

**นิพนธ์ต้นฉบับ**

## เครื่องวัดความดำของฟิล์ม “สวนดอก 1”

จิตติพร เขียนประสิทธิ์\*, ศุภชัย ชัยสวัสดิ์\*\*, ระวีวรรณ กันไพเราะ\* สมพงษ์ ศรีบุรี\*

**วัตถุประสงค์:** เพื่อสร้างเครื่องวัดความดำของฟิล์ม “สวนดอก 1” ที่ผ่านการทดสอบคุณภาพโดยการเปรียบเทียบกับแถบความดำสำหรับปรับเทียบค่า 21 ชั้น โดยใช้เทคโนโลยี และวัสดุที่มีอยู่ในประเทศ

**วิธีการ:** การออกแบบและสร้างเครื่อง หลักการของเครื่องที่สร้างขึ้น คือ การใช้ไดโอดเปล่งแสงสีขาวเป็นแหล่งกำเนิดแสงส่องผ่านฟิล์มไปยังไดโอดไวแสงซึ่งเป็นตัวรับแสงที่ให้ค่ากระแสไฟฟ้าตามความดำหรือความทึบแสงของฟิล์มนั้นๆ แล้วหาอัตราส่วนระหว่างสัญญาณที่ได้กับสัญญาณที่เกิดในลักษณะเดียวกันเมื่อไม่ผ่านฟิล์ม แสดงค่าในค่าของลอการิทึมโดยใช้วงจรขยายสัดส่วนแบบลอการิทึมประมวลผล และ liquid crystal display (LCD) แสดงผล แล่งจ่ายไฟใช้แบตเตอรี่ขนาดเล็ก 1.5 โวลต์ เพื่อให้สามารถใช้อุปกรณ์ได้ทุกสถานที่ และมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน

**การทดสอบเครื่อง** ทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของเครื่องโดยเปรียบเทียบค่าความดำที่วัดได้ของเครื่องที่สร้างกับแถบความดำสำหรับปรับเทียบค่า 21 ชั้น ที่มีช่วงความดำ 0.04-3.10 OD

**ผล:** การออกแบบและสร้างเครื่อง อุปกรณ์ที่สร้างมีขนาด 6.5x20x7 ซม.<sup>3</sup> หนัก 600 กรัม (รวมแบตเตอรี่) สามารถวัดค่าความดำในช่วง 0.00-4.00 OD และใช้กับภาพรังสีทุกขนาดจนถึงขนาด 14x17 นิ้ว

**การทดสอบเครื่อง** พบว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยมาก โดยความคลาดเคลื่อนของความถูกต้อง  $\pm 0.008$  OD หรือ 1.77% ส่วนความคลาดเคลื่อนของความแม่นยำ  $\pm 0.0054$  OD

**สรุป:** เครื่องวัดความดำของฟิล์มที่สร้างขึ้นมีคุณภาพทัดเทียมกับเครื่องวัดความดำของฟิล์มจากต่างประเทศหลายยี่ห้อที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้สะดวก ประหยัดพลังงาน และการผลิตเครื่องมือในประเทศไทยโดยมีต้นทุนที่ต่ำกว่าทำให้เครื่องมือมีราคาต่ำกว่าเครื่องที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2549; 39: 93-98.

**คำสำคัญ:** เครื่องวัดความดำของฟิล์ม, ไดโอดเปล่งแสง, ไดโอดไวแสง

\* ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

\*\* ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## บทนำ

เครื่องวัดความดำของฟิล์มหรือภาพรังสี เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในงานถ่ายภาพรังสีและงานควบคุมคุณภาพของระบบการบันทึกภาพรังสี เครื่องเอกซเรย์และเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ<sup>1,2</sup> โดยวัดความทึบแสงของฟิล์มหรือภาพรังสีแบบ Transmission densitometer จากการวัดปริมาณแสงที่ส่องผ่านฟิล์มและปริมาณแสงก่อนผ่านฟิล์มแล้วนำมาหาค่าความดำของฟิล์มหรือค่า optical density (OD)<sup>3,4</sup> จากสูตร

$$D = \log(I_0/I_1)$$

D: ความดำของฟิล์มหรือภาพรังสี

I: ความเข้มแสงก่อนผ่านฟิล์ม

I<sub>1</sub>: ความเข้มแสงหลังผ่านฟิล์ม

ค่าความดำที่อ่านได้จากเครื่องเป็นค่าที่รวมค่า base+fog โดยทั่วไปค่าความดำของฟิล์มหรือภาพรังสีที่ใช้งานในทางการแพทย์มีค่าอยู่ในช่วง  $\{0.25 + (\text{base} + \text{fog})\} - \{2.00 + (\text{base} + \text{fog})\}$  OD แต่ฟิล์มหรือภาพรังสีสามารถให้ค่าความดำที่อ่านได้จากเครื่อง  $\geq 3.00$  OD นอกจากนี้โครงสร้างทางกายวิภาคของมนุษย์ที่แสดงในภาพรังสีสำหรับการวินิจฉัยโรค มีค่าความทึบแสงหรือค่าความดำที่อ่านได้จากเครื่องอยู่ในช่วง  $0.50 - 2.50$  OD<sup>5</sup>

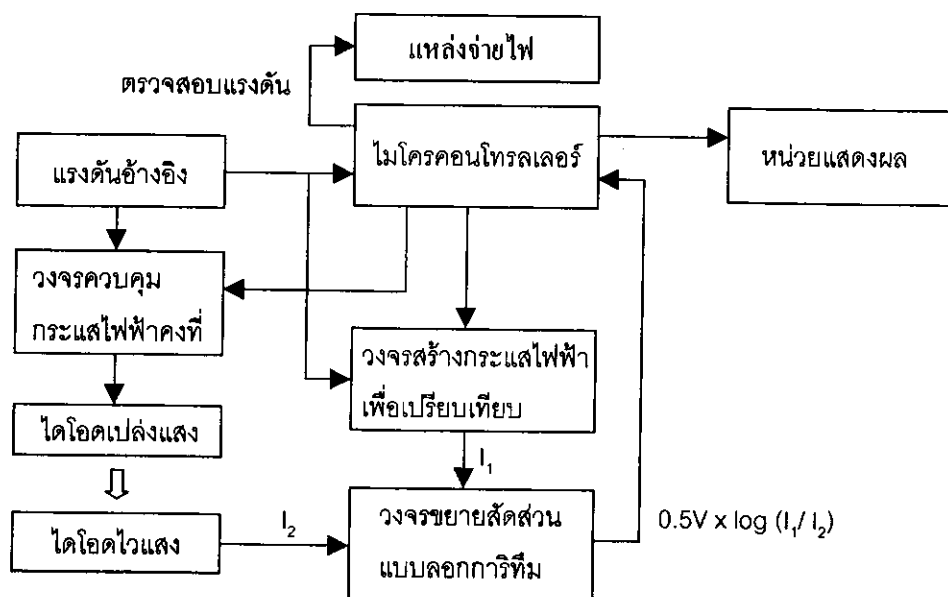
ดังนั้นเครื่องวัดความดำของฟิล์มหรือภาพรังสีที่ใช้งานทั่วไปจึงควรวัดความดำได้ตั้งแต่  $0.00-4.00$  OD

เครื่องวัดความดำที่บริษัทต่างๆ ผลิตขายสามารถวัดความดำของฟิล์มได้ตั้งแต่  $0.00 \geq 4.00$  OD มีรูให้แสงผ่านขนาด 1-3 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ตามช่วงความดำ และควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ขนาดของเครื่องมีขนาดตั้งแต่มือถือถึงตั้งโต๊ะ แหล่งกำเนิดแสงอยู่ภายในตัวเครื่องเอง หรือภายนอกตัวเครื่องโดยใช้แสงจากตู้ดูฟิล์ม หรือเลือกแหล่งกำเนิดแสงได้ทั้งจากภายในและภายนอกเครื่อง บางเครื่องแสดงค่าความดำของฟิล์มที่ลบค่า base และ fog ได้ด้วย หรือต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อส่งข้อมูลสำหรับทำโปรแกรมการควบคุมคุณภาพเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติประจำวัน<sup>6-12</sup>

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบและสร้าง

เครื่องวัดความดำของฟิล์มควรมีขนาดเล็กเพื่อเคลื่อนย้ายได้สะดวก สามารถวัดความดำของฟิล์มได้ในช่วง  $0.00-4.00$  OD และวัดได้ทุกขนาดจนถึงขนาดใหญ่สุด (14x17 นิ้ว) ส่วนประกอบของเครื่องที่ออกแบบและสร้างแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องวัดความดำของฟิล์มที่ออกแบบและสร้าง

แหล่งจ่ายไฟ ใช้แบตเตอรี่ขนาดเล็ก 1.5 โวลต์ 2 ชุด ชุดที่หนึ่ง 3 ก้อนสำหรับจ่ายไฟให้พื้นที่ดูฟิล์มเพื่อให้เห็นตำแหน่งที่จะวัดความดำ ชุดที่สอง 4 ก้อน สำหรับจ่ายไฟให้กับวงจรทั้งหมด และมีวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ที่ระดับ 5.0 โวลต์ รวมทั้งวงจรสร้างแรงดันไฟ -5.0 โวลต์ เพื่อจ่ายให้วงจรขยายสัดส่วนแบบลอกการิทึมที่ต้องการแรงดันไฟเลี้ยงทั้งค่าบวกและค่าลบ แรงดันอ้างอิง 2.56 โวลต์ เพื่อใช้กับวงจรควบคุมกระแสไฟฟ้าคงที่ วงจรสร้างกระแสไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบ รวมทั้งใช้อ้างอิงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้เครื่องวัดความดำของฟิล์มมีความถูกต้องและแม่นยำ

วงจรควบคุมกระแสไฟฟ้าคงที่ 2 ระดับ สำหรับจ่ายให้ไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ในการส่องแสงผ่านแผ่นฟิล์มสำหรับวัดค่าความดำ อีกระดับหนึ่งเป็นค่ากระแสไฟฟ้าน้อยๆ สำหรับจ่ายให้ไดโอดเปล่งแสงขณะวัดค่าความดำเพื่อประหยัดไฟ

ไดโอดเปล่งแสงสีขาวเป็นแหล่งกำเนิดแสงสำหรับวัดค่าความดำของฟิล์ม เพื่อให้เป็นแสงสีเดียวกับแสงของตัวฟิล์ม

ไดโอดไวแสง เป็นตัวรับแสงจากไดโอดเปล่งแสงเพื่อควบคุมให้มีกระแสไฟฟ้า  $I_2$  ไหลผ่านไดโอดไวแสงมากหรือน้อยตามความเข้มแสงที่ได้รับ เพื่อนำมาคำนวณค่าความดำของฟิล์ม

วงจรสร้างกระแสไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบ เป็นกระแสไฟฟ้า  $I_1$  ซึ่งได้มาจากตอนที่วัดความเข้มแสงขณะไม่มีแผ่นฟิล์มตอนปรับค่าศูนย์ (zero adjust) และถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปแบบของดิจิทัล เมื่อต้องการวัดค่าความดำของฟิล์มค่าที่เก็บไว้จะถูกนำมาแปลงเป็นกระแสไฟฟ้า  $I_1$

วงจขยายสัดส่วนแบบลอกการิทึม เป็นวงจรคำนวณค่าความดำของฟิล์มจากการเปรียบเทียบความเข้มของแสงที่ผ่านแผ่นฟิล์ม ( $I_2$ ) กับความเข้มของแสงก่อนผ่านแผ่นฟิล์ม ( $I_1$ ) และแสดงค่าออกมาในรูปของลอกการิทึม

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบระดับแรงดันแหล่งจ่ายไฟเพื่อให้เครื่องทำงานได้ถูกต้อง และมีโปรแกรมที่เขียนสำหรับการจัดการการควบคุมระบบ การประมวลผล และการแสดงผลเป็น

ตัวเลข

หน่วยแสดงผล ใช้จอแบบ LCD (liquid crystal display) เพราะกินไฟน้อยกว่าตัวเลขแสดงผลแบบ LED (light emitted diode) มาก

ส่วนประกอบทั้งหมดบรรจุในกล่องขนาด 6 X 20 X 2.6 ซม.<sup>3</sup> ซึ่งเป็นส่วนฐานสำหรับวางฟิล์มที่ต้องการวัดค่าความดำ ด้านข้างของฐานมีสวิตช์เลื่อน 2 ตัว สำหรับเปิดปิดเครื่อง และเปิดปิดแสงไฟเพื่อดูตำแหน่งของฟิล์มที่จะวัดกึ่งกลางของพื้นที่ดูฟิล์มเป็นตำแหน่งของไดโอดเปล่งแสงซึ่งจะให้แสงสีขาวผ่านรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. ซึ่งทำให้ค่าที่วัดได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ด้านบนเป็นกล่องแบนขนาด 6 x 15.5 x 3 ซม.<sup>3</sup> และมีแผ่นพลาสติกต่อยื่นออกมาโดยมีไดโอดไวแสงติดอยู่ด้านล่างสำหรับวัดแสงที่ผ่านฟิล์มมาแล้ว ด้านบนของเครื่องมี LCD แสดงค่าที่อ่านได้ ปุ่มกดปรับค่าศูนย์ "zero" ปุ่มกดอ่านค่าความดำ "Read" และไฟแสดง "Low Batt"

การทำงาน เมื่อเริ่มทำงาน LCD จะกระพริบแสดง "Low Batt" 1 ครั้ง เพื่อทดสอบว่าเครื่องยังคงใช้งานได้ตามปกติ ต่อจากนั้นเครื่องจะทำการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่แล้วแสดงผลเป็นตัวเลขกระพริบ 3 ครั้ง เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่แบตเตอรี่เหลืออยู่เท่าใด แล้วทำการเปรียบเทียบค่าแรงดันที่ตรวจสอบ ถ้าค่าน้อยกว่า 5.2 โวลต์ จะแสดงไฟ "Low Batt" เตือน และไม่ทำงานในขั้นตอนต่อไป

หลังจากนั้นเครื่องจะหรีไฟที่จ่ายให้ไดโอดเปล่งแสงเพื่อประหยัดไฟ (แต่จะปรับให้สว่างขึ้นเท่าเดิมทุกครั้งที่มีการปรับค่าศูนย์ หรือทำการวัดค่าความดำของฟิล์ม) แล้วอ่านข้อมูลที่เคยปรับค่าศูนย์ไว้ครั้งสุดท้ายส่งไปให้ "วงจรสร้างกระแสไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบ" เพื่อนำไปสร้างกระแส  $I_1$  ป้อนเข้าสู่ "วงจขยายสัดส่วนแบบลอกการิทึม" แล้วรอจนกว่าจะมีการกดสวิตช์ "Zero" หรือ "Read"

เมื่อกดสวิตช์ "Zero" เครื่องจะทำการปรับค่าศูนย์ให้ใหม่ โดยปรับค่า  $I_1$  ใหม่ให้เท่ากับค่า  $I_2$  ที่วัดได้ในขณะนั้น ซึ่งเป็นค่าเมื่อไม่มีแผ่นฟิล์มบังลำแสงจากไดโอดเปล่งแสงสู่ไดโอดไวแสง และถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำแบบ EEPROM ที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ ค่านี้ยังคงอยู่ถึงแม้จะปิดเครื่องและจะถูกนำมาใช้ทันทีที่มีการเปิดเครื่องใหม่ทำให้ไม่จำเป็นต้องปรับค่าศูนย์ใหม่

ทุกครั้ง หลังจากนั้นเครื่องจะวนกลับไปตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าอีกครั้ง แล้วรอการกดสวิตช์ "Zero" หรือ "Read"

เมื่อกดสวิตช์ "Read" เครื่องจะอ่านค่า 4 ครั้ง แล้วแสดงค่าเป็นค่าเฉลี่ย และแสดงผลค้างอยู่หลังจากปล่อยสวิตช์ "Read" จนกว่าจะมีการกดวัดใหม่อีกครั้ง หลังจากนั้นเครื่องทำการตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าอีกครั้งและรอการกดสวิตช์ "Zero" หรือ "Read"

#### การทดสอบ

ทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของเครื่อง โดยเปรียบเทียบกับแถบความดำสำหรับปรับเทียบค่า 21 ขั้น (Photographic Step Tablet)<sup>13</sup> ที่มีค่าความดำช่วง 0.04-3.1 OD

- ความถูกต้อง วัดค่าความดำของแถบความดำสำหรับปรับเทียบค่า ขั้นละ 3 ครั้ง แล้วนำค่ามาเปรียบเทียบกับค่าของแถบความดำสำหรับปรับเทียบค่า และหา % ความคลาดเคลื่อน

- ความแม่นยำ วัดค่าความดำของแถบความดำสำหรับปรับเทียบค่า ขั้นละ 10 ครั้ง แล้วหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

#### ผลและวิจารณ์ผล

เครื่องวัดความดำของฟิล์มที่สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 2 และมีน้ำหนัก 600 กรัม สามารถวัดความดำได้ในช่วง 0.00-4.00 OD ส่วนผลการทดสอบมีค่าดังนี้

- ความถูกต้อง มีความคลาดเคลื่อน -0.014 ถึง 0.033 OD (เฉลี่ย  $\pm 0.008$ ) หรือ  $\pm 1.77\%$

- ความแม่นยำ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  $\pm 7.0244\text{E-}09$  ถึง  $\pm 0.0096$  OD (เฉลี่ย  $\pm 0.0054$  OD)

เครื่องวัดความดำของฟิล์มมีความถูกต้องและความแม่นยำอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ โดยค่าความถูกต้องของเครื่องที่ขายทั่วไปมีความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.02$  OD ในขณะที่เครื่องที่สร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.008$  OD มีเพียง 2 ขั้นจากทั้งหมด 21 ขั้น ที่มีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 0.02 OD คือ ขั้นที่ 12 (0.033 OD) และขั้นที่ 5

(0.026 OD) ซึ่งดูด้วยสายตาจะไม่เห็นความแตกต่าง ส่วนค่าความแม่นยำเครื่องที่ขายมีความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละครั้ง  $\pm 0.01$  OD ถึง  $\pm 0.02$  OD ในขณะที่เครื่องที่สร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.0054$  OD ซึ่งมีค่าน้อยมากแทบจะไม่แตกต่างกันในการวัดแต่ละครั้ง

นอกจากนี้เครื่องที่สร้างขึ้นยังมีข้อดีที่เครื่องที่ขายไม่มีคือ

- การทดสอบว่าเครื่องยังใช้งานได้หรือไม่ หลังจากเปิดเครื่อง โดยการกระพริบของ "low batt"

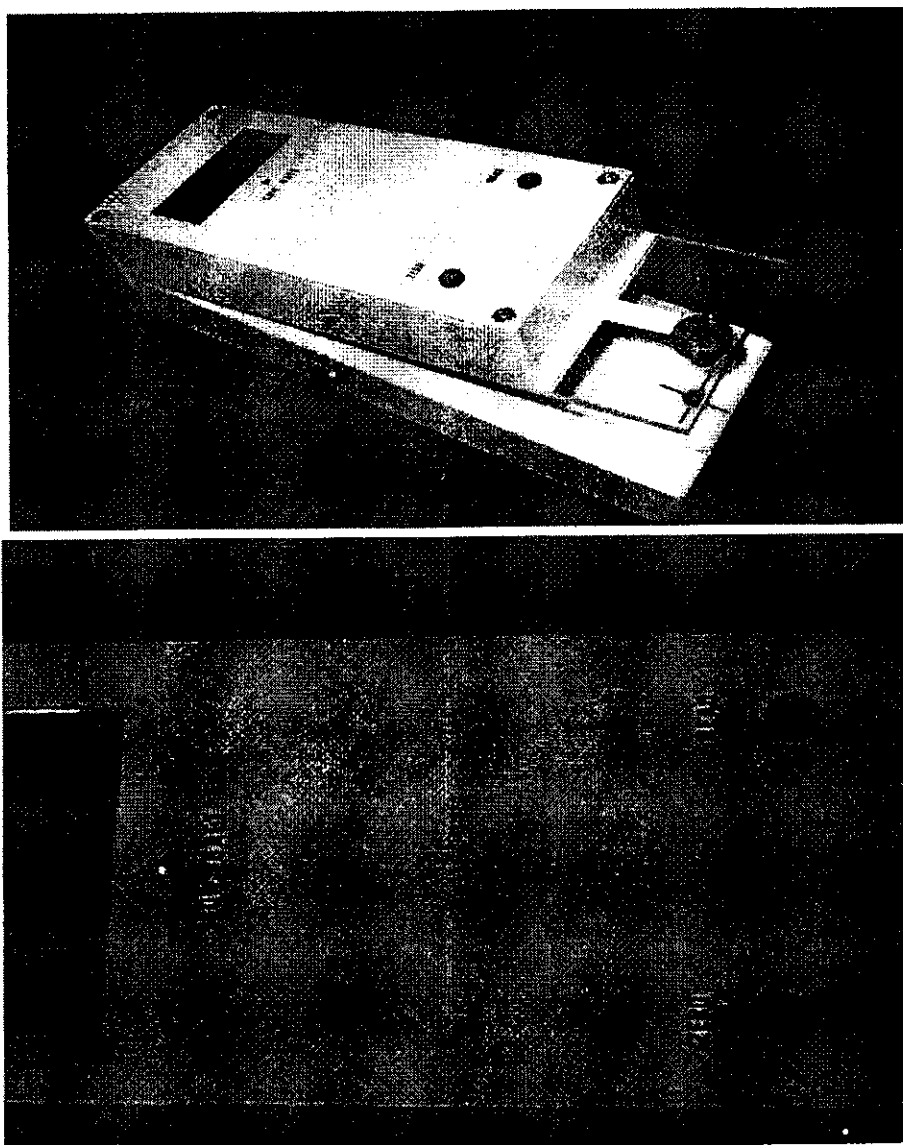
- การกระพริบของตัวเลขแสดงค่าแรงดันไฟจากแบตเตอรี่ที่มีอยู่ ทำให้ทราบได้คร่าวๆ ว่ายังสามารถใช้เครื่องต่อไปได้นานอีกเท่าใดก่อนที่จะต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่

- การที่ส่วนสำหรับกดวัดค่าความดำตรงตัวไดโอดไวแสงเป็นพลาสติกใส ทำให้เห็นบริเวณหรือตำแหน่งของฟิล์มที่ต้องการวัดค่า จึงสามารถวางตำแหน่งของฟิล์มให้ตรงกับรูของลำแสงได้ง่าย ค่าที่วัดได้จึงมีโอกาสผิดพลาดน้อย

- การที่เครื่องสามารถเก็บข้อมูลจากการปรับค่าศูนย์ไว้ได้ถึงแม้จะปิดเครื่องไปแล้ว ทำให้ไม่ต้องปรับค่าศูนย์ใหม่ทุกครั้งหลังจากเปิดเครื่อง และถึงแม้จะทำการปรับค่าศูนย์ซ้ำอีกหลังจากปรับค่าศูนย์ไปแล้วและยังไม่ได้ปิดเครื่องก็ไม่ทำให้เครื่องทำงานผิดพลาด แต่เครื่องที่ขายต้องทำการปรับค่าศูนย์ทุกครั้งหลังจากเปิดเครื่อง และหลังจากปรับค่าศูนย์แล้วห้ามปรับซ้ำอีกเพราะอาจทำให้เครื่องทำงานผิดพลาดได้<sup>4</sup>

- วงจรประหยัดไฟขณะพักหรือไม่ทำการกด "read" ทำให้ประหยัดพลังงานและยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ให้มากขึ้น ซึ่งเครื่องที่ขายบางบริษัทสามารถหรีไฟขณะ ที่ไม่ทำการวัดค่าได้เช่นกัน<sup>12</sup>

- ในด้านราคา เนื่องจากเป็นเครื่องที่ผลิตในประเทศโดยมีต้นทุนที่ต่ำกว่า ทำให้มีราคาต่ำกว่าเครื่องที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ



รูปที่ 2 แสดงเครื่องวัดความดำของฟิล์มที่สร้างขึ้น

### สรุป

เครื่องวัดความดำของฟิล์มที่สร้างขึ้น โดยใช้ไดโอดเปล่งแสงสีขาวยิงแสงผ่านฟิล์มมายังไดโอดไวแสง สามารถวัดค่าความดำของฟิล์มได้ถูกต้องและแม่นยำ ใช้งานได้สะดวก โดยมีการตรวจสอบการใช้งานเมื่อเปิดเครื่อง การแสดงค่าแรงดันไฟจากแบตเตอรี่ที่เหลืออยู่ การที่สามารถเห็นตำแหน่งของฟิล์มที่ต้องการวัดค่าและการที่ไม่ต้องปรับค่าศูนย์ทุกครั้งหลังจากเปิดเครื่อง หรือถ้าไม่แน่ใจก็สามารถปรับค่าศูนย์ซ้ำได้อีกโดยไม่ทำ

ให้เครื่องทำงานผิดพลาด นอกจากนี้ยังมีวงจรประหยัดไฟทำให้แบตเตอรี่จ่ายไฟได้นานขึ้น และมีราคาต่ำกว่าที่ซื้อจากต่างประเทศ

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณสภาวิจัยในการจัดสรรทุนจากงบประมาณแผ่นดินสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้รวมทั้งภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และหน่วยรังสีรักษา ภาควิชารังสี

วิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

1. Ballinger PW. Radiographic positions and radiologic procedure. Vol 3. 8<sup>th</sup> ed. St. Louis: Mosby, 1991: 312.
2. Cullinan AM. Producing quality radiographs. London: J.B. Lippincott Company, 1987: 129, 178.
3. Bushong SC. Radiologic science for technologists: physics, biology, and protection. 6<sup>th</sup> ed. St. Louis: Mosby, 1997: 231-3.
4. Carlton RR, Adler AM. Principles of radiographic imaging: an art and a science. 2<sup>nd</sup>ed. Albany: Delmor Publishers, 1996: 318.
5. Papp J. Quality management in the imaging sciences. 2<sup>nd</sup>ed. St. Louis: Mosby, 2002: 61.
6. Instruction manual, operating and service instructions for the dual reference densitometer, Model 07-423. Nuclear Associates, Division of Victoreen, Inc. 1988.
7. Instruction manual of Clamshell Densitometer Model 07-443. Nuclear Associates, Division of Victoreen, Inc. 1998.
8. Instruction manual of Densoquick 2. Pehamed, Gammex, Inc.
9. Instruction manual of X-Rite 390/391 Densitometer. Michigan: X-Rite, Incorporated.
10. Instruction manual of RMI 2-331 Battery Operated B/W Transmission Densitometer. Wisconsin: Radiation Measurements Incorporated. 1996.
11. Electronic Systems Engineering Company, Inc. 2006. "Transmission Densitometers" [Online]. Available <http://www.eseco-speedmaster.com/densitometers.html> (1 March 2006)
12. Supertech, Inc. "Densitometer." [Online]. Available <http://www.supertechx-ray.com/a140a.htm> Available (1 March 2006)
13. Photographic Step Tablet, Model 07-460. Cardinal Health, Inc. 2003. 93.
14. "Densitometer/ Sensitometer Calibration Information." 2001. [Online]. Available <http://www.drp.enr.state.nc.us/mammo/DensiSensi.pdf>. (1 March 2005)