บทที่ 3

คอลลิเมเตอร์ (Collimator)

บทนำ

คอลลิเมเตอร์เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของเครื่องมือทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ เพราะเป็นตัวกำหนดทิศทางและปริมาณรังสีจากต้นกำเนิดรังสีเข้าสู่หัวนับวัดหรือผลึกนับวัด คอลลิเมเตอร์เปรียบได้กับเลนซ์ของเครื่องมือทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ จะเป็นช่องที่ยอมให้รังสีแกมมาที่มีทิศทางตรงกับช่องเท่านั้นผ่านเข้าสู่ผลึกซินทิลเลชันได้ ส่วนรังสีทิศทางอื่นถูกกั้นไว้ไม่ให้เข้าสู่ผลึกของหัวนับวัด คอลลิเมเตอร์มีขนาดรูปร่างและลักษณะของช่องแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ของเครื่องมือและประโยชน์ในการใช้งาน

คอลลิเมเตอร์ของเครื่องมือทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

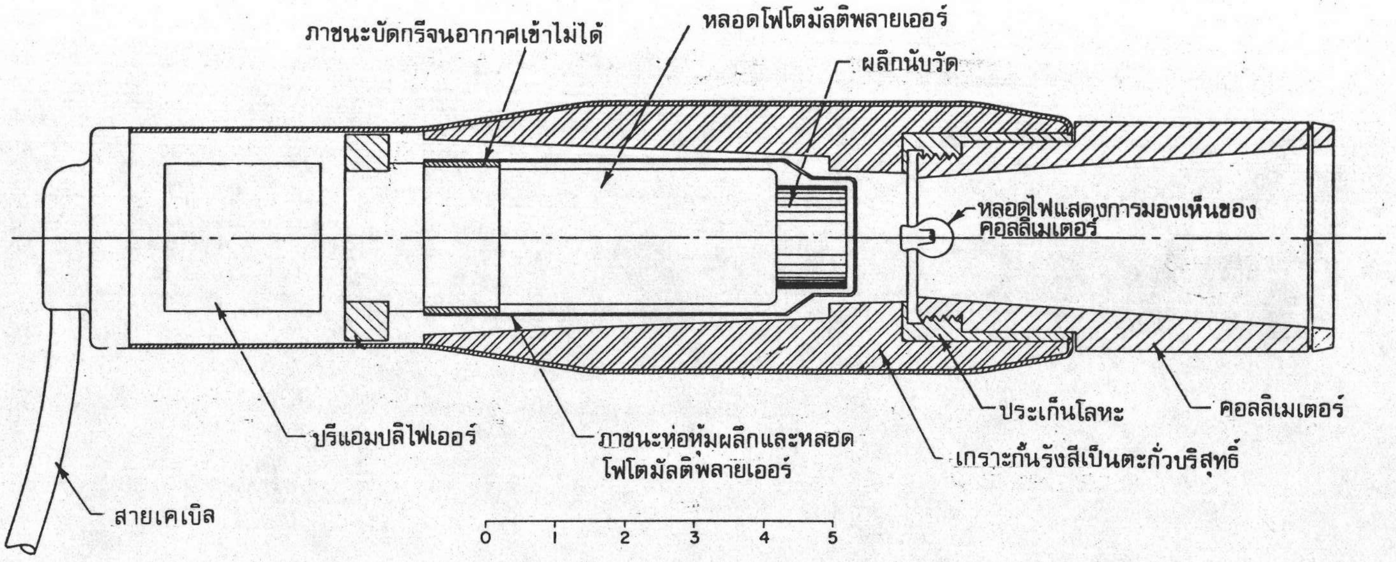
ก. คอลลิเมเตอร์ชนิดช่องเดี่ยวใช้กับเครื่องนับวัด

ข. คอลลิเมเตอร์ชนิดโฟกัสใช้กับเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์

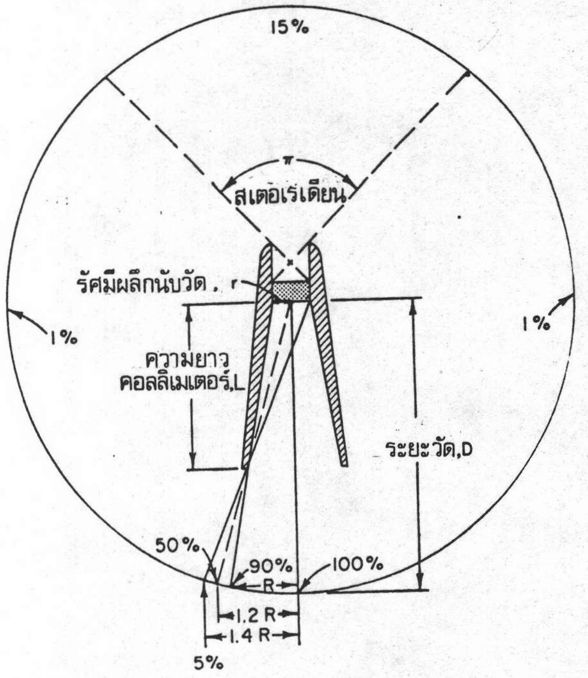
ค. คอลลิเมเตอร์สำหรับเครื่องถ่ายภาพ ซินทิลเลชัน

3.1 คอลลิเมเตอร์ชนิดช่องเดี่ยวใช้กับเครื่องนับวัด

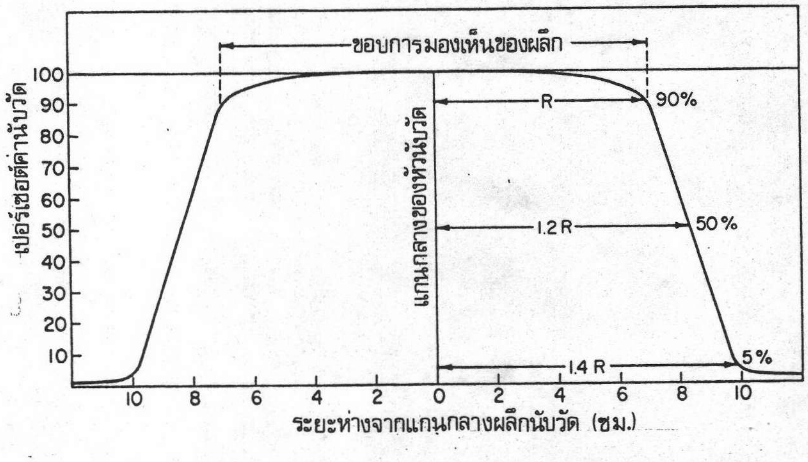
คอลลิเมเตอร์ของเครื่องนับวัดรังสีแกมมาเป็นชนิดช่องเดี่ยว มีลักษณะเป็นกรวยกลม ความกว้างของช่องที่ปลายมากกว่าความกว้างของช่องที่ชิดผลึกเล็กน้อยดังรูป 3.1 เครื่องนับวัดหาค่านับวัดโดยตรงจากต้นกำเนิดรังสีที่วางไว้หน้าหัวนับวัดเท่านั้น คอลลิเมเตอร์จะทำหน้าที่กั้นรังสีจากภายนอกหรือแบคกราวด์ออกไป เมื่อวางต้นกำเนิดรังสีแบบจุดไว้ในแนวแกนของผลึกที่ระยะคงที่ (D) ดังรูปที่ 3.2 อัตรานับวัดจะมีค่ามากสุดคือ 100% เมื่อเทียบกับจุดอื่น ๆ ที่อยู่ในระนาบเดียวกัน เมื่อเลื่อนต้นกำเนิดรังสีออกจากแนวแกนผลึกอัตรานับวัดจะลดลงตามลำดับจนกระทั่งเหลือ 50% เมื่อวางต้นกำเนิดรังสีที่ขอบการมองเห็นของคอลลิเมเตอร์ เมื่อต้นกำเนิดรังสีอยู่นอกขอบการมองเห็นของคอลลิเมเตอร์อัตรานับวัดจะมีค่าลดลงมากจนมีค่า 1% ของอัตรานับวัดมากสุด ยกเว้นด้านหลังของหัวนับวัดที่มีมุมทรงตันไม่เกิน π สเตอร์เรเดียล ซึ่งมีอัตรานับวัดไม่เกิน 15% ของอัตรานับวัดมากสุดหน้าคอลลิเมเตอร์ ด้วยเหตุนี้จึงต้องระมัดระวัง



รูปที่ 3.1 แสดงหัวนับวัดพร้อมคอลลิเมเตอร์



รูปที่ 3.2 แสดงเปอร์เซนต์ของอัตรานับวัดโดยรอบผลึกที่สามารถนับได้ด้วยผลึกนับวัด



รูปที่ 3.3 แสดงขอบเขตการมองเห็นของคอลลิเมเตอร์ คิดเป็นเปอร์เซนต์ของอัตรานับวัดที่จุดต่าง ๆ เมื่อเทียบกับอัตรานับวัดที่แกนกลางของผลึกนับวัด

รังสีที่ผ่านเข้าทางด้านหลังของหัวนับวัดหรือการรั่วของรังสีเข้าหัวนับวัดทางด้านหลังของผลึกนับวัด

จากรูป 3.2, 3.3 แสดงเปอร์เซนต์ของอัตรานับวัดที่จุดต่าง ๆ เมื่อ

D = ระยะจากผิวผลึกถึงต้นกำเนิดรังสี

L = ความยาวของคอลลิเมเตอร์

r = รัศมีของผลึก

R = ระยะจากแกนของผลึกนับวัดถึงตำแหน่งที่อัตรานับวัดลดเหลือ 90%

ถ้าไม่คำนึงถึงรังสีแกมมาที่ทะลุผ่านขอบของคอลลิเมเตอร์และการดูดกลืนรังสีแกมมาที่ผิวของผลึก จะได้สูตรความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของคอลลิเมเตอร์ รัศมีของผลึก ระยะจากผิวผลึกนับวัดถึงต้น กำเนิดรังสีและระยะจากแกนหัวนับวัดถึงตำแหน่งที่อัตรานับวัดลดเหลือ 90% คือ

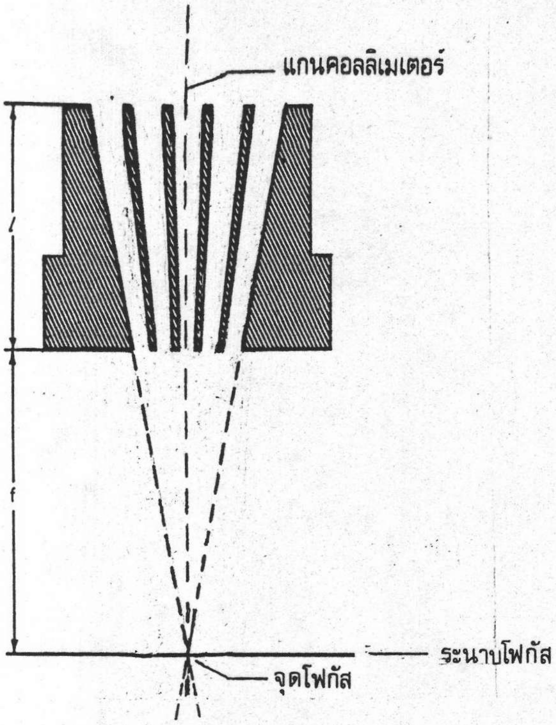
$$L = \frac{D}{\frac{r}{0.2R} + r}$$

เมื่อ 0.2 เป็นค่าคงที่สำหรับการหาความยาวคอลลิเมเตอร์ของเครื่องนับวัดและ ถ้า R มีค่าคงที่ ความยาวของคอลลิเมเตอร์ (L) จะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะการใช้งาน (D) จากความสัมพันธ์นี้ถ้าผลึกมีขนาดเล็กความยาวของคอลลิเมเตอร์ (L) เท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะการใช้งาน (D) สำหรับผลึกขนาดใหญ่มีความยาวคอลลิเมเตอร์ (L) เท่ากับ $\frac{3}{4}$ เท่าของระยะการใช้งาน

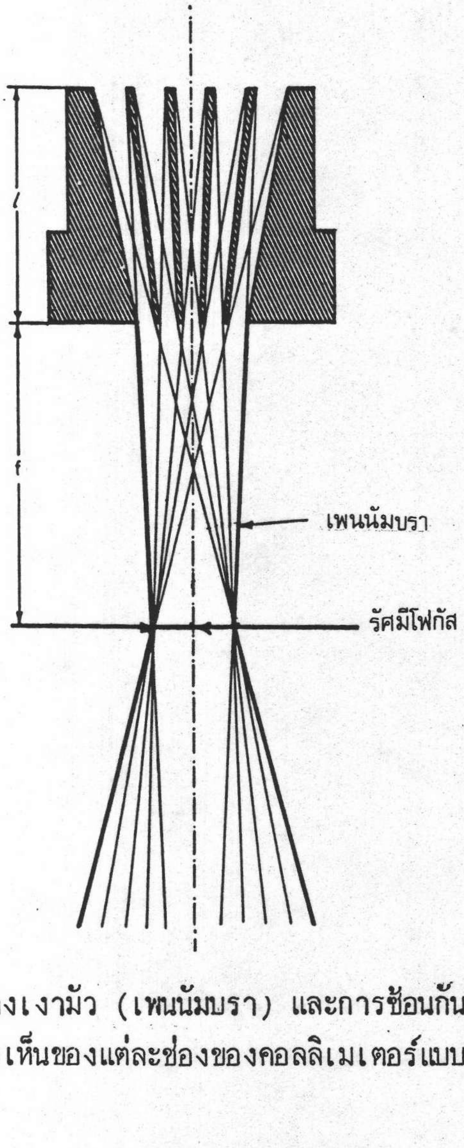
เครื่องนับวัดจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อขนาดของผลึกไม่เล็กกว่าขนาดของอวัยวะที่จะวัด เช่นต่อมธัยรอยด์ เป็นต้น

3.2 คอลลิเมเตอร์ชนิดโฟกัสใช้กับเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์

คอลลิเมเตอร์ของเครื่องมือสร้างภาพเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์เป็นแบบหลายช่อง แต่ละช่องมีลักษณะเป็นรูปกรวย (tapered hole) โดยทุก ๆ ช่องจะเอียงทำมุมกับแนวแกนของคอลลิเมเตอร์ต่าง ๆ กัน และทุกช่องเอียงไปที่จุดโฟกัสบนระนาบโฟกัสดังรูป 3.4 เมื่อนำต้นกำเนิดรังสีแกมมาชนิดจุดวางที่จุดโฟกัส รังสีแกมมาจากจุดโฟกัสสามารถผ่านช่องของคอลลิเมเตอร์ทุกช่องเข้าสู่ผลึกนับวัดได้ คอลลิเมเตอร์แบบหลายช่องนี้จะมีเงามัว (penumbra) ซ้อนกันอยู่รอบๆ umbra และมีพื้นที่เล็กที่สุดที่ระนาบโฟกัส ซึ่งอยู่ในแนวตั้งฉากกับแกนกลางของคอลลิเมเตอร์ดังรูปที่ 3.5



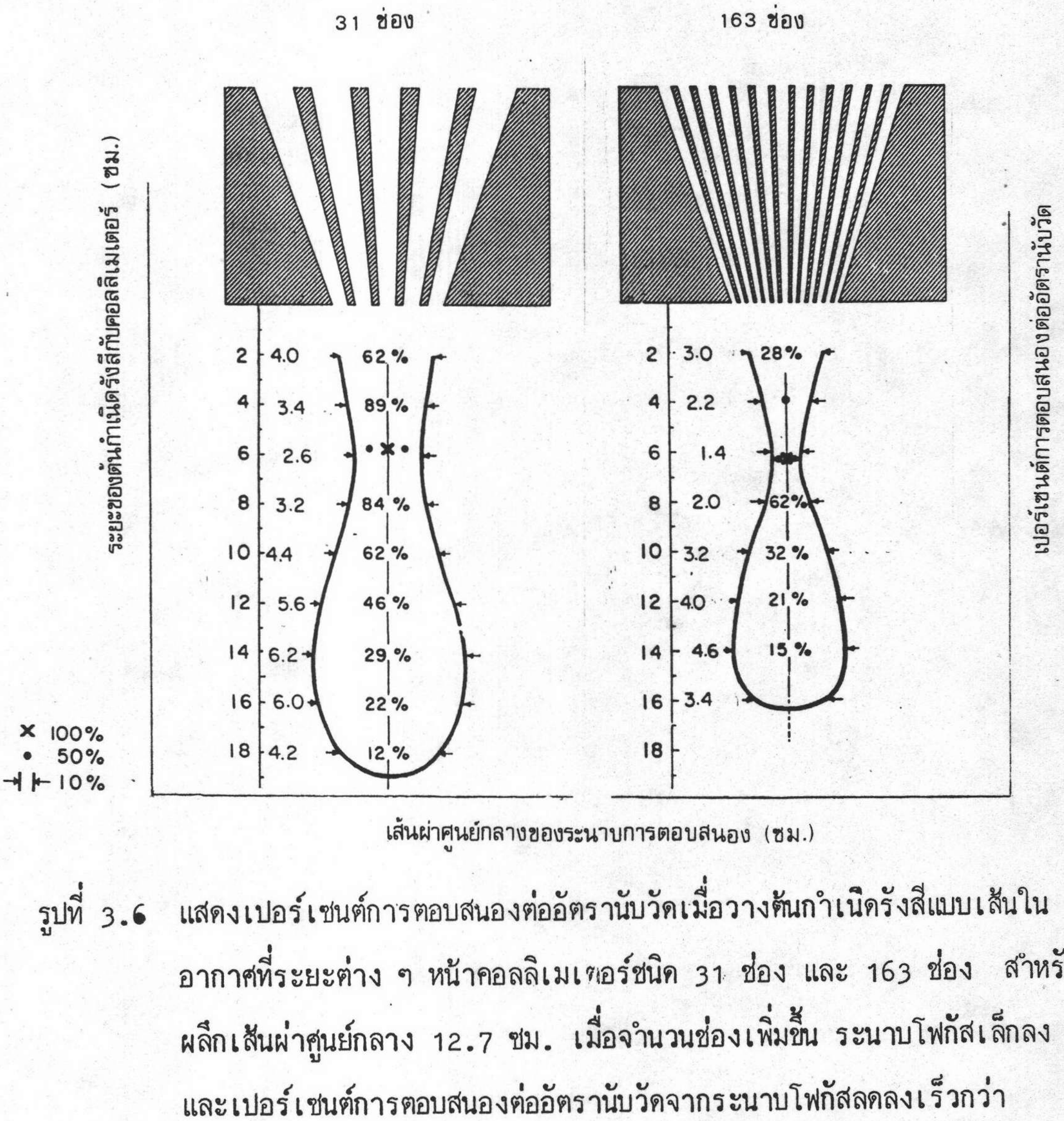
รูปที่ 3.4 แสดงคอลลิเมเตอร์แบบโฟกัส



รูปที่ 3.5 แสดงเงามัว (เพนนัมบรา) และการซ้อนกันของขอบเขตการมองเห็นของแต่ละช่องของคอลลิเมเตอร์แบบโฟกัส

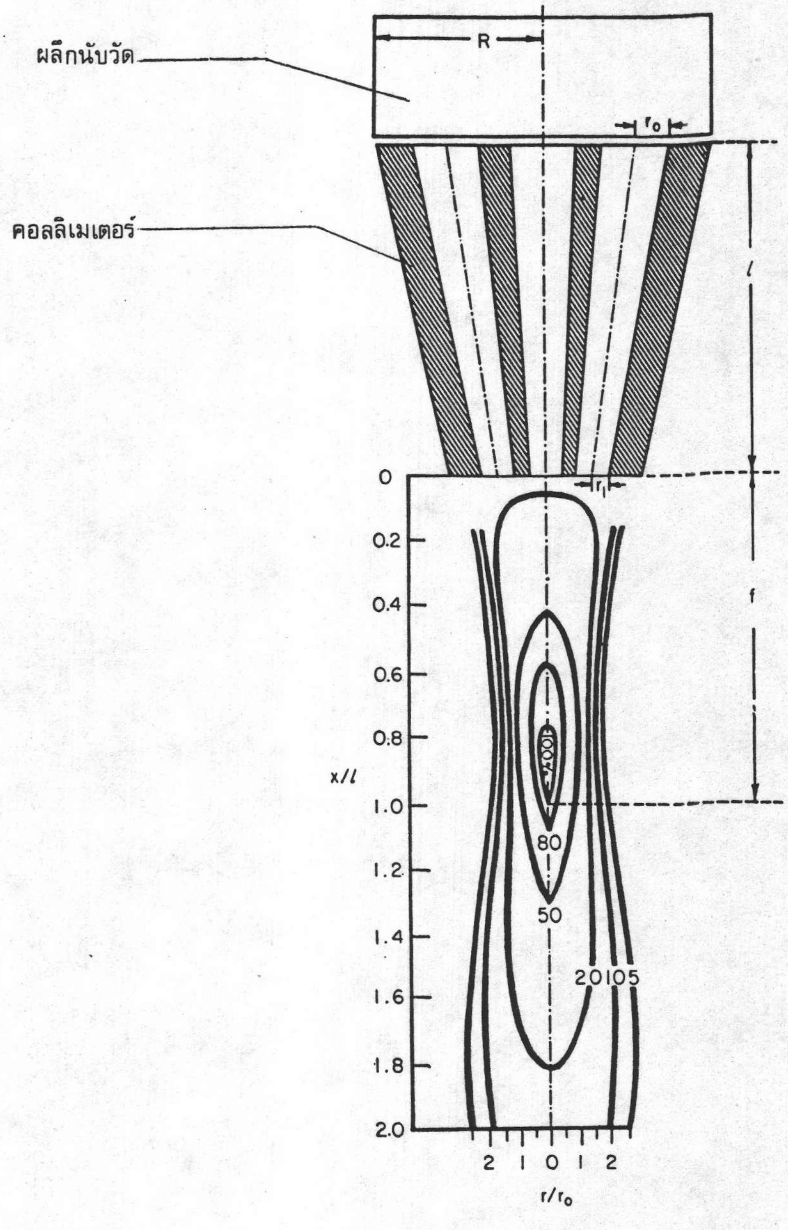
อัตรานับวัดของต้นกำเนิดรังสีแบบจุด ซึ่งวางไว้ที่กึ่งกลางของระนาบโฟกัสมีค่าสูงสุดและมีค่าเท่ากับผลรวมของอัตรานับวัดจากทุก ๆ ช่องในคอลลิเมเตอร์

ที่ระยะใกล้หรือไกลกว่าระนาบโฟกัสการมองเห็นของแต่ละช่องในคอลลิเมเตอร์จะมีบริเวณกว้างออก ทำให้อัตรานับวัดที่ระยะอื่นนอกระนาบโฟกัสมีค่าลดลง อัตรานับวัดเทียบเป็นเปอร์เซนต์กับอัตรานับวัดสูงสุดที่จุดโฟกัสแสดงไว้ดังรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 แสดงเปอร์เซนต์การตอบสนองต่ออัตรานับวัดเมื่อวางต้นกำเนิดรังสีแบบเส้นในอากาศที่ระยะต่าง ๆ หน้าคอลลิเมเตอร์ชนิด 31 ช่อง และ 163 ช่อง สำหรับผลึกเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.7 ซม. เมื่อจำนวนช่องเพิ่มขึ้น ระนาบโฟกัสเล็กลง และเปอร์เซนต์การตอบสนองต่ออัตรานับวัดจากระนาบโฟกัสลดลงเร็วกว่าคอลลิเมเตอร์ชนิดช่องน้อยกว่า

จากรูปที่ 3.6 พบว่าเมื่อจำนวนช่องของคอลลิเมเตอร์มากขึ้นเปอร์เซนต์ของอัตรานับวัดที่ระยะต่างๆ จากระนาบโฟกัสมีค่าลดลงเร็วกว่าคอลลิเมเตอร์ที่มีจำนวนช่องน้อยกว่า



รูปที่ 3.7 แสดงขอบเขตการตอบสนองต่ออัตรานับวัดบริเวณต่าง ๆ หน้า คอลลิเมเตอร์ชนิดโฟกัส เมื่อ $f = 1$, $r_o = 0.2\ R$

x = ระยะจากต้นกำเนิดรังสีถึงคอลลิเมเตอร์

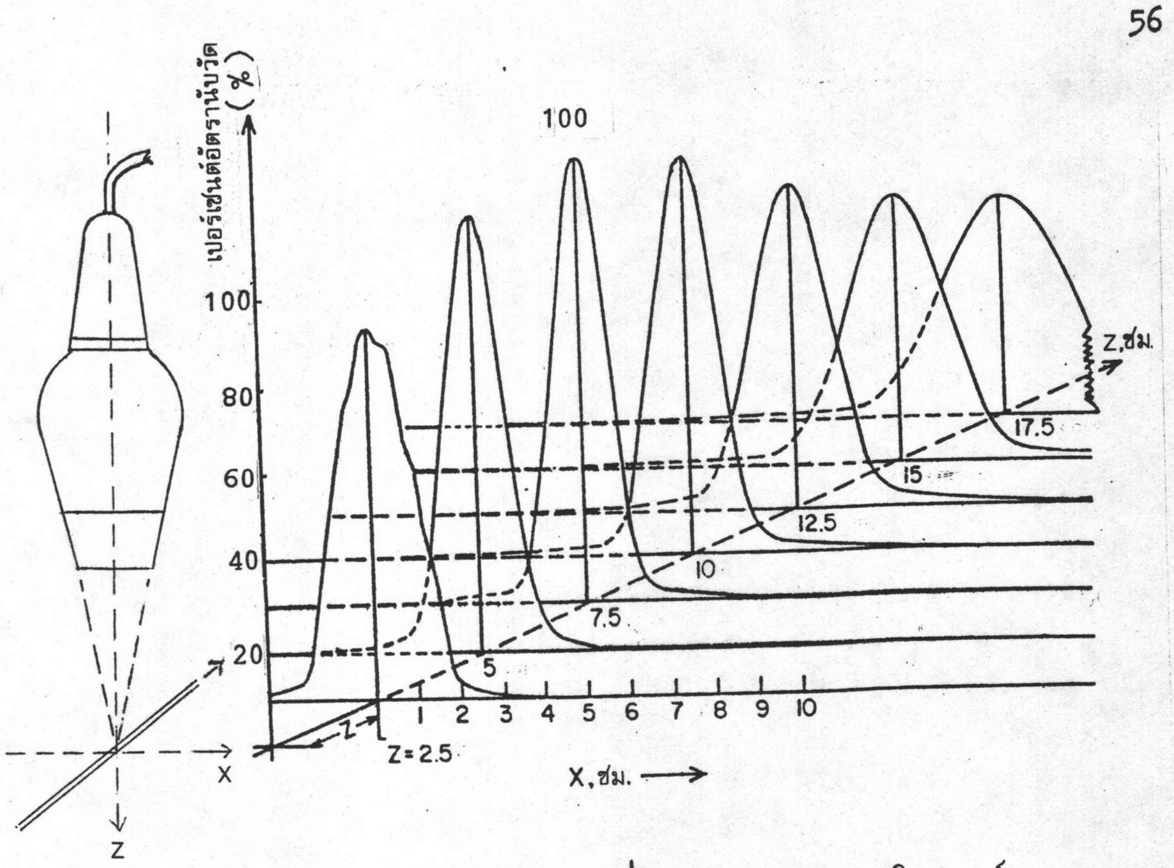
3.2.1 คุณสมบัติของคอลลิเมเตอร์ของเครื่องเรคติลิเนียร์สแกนเนอร์

ก. กำลังแยกของการขจัด (spatial resolution) เป็นคุณสมบัติของคอลลิเมเตอร์ในการแสดงรายละเอียดในภาพจากเครื่องสร้างภาพชินทิลเลชัน คอลลิเมเตอร์ที่มีกำลังแยกดีจะต้องมีจำนวนช่องและความยาวของช่องมีค่ามากซึ่งทำให้ umbra ที่ระนาบโฟกัสเล็กที่สุด แต่อัตรานับวัดจะลดลงเพราะความหนาของผนังช่อง (septum) จะปิดกั้นผิวผลึกนับวัดไว้มาก ทำให้ผลึกรับรังสีได้น้อยหรือทำให้ความไวของหัวนับวัดลดลง การทะลุผ่านผนังช่องคอลลิเมเตอร์ของรังสีแกมมาพลังงานสูง การกระเจิงของรังสีที่ผนังช่องคอลลิเมเตอร์และช่องคอลลมิเมเตอร์ขนาดใหญ่เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้กำลังแยกภาพของคอลลิเมเตอร์ลดลง

ข. ความไวของคอลลิเมเตอร์ (sensitivity) ความไวของคอลลิเมเตอร์เป็นอัตราส่วนของรังสีแกมมาที่เข้าสู่คอลลิเมเตอร์ต่อรังสีแกมมาที่ออกจากต้นกำเนิดรังสีที่ระยะคงที่ คอลลิเมเตอร์ชนิดหลายช่องจะมีความไวต่ำกว่าชนิดช่องคอลลิเมเตอร์น้อยหรือมีช่องเดียวเพราะพื้นที่ผิวของผลึกนับวัดบางส่วนถูกกั้นด้วยความหนาของผนังช่อง ความไวของคอลลิเมเตอร์ชนิดหลายช่องจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อขนาดของช่องใหญ่ขึ้นเพราะรังสีแกมมาผ่านช่องเข้าสู่ผลึกนับวัดได้มาก แต่กำลังแยกภาพของคอลลิเมเตอร์ชนิดนี้ต่ำ

ค. ระยะในการตอบสนองต่ออัตรานับวัด (depth response) คือการตอบสนองต่ออัตรานับวัดของคอลลิเมเตอร์เมื่อวางต้นกำเนิดรังสีไว้ที่ระยะต่าง ๆ จากผิวคอลลิเมเตอร์ อัตรานับวัดมีค่าสูงสุดเมื่อวางต้นกำเนิดรังสีไว้ที่ระนาบโฟกัสและจะมีค่าลดลงตามลำดับ ดังแสดงเป็นเปอร์เซนต์เปรียบเทียบกับอัตรานับวัดสูงสุดที่ระนาบโฟกัสและการขจัดในแนวแกนหัวนับวัดจากผิวคอลลิเมเตอร์ ดังรูป 3.6, 3.7 และ 3.8

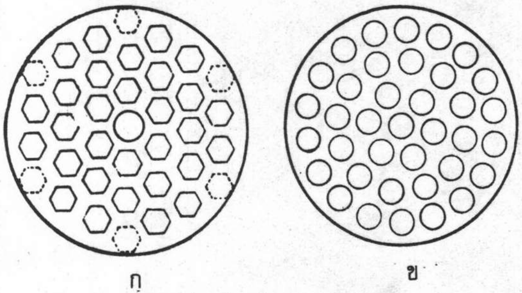
นอกจากนี้การตอบสนองต่อค่านับวัดของคอลลิเมเตอร์แบบหลายช่องยังเปลี่ยนแปลงตามตัวแปรอื่น ๆ [7] เช่น ขนาด รูปร่างและจำนวนของช่อง การกระจายของช่องคอลลิเมเตอร์ ความยาวโฟกัส ความหนาของผนังช่อง ความยาวของคอลลิเมเตอร์และขนาดของต้นกำเนิดรังสี ทำให้รังสีแกมมาทะลุผ่านผนังช่องคอลลิเมเตอร์ได้มากเมื่อต้นกำเนิดรังสีมีขนาดใหญ่ขึ้นและพลังงานของรังสีแกมมามากขึ้น



รูปที่ 3.8 แสดงการตอบสนองของอัตรานับวัดที่ระยะต่าง ๆ หน้าคอลลิเมเตอร์

z = ระยะที่ต้นกำเนิดรังสีแบบเส้นอยู่ห่างผิวหน้าของคอลลิเมเตอร์ (ซม.)

x = ระยะของต้นกำเนิดรังสีกับแกนหัวนับวัดบนระนาบการนับวัด (ซม.)



ก ข

รูปที่ 3.9 การกระจายของช่องในคอลลิเมเตอร์แบบแปดเหลี่ยม (ก) และแบบวงกลม (ข)

จากรูปที่ 3.9 แสดงลักษณะและการกระจายของช่องในคอลลิเมเตอร์ ช่องคอลลิเมเตอร์แบบแปดเหลี่ยมจะมีความหนาของผนังช่องเท่ากันตลอดคอลลิเมเตอร์ คอลลิเมเตอร์ชนิดช่องกลมจะมีความหนาของผนังช่องไม่เท่ากัน ทำให้รังสีแกมมาสามารถทะลุผ่านผนังช่องส่วนที่บางที่สุดได้ ถ้าพื้นที่ของช่องแบบแปดเหลี่ยมและแบบวงกลมเท่ากันแล้วความหนาน้อยสุดของผนังช่องแบบวงกลมจะบางกว่าช่องแบบแปดเหลี่ยม ถ้าคอลลิเมเตอร์ชนิดช่องกลมมีขนาดช่องเท่ากับช่องแปดเหลี่ยมพบว่าคอลลิเมเตอร์ชนิดช่องกลมมีความไวน้อยกว่าชนิดช่องแปดเหลี่ยม 8.5%[7] ทำให้ต้องใช้ความเข้มข้นของกัมมันตภาพสูงจึงไม่นิยมใช้คอลลิเมเตอร์แบบช่องกลมสำหรับแสดงภาพ คอลลิเมเตอร์ชนิดช่องแปดเหลี่ยมเป็นชนิดที่ผลิตสำหรับการวินิจฉัยโรคโดยเฉพาะ

3.3 <u>คอลลิเมเตอร์สำหรับเครื่องถ่ายภาพซินทิลเลชัน</u> แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1. คอลลิเมเตอร์ประเภทช่องขนาน (parallel hole collimator)
2. คอลลิเมเตอร์ประเภทรูเข็ม (pinhole collimator)
3. คอลลิเมเตอร์ประเภทช่องเอียง (diverging and converging collimator)

3.3.1 <u>คอลลิเมเตอร์ประเภทช่องขนาน</u> เป็นคอลลิเมเตอร์มาตรฐานของเครื่องถ่ายภาพซินทิลเลชันประกอบด้วยแผ่นตะกั่วกลมมีความหนาคงที่ เจาะช่องขนานจำนวนหลายพันช่อง[7] แต่ละช่องตั้งฉากกับผิวหน้าของผลึก คอลลิเมเตอร์ชนิดนี้เหมาะสำหรับสร้างภาพอวัยวะที่มีขนาดใหญ่ ภาพและอัตรานับวัดจากคอลลิเมเตอร์ช่องขนานมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อระยะทางระหว่างต้นกำเนิดรังสีถึงผิวหน้าของคอลลิเมเตอร์เปลี่ยนไป ตลอดเวลาที่ต้นกำเนิดรังสียังอยู่ในขอบเขตของคอลลิเมเตอร์ แต่กำลังแยกของภาพจะดีที่สุดเมื่อวางต้นกำเนิดรังสีชิดผิวของคอลลิเมเตอร์ คอลลิเมเตอร์ประเภทนี้ ออกแบบสำหรับรังสีแกมมาพลังงานต่าง ๆ กันเช่น สำหรับรังสีแกมมาพลังงานไม่เกิน 150 keV หรือรังสีแกมมาพลังงานไม่เกิน 400 keV[39] ดังรูป 3.10 คือ

ก. คอลลิเมเตอร์สำหรับพลังงานต่ำและมีกำลังแยกสูง (low energy-high resolution) ใช้สำหรับวัดรังสีแกมมาที่มีพลังงานต่ำกว่า 150keV เช่น เทคนีเซียม-99เอ็ม คอลลิเมเตอร์ชนิดนี้มีขนาดช่องเล็กและผนังช่องบางที่สุด ทำให้มีจำนวนช่องมากสามารถแสดงรายละเอียดของภาพได้ดี แต่ผนังกั้นช่องจำนวนมากทำให้พื้นที่ผิวผลึกนับวัดถูกบังด้วยความหนาของผนังช่องมากและความไวของคอลลิเมเตอร์ลดลง [7,8] คอลลิเมเตอร์ชนิดนี้ไม่อาจใช้กับรังสีแกมมาพลังงานสูงได้เพราะรังสีแกมมาจะทะลุผ่านผนังกั้นช่อง

พลังงานปานกลาง

พลังงานต่ำ

รูปที่ 3.10 แสดงคอลลิเมเตอร์ชนิดช่องขนานสำหรับวัดพลังงานปานกลางและพลังงานต่ำ

ข. คอลลิเมเตอร์สำหรับพลังงานต่ำใช้กับงานทั่วไป (low energy general purpose) มีลักษณะคล้ายชนิดแรกแต่มีขนาดช่องใหญ่กว่า ความไวและกำลังแยกปานกลางไม่ต่ำหรือสูงกว่าคอลลิเมเตอร์ชนิดที่หนึ่งและสาม

ค. คอลลิเมเตอร์สำหรับพลังงานต่ำและมีความไวสูง (low energy-high sensitivity) ช่องคอลลิเมเตอร์มีขนาดใหญ่กว่าช่องคอลลิเมเตอร์สองชนิดแรกทำให้รังสีแกมมาสามารถเข้าสู่ผลึกนับวัดได้มากจึงวัดอัตรานับวัดได้มากหรือมีความไวสูง คอลลิเมเตอร์ชนิดนี้มีจำนวนช่องน้อยกว่าคอลลิเมเตอร์สองชนิดแรกทำให้กำลังแยกของคอลลิเมเตอร์ต่ำกว่า

ง. คอลลิเมเตอร์สำหรับพลังงานไม่เกิน 400 keV และมีความไวสูง (medium energy-high sensitivity) คอลลิเมเตอร์ชนิดนี้จะมีขนาดช่องคอลลิเมเตอร์ใหญ่รังสีแกมมาจะเข้าสู่ผลึกได้มากทำให้มีความไวสูง ผนังกั้นช่องของคอลลิเมเตอร์ชนิดนี้มีความหนามากกว่าสามชนิดแรกทำให้สามารถวัดรังสีแกมมาพลังงานมากขึ้นได้ กำลังแยกของคอลลิเมเตอร์ชนิดนี้ต่ำกว่าสามชนิดแรก คอลลิเมเตอร์ทั้งสี่ชนิดมีกำลังแยก(39) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของคอลลิเมเตอร์ชนิดช่องขนานที่มีใช้อยู่ทั่วไป(39)

ชนิดของคอลลิเมเตอร์ประเภทช่องขนาน	พลังงานสูงสุดที่วัดได้ (keV)	กำลังแยก หรือ FWHM ที่ระยะ 10 ซม. ในอากาศ (ซม.)
สำหรับพลังงานต่ำและกำลังแยกสูง	150	0.74
สำหรับพลังงานต่ำใช้กับงานทั่วไป	150	0.91
สำหรับพลังงานต่ำและมีความไวสูง	150	1.32
สำหรับพลังงานไม่เกิน 400 keV และมีความไวสูง	400	1.34

การเลือกใช้คอลลิเมเตอร์สำหรับเครื่องถ่ายภาพรังสีแกมมาต้องให้เหมาะสมกับพลังงานรังสีแกมมาที่จะวัดและการใช้งานในการตรวจวัดดังตารางที่ 3.1 ซึ่งเป็นคอลลิเมเตอร์ที่โรงงานผลิตออกมาใช้ทั่วไป นอกจากนี้อาจมีคอลลิเมเตอร์ที่ออกแบบสำหรับใช้กับรังสีแกมมาพลังงานแตกต่างกันโดยมีขนาดของช่องและความหนาของผนังกั้นช่องคอลลิเมเตอร์แตกต่างกันดังตารางที่ 3.2[7] คือ

ตารางที่ 3.2 แสดงขนาดของช่องและผนังกั้นช่องคอลลิเมเตอร์ชนิดช่องขนานและพลังงานของรังสีแกมมามากสุดที่สามารถใช้กับคอลลิเมเตอร์แต่ละชนิด

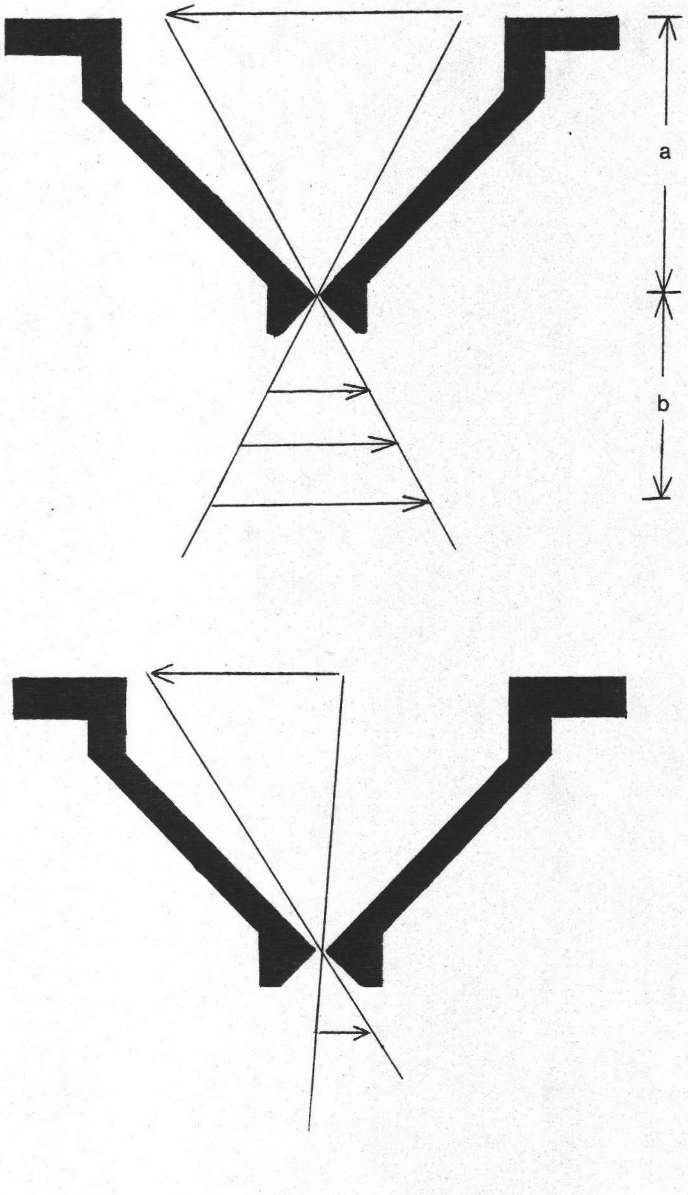
คอลลิเมเตอร์ชนิดช่องขนาน	1	2	3	4	5
วัดรังสีแกมมาพลังงานสูงสุด (MeV)	0.20	0.28	0.28	0.36	0.41
ความยาวของช่องคอลลิเมเตอร์ (ซม.)	2.54	3.81	3.81	5.59	6.60
เส้นผ่าศูนย์กลางแต่ละช่องของคอลลิเมเตอร์(ซม.)	0.282	0.572	0.381	0.49	0.541
ความหนาของผนังช่อง (ซม.)	0.076	0.229	0.152	0.226	0.269
จำนวนช่องต่อพื้นที่วงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 ซม.	4600	960	2090	1160	900

3.3.2 <u>คอลลิเมเตอร์ประเภทรูเข็ม</u> เครื่องถ่ายภาพซินทิลเลชันใช้คอลลิเมเตอร์ชนิดนี้เป็นชนิดแรกมีกำลังแยกดีมากแต่มีความไวต่ำเมื่อเทียบกับคอลลิเมเตอร์ชนิดอื่น เพราะมีช่องคอลลิเมเตอร์ขนาดเล็กให้รังสีแกมมาผ่านเพียงช่องเดียว ความไวและกำลังแยกดีที่สุดเมื่อวัตถุวางชิดคอลลิเมเตอร์และจะลดลงเมื่อห่างคอลลิเมเตอร์มากขึ้น ถ้าตำแหน่งของวัตถุห่างจากแกนกลางคอลลิเมเตอร์มาก ภาพที่เกิดขึ้นบนผิวผลึกจะเอียง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการบิดเบือนของภาพ ดังรูปที่ 3.11

คอลลิเมเตอร์ชนิดรูเข็มสามารถหากำลังแยกของการขจัดได้จากสูตรความสัมพันธ์

$$R_g = \frac{(a+b)d}{a}$$

เมื่อ R_g = ระยะระหว่างจุดสองจุดบนต้นกำเนิดรังสีที่ผลึกสามารถมองเห็นได้โดยเห็นขอบของจุดทั้งสองเริ่มซ้อนกันบนผิวผลึกนับวัด (กำลังแยกของการขจัด)



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.11 (ก) แสดงคอลลิเมเตอร์ชนิดรูเข็มและภาพของวัตถุที่เกิดจากรูเข็มเมื่อจุดกึ่งกลางของวัตถุอยู่ในแนวแกนของคอลลิเมเตอร์

(ข) แสดงการบิดเบือนของภาพเมื่อจุดกึ่งกลางของวัตถุไม่อยู่ในแนวแกนของคอลลิเมเตอร์

a = ระยะระหว่างช่องคอลลิเมเตอร์ถึงผิวผลึกนับวัด

b = ระยะระหว่างช่องคอลลิเมเตอร์ถึงผิวต้นกำเนิดรังสี

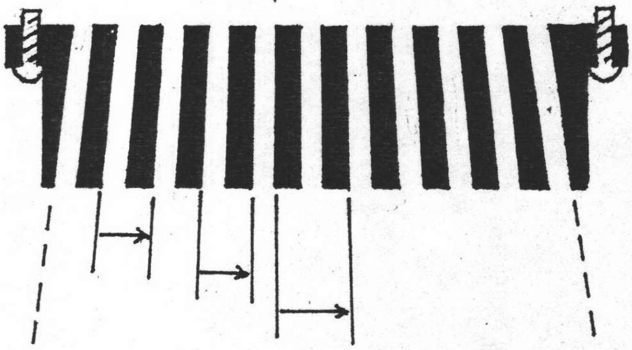
d = เส้นผ่าศูนย์กลางของช่องคอลลิเมเตอร์

คอลลิเมเตอร์ชนิดรูเข็มเหมาะสำหรับถ่ายภาพอวัยวะขนาดเล็กที่วางใกล้คอลลิเมเตอร์ คอลลิเมเตอร์ชนิดนี้อาจใช้ถ่ายภาพอวัยวะที่มีขนาดใหญ่ได้เช่นปอดทั้งหมดหรือตับ เป็นต้น[7] โดยจัดตำแหน่งของวัตถุให้ห่างจากช่องคอลลิเมเตอร์มากขึ้น ความกว้างของช่องคอลลิเมเตอร์มีหลายขนาดสามารถเลือกใช้ให้มีกำลังแยกและความไวของภาพพอเหมาะกับงานวินิจฉัยโรค

3.3.3 คอลลิเมเตอร์ประเภทช่องเอียง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

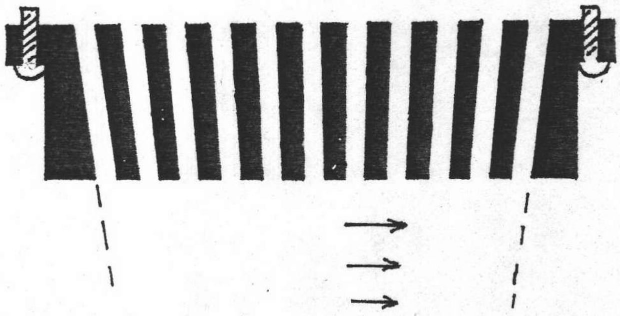
ก. ชนิดมีช่องลู่ออกจากแกนของคอลลิเมเตอร์ (diverging collimator) ออกแบบสำหรับเครื่องถ่ายภาพที่มีผลึกขนาดมาตรฐาน เพื่อให้ถ่ายภาพของอวัยวะขนาดใหญ่ได้ เช่น ปอด, ตับ, ไต สำหรับเครื่องถ่ายภาพที่มีหัวนับวัดขนาดใหญ่ไม่จำเป็นต้องใช้คอลลิเมเตอร์ชนิดนี้ คอลลิเมเตอร์ชนิดช่องลู่ออกจะให้กำลังแยกและความไวดี ความไวและกำลังแยกจะลดลงเมื่อวัตถุถูกเลื่อนออกจากคอลลิเมเตอร์ ดังรูป 3.12 แสดงคอลลิเมเตอร์ชนิดช่องลู่ออก และความสัมพันธ์ระหว่างความไว (sensitivity) กำลังแยก (resolution) และระยะต่าง ๆ ระหว่างผิวหน้าของคอลลิเมเตอร์และต้นกำเนิดรังสี

ข. ชนิดช่องลู่เข้าหาแกนของคอลลิเมเตอร์ (converging collimator) สามารถถ่ายภาพวัตถุที่มีขนาดเล็กได้ชัดเจน คอลลิเมเตอร์ชนิดนี้มีความไวดีเพราะทุกช่องสามารถมองเห็นต้นกำเนิดรังสีได้ชัดเจน มีกำลังแยกดีที่สุดสำหรับภาพขยายเหมือนคอลลิเมเตอร์ชนิดประเภทรูเข็ม ภาพที่ได้เมื่อใช้คอลลิเมเตอร์ชนิดนี้จะมีขนาดขยายใหญ่ขึ้น รูปที่ 3.13 แสดงคอลลิเมเตอร์ชนิดช่องลู่เข้าหาแกนของหัวนับวัดและความสัมพันธ์ระหว่างความไว (sensitivity) กำลังแยก (resolution) และระยะต่าง ๆ ระหว่างผิวหน้าของคอลลิเมเตอร์และต้นกำเนิดรังสี



ระยะ (ซม.)	ความไวสัมพัทธ์	กำลังแยก (ซม.)	ขนาดภาพสัมพัทธ์
0	1	0.69	1
4.08	0.85	0.96	1.1
8.16	0.73	1.29	1.2
12.24	0.62	1.63	1.3

รูปที่ 3.12 แสดงคอลลิเมเตอร์ชนิดช่องลู่ออก (DIVERGING COLLIMATOR) และการทำงานที่ระยะต่าง ๆ



ระยะ (ซม.)	ความไวสัมพัทธ์	กำลังแยก (ซม.)	ขนาดภาพสัมพัทธ์
0	1.2	0.59	1
4.08	1.4	0.78	0.9
8.16	1.7	1.03	0.8
12.24	2.2	1.32	0.7

รูปที่ 3.13 แสดงคอลลิเมเตอร์ชนิดช่องลู่เข้า (CONVERGING COLLIMATOR) และการทำงานที่ระยะต่าง ๆ