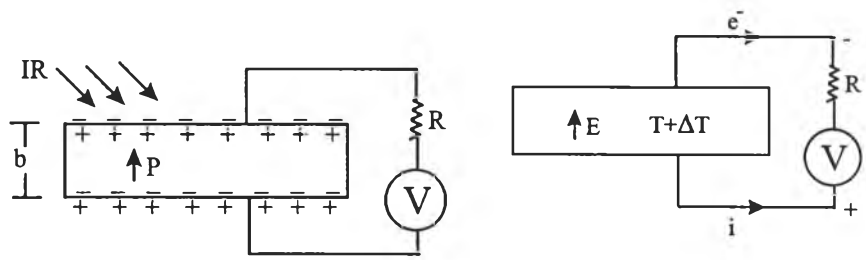
บทที่ 5
ความต่างศักย์จากฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF

หลังจากได้ฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF ที่มีสัมประสิทธิ์ไพโรอิเล็กทริกปานกลางหรือค่อนข้างสูง ขั้นตอนต่อไปจะนำฟิล์มนี้ไปศึกษาความต่างศักย์จากฟิล์มเมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความเข้มต่าง ๆ ตกกระทบฟิล์ม เพื่อนำข้อมูลนี้ใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาอุปกรณ์ตัวรับรู้ไพโรอิเล็กทริกต่อไป

5.1 ความต่างศักย์จากฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF (เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทันทีทันใด)



(ก) (ข)

รูปที่ 5.1 (ก) และ (ข) แสดงการใช้โวลต์มิเตอร์ที่มีความต้านทานภายใน R วัดความต่างศักย์เมื่อมีรังสีอินฟราเรดตกกระทบฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF

จากรูปที่ 5.1 ฟิล์มไพโรอิเล็กทริกที่มีพื้นที่อิเล็กโทรด A หนา b ต่อกับโวลต์มิเตอร์ที่มีความต้านทานภายใน R ถ้าทิ้งไว้นาน ๆ โวลต์มิเตอร์จะอ่านศูนย์ เนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายของประจุอิสระไปรวมกับประจุโพลาไรเซชัน ทำให้ฟิล์มอยู่ในสภาพเป็นกลาง เมื่อมีรังสีอินฟราเรดมาตกกระทบฟิล์มทำให้ฟิล์มมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น $T + \Delta T$ อย่างรวดเร็ว โพลาไรเซชันของฟิล์มเปลี่ยนเป็น $P - \Delta P$ ในช่วงเวลาที่สั้นมาก ๆ หลังจากมีการเปลี่ยนแปลงนี้ถ้าคิดว่าความต้านทานภายในของโวลต์มิเตอร์มีค่ามาก ประจุอิสระจะยังไม่เกิดการถ่ายเทระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง ดังนั้นอาจจะพิจารณาให้อยู่ในภาวะวงจรเปิดได้ ($\Delta D = 0$) จะเกิดความต่างศักย์และสนามไฟฟ้าขึ้นที่อิเล็กโทรดทั้งสองของฟิล์ม จากสมการ (2.16) จะหาความต่างศักย์ของวงจรเปิด (ในตอนแรก) ได้เป็น

$$V = \frac{pb\Delta T}{K\varepsilon_0} \tag{5.1}$$

เมื่อ K คือค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของฟิล์ม

จากนั้นประจุจะเริ่มเคลื่อนย้ายผ่านความต้านทานภายใน R ทำให้ความต่างศักย์ที่อิเล็กโทรดจะค่อย ๆ ลดลง ต่อไปจะพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ V กับประจุอิสระ $\pm Q$ ที่อิเล็กโทรดทั้งสอง

จากสมการ (2.13) และ (2.14) จะได้

$$E = \frac{Q}{A\varepsilon_0} - \frac{P_r}{\varepsilon_0} - \chi_T E - \frac{p\Delta T}{\varepsilon_0} \tag{5.2}$$

สมการ (5.2) ถ้าจัดเทอมใหม่ จะได้

$$V = \frac{Q}{C} - \frac{Q_0}{C} \tag{5.3}$$

เมื่อ
$$Q_0 = \left(P_r + p\Delta T\right)A \tag{5.4}$$

$$C = \frac{K\varepsilon_0 A}{b} \tag{5.5}$$

โดย Q_0 คือประจุที่ผิวของอิเล็กโทรดขณะที่สนามไฟฟ้าและความต่างศักย์ลดลงเป็นศูนย์

จากรูปที่ 5.1 (ข) ขณะที่มีกระแสไหลจากฟิล์ม ถ้า ΔT คงที่ ทำให้เทอม $\frac{Q_0}{C}$ คงที่ด้วย จะเห็นว่าความต่างศักย์ V ในกรณีที่ฟิล์มเป็นสารไพโรอิเล็กทริก และไดอิเล็กทริกนั้นต่างกันเพราะในกรณีของสารไดอิเล็กทริก

$$V = \frac{Q}{C} \tag{5.6}$$

เมื่อ C คือความจุไฟฟ้า ที่นิยามดังสมการ (5.5)

ในรูปที่ 5.1 (ข) ขณะที่มีการเคลื่อนย้ายประจุ จะทำให้ความต่างศักย์ V ค่อย ๆ ลดลง ซึ่งจากสมการ (5.3) จะได้

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{C}\frac{dQ}{dt} \tag{5.7}$$

โดย t คือเวลา และจากนิยามของกระแสไฟฟ้า

$$i = -\frac{dQ}{dt}$$

นั่นคือ กระแสไฟฟ้าในวงจรเป็นผลมาจากอัตราการลดลงของประจุบนฟิล์ม

ดังนั้น จะได้

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{i}{C} = -\frac{V}{RC} \tag{5.8}$$

นั่นคือ

$$V = V_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \tag{5.9}$$

เมื่อ RC คือเวลาผ่อนคลายทางไฟฟ้า

จะเห็นได้ว่า ความต่างศักย์ที่ลดลงของอิเล็กโทรดในกรณีของฟิล์มไพโรอิเล็กทริกหรือไดอิเล็กทริกจะเหมือนกัน และความจุของฟิล์มก็คำนวณได้จากสมการ (5.5) เหมือนกันทั้งสองกรณี ถึงแม้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับประจุจะต่างกันดังสมการ (5.3) และสมการ (5.6)

จากที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่แล้วว่า ประจุจะเคลื่อนย้ายออกจากฟิล์มอย่างรวดเร็ว ทำให้เราอ่านความต่างศักย์จากโวลต์มิเตอร์ไม่ทัน ดังนั้นในการอ่านความต่างศักย์จากฟิล์มเมื่อมีรังสี-

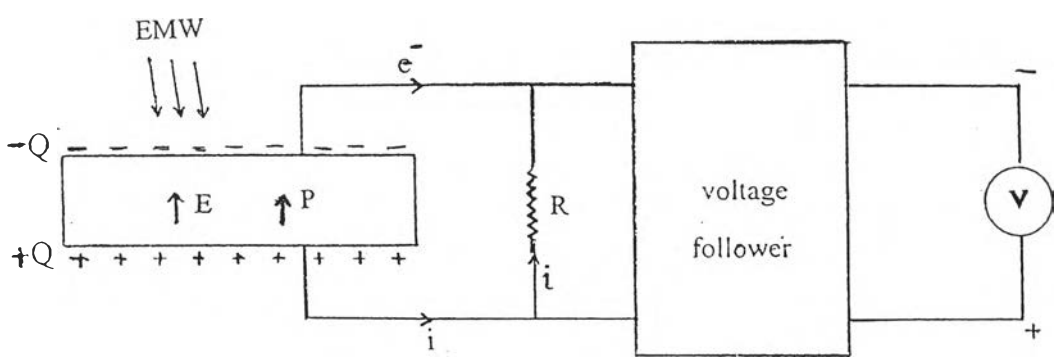
อินฟราเรดตกกระทบทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นนั้นจะต้องไม่มีการดึงประจุออกจากอิเล็กโทรดของฟิล์มเลย ซึ่งทำได้โดยใช้ออปแอมป์ (operational amplifier) นำมาต่อวงจรตามแรงดัน (voltage follower "VF") ซึ่งวงจรนี้จะมีความขัดขาเข้า (input impedance) สูงมาก เพื่อต้องการให้ความขัดขาออก (output impedance) มีค่าต่ำ

5.2 ความต่างศักย์จากฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF (เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ)

ในหัวข้อที่แล้ว เป็นการหาความต่างศักย์จากฟิล์มเมื่อวัดโดยโวลต์มิเตอร์เชิงตัวเลขเมื่ออุณหภูมิของฟิล์มเพิ่มขึ้นทันทีทันใด ซึ่งเป็นกรณีที่ง่ายต่อการพิจารณา ตอนนี้จะพิจารณาเมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetics wave) มาตกกระทบฟิล์ม ทำให้ฟิล์มมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงเวลาหนึ่ง และดูความต่างศักย์จากฟิล์มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

จากสมการ (5.3) ถึงสมการ (5.5) ถ้าฟิล์มมีอุณหภูมิ $T = T_0 + \Delta T$ โดย T_0 คืออุณหภูมิห้อง และอิเล็กโทรดทั้งสองของฟิล์มมีประจุ $\pm Q$ จะได้ความต่างศักย์ของฟิล์ม

$$V = \frac{Q}{C} - \frac{(P_r + p\Delta T)A}{C} \tag{5.10}$$



รูปที่ 5.2 แสดงการวัดความต่างศักย์จากฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF ที่มีความต้านทาน R ต่อขนาน เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบ

จากรูปที่ 5.2 เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบฟิล์ม ฟิล์มจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และมีความต่างศักย์เกิดขึ้นที่อิเล็กโทรด ทำให้กระแสไหลผ่านความต้านทาน R ซึ่งอ่านได้โดยโวลต์มิเตอร์โดยใช้วงจรตามแรงดันเข้าช่วย

เนื่องจาก $$\frac{d(\Delta T)}{dt} = \frac{dT}{dt}$$

และจากสมการ (5.10) จะได้

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{C}\frac{dQ}{dt} - \frac{pA}{C}\frac{dT}{dt}$$

เนื่องจาก $$i = -\frac{dQ}{dt} = \frac{V}{R}$$

จะได้ $$\frac{dV}{dt} = -\frac{V}{RC} - \frac{pA}{C}\frac{dT}{dt} \qquad (5.11)$$

ถ้าความต่างศักย์เพิ่มขึ้นสูงสุด นั่นคือ $\frac{dV}{dt} = 0$ จะได้

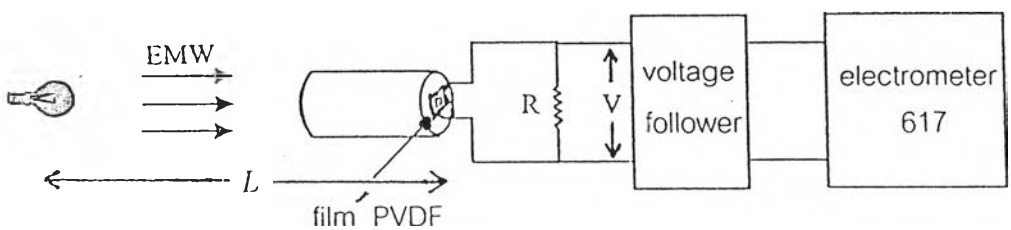
$$V_{\max} = -ARp\frac{dT}{dt} \qquad (5.12)$$

สมการ (5.12) จะเห็นได้ว่า $V_{\max}$ มีค่าเป็นบวก (เนื่องจากสัมประสิทธิ์ไพโรอิเล็กทริกที่วัดได้มีค่าเป็นลบ) ถ้าอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็นบวก (อุณหภูมิของฟิล์มกำลังเพิ่มขึ้น) จากสมการข้างบนความต่างศักย์สูงสุดที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์จะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของอิเล็กโทรด ความต้านทานที่ต่อขนาน และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ

ในการวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองเพื่อจะทดลอบฟิล์มที่จะนำไปใช้เป็น IR sensor โดยจะพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์สูงสุดกับพื้นที่ของอิเล็กโทรด และความต้านทานที่ต่อขนานกับฟิล์ม เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาตกกระทบ โดยจะใช้ฟิล์ม PVDF พาณิชย์ (commercial) ความหนาประมาณ 80 ไมโครเมตร นำมายืดแล้วจัดขั้วที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ความต่างศักย์ 2500 โวลต์ ก็จะได้ฟิล์มไพโรอิเล็กทริกที่มีค่าสัมประสิทธิ์ไพโร-

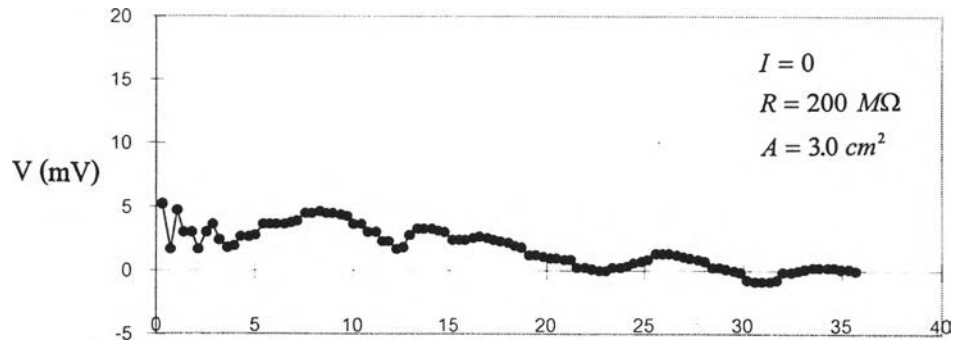
อิเล็กทริก ประมาณ 1.2×10^{-5} คูลอมบ์ต่อตารางเมตรเคลวิน จากนั้นตัดฟิล์มเป็น 2 ส่วน พื้นที่ 3.0 และ 9.0 ตารางเซนติเมตร มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

พิจารณารูปที่ 5.3 ซึ่งเป็นการทดลองวัดความต่างศักย์จากฟิล์ม เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความเข้มต่าง ๆ ตกกระทบฟิล์ม โดยนำฟิล์มไว้ที่ด้านหลังทรงกระบอกทึบรัศมี 4 เซนติเมตร ต่อขั้วไฟฟ้าจากอิเล็กโทรดทั้งสองของฟิล์มเข้ากับขาเข้าของวงจรตามแรงดัน และมีหลอดไฟชนิดไส้ กำลัง 100 วัตต์ วางห่างจากฟิล์มเป็นระยะ L ดังรูป เพื่อลดสัญญาณรบกวนจากฟิล์ม จึงใช้ความต้านทาน 200 เมกะโอห์ม หรือ 1000 เมกะโอห์ม ต่อขนานกับฟิล์ม สัญญาณความต่างศักย์จากฟิล์มที่ผ่านวงจรตามแรงดันซึ่งวัดโดยใช้อิเล็กโทรมิเตอร์ (KEITHLEY 617 programmable electrometer) จะโปรแกรมให้เครื่องนี้บันทึกความต่างศักย์ทุก ๆ 0.36 วินาที

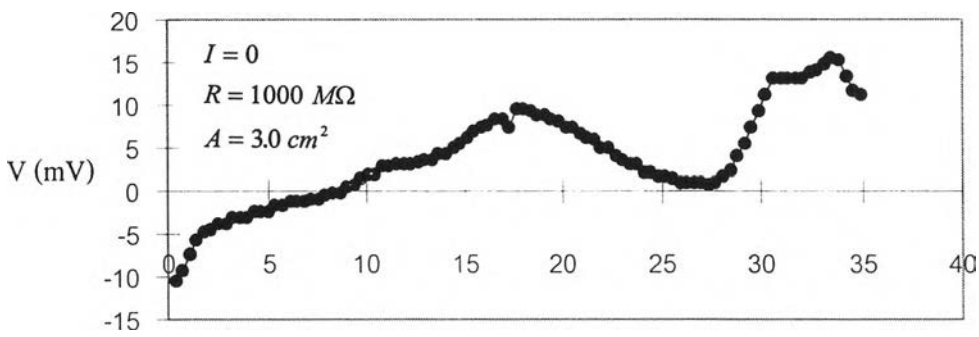


รูปที่ 5.3 แสดงการทดลองวัดความต่างศักย์ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสองของฟิล์มไพโร-อิเล็กทริก PVDF เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความเข้มต่าง ๆ ตกกระทบฟิล์ม

ตอนแรก จะวัดความต่างศักย์ขณะที่ไม่เปิดหลอดไฟ นั่นคือไม่มีรังสีใด ๆ นอกจากรังสีพื้น (background) ตกกระทบฟิล์ม สัญญาณจากฟิล์มก็คือสัญญาณรบกวน (noise) นั่นเอง ซึ่งตามทฤษฎีแล้วเมื่อความต้านทาน R มากขึ้น สัญญาณรบกวนจะมากขึ้นด้วย ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5.4 และ 5.5



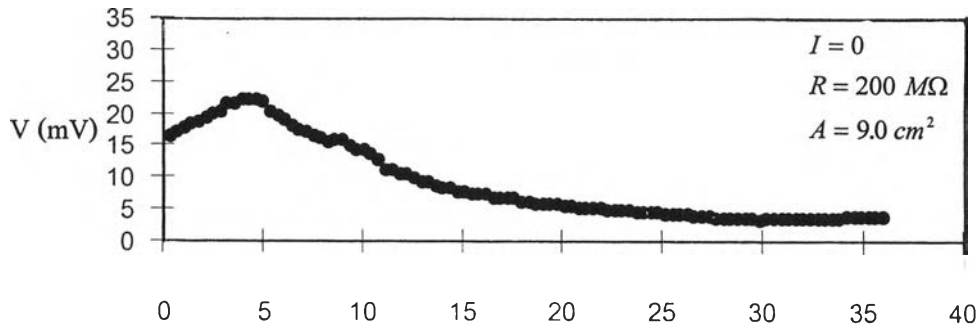
(ก)



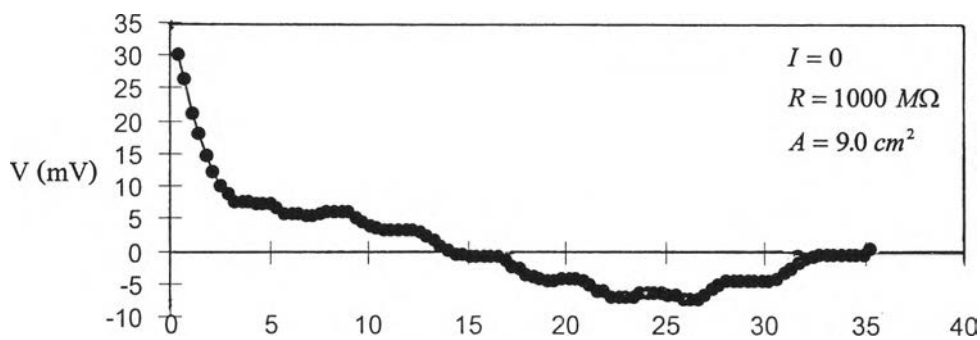
(ข)

รูปที่ 5.4 *(ก) และ (ข) แสดงความต่างศักย์จากฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF แผ่นเล็กพื้นที่อิเล็กโทรด 3.0 ตารางเซนติเมตร เมื่อไม่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาตกกระทบ มีความต้านทาน 200 เมกะโอห์ม และ 1000 เมกะโอห์มต่อขนาน ตามลำดับ*

จากรูปที่ 5.4 จะเห็นได้ว่าสัญญาณรบกวนของฟิล์มแผ่นเล็ก ไม่น่าจะมากกว่า 7 มิลลิ-โวลต์และ 20 มิลลิโวลต์ เมื่อมีความต้านทาน 200 เมกะโอห์ม และ 1000 เมกะโอห์ม ต่อขนานกับฟิล์ม ตามลำดับ



(ก)



(ข)

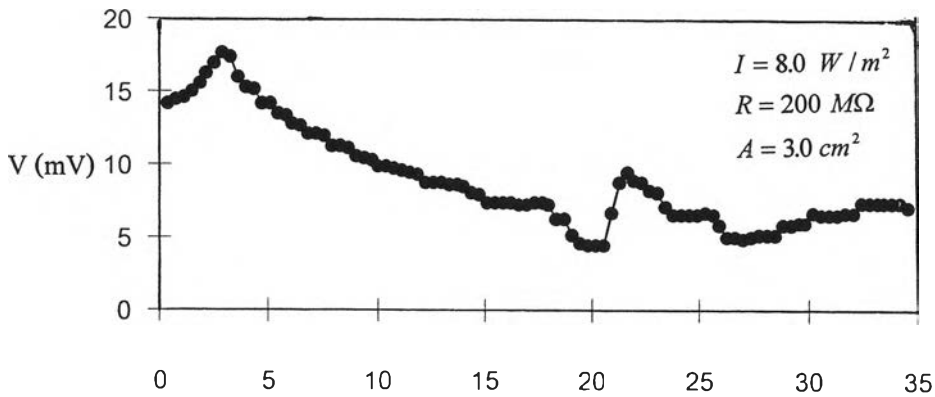
รูปที่ 5.5 *(ก) และ (ข) แสดงความต่างศักย์จากฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF แผ่นใหญ่ พื้นที่อิเล็กโทรด 9.0 ตารางเซนติเมตร เมื่อไม่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาตกกระทบ มีความต้านทาน 200 เมกะโอห์ม และ 1000 เมกะโอห์มต่อขนาน ตามลำดับ*

จากรูปที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าสัญญาณรบกวนของฟิล์มแผ่นใหญ่ ไม่น่าจะมากกว่า 25 มิลลิ-โวลต์ และ 35 มิลลิโวลต์ เมื่อมีความต้านทาน 200 เมกะโอห์ม และ 1000 เมกะโอห์ม ต่อขนานกับฟิล์ม ตามลำดับ

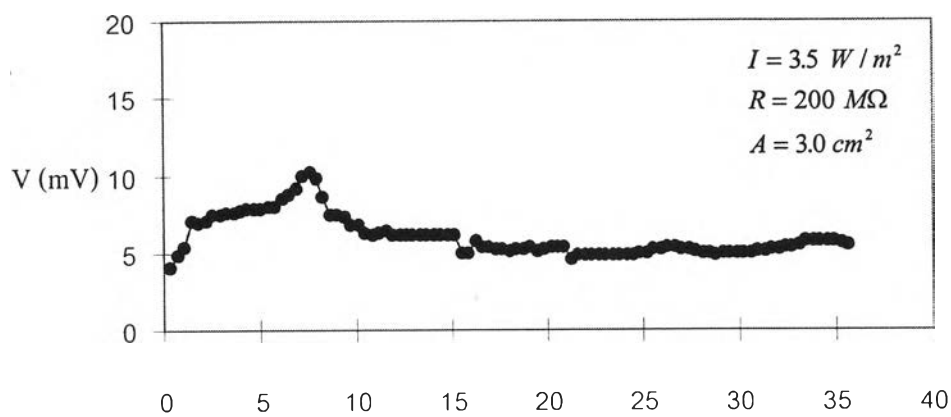
ในงานวิจัยนี้ต้องการจะนำฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF ไปประดิษฐ์เครื่องมือ เช่น เครื่องตรวจจับผู้บุกรุก เครื่องเตือนไฟไหม้ ในการทดลองจึงต้องการศึกษาว่าถ้ามีคลื่นแม่เหล็ก-ไฟฟ้าความเข้มต่าง ๆ ตกกระทบฟิล์มแล้วฟิล์มจะให้ความต่างศักย์สูงสุดเท่าใด เพื่อจะได้เปรียบเทียบกับสถานการณ์จริง ดังนั้นขั้นตอนต่อไป จะฉายแสงความเข้มต่าง ๆ ตกกระทบฟิล์ม โดยความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (I) จากหลอดไฟที่ตกกระทบฟิล์มในแนวตั้งฉากจะเป็นไปตามกฎกำลังสองผกผัน (inverse square law) คือความเข้มจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะ L ในที่นี้อาจถือได้ว่าหลอดไฟเป็นแหล่งกำเนิดจุด (point source) เนื่องจากไส้หลอด (filament) มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่า L ที่ใช้มาก ดังนั้นจะได้

$$I = \frac{100}{4\pi L^2} \qquad W/m^2 \qquad (5.13)$$

โดยทั่วไปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปล่งออกมาจากหลอดไฟจะเป็นแสงที่ตามองเห็นได้ (visible light) ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นจะเป็นรังสีอินฟราเรด แต่ทั้งสองชนิดก็มีส่วนที่ทำให้ฟิล์มมีอุณหภูมิสูงขึ้น ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 5.6-5.9

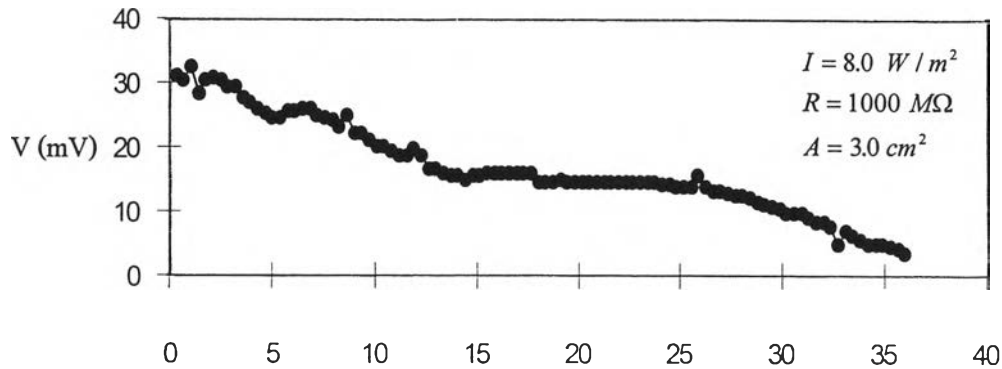


(ก)

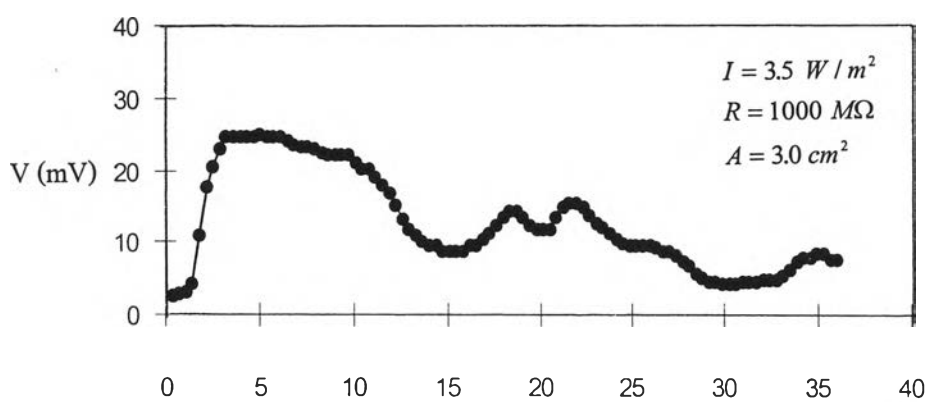


(ข)

รูปที่ 5.6 *(ก) และ (ข) แสดงการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ของฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF แผ่นเล็กพื้นที่อิเล็กโทรด 3.0 ตารางเซนติเมตร ไปกับเวลา เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากหลอดไฟความเข้ม 8.0 และ 3.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ตกกระทบฟิล์ม โดยมีความต้านทาน 200 เมกะโอห์ม ต่อขนานกับฟิล์ม ตามลำดับ*

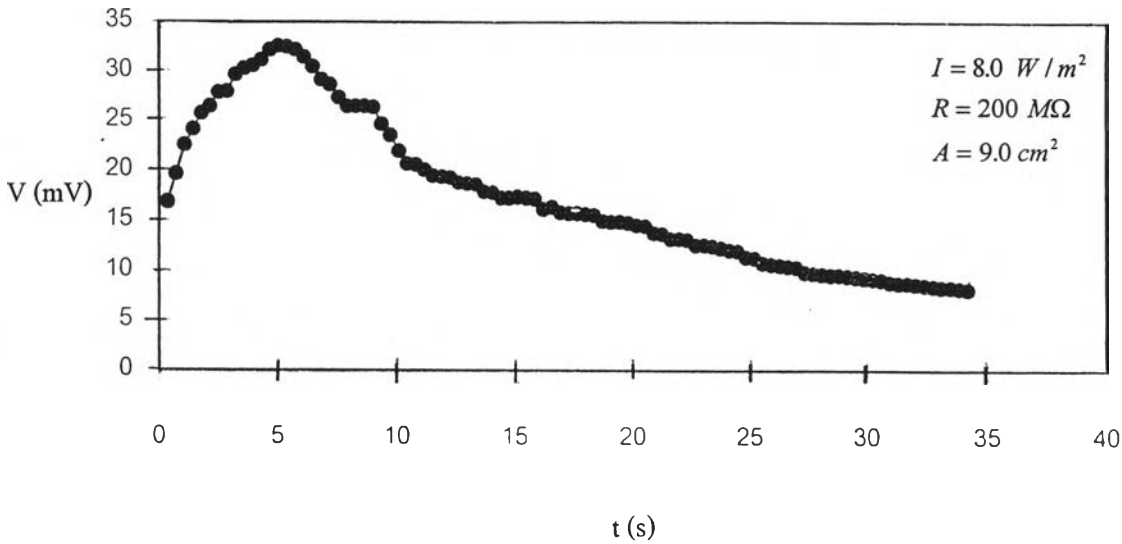


(ก)

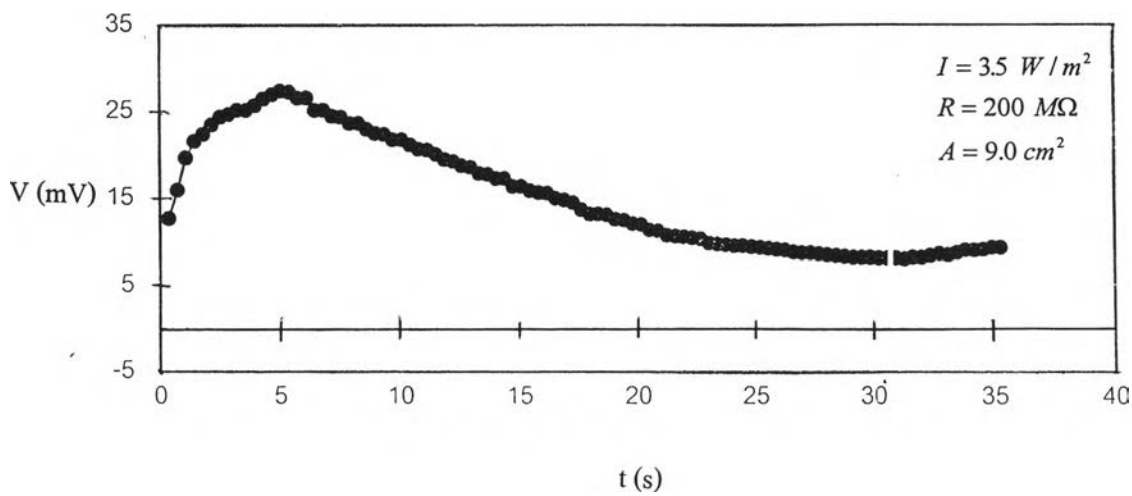


(ข)

รูปที่ 5.7 *(ก) และ (ข) แสดงการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ของฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF แผ่นเล็กพื้นที่อิเล็กโทรด 3.0 ตารางเซนติเมตร ไปกับเวลา เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากหลอดไฟความเข้ม 8.0 และ 3.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ตกกระทบฟิล์ม โดยฟิล์มมีความต้านทาน 1000 เมกะโอห์มต่อขนาน ตามลำดับ*

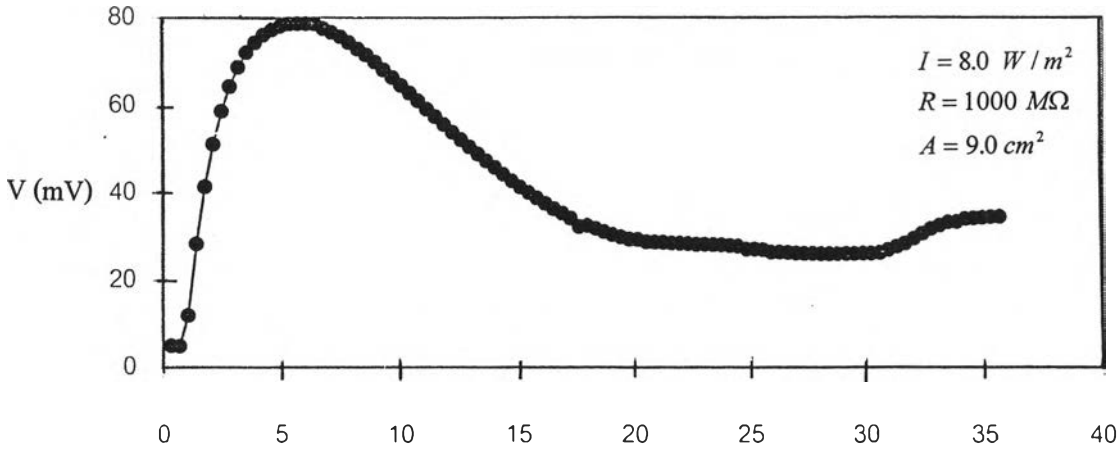


(ก)

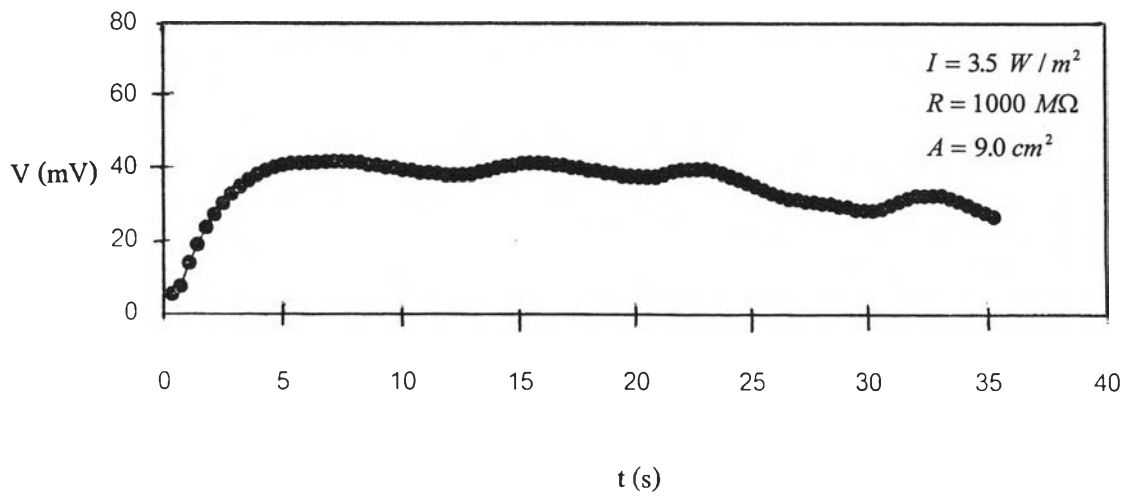


(ข)

รูปที่ 5.8 *(ก) และ (ข) แสดงการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ของฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF แผ่นใหญ่พื้นที่อิเล็กโทรด 9.0 ตารางเซนติเมตร ไปกับเวลา เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากหลอดไฟความเข้ม 8.0 และ 3.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ตกกระทบฟิล์ม โดยมีความต้านทาน 200 เมกะโอห์มต่อขนานกับฟิล์ม ตามลำดับ*



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.9 (ก) และ (ข) แสดงการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ของฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF แผ่นใหญ่พื้นที่อิเล็กโทรด 9.0 ตารางเซนติเมตร ไปกับเวลา เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากหลอดไฟความเข้ม 8.0 และ 3.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ตกกระทบฟิล์ม โดยมีความต้านทาน 1000 เมกะโอห์มต่อขนานกับฟิล์ม ตามลำดับ

จากผลการทดลอง สรุปได้ดังนี้

1. สัญญาณรบกวนจากฟิล์มจะมากขึ้น ถ้าความต้านทานที่ต่อขนานกับฟิล์มสูงขึ้น

2. สัญญาณรบกวนจากฟิล์มจะมากขึ้น ถ้าฟิล์มมีพื้นที่อิเล็กโทรดมาก

3. ความต่างศักย์สูงสุดของฟิล์มจะมากขึ้น ถ้าความต้านทานที่ต่อขนานมากขึ้น (เมื่อฟิล์มได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความเข้มเท่ากัน)

4. ถ้าความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากขึ้น (อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิสูงขึ้น) จะทำให้ความต่างศักย์สูงสุดของฟิล์มเพิ่มขึ้นด้วย

5. ฟิล์มแผ่นใหญ่น่าจะนำไปใช้งานได้ดีกว่าฟิล์มแผ่นเล็ก

ข้อ 3 และ 4 เป็นไปตามสมการ (5.12)

ดังนั้น จากผลการทดลองในรูปที่ 5.4 - 5.9 สามารถนำมาสรุปได้ดังตารางที่ 5.1 และ 5.2

ตารางที่ 5.1 *แสดงความต่างศักย์สูงสุด (V_{max}) หน่วยเป็นมิลลิโวลต์ ของฟิล์มแผ่นเล็ก พื้นที่อิเล็กโทรด 3.0 ตารางเซนติเมตร*

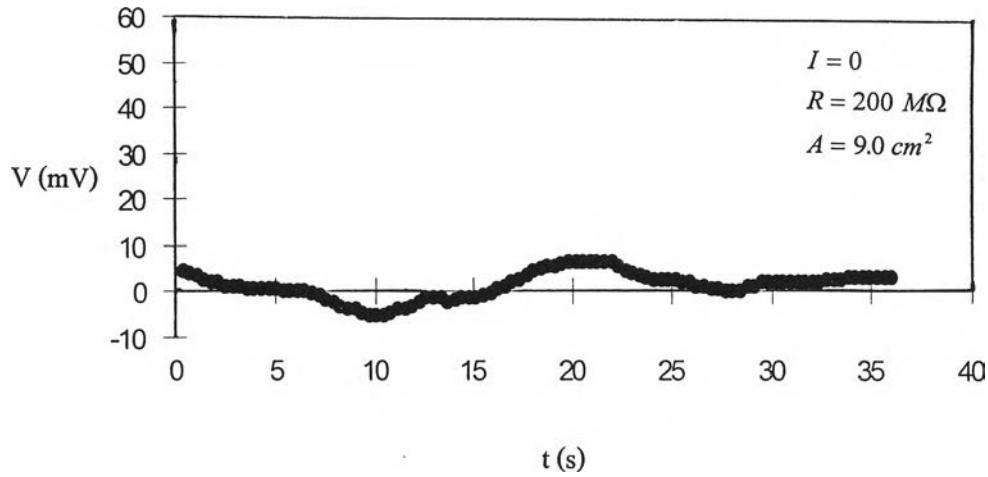
$I\left(W/m^2\right)$	$R = 200\ M\Omega$	$R = 1000\ M\Omega$
0	7.0	20.0
3.5	10.7	25.2
8.0	17.9	32.6

ตารางที่ 5.2 *แสดงความต่างศักย์สูงสุด (V_{max}) หน่วยเป็นมิลลิโวลต์ ของฟิล์มแผ่นใหญ่ พื้นที่อิเล็กโทรด 9.0 ตารางเซนติเมตร*

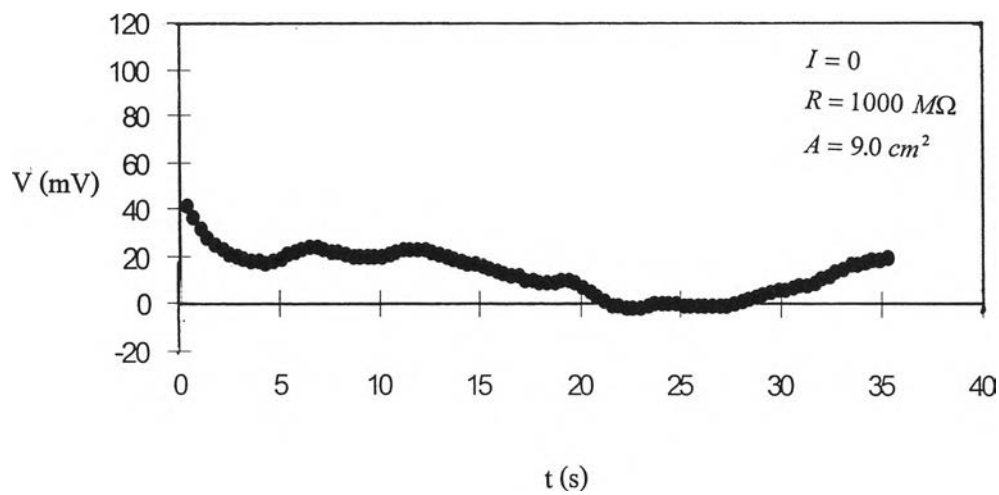
$I\left(W/m^2\right)$	$R = 200\ M\Omega$	$R = 1000\ M\Omega$
0	25.0	35.0
3.5	28.5	44.2
8.0	33.1	79.4

จากการทำการทดลองดังรูปที่ 5.3 ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง สำหรับค่าความต้านทานที่ต่อขนานเดียวกัน และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความเข้มเดียวกัน พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ไปกับเวลา มีค่าไม่เท่ากันทุกครั้ง แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก ขึ้นอยู่กับสัญญาณรบกวน ดังนั้นควรทดลองในช่วงเวลากลางคืนดึก ๆ หรือขณะที่ภายในห้องไม่มีการทำงาน

นอกจากนี้ในการวิจัยยังได้พัฒนาให้ฟิล์มไพโรอิเล็กทริกสามารถดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้มากขึ้น โดยทำให้อิเล็กโทรดด้านที่รับรังสีอินฟราเรดเป็นสีดำ (black paint) ในการทดลองใช้ฟิล์มแผ่นใหญ่ทำการทดลองเหมือนที่ทำมาแล้วข้างต้น เพื่อเปรียบเทียบกัน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5.10-5.12 และสรุปผลได้ดังตารางที่ 5.3

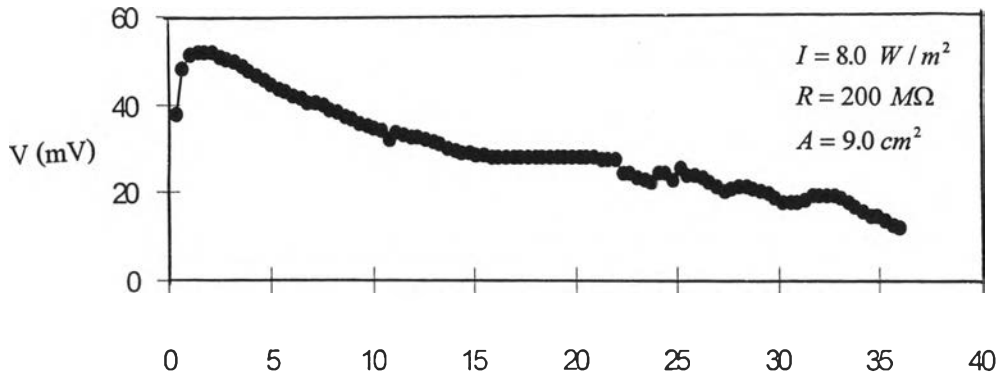


(ก)

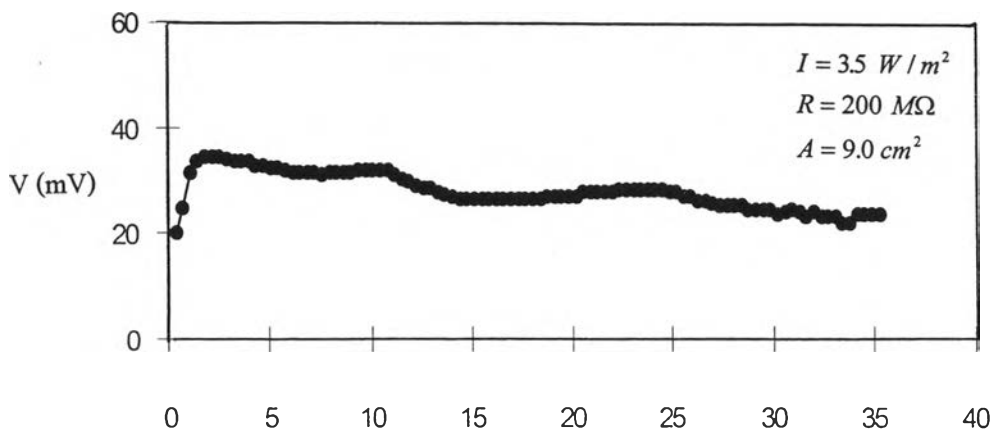


(ข)

รูปที่ 5.10 *(ก) และ (ข) แสดงความต่างศักย์ของฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF แผ่นใหญ่ พื้นที่อิเล็กโทรด 9.0 ตารางเซนติเมตร (อิเล็กโทรดด้านหนึ่งทาสีดำ) เมื่อไม่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากหลอดไฟตกกระทบฟิล์ม โดยมีความต้านทาน 200 เมกะโอห์ม และ 1000 เมกะโอห์มต่อขนานกับฟิล์ม ตามลำดับ*

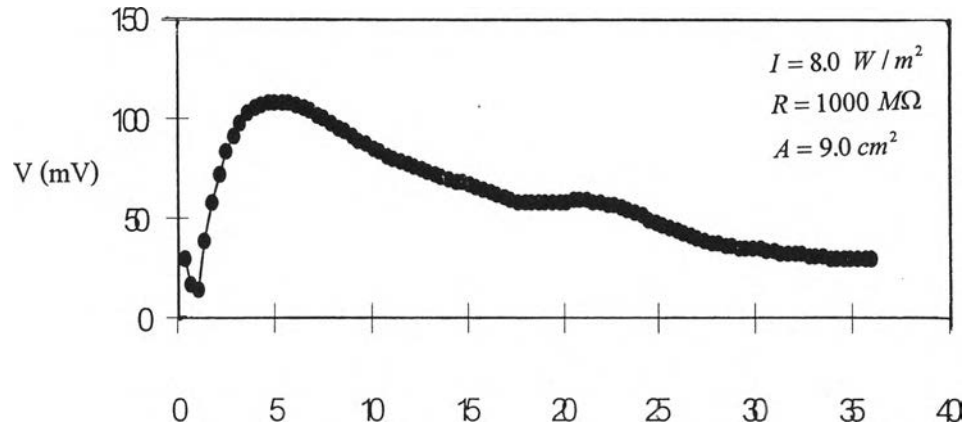


(ก)

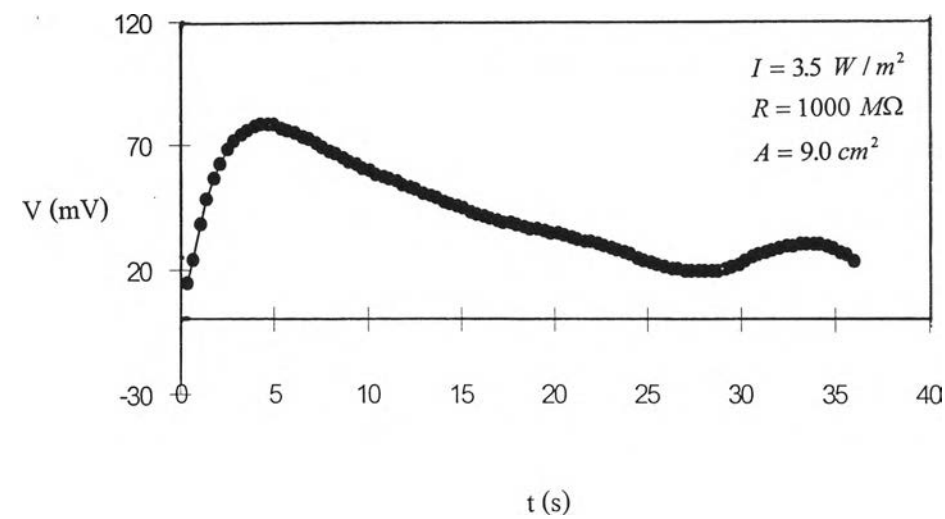


(ข)

รูปที่ 5.11 *(ก) และ (ข) แสดงการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ของฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF แผ่นใหญ่พื้นที่อิเล็กโทรด 9.0 ตารางเซนติเมตร (อิเล็กโทรดด้านหนึ่งทาสีดำ) ไปกับเวลา เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากหลอดไฟความเข้ม 8.0 และ 3.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ตกกระทบฟิล์ม โดยมีความต้านทาน 200 เมกะโอห์มต่อขนานกับฟิล์ม*



(ก)



(ข)

รูปที่ 5.12 *(ก) และ (ข) แสดงการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ของฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF แผ่นใหญ่พื้นที่อิเล็กโทรด 9.0 ตารางเซนติเมตร (อิเล็กโทรดด้านหนึ่งทาสีดำ) ไปกับเวลา เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากหลอดไฟความเข้ม 8.0 และ 3.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ตกกระทบฟิล์ม โดยมีความต้านทาน 1000 เมกะโอห์ม ต่อขนานกับฟิล์ม*

ผลการทดลองในรูปที่ 5.10-5.12 สรุปได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 *แสดงความต่างศักย์สูงสุด (V_{max}) หน่วยเป็นมิลลิโวลต์ ของฟิล์มแผ่นใหญ่ พื้นที่อิเล็กโทรด 9.0 ตารางเซนติเมตร (อิเล็กโทรดด้านหนึ่งทาสีดำ)*

$I\left(W/m^2\right)$	$R = 200\ M\Omega$	$R = 1000\ M\Omega$
0	9.2	43.2
3.5	35.1	80.2
8.0	52.3	109.4

เมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 5.2 กับตารางที่ 5.3 จะเห็นได้ว่า สำหรับฟิล์มอันเดียวกันเมื่อทำให้อิเล็กโทรดด้านหนึ่งเป็นสีดำ จะทำให้ความต่างศักย์สูงสุดจากฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้น วิธีนี้เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถพัฒนาอุปกรณ์ตัวรับรู้ไพโรอิเล็กทริกให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น หลังจากที่ได้ทราบผลการตอบสนองความต่างศักย์จากฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF เมื่อมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบฟิล์ม ต่อไปก็จะนำฟิล์มไปประดิษฐ์อุปกรณ์ตัวรับรู้ไพโรอิเล็กทริก เช่น เครื่องตรวจจับ-ผู้บุกรุก เครื่องเตือนไฟไหม้ เป็นต้น ดังจะได้กล่าวในบทต่อไป

ดังนั้น ในการนำฟิล์มไพโรอิเล็กทริก PVDF ไปประยุกต์เป็นตัวจับรังสีอินฟราเรด จะทำให้อิเล็กโทรดด้านหนึ่งเป็นสีดำเพื่อให้สามารถรับรังสีอินฟราเรดได้มากขึ้น