเปกตรัมของรังสีแต่ละชนิดนั้น

๕.๕ การเปรียบเทียบเครื่องมือวัดพลังงานแสงกับลักซ์มิเตอร์

เนื่องจากเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซีลีเนียม เมื่อปรับรูปสเปกตรัมด้วยอะคริลิกพลาสติก สีเขียวแล้วจะลักษณะใกล้เคียงกับ V_{λ} Curve กว่า การปรับรูปสเปกตรัมของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอน จึงเลือกใช้เป็นเซลล์รับพลังงานแสงในช่วงที่ตามนุษย์มองเห็น การเปรียบเทียบเครื่องมือวัดพลังงานแสงกับลักซ์มิเตอร์ กระทำโดยใช้หลอดกำเนิดแสง ๔ ชนิดด้วยกัน คือ หลอดไอโซเดียมความดันไอต่ำ ขนาด ๑๓๕ วัตต์, หลอดไอปรอทความดันไอสูง ขนาด ๑๒๕ วัตต์, หลอดไส้ทังสเตน ขนาด ๑๐๐ วัตต์ และหลอดไอปรอทความดันไอต่ำ ขนาด ๒ x ๔๐ วัตต์ ซึ่งหลอดกำเนิดแสงแต่ละชนิดมีรูปสเปกตรัมดังแสดงในรูปที่ ๑.๓ - ๑.๖ ความเข้มของพลังงานแสงจะเป็นปฏิภาคผกผันกันระยะทางกำลังสอง ดังนั้นการแปรค่าพลังงานแสงจึงกระทำได้โดยการเปลี่ยนค่าระยะทางระหว่างหลอดกำเนิดแสง กับตัวรับพลังงานแสง



รูปที่ ๕.๑ แสดงการจัดตั้งเครื่องมือในการเปรียบเทียบ เครื่องมือวัดพลังงานแสงกับลักซ์มิเตอร์

จากรูปที่ ๕.๑, เนื่องจากหลอดกำเนิดแสงแต่ละชนิดมีรูปร่างไม่เหมือนกัน บางชนิดก็เป็นทรงกลม บางชนิดก็เป็นทรงกระบอก จึงต้องใส่ฉากกั้นแสง ซึ่งตรงกลางจะมีรูให้แสงผ่านไปได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรู ต้องมีขนาดน้อยกว่า ๑๐ เท่าของระยะทาง d ที่จะทำการวัด เพื่อแก้ความผิดพลาดของการวัดของหลอดแต่ละชนิดที่มีรูปต่าง ๆ กัน เมื่อใช้หลอดไอโซเดียมความดันไอต่ำ

เป็นหลอดกำเนิดแสง และใช้ลักซ์มิเตอร์เป็นตัวรับพลังงานแสง ที่ระยะทาง d อ่านค่าลักซ์มิเตอร์ ออกมามีหน่วยเป็น ฟุต-แคนเดิล เลื่อนลักซ์มิเตอร์ออกไปอีก ลักซ์มิเตอร์จะอ่านค่าออกมาน้อยกว่า ครั้งแรกจระยะทางใหม่ และ ฟุต-แคนเดิล ที่อ่านได้ไว้ และเลื่อนลักซ์มิเตอร์ออกไปอีก เพื่อจช ระยะทาง และ ฟุต-แคนเดิล ที่อ่านค่าได้ ทำเช่นนี้จนกว่าจะได้รายละเอียดประมาณ ๖ ค่าคราว นี้ใช้เครื่องมือวัดพลังงานแสง ซึ่งมีเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมที่ติดอะคริลิกพลาสติกสีเขียว มาเทียบ โดยให้เซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมที่ติดอะคริลิกพลาสติกสีเขียว เป็นตัวรับพลังงาน แสงแทนลักซ์มิเตอร์ ที่ระยะทางเดียวกันกับลักซ์มิเตอร์ อ่านค่าจากเครื่องมือวัดพลังงานแสง ดังแสดง ด้วยตารางที่ ๕.๑๓ (ข) และกราฟที่ ๕.๑๓ (ข) เช่นเดียวกัน ถ้าใช้หลอดไอปรอทความดันไอสูง, หลอดไส้ทั้งสเต็ม และหลอดไอปรอทความดันไอต่ำเป็นหลอดกำเนิดแสงก็จะหาความสัมพันธ์ได้โดย เครื่องมือวัดพลังงานแสงนี้มี input impedance ๑๐๐ โอห์ม ใช้อัตราขยาย ๒๐๐ เท่า ส่วน ตารางที่ ๕.๑๓ (ก) และกราฟที่ ๕.๑๓ (ก) แสดงให้เห็นถึงค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดพลังงาน แสง เมื่อใช้เซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมอย่างเดียวเป็นตัวรับพลังงานแสง นอกจากนี้ได้ทดลองใช้เซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอนร่วมกับกระจกรองแสงสีเขียวของ PARSOL ๒ ชั้น และอะคริลิกพลาสติกสีเขียว เป็นตัวรับพลังงานแสงจากหลอดกำเนิดแสงทั้ง ๔ ชนิด เทียบกับลักซ์ มิเตอร์ด้วยวิธีเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๑๓ (ค) และกราฟที่ ๕.๑๓ (ค)

๕.๖ การเปรียบเทียบเครื่องมือวัดพลังงานแสงกับพลังงานแสงอาทิตย์

เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับแสงจากหลอดกำเนิดแสงจึงต้องใช้ เซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอนเป็นตัวรับพลังงานแสง ใช้ไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) ซึ่งทำงานแบบ Thermopile เป็นเครื่องมือมาตรฐานในการเปรียบเทียบ

การเปรียบเทียบกระทำโดยใช้ไพราโนมิเตอร์รับพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งจะอ่านค่าด้วยดี-ซี มิลลิวัตต์มิเตอร์ ส่วนเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอนต้องจัดวางรับพลังงานแสงอาทิตย์ในทิศทาง ตั้งฉากกับแสงอาทิตย์และอยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงกับไพราโนมิเตอร์ เพื่อจะได้รับพลังงานจากแสง อาทิตย์ได้เท่าๆกัน เมื่อแสงอาทิตย์มีค่าคงที่ค่าหนึ่งจึงอ่านค่าของไพราโนมิเตอร์จากดี-ซี มิลลิวัตต์

มิเตอร์ และอ่านค่ากระแสลัดวงจรของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอนจากเครื่องมือวัดพลังงานแสง เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไปก็อ่านค่าจากดี-ซี มิลลิโวลท์มิเตอร์และเครื่องมือวัดพลังงานแสง ค่าที่อ่านได้จากดี-ซี มิลลิโวลท์มิเตอร์สามารถแปลงเป็นหน่วย mW/cm^2 ได้ ($mW/cm^2 = 11.63 \times mV$) ความสัมพันธ์ของค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดพลังงานแสง และพลังงานแสงอาทิตย์ ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๑๔ และกราฟที่ ๕.๑๔

๕.๗ การวัดเทียบ open circuit voltage ของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอน กับพลังงานแสงอาทิตย์

เมื่อเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอนได้รับพลังงานแสงจะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นระหว่างปลายขั้วทั้งสองของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอน และความต่างศักย์ไฟฟ้า หรือแรงดันไฟฟ้านี้จะเป็นปฏิภาคโดยตรงแบบ logarithm กับความเข้มของพลังงานแสง หรือกระแสลัดวงจรดังแสดงในหัวข้อที่ ๒.๔.๑ สมการที่ (๘) การวัดเทียบกระทำได้โดยวัด open circuit voltage ของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอนด้วยโวลท์มิเตอร์ ในขณะที่เดียวกันก็ใช้ไพราโนมิเตอร์รับพลังงานแสงอาทิตย์ ในบริเวณใกล้ ๆ กับเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอน อ่านค่าด้วยดี-ซี มิลลิโวลท์มิเตอร์ แล้วคำนวณค่าออกมาเป็น $calories/cm^2 \cdot min$ และ mW/cm^2 ด้วยสมการความสัมพันธ์นี้

$$mW/cm^2 = 11.63 \times (mV)$$

ตารางที่ ๕.๑๖ และกราฟที่ ๕.๑๖ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง open circuit voltage ของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลิกอน กับพลังงานแสงอาทิตย์

๕.๘ ผลของอุณหภูมิที่มีต่อเซลล์รับพลังงานแสง

เซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลีเนียม เหมาะจะใช้งานกับแสงในช่วงตามนุษย์มองเห็น ซึ่งมีความเข้มของแสงต่ำ อย่างไรก็ตาม เมื่ออุณหภูมิทำงานเปลี่ยนแปลงไปก็จะมีผลทำให้กระแสลัดวงจรขาออกของเซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลีเนียม เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย จากการทดลองเมื่อให้เซลล์รับพลังงานแสงแบบผลึกซิลีเนียมรับพลังงานแสงจากหลอดกำเนิดแสง แล้วอ่านค่าด้วยเครื่องมือวัดพลัง

งานแสง แต่เมื่อทำให้อุณหภูมิทำงานของเซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมลดลง เครื่องมือวัดพลังงานแสงจะสามารถอ่านค่าได้สูงขึ้น แสดงว่ากระแสลัดวงจรขาออกของเซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมเพิ่มขึ้น แต่ถ้าทำให้อุณหภูมิทำงานของเซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมสูงขึ้น เครื่องมือวัดพลังงานแสงจะอ่านค่าได้น้อยลง นั่นคือกระแสลัดวงจรขาออกของเซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมลดลง ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๑๗ และกราฟที่ ๕.๑๗

จากกราฟที่ ๕.๑๗

$$\begin{aligned} \text{ค่ากระแสลัดวงจรขาออกจะลดลง} &= \frac{(248 - 228)}{248} \times 100 \\ &= \frac{20 \times 100}{248} \\ &= 8.0645 \% \end{aligned}$$

นั่นคืออุณหภูมิต่างกัน 30°C ค่ากระแสลัดวงจรจะลดลง = 8.0645 %

$$\begin{aligned} \text{อุณหภูมิต่างกัน } 1^{\circ}\text{C} \text{ ค่ากระแสลัดวงจรจะลดลง} &= \frac{8.0645 \times 1}{30} \% \\ &= 0.2688 \% \end{aligned}$$

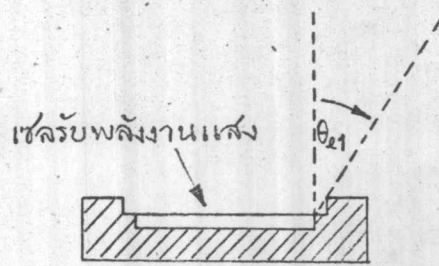
กระแสลัดวงจรขาออกของเซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียมจะมีค่าลดลง ๐.๒๖๘๘% ต่อ 1°C

๕.๕ ผลของมุมที่แสงตกกระทบ

เมื่อพลังงานแสงตกลงบนเซลล์พลังงานแสงจะเป็นผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นมา ถ้าพลังงานแสงตกในแนวตั้งฉากกับพื้นที่รับแสงของเซลล์พลังงานแสง ก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสูงสุด และกระแสไฟฟ้าจะมีค่าลดลงจนกระทั่งมีค่าเป็น ๐ เมื่อแสงตกกระทบในแนวขนานกับพื้นที่รับแสงนั้น การอ่านค่าพลังงานแสงจะผิดพลาดได้ ถ้าพื้นที่รับแสงของเซลล์พลังงานแสงไม่ได้อยู่ในแนวตั้งฉากกับทิศทางของพลังงานแสงนั้น จากการทดลอง วัดกระแสลัดวงจรขาออกของเซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียม เมื่อใช้หลอดไอปรอทความดันไอสูง ขนาด ๑๒๕ วัตต์ เป็นหลอดกำเนิดแสงทึบ ค่าต่าง ๆ กับพื้นที่รับแสงของเซลล์พลังงานแสงแบบผลึกซิลิเนียม ดังแสดงด้วยตารางที่ ๕.๑๘

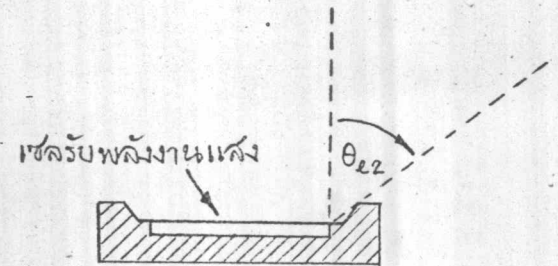
และกราฟที่ ๕.๑๘ ปรากฏว่าเมื่อหลอดกำเนิดแสงอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นที่รับแสง จะให้กระแสลัดวงจรขาออกสูงที่สุด ส่วนค่าของกระแสลัดวงจรที่มุมค่าต่าง ๆ จะมีค่าเป็นผลคูณของกระแสลัดวงจรสูงสุดกับค่า cosine ของมุมตกกระทบ ดังนั้น ในการวัดถ้าจัดให้พื้นที่รับพลังงานแสงอยู่ในทิศทางตั้งฉากกับแหล่งกำเนิดแสงแล้วก็จะไม่เกิดการผิดพลาดนี้ได้

นอกจากนี้กล่องใส่เซลล์รับพลังงานมักจะมีขอบสูงเหนือตัวเซลล์รับพลังงานแสง ทำให้แสงที่ทำมุมมากกว่า θ_{e1} ถูกขอบบัง แสงไว้ การอ่านค่าก็จะผิดพลาด แก้ไขโดยทำให้ขอบกล่องบ้านออกไป ซึ่งเป็นการแก้ edge effect ได้



กล่องใส่เซลล์รับพลังงานแสง

(ก)

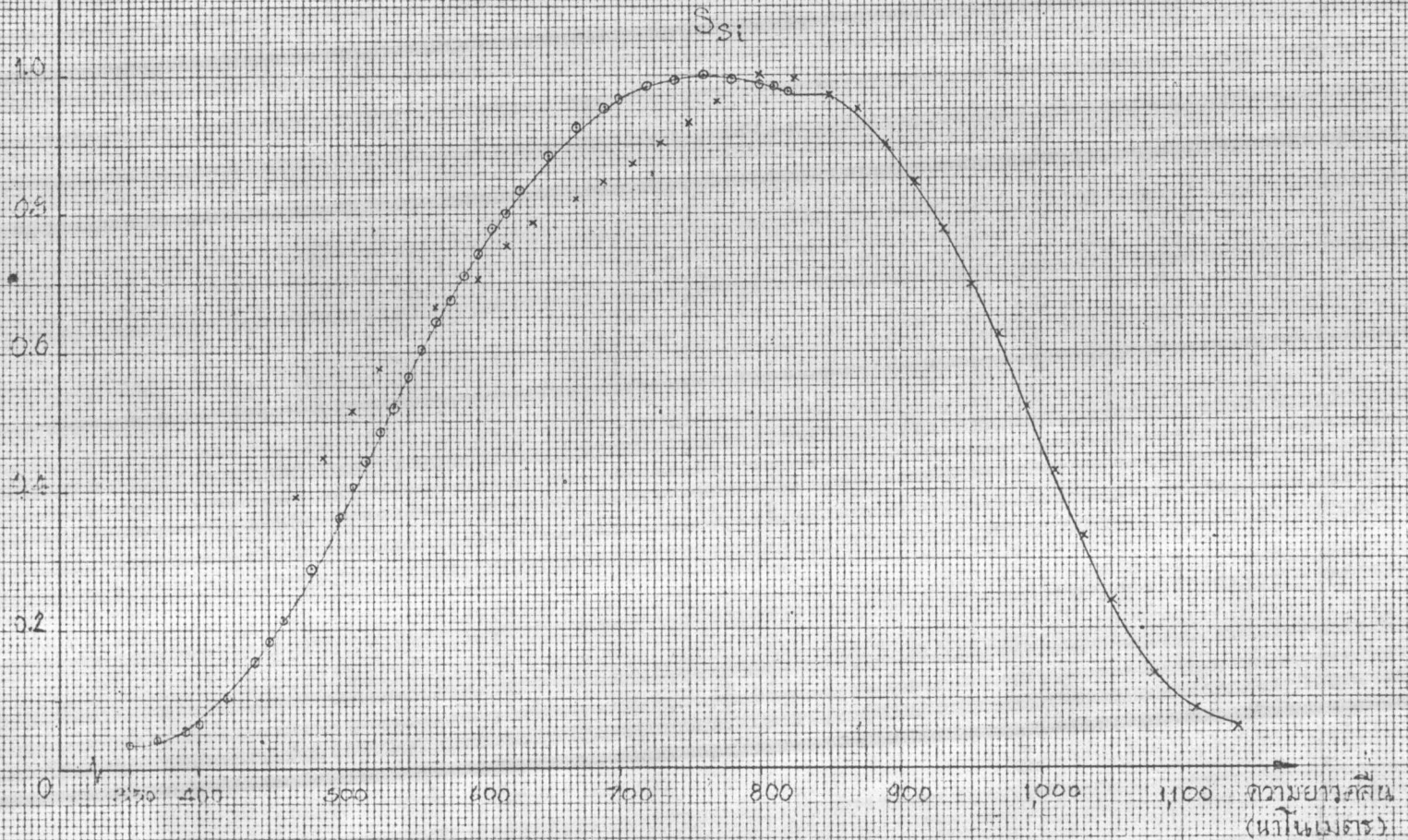


กล่องใส่เซลล์รับพลังงานแสง

(ข)

รูปที่ ๕.๑๒ แสดงรูปกล่องใส่เซลล์รับพลังงานแสงก่อน และหลังแก้ edge effect

ผลตอบสนองของตัวรับรังสีเปรียบเทียบ

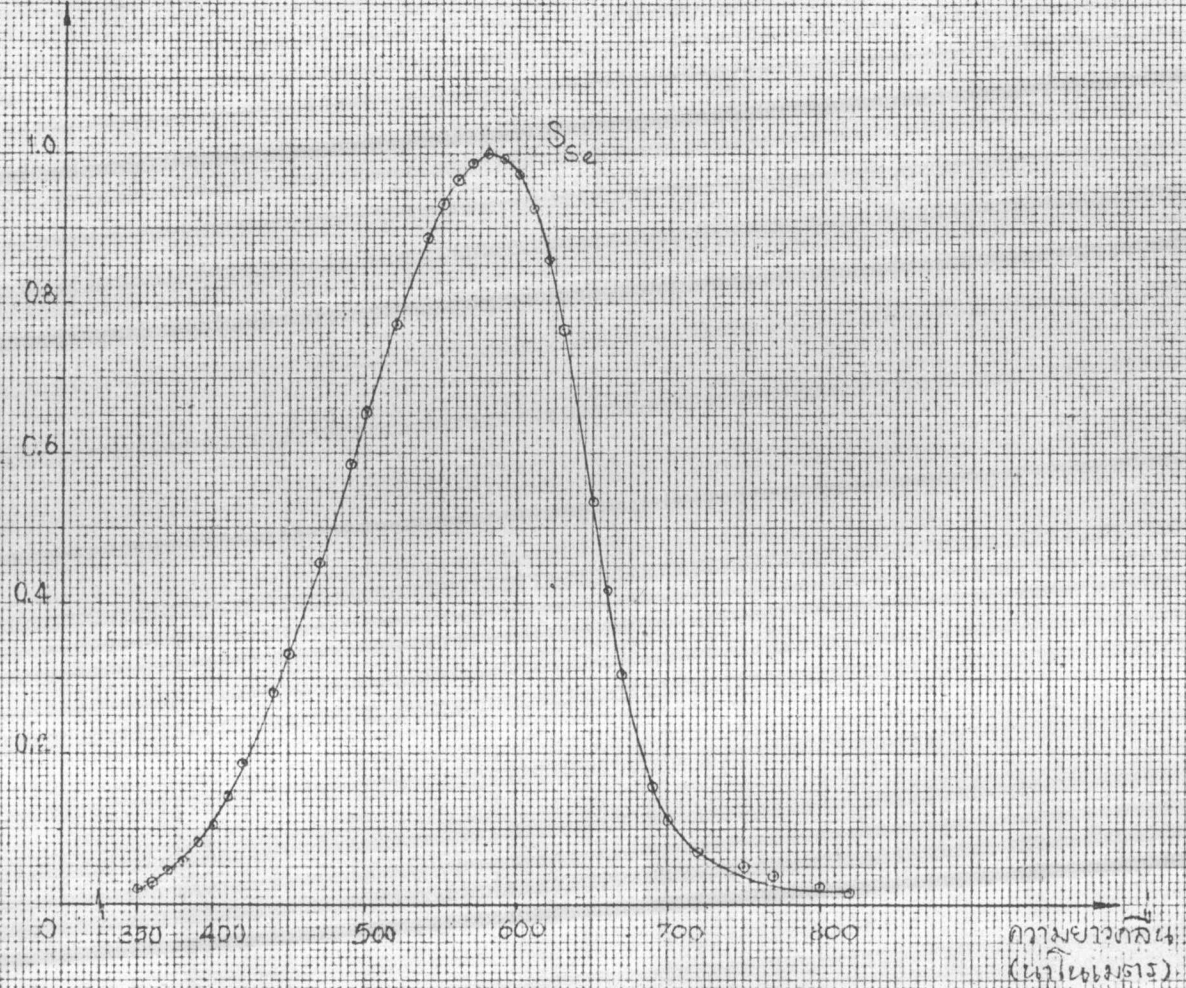


กราฟที่ ๕.๑ แสดงผลตอบสนองต่อรังสีเปรียบเทียบของเซลล์พลังงานแสงซิลิกอน

○ ค่าที่วัดโดย Universal Spectrophotometer

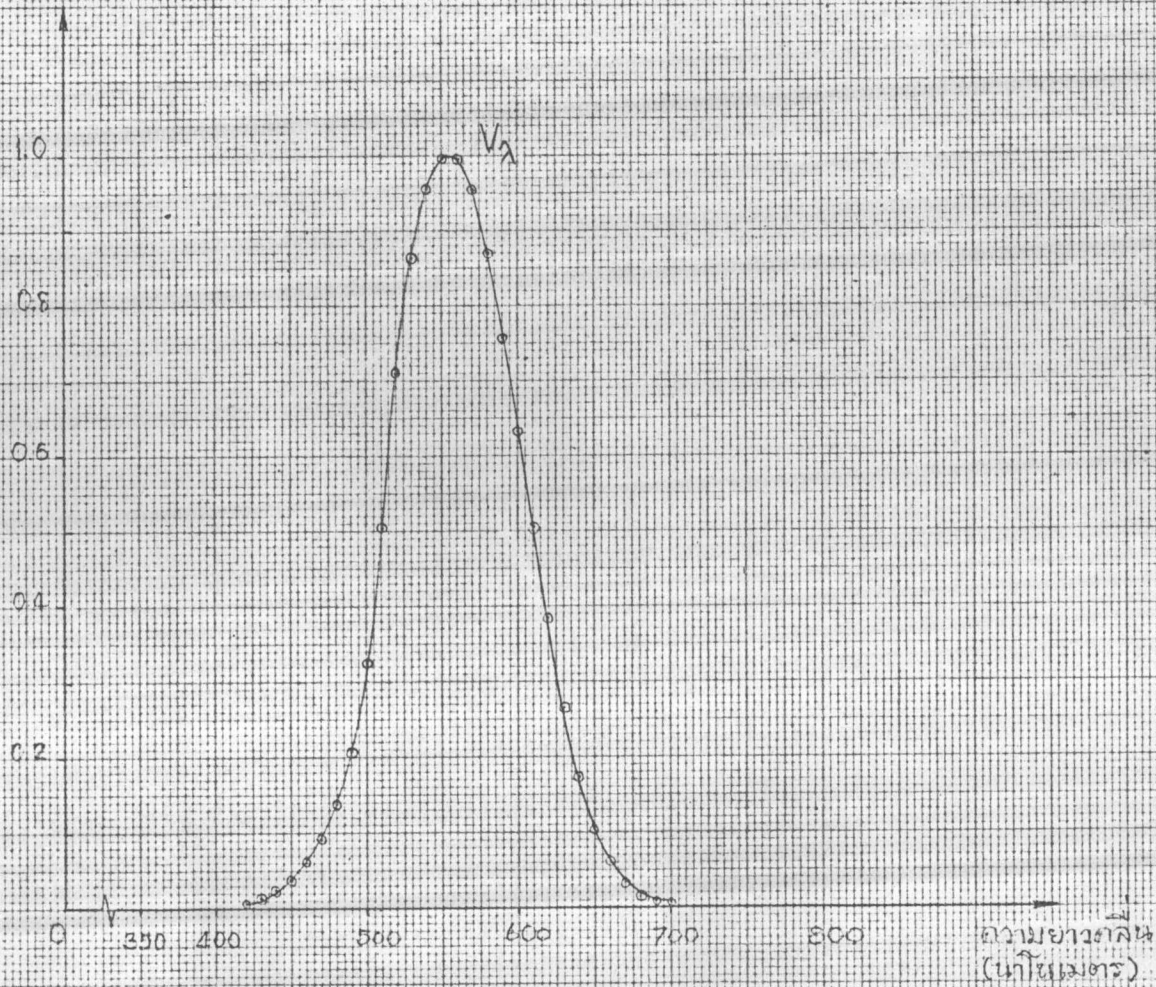
× ค่าจากการทดลองวัด จากหนังสือ Energy Conversion โดย Chang หน้า ๑๘๔

ผลตอบสนองต่อแสงเปรียบเทียบ



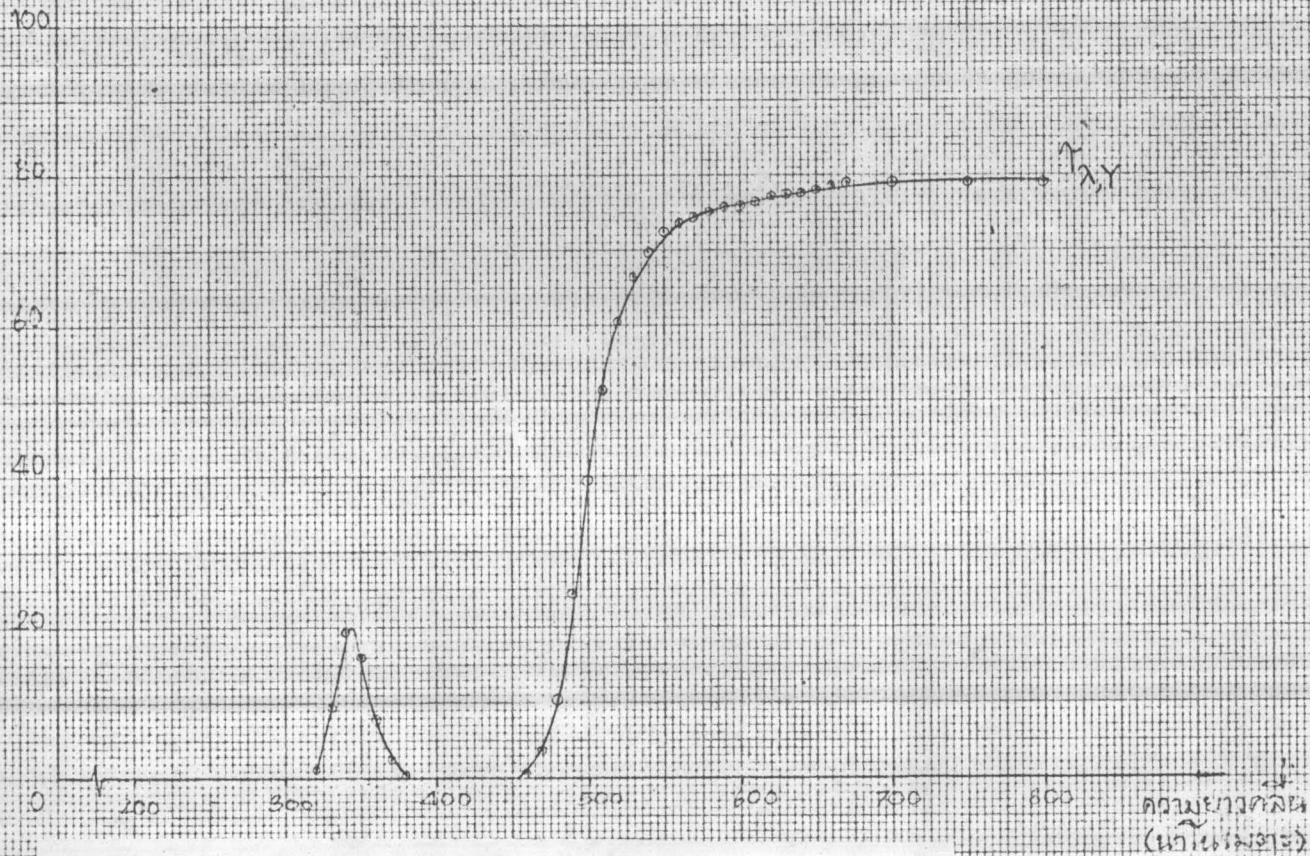
กราฟที่ ๕.๒ แสดงผลตอบสนองต่อแสงเปรียบเทียบของเซลล์พลังงานแสงซิลิเนียม

การตอบสนองต่อแสงของตามนุษย์ (V_λ)



กราฟที่ ๕.๓ แสดงการตอบสนองต่อแสงของตามนุษย์ หรือ CIE curve หรือ V_λ curve

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทึบสเปกตรัม



กราฟที่ ๕.๔ (ก) รูปสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงสีเหลือง ("Cinemoid"
colour filter ; No.1.YELLOW)

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัม

100

80

60

40

20

0

200

300

400

500

600

700

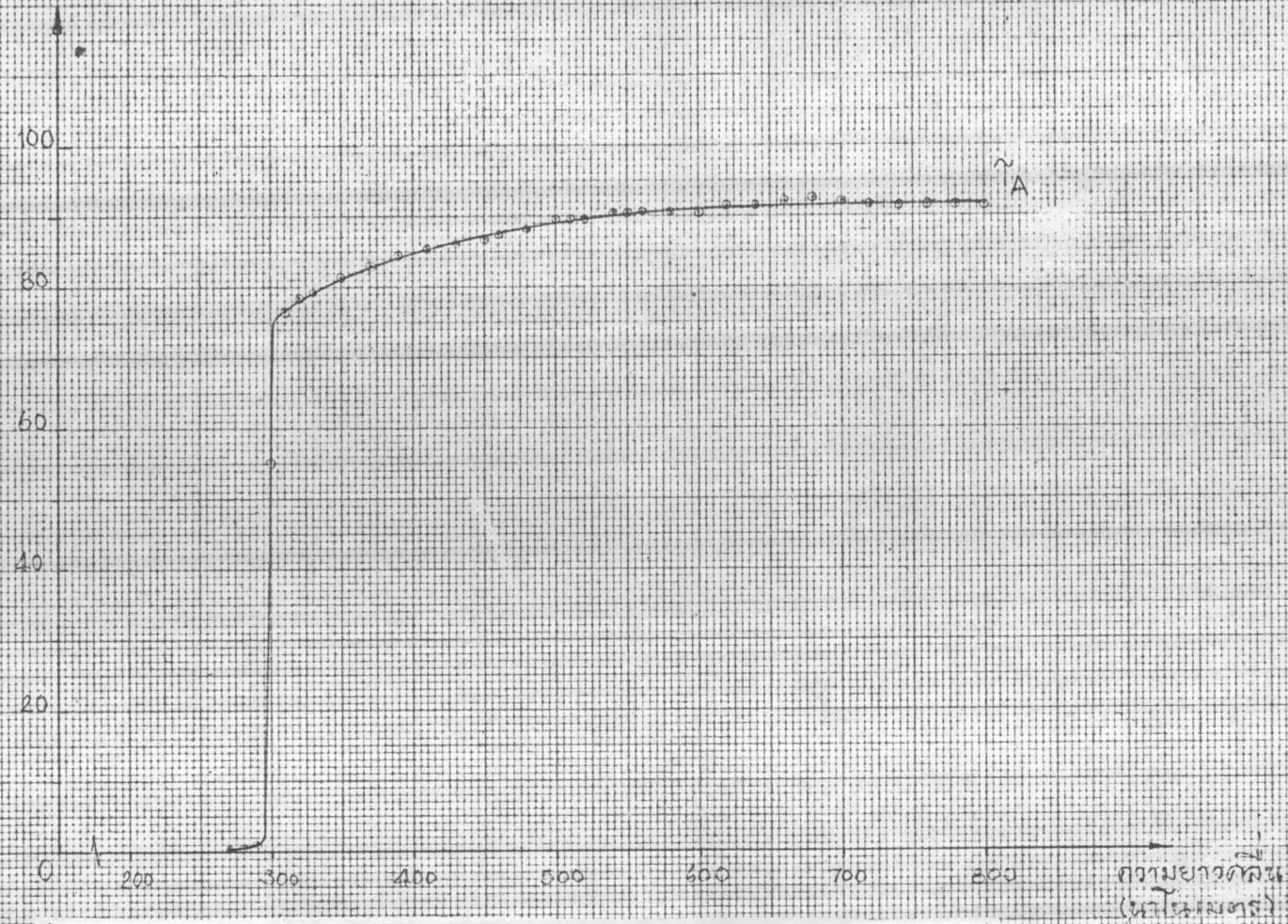
800

ความยาวคลื่น
(นาโนเมตร)

กราฟที่ ๕.๔ (ข) รูปสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงสีน้ำเงิน ("Cinemoid"
colour filter ; No.18.LIGHT BLUE)

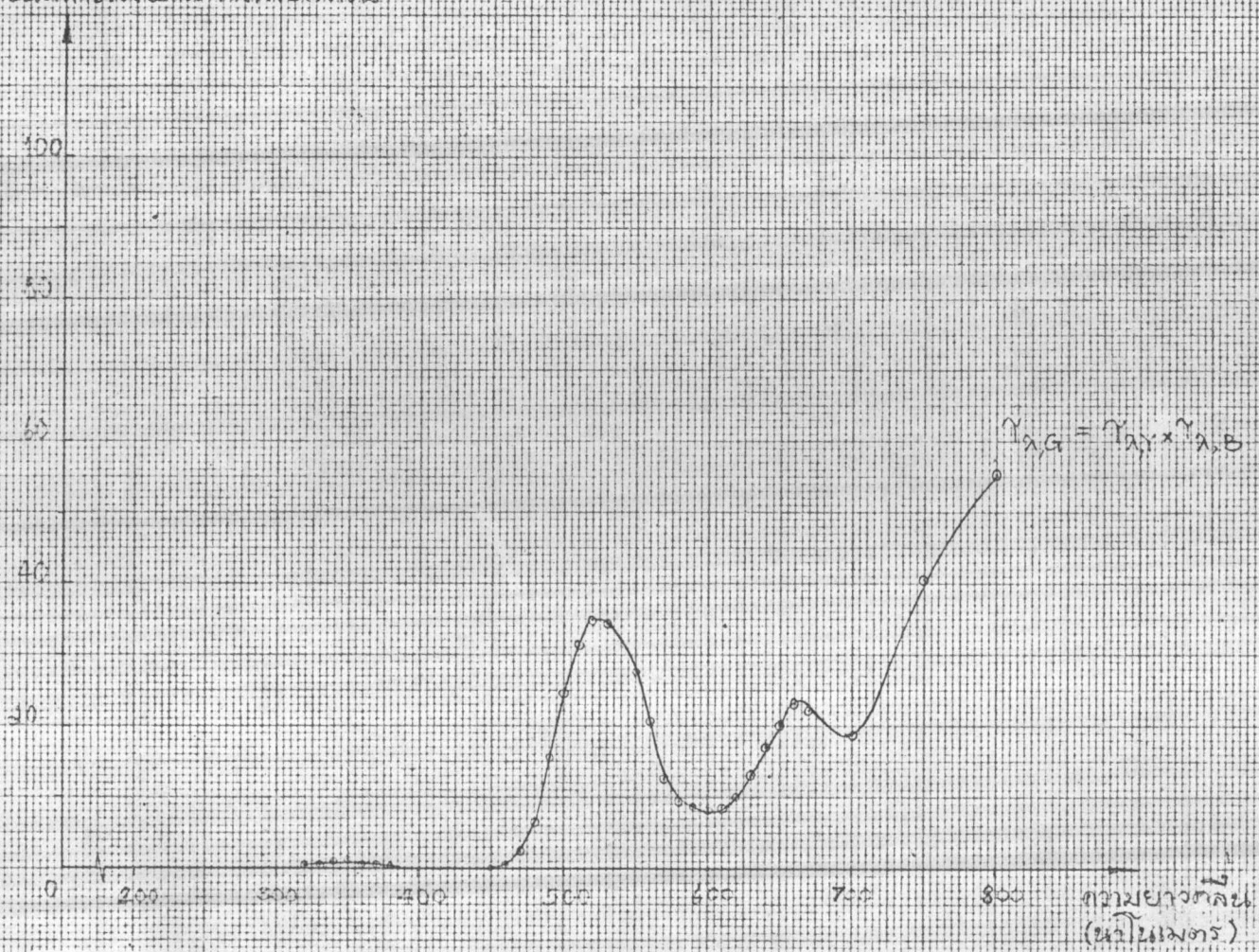
T_{7,8}

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทงส่งเปลือกหอย



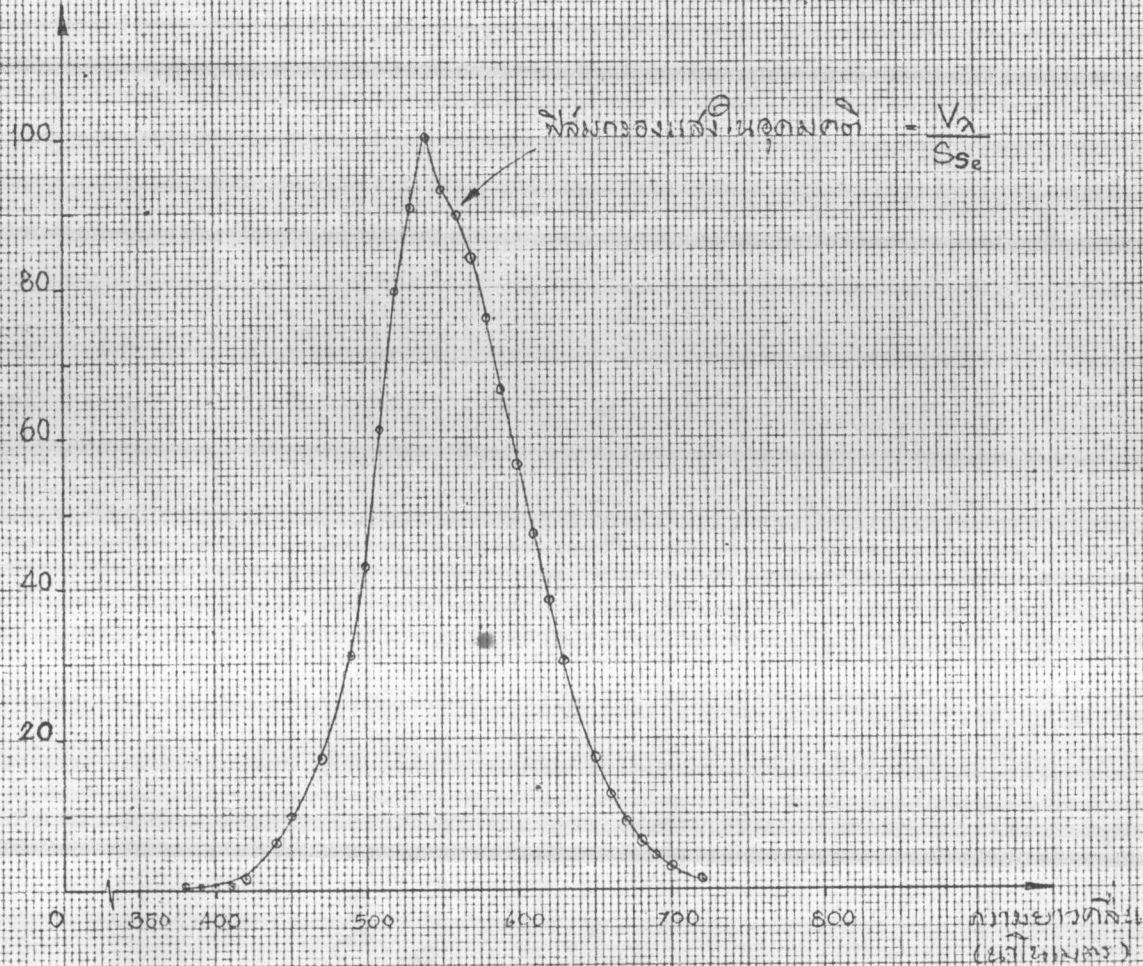
กราฟที่ ๕.๔ (ค) รูปสเปกตรัมของแผ่นอะคริลิกพลาสติกใส แบบ Local Product

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางลึกลับ



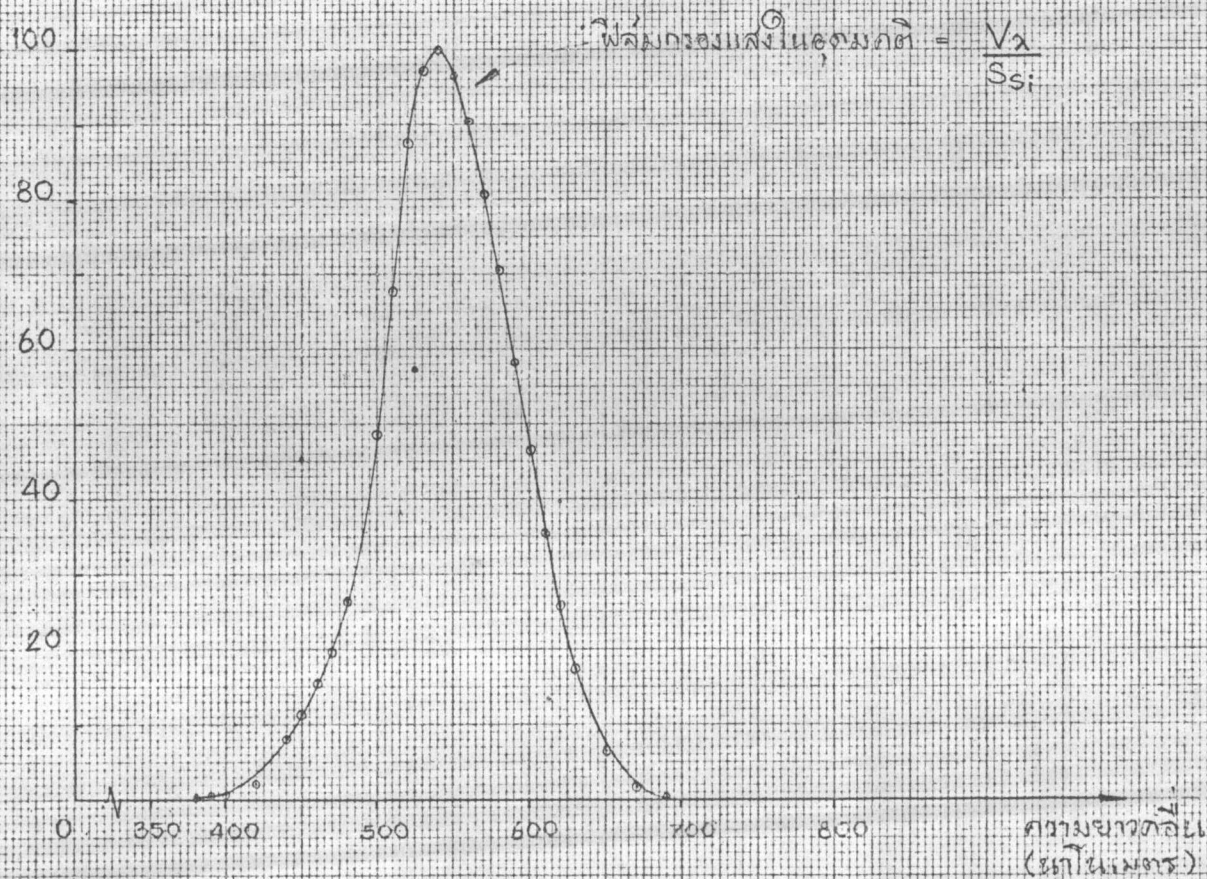
กราฟที่ ๕.๕ รูปสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสง เมื่อนำฟิล์มกรองแสงสีเหลืองกับสีน้ำเงินมาซ้อนกัน

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัม



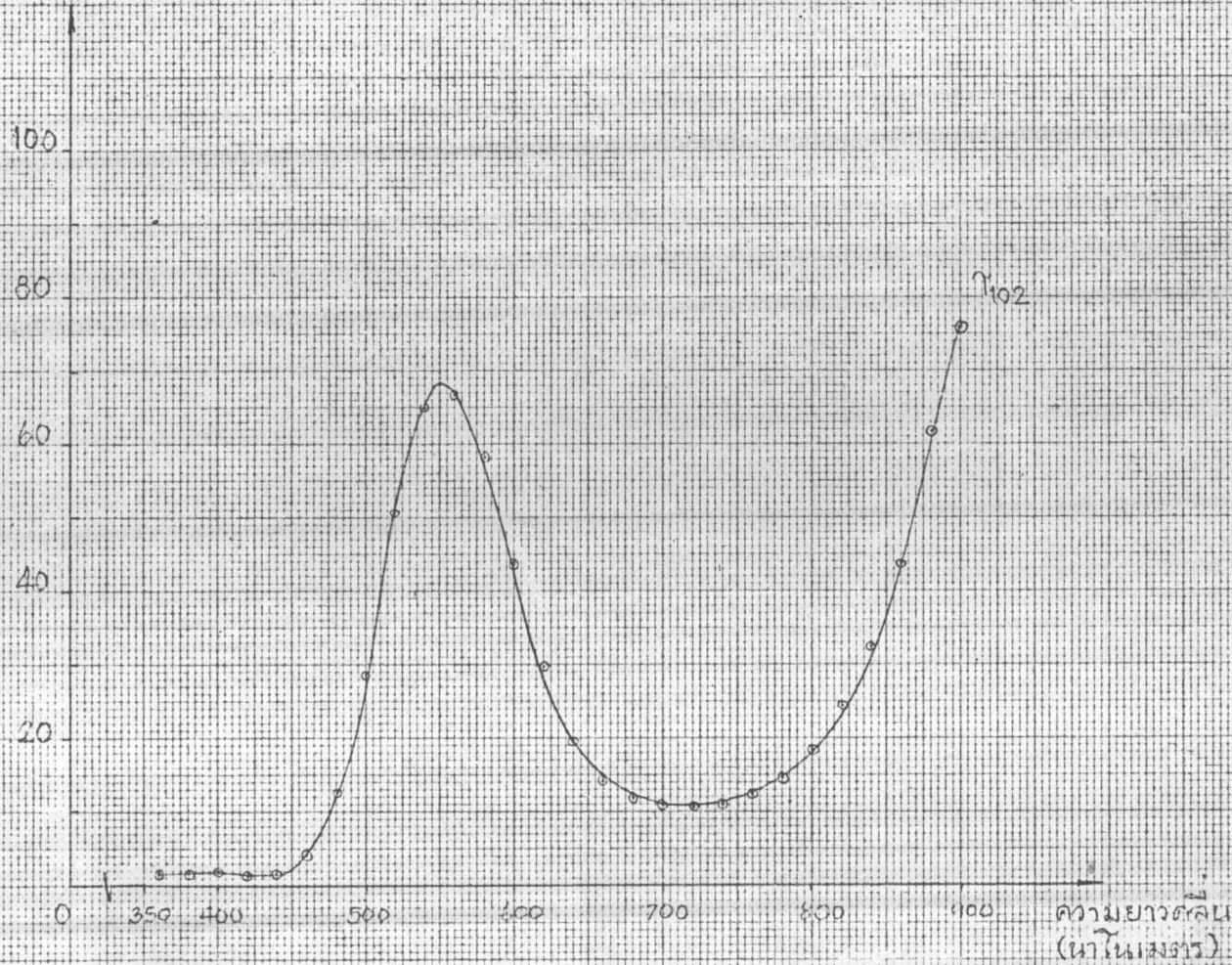
กราฟที่ ๕.๖(ก) แสดงรูปเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงในอุดมคติ ที่สามารถปรับรูปผลตอบสนองต่อแสงของเซลรับพลังงานแสงซีลีเนียมให้เหมือน V_{λ} curve

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทงสเปกตรัม



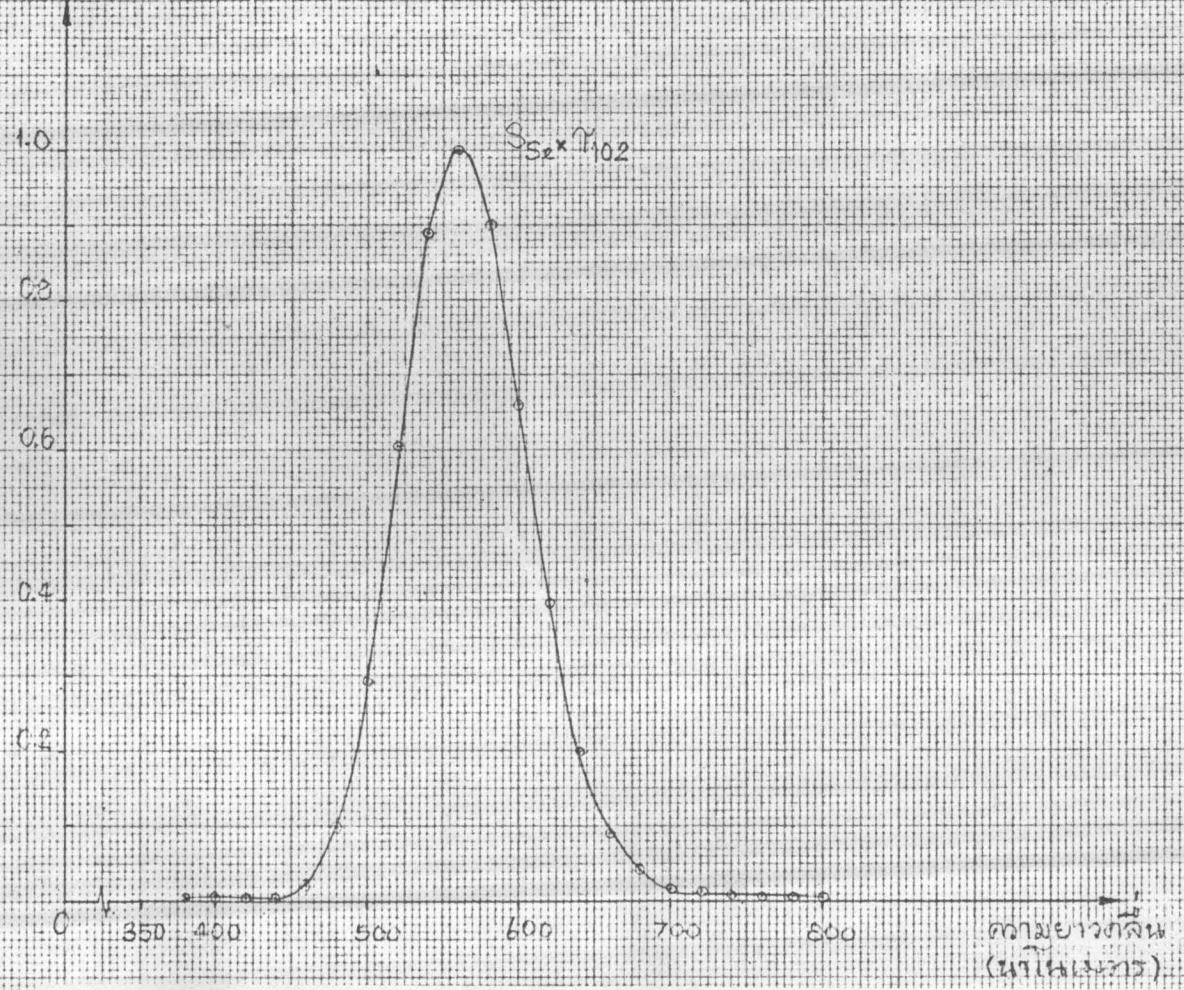
กราฟที่ ๕.๖(ข) แสดงรูปเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทงสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงในอุดมคติ ที่สามารถปรับรูปผลตอบสนองต่อรังสีของเซลล์พลังงานแสงซิลิกอนให้เหมือน V_{λ} curve

เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสง



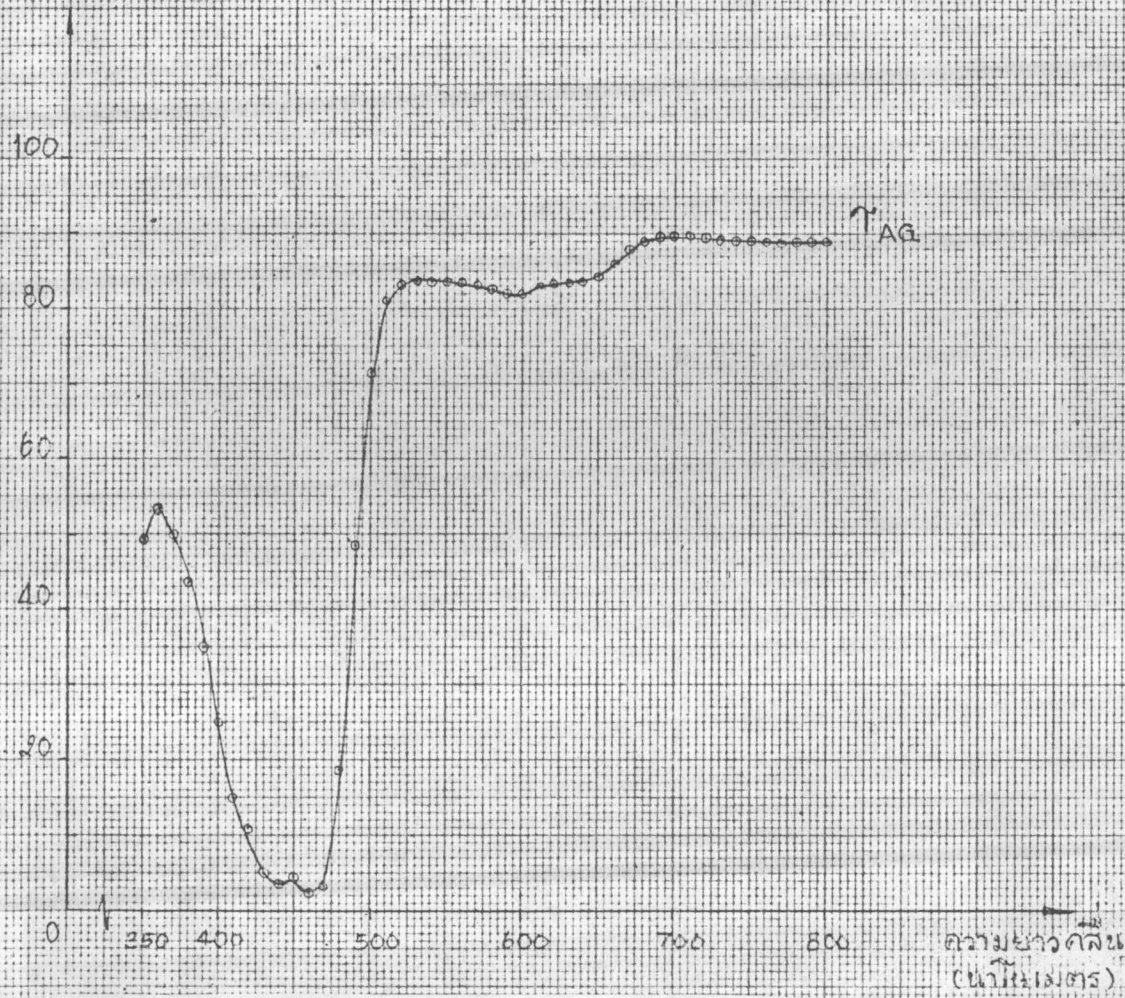
กราฟที่ ๕.๖ (รูปสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงเบอร์ ๑๐๒ ของโกดัก)

ผลตอบสนองต่อแสงเปรียบเทียบ



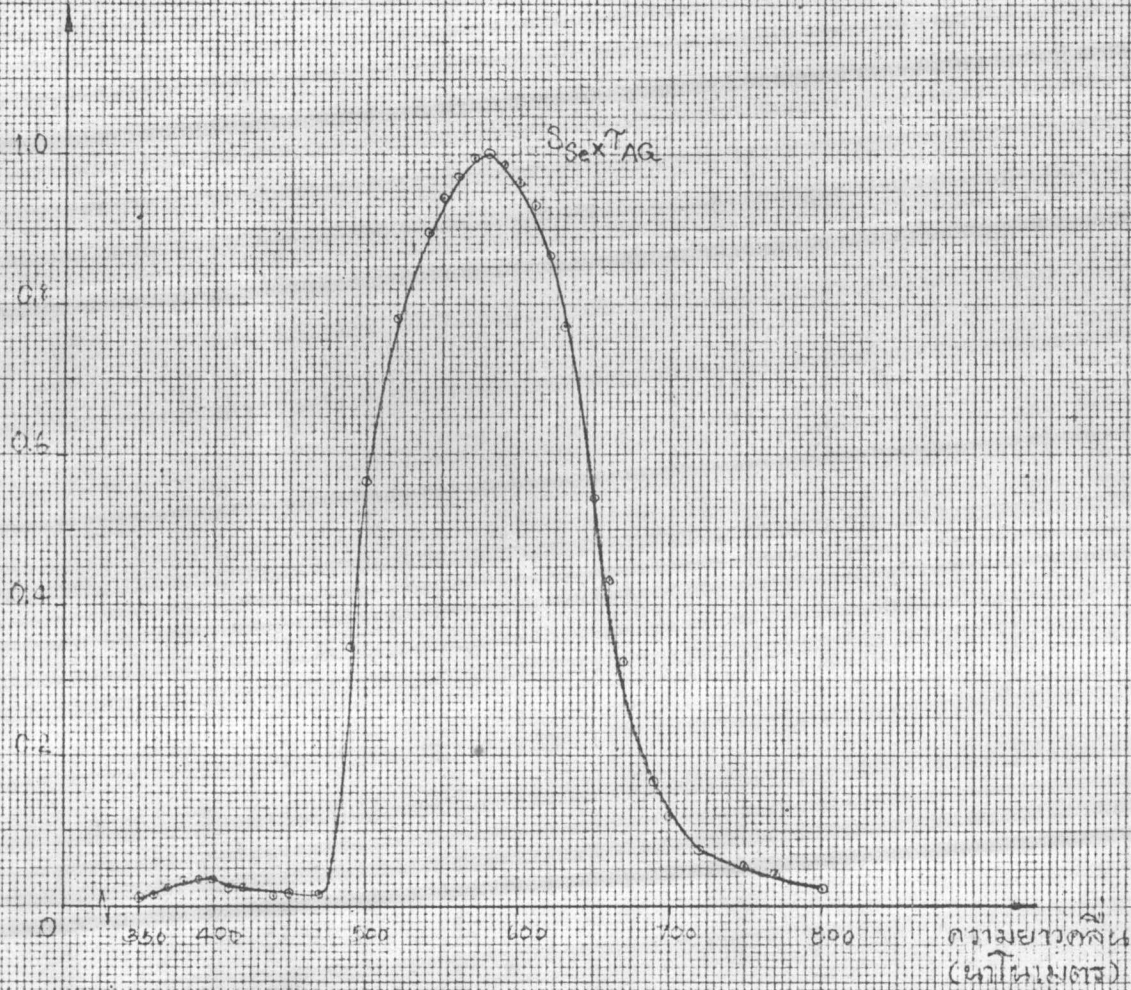
กราฟที่ ๕.๗ แสดงผลตอบสนองต่อแสงของเซลล์รับพลังงานแสงซิลิเนียมเมื่อปรับรูปสเปกตรัมด้วย
ฟิล์มกรองแสงเบอร์ ๑๐๒ ของโกดัก

เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของพลาสติก



กราฟที่ ๕.๔ รูปสเปกตรัมของอะคริลิกพลาสติคสีเขียว แบบ Local Product

ผลตอบสนองต่อแสงเปรียบเทียบ



กราฟที่ ๕.๕ (ก) แสดงผลตอบสนองต่อแสงของเซลรับพลังงานแสงซิลิเนียมเมื่อปรับรูปสเปกตรัม

ด้วยอะคริลิกพลาสติกสีเขียว

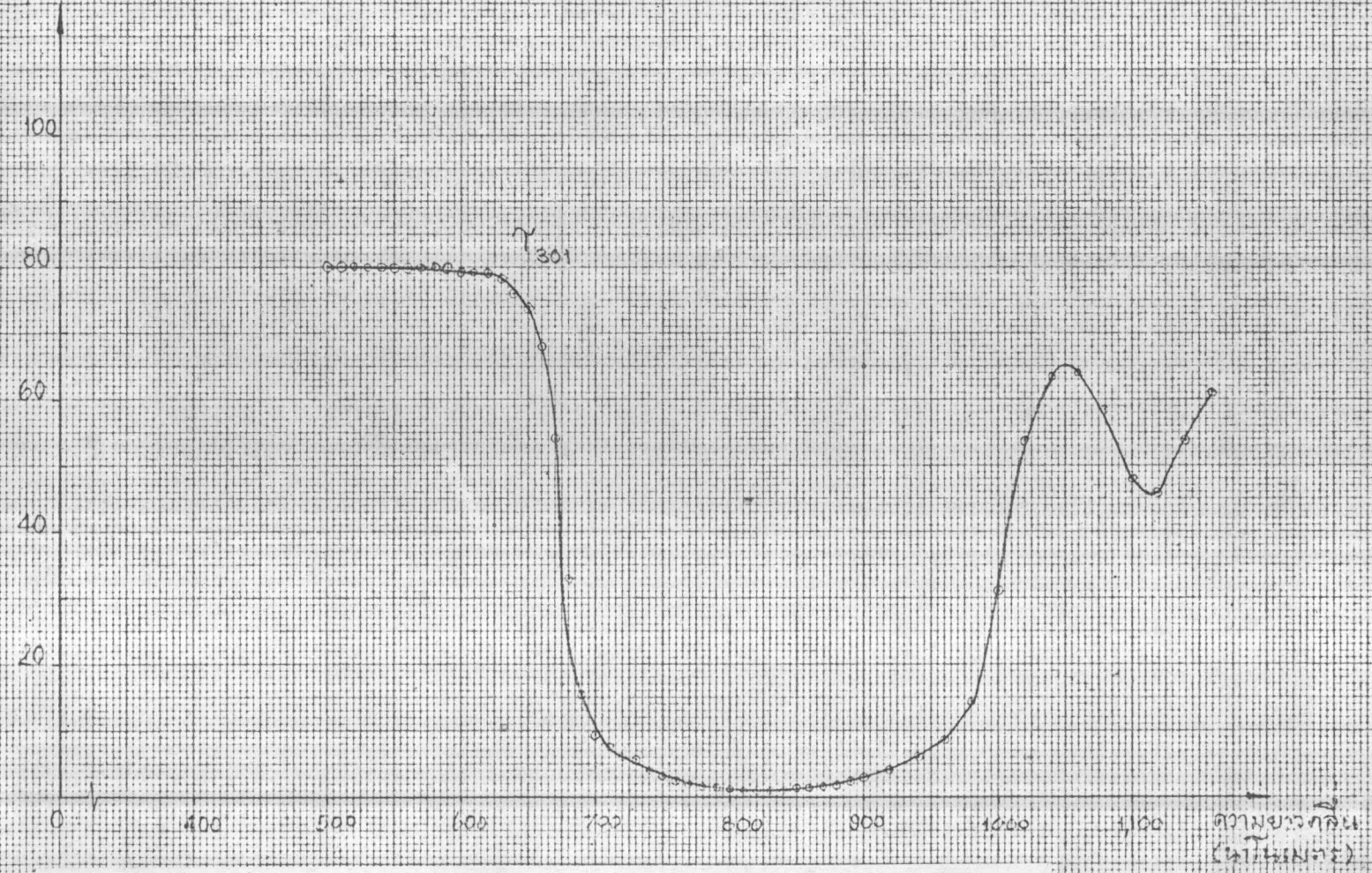
ผลตอบสนองต่อแสงเปรียบเทียบ



กราฟที่ ๕.๔ (ข) แสดงผลตอบสนองต่อแสงของเซลล์พลังงานแสงซิลิเนียมเมื่อปรับรูปสเปกตรัม

ด้วยฟิล์มกรองแสงสีเหลืองร่วมกับสีน้ำเงิน

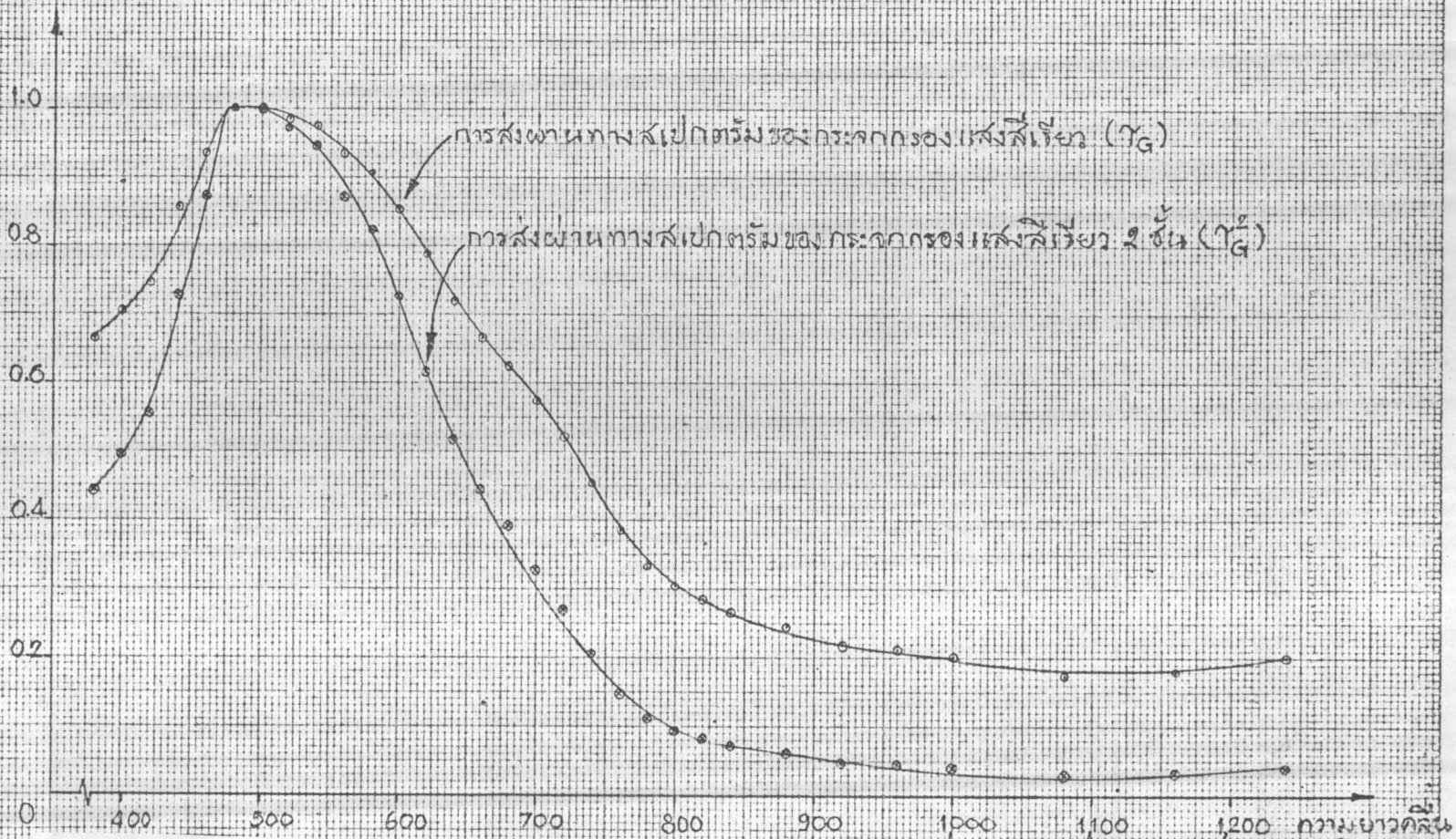
เปอร์เซ็นต์การส่งผ่านทางสเปกตรัม



กราฟที่ ๕.๑๐ (ก) รูปสเปกตรัมของกระจกกรองแสงเบอร์ ๓๐๑ (Infrared-cutoff filter)

ของโกดัก

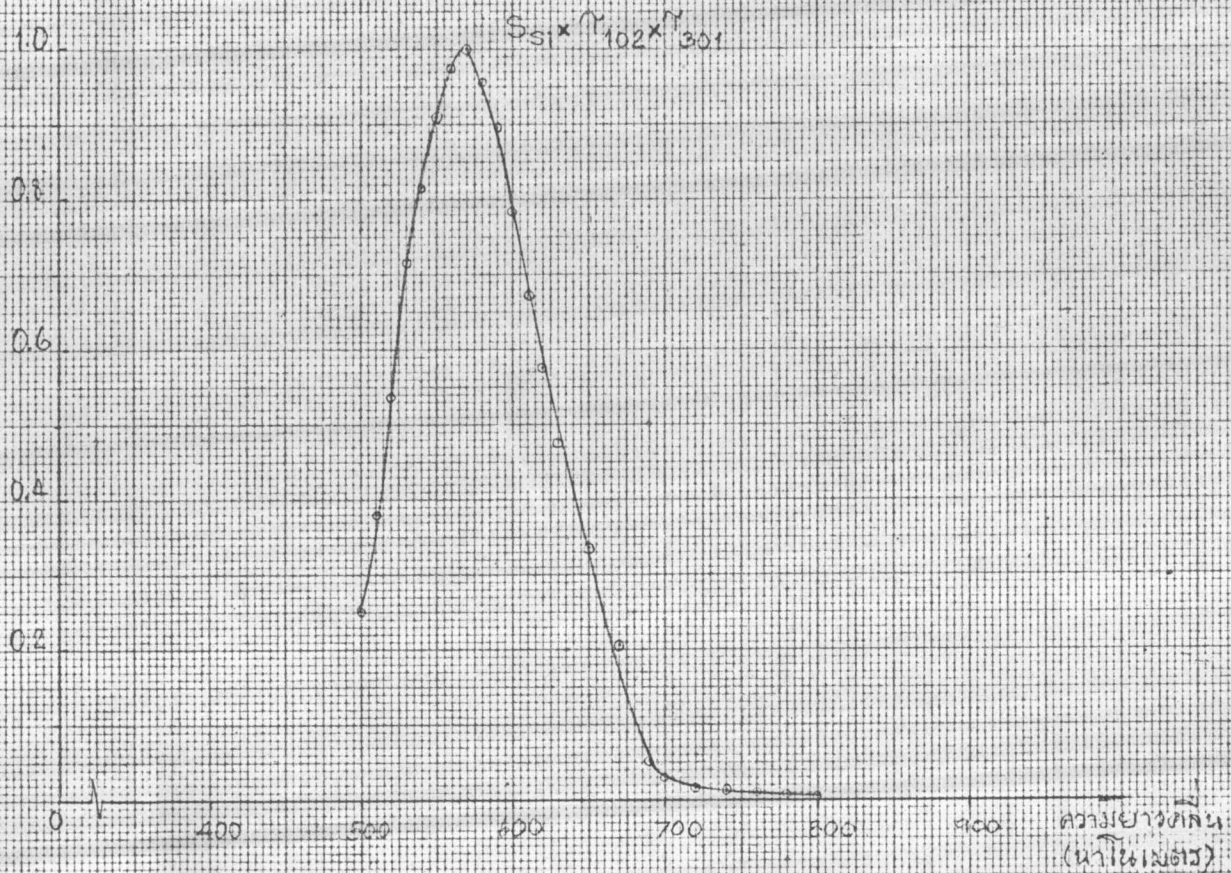
การส่งผ่านทางสเปกตรัมเปรียบเทียบ



กราฟที่ ๕.๑๑ (ข) การส่งผ่านทางสเปกตรัมเปรียบเทียบของกระจกกรองแสงสีเขียว

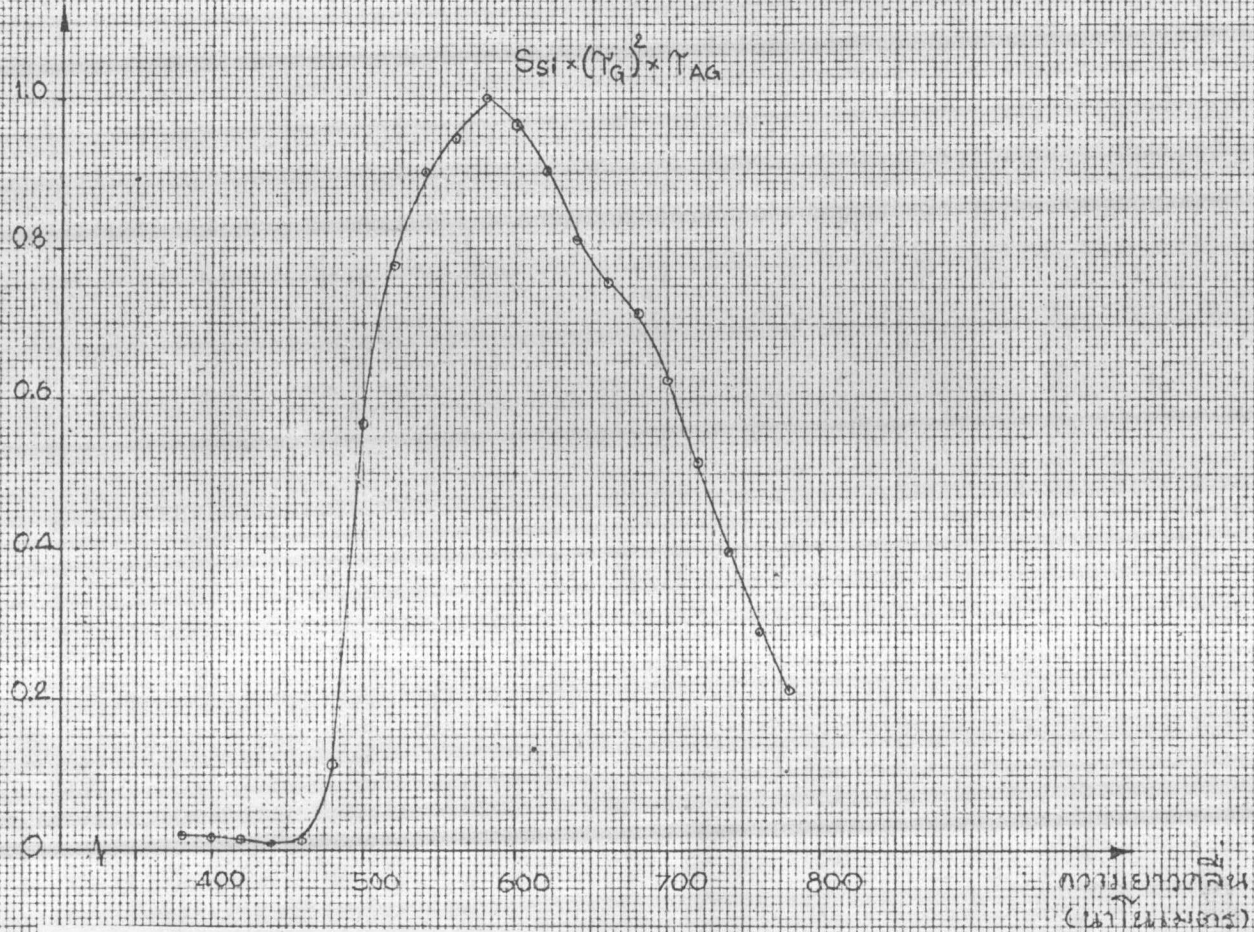
(PARSOL green polished plate/flat glass)

ผลตอบสนองต่อแสงเปรียบเทียบ



กราฟที่ ๕.๑๑(ก) แสดงผลตอบสนองเปรียบเทียบของเซลล์พลังงานแสงซิลิคอนเมื่อปรับด้วยฟิล์มกรองแสงเบอร์ ๑๐๒ กับ ๓๐๑ ร่วมกัน เพื่อให้มีรูปสเปกตรัมคล้ายกับ V_{λ} curve

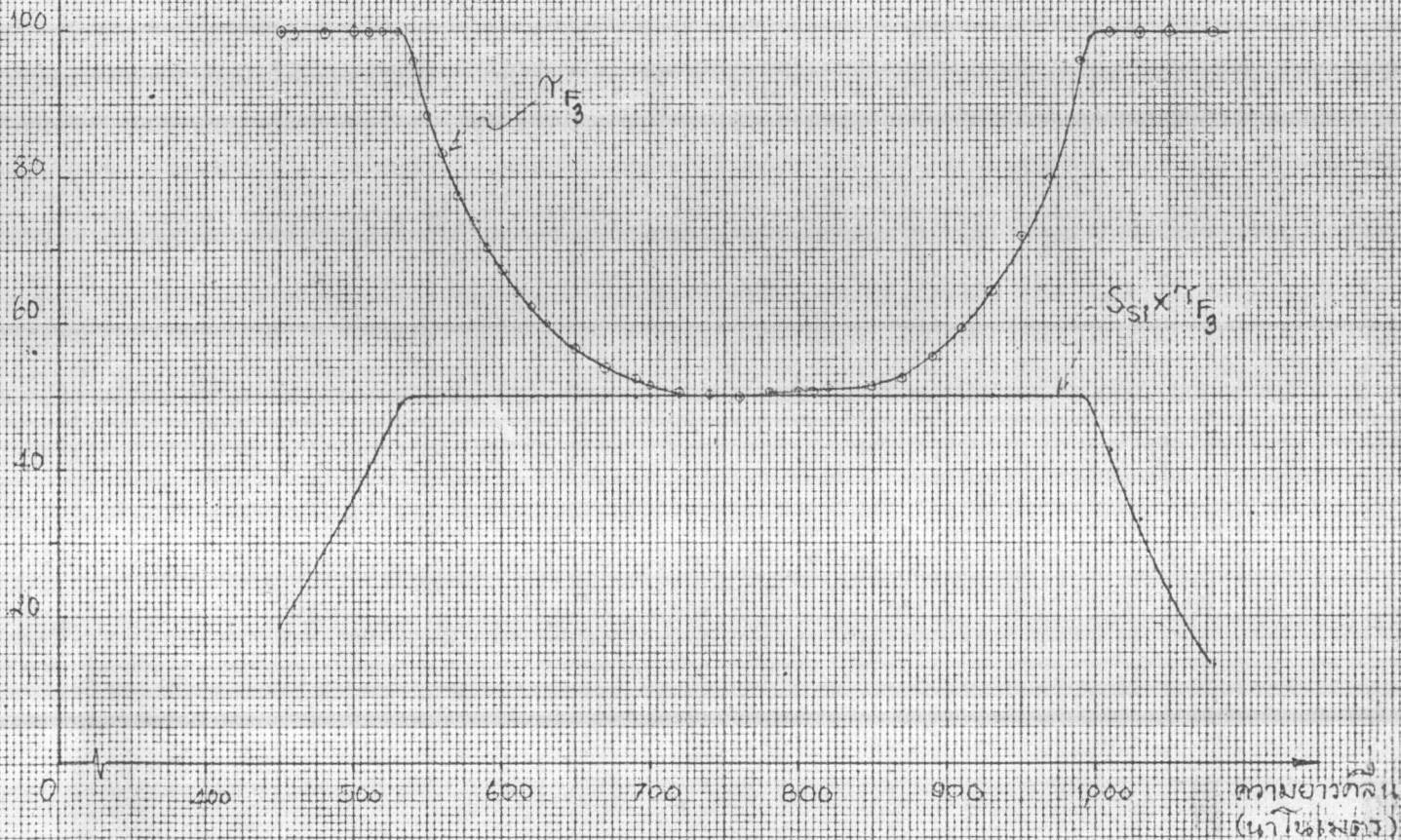
ผลตอบสนองต่อแสงเปรียบเทียบ



กราฟที่ ๕.๑๑ (ข) ผลตอบสนองต่อแสงเปรียบเทียบของเซลล์พลังงานแสงซิลิกอน เมื่อ

ใช้งานร่วมกับกระจกกรองแสงสีเขียว ๒ ชั้น และอะคริลิกพลาสติกสีเขียว

ผลตอบสนองต่อรังสี



กราฟที่ ๕.๑๒ (ก) แสดงผลตอบสนองต่อ รังสีของเซลล์พลังงานแสงซิลิกอนเมื่อปรับด้วยฟิล์มกรองแสง เพื่อให้มีรูปสเปกตรัมราบเท่ากันตลอดช่วง

ผลตอบสนองต่อรังสี

100

80

60

40

20

0

400

500

600

700

800

900

1000

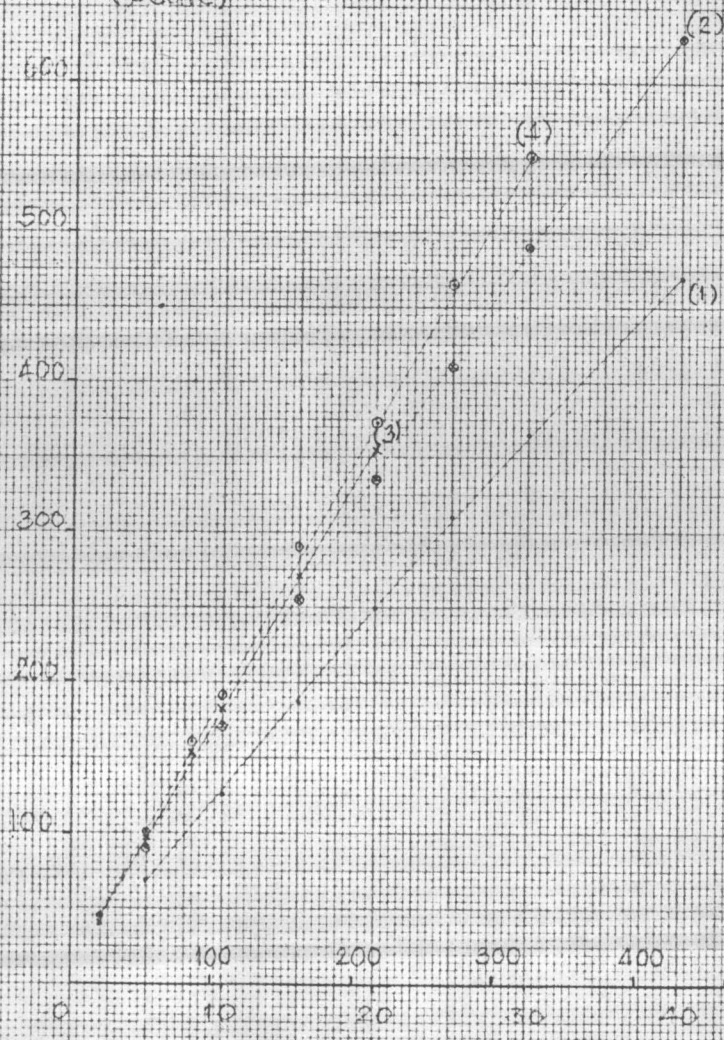
ความยาวคลื่น
(นาโนเมตร)

NEA

Si x NEA

กราฟที่ ๕.๑๒ (ข) แสดงผลตอบสนองต่อรังสีของเซลล์รับพลังงานแสงซิลิกอนเมื่อปรับด้วยฟิล์มกรองแสง เพื่อให้มีรูปสเปกตรัมราบเท่ากันตลอดช่วง

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดพลังงานแสง
(Scale)



(๑) หลอดไอโซเดียมความดันไอต่ำ ขนาด 135 W

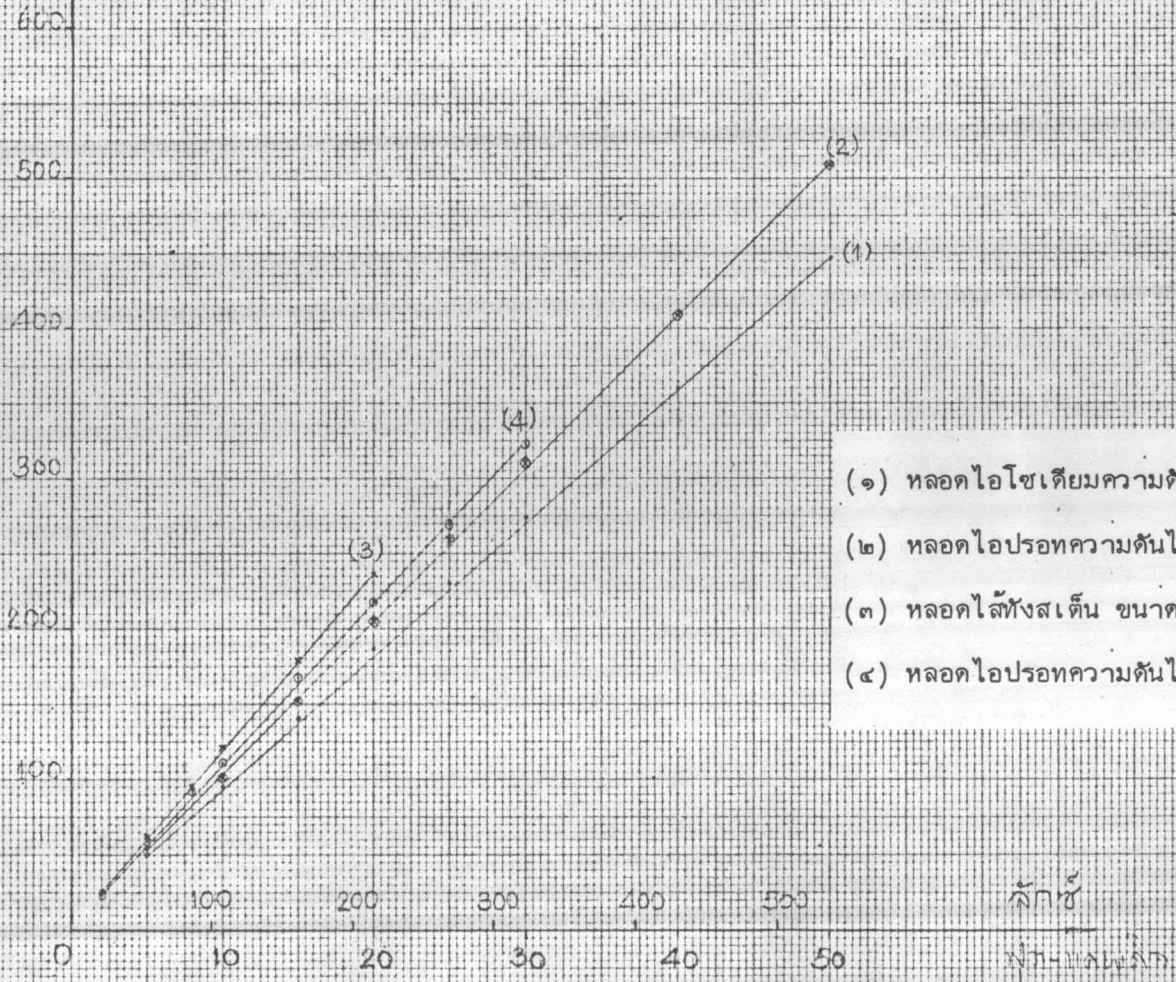
(๒) หลอดไอปรอทความดันไอสูง ขนาด 125 W

(๓) หลอดไส้ทังสเตน ขนาด 100 W

(๔) หลอดไอปรอทความดันไอต่ำ ขนาด 2 x 40 W

กราฟที่ ๕.๑๓ (ก) แสดงการปรับเครื่องวัดพลังงานแสง เมื่อใช้ซิลิเนียมเป็นตัวรับพลังงานแสง
จากหลอดกำเนิดแสงชนิดต่าง ๆ เทียบกับลักซ์มิเตอร์

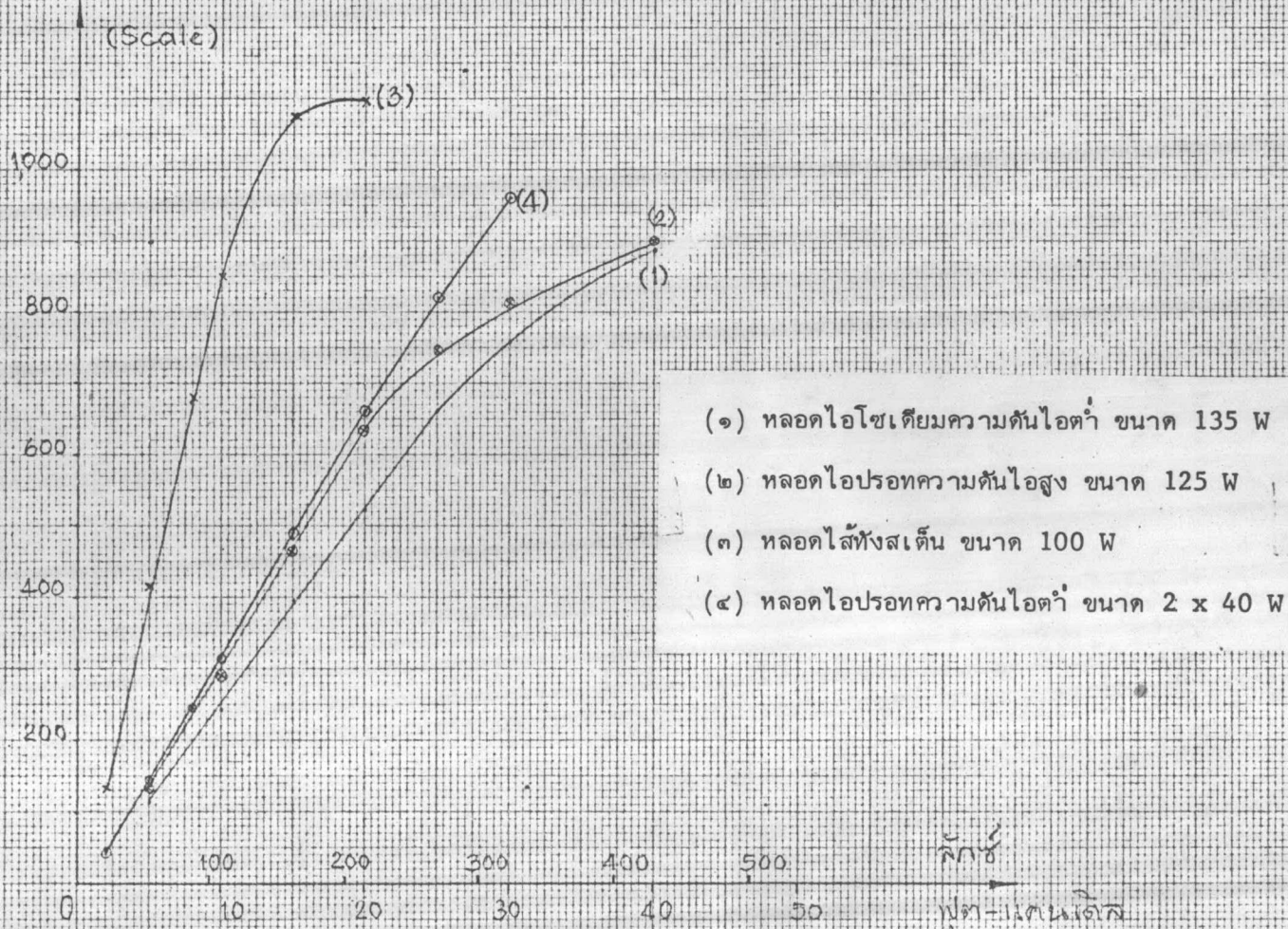
ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดพลังงานแสง
(Scale)



- (๑) หลอดไอโซเดียมความดันต่ำ ขนาด 135 W
- (๒) หลอดไอปรอทความดันไอสูง ขนาด 125 W
- (๓) หลอดไส้ทังสเตน ขนาด 100 W
- (๔) หลอดไอปรอทความดันไอต่ำ ขนาด 2 x 40 W

กราฟที่ ๕.๑๓ (ข) แสดงการปรับเครื่องมือวัดพลังงานแสงเมื่อใช้ซีซีเนียมร่วมกับ อะคริลิกพลาสติกสีเขียว เป็นตัวรับพลังงานแสงจากหลอดกำเนิดแสงชนิดต่าง ๆ เทียบกับ ลักซ์มิเตอร์.

ค่าทอร์นไดรตกรณมีขั้วพลังงานแสง



กราฟที่ ๕.๑๓ (ค) แสดงการปรับเครื่องมือวัดพลังงานแสง เมื่อใช้ซิลิกอนร่วมกับกระจกกรองแสง
 ๒ ชั้นและอะคริลิกพลาสติกสีเขียว เป็นตัวรับพลังงานแสงจากหลอดกำเนิดแสง
 ชนิดต่างๆ เทียบกับลักซ์มิเตอร์

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดพลังงานแสง

(Scale)

600

500

400

300

200

100

0

10

20

30

40

50

60

70

พลังงานแสงอาทิตย์
(mW/cm^2)

Clear Sky

Clouded Sky

กราฟที่ ๕.๑๔

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับค่าที่อ่านได้จากเครื่อง
มือวัดพลังงานแสงที่ใช้ซิลิกอน เป็นตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์

Open Circuit Voltage
(Volts)

0.6

0.5

0.4

0.3

0.2

0.1

0

10

20

30

40

50

60

70

พลังงานแสงอาทิตย์
(mW/cm^2)

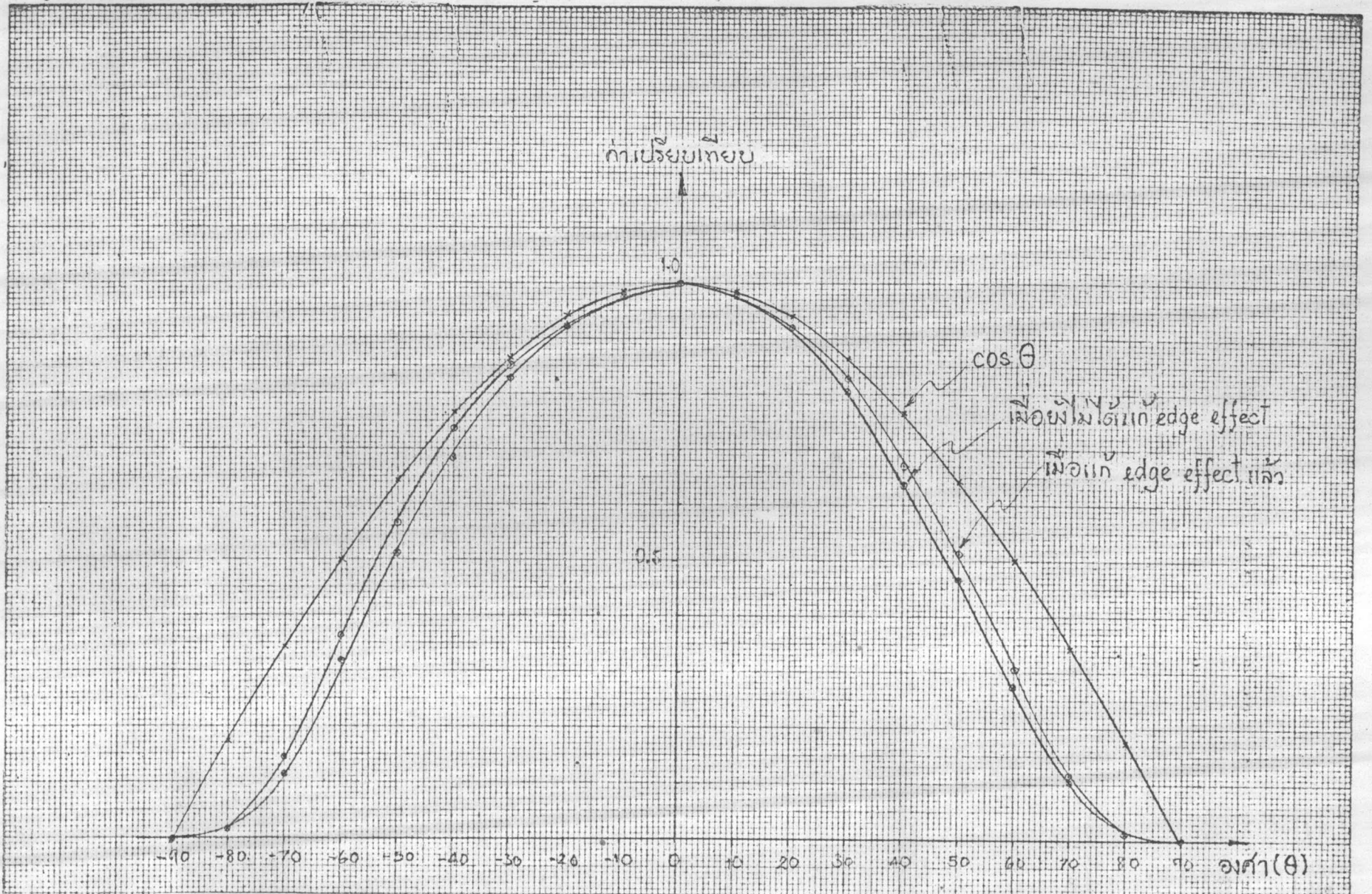
กราฟที่ ๕.๑๕ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง open circuit voltage ของเซลล์รับพลังงานแสง

ซิลิกอนกับพลังงานแสงอาทิตย์ (mW/cm^2)

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดพลังงานแสง



กราฟที่ ๕.๑๖ แสดงค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดพลังงานแสงที่มีค่าแปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิทำงาน
เมื่ออุณหภูมิห้องขณะนั้นมีค่า ๓๒ องศาเซนติเกรด



กราฟที่ ๕.๑๗ แสดงผลของมุมที่แสงตกกระทบ และการเกิด edge effect