วงจรพื้นฐานและส่วนประกอบของ UV, IR, LASER

สมชาย รัตนทองคำ

เครื่องอินฟราเรดสำหรับกายภาพบำบัด (IR)

รังสีอินฟราเรดจัดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่น ประมาณ 700 ถึง 800,000 นาโนเมตร เป็นรังสีที่มองไม่เห็นด้วยตามนุษย์ มีความยาวคลื่นน้อยกว่าแสงสีแดงที่มองเห็น จึงได้ชื่อว่ารังสีใต้แดง (infrared) วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 0 องศาสัมบูรณ์ หรือ 0 องศาเคลวิน (-273 องศาเซลเซียส) จะสามารถ ให้รังสีอินฟราเรดออกมา วัตถุยิ่งร้อนมากก็ยิ่งแผ่รังสีอินฟราเรดมาก วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่า จะแผ่รังสีอินฟราเรด ที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า หรือความถี่สูงกว่า แหล่งกำเนิดรังสีอินฟราเรดในธรรมชาติที่สำคัญคือ ดวงอาทิตย์ ในแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นผิวโลก จะมีปริมาณรังสีอินฟราเรดประมาณ 52-60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือส่วนใหญ่จะเป็นแสงที่มองเห็น

1.ชนิดของรังสีอินฟราเรด .

1.1 รังสีอินฟราเรดชนิดคลื่นยาว หรืออินฟราเรดไกล (long wave IR หรือ far IR)

รังสีอินฟราเรดชนิดคลื่นยาว เป็นรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 1,500 นาโนเมตร ขึ้นไป แหล่งกำเนิดรังสีอินฟราเรดชนิดคลื่นยาวที่สำคัญได้แก่ วัตถุที่มีความร้อนต่ำๆ เช่น กระเป๋าใส่น้ำร้อน, แผ่นความร้อน, อิฐร้อนจากการเผาไฟ หรือหลอดรังสีอินฟราเรดชนิดไม่เปล่งแสง รังสีอินฟราเรดชนิดนี้สามารถผ่านชั้นผิวหนังลงไปได้ไม่เกิน 0.2 มิลลิเมตร และมักถูกดูดกลืนที่ผิวหนังกำพร้าชั้นบนๆ เช่น ชั้น stratum corneum (ประมาณ 0.5 มิลลิเมตร จากชั้นบน)

1.2 รังสีอินฟราเรดชนิดคลื่นสั้น หรืออินฟราเรดใกล้ (short wave IR หรือ near IR)

รังสีอินฟราเรดชนิดคลื่นสั้นเป็นรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 1,500 นาโนเมตร แหล่งกำเนิดรังสีชนิดนี้ได้แก่ วัตถุที่มีความร้อนสูง เช่น เปลวไฟ หลอดรังสีอินฟราเรดชนิดเปล่งแสง เป็นต้น รังสีอินฟราเรดชนิดคลื่นสั้นนี้ จะมีพลังงานมากกว่ารังสีอินฟราเรดชนิดคลื่นยาว สามารถผ่านชั้นผิวหนังลงไปได้ลึกกว่า (ประมาณ 5-10 มิลลิเมตร จากผิว) เชื่อว่ารังสีชนิดนี้จะมีผลกระตุ้นต่อระบบการไหลเวียนเลือดและปลายประสาท

2.ลักษณะทั่วไปของเครื่องอินฟราเรด .

หลักการทำงาน ของเครื่องอินฟราเรดคือ การผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในโลหะนำไฟฟ้าที่มีความต้านทานสูง ทำให้โลหะนั้นร้อนขึ้นจนสามารถเปล่งรังสีอินฟราเรดออกมา (รูปที่.1) วัตถุหรือโลหะตัวนำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะสามารถให้รังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโลหะที่มีความต้านทานสูงๆ ดังกล่าวได้แก่ ทังสเตน เป็นต้น ลักษณะทั่วไปของเครื่องอินฟราเรดประกอบด้วยส่วนประกอบดังนี้

2.1 แหล่งจ่ายไฟ

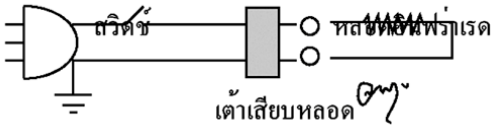
แหล่งจ่ายไฟของเครื่องอินฟราเรดทั่วไป มักจะเป็นไฟกระแสสลับผ่านโดยตรง ไปยังส่วนควบคุมการทำงานของหลอด

2.2 ส่วนควบคุม

ส่วนควบคุม การทำงานของหลอด มักจะเป็นตัวควบคุมปริมาณรังสีอินฟราเรด ที่ปล่อยออก ประกอบด้วยวงจร rectifier และ potentiometer เพื่อเปลี่ยนค่าศักย์ไฟฟ้าให้พอเหมาะกับไส้หลอด โดยอาศัยการเปลี่ยนค่าความ ต้านทานทำให้ความเข้มของรังสีเกิดการเปลี่ยนแปลง

2.3 หลอดรังสีอินฟราเรด

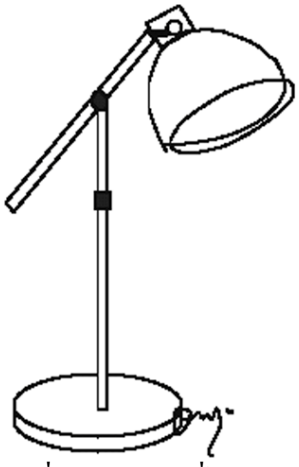
หลอดรังสีอินฟราเรด เป็นหัวใจสำคัญของเครื่อง ซึ่งอาจเป็นชนิดหลอดที่เปล่งแสง และไม่เปล่งแสง



รูปที่1 แสดงผังวงจรอย่างง่ายของเครื่องอินฟราเรดที่ใช้ทางกายภาพบำบัดเครื่องหนึ่ง

2.4 ส่วนประกอบอื่น ๆ

นอกจากส่วนประกอบที่สำคัญดังได้กล่าวมาแล้ว เครื่องอินฟราเรดโดยทั่วไป มักจะมีตัวสะท้อนแสงทำหน้าที่รวมแสงไปในทิศที่ต้องการ เสาตั้ง ซึ่งเป็นตัวยึดติดกับตัวสะท้อนแสง และนาฬิกาจับเวลาขณะใช้งาน ในบางเครื่องอาจมีส่วนที่กรองแสง (filter) (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 แสดงลักษณะของเครื่องอินฟราเรดที่ใช้ทางกายภาพบำบัดเครื่องหนึ่ง

3.ชนิดของเครื่องรังสีอินฟราเรด .

เครื่องที่สร้างรังสีอินฟราเรด ที่ใช้สำหรับการรักษาทางกายภาพบำบัดนั้น มักจะสร้างจากการให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทานที่มีค่าสูงจนกระทั่งเกิดพลังงานความร้อนดังสมการ

$$P = I^2 R \quad \text{.....(10.1)}$$

P คือ กำลังซึ่งเป็นพลังงาน/เวลา มีหน่วยเป็นวัตต์

I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์

R คือ ความต้านทานกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโอห์ม

3.1 หลอดชนิดไม่เปล่งแสง (non luminous lamp)

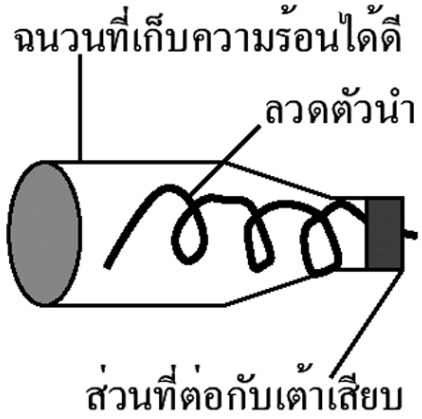
เป็นหลอดรังสีอินฟราเรดที่ให้รังสีอินฟราเรดเพียงอย่างเดียว โดยมีช่วงความยาวคลื่นประมาณ 770-1,500 นาโนเมตร สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ

3.1.1 ชนิดขดลวดพันรอบฉนวนไฟฟ้า

หลอดรังสีชนิดนี้ มักเป็นหลอดที่มีขดลวดพันอยู่รอบวัตถุ ที่เป็นฉนวนไฟฟ้าชนิดดินเผาหรือเครื่องเคลือบรูปทรงกรวยหรือทรงกระบอก เมื่อให้กระแสไหลผ่านขดลวด ขดลวดจะร้อน ความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกส่งผ่านไปยังวัตถุที่เป็นฉนวนไฟฟ้าดังกล่าว ทำให้ร้อนขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วจะแผ่รังสีอินฟราเรดออกมา หลอดรังสีอินฟราเรดนี้จำเป็นต้องใช้เวลาสำหรับอุ่นเครื่องก่อนใช้อย่างน้อย 5 นาที .

3.1.2 ชนิดขดลวดฝังอยู่ในฉนวนไฟฟ้า

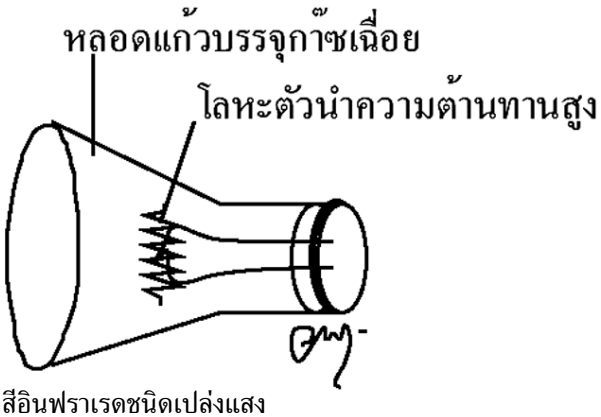
หลอดรังสีอินฟราเรดชนิดนี้ มักจะมีขดลวดที่เป็นตัวนำไฟฟ้าฝังอยู่ในฉนวน มักจะทาด้วยสีดำ เนื่องจากสีดำจะดูดเก็บความร้อนได้ดี เมื่อให้กระแสผ่านขดลวด ขดลวดจะร้อนและส่งผ่านความร้อน ไปยังฉนวนจนแผ่รังสีอินฟราเรด หลอดชนิดนี้ ต้องการใช้เวลาอุ่นเครื่องก่อนใช้ อย่างน้อย 10 นาที (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 แสดงหลอดรังสีอินฟราเรดชนิดไม่เปล่งแสง

3.2 หลอดชนิดเปล่งแสง (luminous lamp)

ลักษณะของหลอดรังสีอินฟราเรด ชนิดเปล่งแสง มีลักษณะคล้ายหลอดไฟที่ใช้ตามบ้าน แต่มีขนาดใหญ่



รูปที่ 4 แสดงหลอดรังสีอินฟราเรดชนิดเปล่งแสง

กว่า ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ มีไส้หลอดทำด้วยโลหะตัวนำ (ความต้านทานสูง) บรรจุอยู่ในหลอดแก้วซึ่งบรรจุก๊าซเฉื่อย เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าไปยังไส้หลอด จนกระทั่งร้อนจนถึงจุดหนึ่ง จะเปล่งแสง และให้รังสีอินฟราเรดออกมา รังสีที่ปล่อยออกจากหลอดชนิดเปล่งแสงนี้ จะมีรังสีอินฟราเรดประมาณ 95% แสงที่มองเห็น ประมาณ 4.8% และเป็นรังสีอัลตราไวโอเลต ประมาณ 0.1-0.2% การใช้หลอดรังสีอินฟราเรด ชนิดเปล่งแสงนี้ ไม่จำเป็นต้องเสียเวลาอุ่นเครื่อง สามารถใช้ได้ทันที โดยทั่วไป จะมีตัวกรองแสง เพื่อกรองแสงที่มองเห็น และรังสีอัลตราไวโอเลตไว้ เหลือแต่รังสีอินฟราเรดที่ปล่อยออกไป ตัวกรองแสงดังกล่าวจะมีสีแดง บางครั้งอาจใช้ฉาบบนตัวหลอด (รูปที่ 4)

เครื่องอัลตราไวโอเลตสำหรับกายภาพบำบัด(UV)

รังสีอัลตราไวโอเลต เป็นคลื่นแสงที่พบตามธรรมชาติ โดยมีดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิด มีความยาวคลื่นประมาณ 180-400 นาโนเมตร รังสีอัลตราไวโอเลตนี้ ส่วนใหญ่จะถูกดูดกลืนโดยชั้นของบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก เหลือเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่สามารถผ่านมายังพื้นผิวโลก ดังนั้น บริเวณที่สูงๆ เช่น บนยอดเขา มักจะมีปริมาณอัลตราไวโอเลตมากกว่าบริเวณพื้นราบ หรือหุบเขา

รังสีอัลตราไวโอเลตในธรรมชาติเกิดจากก๊าซรอบๆดวงอาทิตย์ ถูกเผาด้วยความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงมาก ประมาณ 5000 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเกิดการแตกตัวเป็นไอออน และอิเล็กตรอนของก๊าซมีการเปลี่ยนระดับพลังงาน จากระดับที่มีพลังงานสูงมายังระดับที่มีพลังงานต่ำกว่า พร้อมกับปลดปล่อยพลังงาน ($h\nu$) ออกมาในรูปของรังสี ดังสมการ

$$E = h\nu$$

E คือพลังงาน มีหน่วยเป็นอิเล็กตรอน-โวลต์

h คือค่าคงตัวของพลังค์

ν คือความถี่ของคลื่น มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์

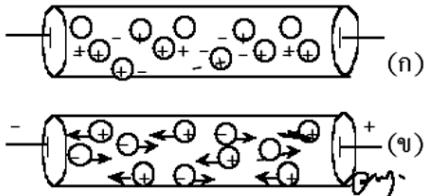
รังสีอัลตราไวโอเลตถูกค้นพบโดย Ritter ในปี ค.ศ. 1802 และต่อมา Davy เป็นคนแรก ที่สามารถทำให้เกิดรังสีชนิดนี้จากแหล่งกำเนิดที่ไม่ใช่ดวงอาทิตย์ โดยให้กระแสไฟฟ้าที่มีศักย์สูง ผ่านไปยังขั้วคาร์บอน 2 แท่ง ที่อยู่ติดกัน แล้วแยกขั้วทั้งสองออกจากกันทันที โดยกระแสไฟฟ้ายังคงไหลผ่าน พบว่า จะเกิดประกายไฟขึ้น ซึ่งในระยะแรก Davy ก็ยังไม่ทราบว่ารังสีที่เกิดขึ้น เป็นรังสีอัลตราไวโอเลต ในปี ค.ศ. 1852 Jackson ได้สร้างหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้คาร์บอนเป็นขั้วหลอด ซึ่งสามารถให้รังสีอัลตราไวโอเลต แต่ขั้วคาร์บอนนั้นถูกทำให้แตกตัวเป็นไอออนอย่างรวดเร็ว ต่อมา Arons นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ได้พบว่า การทำให้เกิดประกายไฟในไอปรอทสามารถให้รังสีอัลตราไวโอเลตได้มากกว่าขั้วคาร์บอน

1.กลไกการปล่อยรังสีอัลตราไวโอเลต

ในสภาวะปกติ ก๊าซจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่เลว แต่ถ้าถูกบรรจุอยู่ในภาชนะที่เหมาะสม โดยมีขั้วโลหะอยู่ปลายทั้งสองข้าง ปล่อยกระแสไฟฟ้าที่มีศักย์สูงพอจนถึงระดับหนึ่ง ก๊าซนั้นจะถูกทำให้แตกตัวเป็นไอออนจนสามารถนำไฟฟ้าได้ดี ขณะที่กระแสไฟไหลผ่านก๊าซจะเกิดการเหนี่ยวนำ ให้อนุภาคของก๊าซมีความเร็วสูงขึ้น (รูปที่ 5) เกิดการวิ่ง

ชนกัน ของอิเล็กตรอน ในอะตอมของก๊าซ จนเกิดการเปลี่ยนระดับพลังงาน และปลดปล่อยพลังงานออกมา ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกปลดปล่อยออกมา จะมีความถี่ และความยาวคลื่นช่วงไหนนั้น ก็ขึ้นกับชนิดของก๊าซ ชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้า และปริมาณของกระแสที่ให้ พบว่า ถ้าให้กระแสไฟฟ้าที่มีศักย์สูงผ่านก๊าซบางชนิด เช่น ก๊าซซีนอน หรือไอของธาตุบางชนิด เช่น ไอปรอท หรือไอคาร์บอน จะปลดปล่อยรังสีอัลตราไวโอเลต

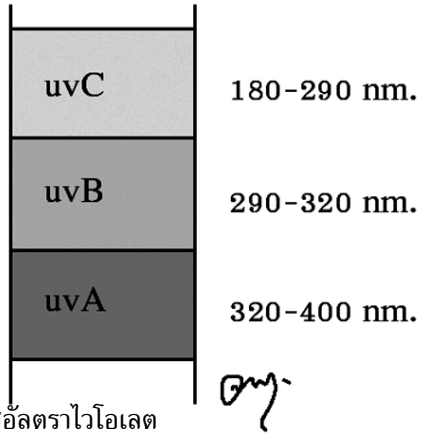
รังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้สำหรับการรักษาทางกายภาพบำบัดในปัจจุบัน มักเกิดจากการแตกตัวของไอปรอทในหลอดแก้ว จึงเรียกว่า mercury vapour lamp ภายในหลอดของเครื่องชนิดนี้จะมีขั้วโลหะและปรอทบรรจุอยู่ทั้งสองด้าน ภายในหลอดบรรจุด้วยก๊าซเฉื่อย เช่น ก๊าซอาร์กอน ซีนอน หรือคริปตรอน เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านขั้วโลหะทั้งสอง ในช่วงแรก กระแสไฟฟ้าจะทำให้ไอปรอท เกิดการแตกตัวเป็นไอออน จนเกิดรังสีอัลตราไวโอเลตขึ้น หลอดกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลตในปัจจุบัน นิยมทำด้วยควอทซ์ ซึ่งยอมให้รังสีอัลตราไวโอเลตผ่านได้ดี จุดหลอมเหลวของควอทซ์ สูงประมาณ 1700 องศาเซลเซียส และสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำ โลหะที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้าในหลอดควอทซ์นี้ มักใช้โลหะที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเท่ากับควอทซ์



รูปที่ 5 แสดงแผนภูมิภาวะปกติก๊าซจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่เลว (ก) ถ้าให้กระแสที่มีศักย์สูงพอจะทำให้ก๊าซแตกตัวเป็นไอออนจนสามารถนำไฟฟ้าได้ดี (ข)

2.ชนิดของรังสีอัลตราไวโอเลต (3)

ในธรรมชาติ รังสีอัลตราไวโอเลตจัดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นในช่วงประมาณ 180-400 นาโนเมตร (รูปที่ 6) สามารถแบ่งเป็น 3 ชนิดคือ



รูปที่ 6 แสดงสเปกตรัมของรังสีอัลตราไวโอเลต

2.1 รังสีอุลตราไวโอเลตชนิดเอ (UV-A)

เป็นรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่น ประมาณ 320-400 นาโนเมตร มีคุณสมบัติทำให้ผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และสีแดง รังสีชนิดนี้สามารถผ่านแก้วธรรมดา และแผ่นพลาสติกใสได้ รังสีอัลตราไวโอเลตชนิดเอนี้ ยังมีชื่อเรียกอื่น ๆอีก เช่น longwave UV, near UV และ black light UV

2.2 รังสีอัลตราไวโอเลตชนิดบี (UV-B)

เป็นรังสีที่ มีความยาวคลื่น ประมาณ 290-320 นาโนเมตร ในแสงแดดจากดวงอาทิตย์ ที่มาถึงพื้นโลก จะมีปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตชนิดบีอยู่น้อย เนื่องจากถูกชั้นบรรยากาศของโลกกรองไว้ รังสีอัลตราไวโอเลตชนิดนี้มักทำให้ผิวหนังเกิดการไหม้เกรียม และเชื่อว่ามักเป็นสาเหตุสำคัญ ที่ทำให้เกิดมะเร็งที่ผิวหนัง นอกจากนั้น รังสีนี้ยังมีคุณสมบัติพิเศษ ที่จะช่วยกระตุ้นให้ผิวหนัง เกิดการสร้างวิตามินดี และทำให้ผิวหนังมีสีแดง เนื่องจากมีเลือดมาคั่ง รังสีอัลตราไวโอเลตชนิดบีนี้ มีชื่อเรียกต่างกันออกไป เช่น sunburn spectum, erythema banol, middle UV

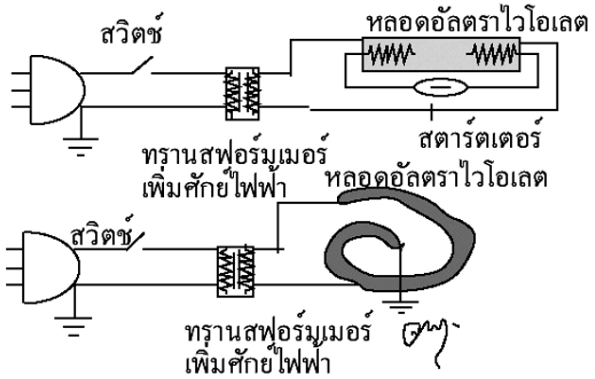
2.3 รังสีอัลตราไวโอเลตชนิดซี (UV-C)

เป็นรังสีอัลตราไวโอเลต ที่มีความยาวคลื่นประมาณ 180-290 นาโนเมตร มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ทำให้ผิวหนังมีสีแดง จากการเพิ่มการไหลเวียนเลือด และมีส่วนทำให้ เกิดการอักเสบของกระจกตา (cornea) หรือ photoceratitis โดยทั่วไป รังสีอัลตราไวโอเลตชนิดซีในแสงแดด จะมาไม่ถึงผิวโลก เนื่องจาก ถูกดูดเก็บไว้ในชั้น stratosphere ของบรรยากาศโลก ชื่ออื่น ๆของรังสีชนิดนี้ คือ germicidal radiation, short wave UV, และ far UV

3.ลักษณะทั่วไป ของเครื่องอัลตราไวโอเลต (4)

เครื่องอัลตราไวโอเลต หรือเครื่องกำเนิด รังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้สำหรับการรักษา โดยทั่วไป จะมีส่วนประกอบ (รูปที่ 7) ที่สำคัญ ดังต่อไปนี้คือ

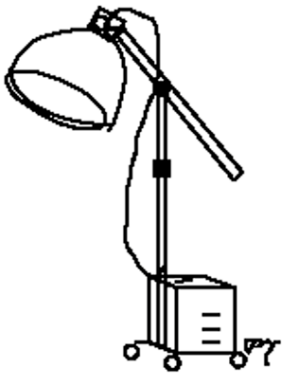
1. หลอดที่ให้รังสีอัลตราไวโอเลต
2. ตัวสะท้อนคลื่น หรือรังสี ซึ่งมักจะมีที่ปิดเปิดกันไม่ให้รังสีกระจายไปในทิศที่ไม่ต้องการ
3. ขาตั้งจับยึดหลอด และตัวสะท้อนคลื่น
4. ส่วนฐาน ซึ่งประกอบด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และแหล่งจ่ายไฟให้หลอด



รูปที่ 7 แสดงผังวงจรอย่างง่ายของเครื่องอัลตราไวโอเลตที่ใช้ทางกายภาพบำบัด ก)ชนิด hot quartz และ ข) cold quartz

รังสีอัลตราไวโอเลตที่สร้างจากแหล่งกำเนิด จะแผ่กระจายออกไปทุกทิศทาง การใช้ตัวสะท้อนคลื่นที่เหมาะสม เพื่อบังคับทิศทางของรังสี ให้ไปตามทิศที่ต้องการ เพื่อให้รังสีนั้นมีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อการใช้งาน ลักษณะ

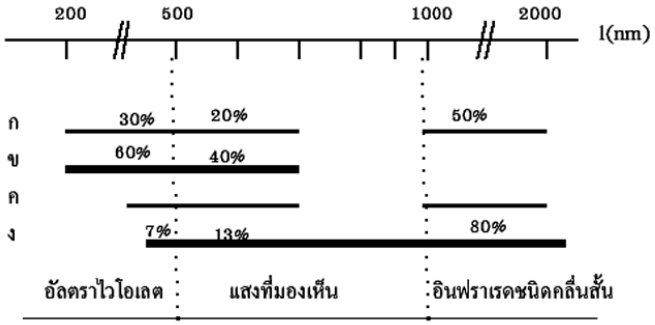
ของตัว สะท้อนคลื่นที่ดี มักทำจากโลหะผิวเรียบมันวาว รูปร่างทรงกรวย ดังรูปที่ 8 และสามารถปรับมุม และทิศทางได้ตามที่ต้องการ



รูปที่ 8 แสดงลักษณะของเครื่องอัลตราไวโอเลตชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

4.การแบ่งชนิดของเครื่องอัลตราไวโอเลต

ดังได้กล่าวมาแล้ว แหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลตในธรรมชาติ คือ ดวงอาทิตย์ และมนุษย์สามารถสร้างรังสีอัลตราไวโอเลต ในย่านต่าง ๆ ขึ้น (รูปที่ 9) ซึ่งเครื่องอัลตราไวโอเลตที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เป็นชนิดไอปรอท (mercury vapour lamp) สามารถแบ่งตามความดันในหลอดได้ดังนี้



รูปที่ 9 แสดงสเปกตรัมของรังสีอัลตราไวโอเลตย่านที่ใช้ทางกายภาพบำบัด ก)ชนิดหลอดไอปรอทระบายความร้อนด้วยอากาศ และ ข)ระบายความร้อนด้วยน้ำ ค)ชนิดหลอดฟลูออเรสเซนซ์ เปรียบเทียบกับแสงอาทิตย์ตามธรรมชาติ (ง)

4.1 หลอดไอปรอทความดันต่ำ (low pressure mercury lamp)

เครื่องอัลตราไวโอเลตชนิดนี้ ความดันของไอปรอทมีค่าต่ำประมาณ 0.001 ของบรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิ ของหลอดขณะถูกใช้งานต่ำด้วย สารที่ใช้ทำหลอด มักนิยมทำจากควอทซ์ (quartz) จึงนิยมเรียกชื่อเครื่องอัลตราไวโอเลตชนิดนี้ว่า cold quartz lamp อุณหภูมิของหลอดขณะใช้งาน มีค่าประมาณ 60 องศาเซลเซียส

รังสีอัลตราไวโอเลตที่สร้างจากหลอด cold quartz lamp นี้ จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 184.9-253.7 นาโนเมตร ซึ่ง 90 เปอร์เซ็นต์ ของรังสีอัลตราไวโอเลต ความยาวคลื่น 184.9 นาโนเมตร จะถูกควอทซ์ที่ทำเป็นตัวหลอดดูดเก็บไว้ ดังนั้น รังสีอัลตราไวโอเลตที่ถูกปล่อย ออกใช้งานจริง คือ ช่วงความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร ซึ่งก็เป็นผลดี เนื่องจาก อัลตราไวโอเลต ในช่วงความยาวคลื่น 184.9 นาโนเมตร มักจะทำปฏิกิริยากับอากาศ เกิดเป็นก๊าซโอโซน (O3) และออกไซด์ของไนตัส (N2) ซึ่งเป็นก๊าซพิษที่มีกลิ่นเหม็น จากคุณสมบัติของควอทซ์ที่ช่วยดูด รังสีอัลตราไวโอเลตในช่วงความยาวคลื่น 184.9 นี้เอง จึงเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมของหลอดได้

ง่าย เนื่องจากคุณสมบัติ ของหลอดแก้วควอทซ์นั้นเปลี่ยนไป โดยทั่วไปแล้ว เครื่องกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลตของเครื่องชนิดนี้ จะมีประสิทธิภาพการทำงาน ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้งานได้ประมาณ 15000 ชั่วโมง เครื่องอัลตราไวโอเลตชนิด low pressure mercury lamp ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

4.1.1 low voltage hot-cathode

เครื่องอัลตราไวโอเลตชนิดนี้ เริ่มแรก จะมีวงจรไฟฟ้าหนึ่ง คอยเลี้ยงหลอดแคโทดให้ร้อน เพื่อปล่อยอิเล็กตรอน (กระแสไฟฟ้า) ไปทำให้ก๊าซเฉื่อยเกิดการแตกตัวเป็นไอออน และเกิดความร้อนขึ้น จนสามารถ ทำให้ปรอทกลายเป็นไอ กลไกนี้ จะเกิดหลังจากเปิดเครื่องเพียง 2-3 วินาที จากนั้นวงจรไฟฟ้าอีกวงจรหนึ่ง จะเริ่มทำงาน โดยให้กระแสไฟฟ้าที่มีศักย์สูง ผ่านขั้วทั้งสองของหลอด เพื่อจุดให้เกิดแสงขึ้น ไอปรอทที่เกิดจากความร้อนของวงจรแรกก็จะถูกทำให้แตกตัวเป็นไอออน จนให้รังสีอัลตราไวโอเลตออกมา ตามลำดับ

4.1.2 high voltage cold-cathode

เครื่องอัลตราไวโอเลตชนิดนี้ จะใช้วงจรทรานสฟอร์มเมอร์ เป็นตัวทำให้ก๊าซเฉื่อย เกิดการแตกตัวเป็นไอออนในหลอดแทนวงจรไฟฟ้า ที่จะไปจุดไส้หลอดแคโทดให้ร้อน (เป็นวิธีการของ low voltage hot cathode) ซึ่งทรานสฟอร์มเมอร์นี้ จะช่วยเพิ่มศักย์ไฟฟ้าขึ้นอย่างมากในตอนเริ่มต้น จึงทำให้เกิดแสงขึ้นทันทีที่เปิดสวิตช์ จากนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นจะไปทำให้ปรอทเกิดการแตกตัวเป็นไอออน จนให้รังสีอัลตราไวโอเลตออกมา เครื่อง low pressure mercury lamp ชนิด high voltage cold cathode นี้ จะให้รังสีอัลตราไวโอเลตทันที หลังจากเปิดเครื่อง ไม่ต้องเสียเวลาอุ่นเครื่องนานเหมือนชนิด low voltage hot cathode และจะมีอายุการใช้งาน นานกว่า hot cathode

4.2 หลอดไอปรอทความดันสูง (high pressure mercury lamp)

เครื่องอัลตราไวโอเลตชนิด high pressure murcury lamp มักจะบรรจุไอปรอท ที่มีความดันในช่วง 1 ถึง 10 เท่าของบรรยากาศ ซึ่งจะให้รังสีอัลตราไวโอเลตที่มีช่วงกว้างกว่า หลอดชนิดความดันต่ำ (ความยาวประมาณ 253.7-366.0 นาโนเมตร) นอกจากนั้น ยังเกิดความร้อนมาก อุณหภูมิสูงหลายร้อยองศาเซลเซียส ดังนั้น ขณะใช้เครื่องอัลตราไวโอเลตชนิดนี้ จึงมีความจำเป็น ต้องมีตัวพา หรือระบายความร้อนที่เกิดขึ้นออกไปด้วย มิฉะนั้น อาจเป็นอันตรายต่อผิวหนัง และทำให้ตัวหลอดเสื่อมเร็วด้วย ดังนั้น เครื่องอัลตราไวโอเลตชนิดไอปรอทความดันสูงในปัจจุบัน จึงมักใช้น้ำ หรืออากาศเป็นตัวระบายความร้อน

4.2.1 เครื่องอัลตราไวโอเลตชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ในปี ค.ศ. 1908 Kromayer ได้ประดิษฐ์เครื่องอัลตราไวโอเลตชนิดไอปรอทความดันสูงที่ใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อน จึงนิยมเรียกเครื่องชนิดนี้ว่า Kromayer lamp ซึ่งเครื่องชนิดนี้ สามารถให้รังสีอัลตราไวโอเลต และสามารถเข้าใกล้บริเวณที่รักษาได้มาก ลักษณะสำคัญของเครื่องอัลตราไวโอเลตชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำก็คือ เครื่องชนิดนี้ จะมีปั๊มน้ำเพื่อสูบฉีดน้ำให้ไหลเวียนเพื่อพาความร้อนออกจากบริเวณหลอดและจะมีพัดลมเป็นตัวระบายความร้อนออกจากน้ำอีกต่อหนึ่ง ก่อนทำการรักษาควรเปิดปั๊มน้ำสักครู่ จนแน่ใจว่าไม่เกิดฟองอากาศขึ้นแล้ว เนื่องจากฟองอากาศ อาจจะทำปฏิกิริยา กับรังสีอัลตราไวโอเลตได้

4.2.2 เครื่องอัลตราไวโอเลต ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

เครื่องอัลตราไวโอเลตชนิดนี้จะใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดระยะห่างระหว่างหลอดกับผู้ป่วยให้ห่างพอสมควร ปกตินิยมใช้ระยะห่างประมาณ 30-60 นิ้ว โดยปรับตัวสะท้อนคลื่นให้รังสีตกตั้งฉากกับผิวหนังบริเวณที่จะทำการรักษาให้มากที่สุด การทำงานของเครื่องส่วนใหญ่คล้ายกับเครื่องที่ระบายความร้อนด้วยน้ำเพียงแต่ไม่มีปั๊มน้ำเพื่อสูบฉีดน้ำระบายความร้อนเท่านั้น

เครื่องอัลตราไวโอเลตชนิดไอปรอทความดันสูงนี้ ขณะใช้งาน ควรเปิดให้หลอดติดไว้ ประมาณ 3-4 นาที เพื่อให้เกิดรังสีอัลตราไวโอเลตเต็มที่ก่อนทำการรักษา และเมื่อปิดเครื่องแล้วจะเปิดใช้ใหม่ทันทีไม่ได้เพราะหลอดจะ

ไม่ติด พบว่าหลอดชนิดนี้จะมีอัตราการเสื่อมเร็วมาก เมื่ออายุใช้งานของหลอด 100 ชั่วโมง ประสิทธิภาพจะลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดใหม่

4.3 หลอดอัลตราไวโอเลตชนิดฟลูออเรสเซนซ์ (fluorescent ultraviolet lamp) .

หลอดอัลตราไวโอเลตชนิดฟลูออเรสเซนซ์เป็นหลอดที่ประยุกต์จากหลอดชนิดไอปรอทความดันต่ำ มีลักษณะเป็นหลอดยาวคล้ายหลอดฟลูออเรสเซนซ์ (มักเรียกหลอดนีออน) ที่ให้แสงสว่างตามบ้าน เคลือบด้วยสารฟอสเฟอร์ (phosphor) จะให้รังสีอัลตราไวโอเลตในช่วงความยาวคลื่น 280-600 นาโนเมตร อาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิด

4.3.1 หลอดชนิด black light

หลอดอัลตราไวโอเลตชนิดนี้ทำด้วยหลอดแก้วยาวเคลือบด้วยสารสีดำ ให้รังสีอัลตราไวโอเลต ช่วงคลื่น 300-400 นาโนเมตร

4.3.2 หลอดชนิด sunburn lamp

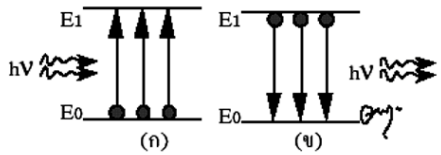
เป็นหลอดที่ทำด้วยหลอดแก้วใสให้รังสีอัลตราไวโอเลตช่วงคลื่น 280-350 นาโนเมตร หลอดทั้งสองชนิดมีอายุการใช้งานนานประมาณ 4000 ชั่วโมง

เครื่องเลเซอร์สำหรับกายภาพบำบัด (Low Power LASER)

รังสีเลเซอร์ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มนุษย์สร้างขึ้น มีความยาวคลื่นในย่านรังสีอินฟราเรด มีลักษณะที่สำคัญคือ เป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นเดียวไม่กระจาย มีพลังงานสูง ทางการแพทย์มักใช้เลเซอร์กำลังสูงแทนมีดผ่าตัด ส่วนทางกายภาพบำบัด ใช้เลเซอร์กำลังต่ำเพื่อการลดปวด และกระตุ้นให้เกิดการซ่อมแซมของเนื้อเยื่อ

1. ทบทวนโครงสร้างอะตอม

ปี ค.ศ.1913 Bohr นักฟิสิกส์ชาวเดนมาร์ก ได้เสนอโครงสร้างอะตอมของสาร โดยกล่าวว่า อะตอมเป็นส่วนที่เล็กที่สุดของสารประกอบด้วย นิวเคลียสเป็นแกนกลาง และมีอิเล็กตรอนวิ่งรอบนิวเคลียสเป็นวงอย่างเป็นชั้นๆ ไม่ต่อเนื่องกัน ซึ่งแต่ละชั้นจะมีพลังงานต่างกัน ชั้นในสุดใกล้นิวเคลียสจะเป็นชั้นที่มีระดับพลังงานต่ำที่สุดและเป็นชั้นที่อิเล็กตรอนเสถียรที่สุด เรียกว่า ชั้นสถานะ พื้นฐาน (ground state) ในภาวะปกติอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสของอะตอม จะพยายามอยู่ในสถานะพื้นฐานนี้ ส่วนระดับพลังงานชั้นอื่นๆ จะมีระดับพลังงานสูงขึ้น ตามลำดับ เรียกว่า ชั้นสถานะกระตุ้น (excited state)



รูปที่ 10 แสดงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอม ก)เมื่อให้พลังงาน hν กับอะตอม อิเล็กตรอนจะดูดกลืนพลังงานแล้วเปลี่ยนสถานะจากขั้นสถานะพื้นฐาน E_0 เป็น E_1 และในไม่ช้าจะคายพลังงาน hν ออกและกลับเข้าสู่สถานะ E_0 เดิม ซึ่งเสถียรกว่า (ข)

อิเล็กตรอนที่อยู่ในแต่ละชั้นสามารถกระโดด เปลี่ยนวงโคจรได้ ถ้าอิเล็กตรอนเปลี่ยนจากวงโคจร ที่มีระดับพลังงานสูงมายังวงโคจรที่มี ระดับพลังงานต่ำกว่า จะปลดปล่อยพลังงาน ออกมาในรูปของโฟตอน ซึ่งมีความถี่ (n) เฉพาะ (รูปที่ 10) ในทำนองเดียวกัน ถ้าอิเล็กตรอนดูดกลืนพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็สามารถเปลี่ยนระดับพลังงาน จากระดับพลังงานต่ำกว่า ขึ้นไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงขึ้น ตามลำดับ เนื่องจาก อิเล็กตรอนที่ระดับพลังงานสูง ๆ มักอยู่ในสภาพไม่เสถียร จึงพยายามกลับคืนสู่สภาวะปกติ โดยคายพลังงานออกในรูปโฟตอน โฟตอนที่ถูกปลดปล่อยออกจากอะตอมขณะเปลี่ยนระดับพลังงานที่ต่างกัน จะให้ความถี่ต่างกัน

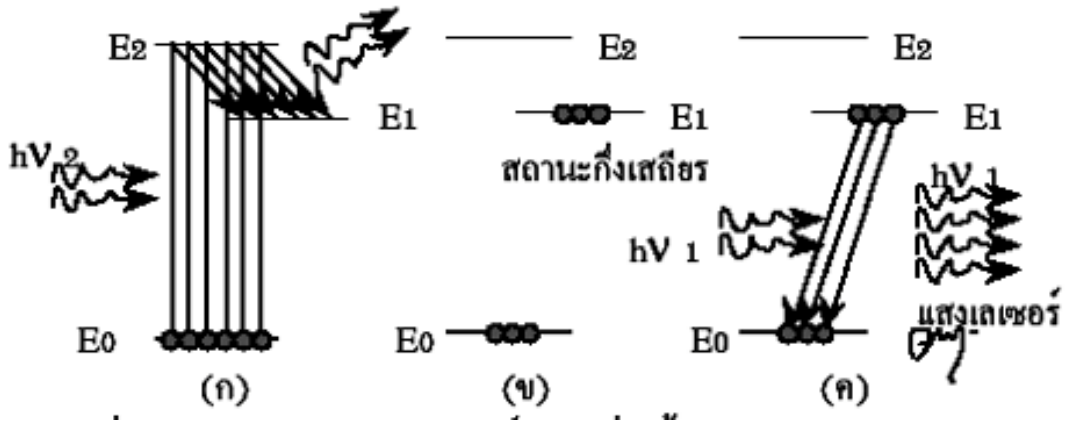
ปี ค.ศ.1914 Frank และ Hertz นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้ทำการทดลอง ซึ่งสนับสนุนแนวความคิดของ Bohr โดยทำการทดลองด้วยการบรรจุไอปรอทในหลอดแก้ว ที่ความดันต่ำซึ่งมีโลหะเป็นขั้ว เมื่อให้กระแสไฟฟ้า ผ่านไส้หลอดจนร้อน จะมีอิเล็กตรอนบางส่วน หลุดจากขั้ว อิเล็กตรอนเหล่านั้น จะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้าให้วิ่งชนกับอะตอมของไอปรอท และจะถ่ายพลังงานให้กับอะตอมปรอท จนสามารถเปล่งรังสีออกมา จากการตรวจสอบ สเปกตรัมรังสี ของไอปรอท พบว่า พลังงานอะตอมของไอปรอท มีลักษณะเป็นระดับชั้น ๆ ไม่ต่อเนื่องกัน และอะตอมสามารถดูดกลืนหรือคายพลังงาน ที่ค่าเฉพาะค่าหนึ่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างของพลังงานระหว่างชั้น ของระดับพลังงานชั้นต่าง ๆ ของอิเล็กตรอนเท่านั้น

2.เลเซอร์ (laser)

เลเซอร์ มาจากคำภาษาอังกฤษ "laser" เป็นคำที่เกิดจาก การเอาอักษรตัวหน้าของ light amplification by stimulated emission of radiation มารวมกัน ซึ่งหมายถึง การขยายสัญญาณแสง โดยการกระตุ้นให้เกิดการปล่อยรังสีออกมา แสงเลเซอร์เป็นแสงที่มีความเข้ม และพลังงานสูงมาก มีขนาดของลำแสงแคบมาก สามารถรวมลำแสงให้ส่องมายังจุดเดียวกันได้

2.1 การสร้างแสงเลเซอร์

แสงจากแหล่งกำเนิดแสงทั่วไปที่เปล่ง ออกมา เช่น จากดวงไฟ จะกระจายออกมาโดยรอบ ซึ่งแสงเหล่านั้นจะมีหลายสี หรือหลาย ความถี่รวมกัน แต่แสงเลเซอร์จะแตกต่างจากแสงเหล่านั้น เพราะแสงเลเซอร์เป็นแสงที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดไปในทิศทางเดียวกันหมด มีความ ถี่เดียว และมีเฟสตรงกันทั้งหมด แสงเลเซอร์ จึงจัด



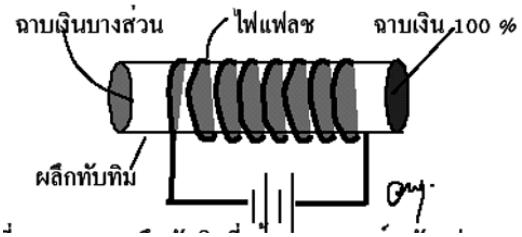
รูปที่ 11 แสดงการเกิดเลเซอร์ ก)เมื่อให้พลังงาน hV2 กับอะตอมทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานจาก E_0ไปอยู่ที่ E_2 ซึ่งอิเล็กตรอนเหล่านี้จะคายพลังงานออก และเปลี่ยนระดับพลังงานมาอยู่ที่ E_0 และ E_1 บางส่วน ข) เมื่อให้พลังงาน hV1 กับอะตอมทันที จะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนที่ E1 คายพลังงานออกพร้อมกันเพื่อกลับสู่ E_0 (ค)

เป็นแสงอาพันธ์ (coherent light) .

ในภาวะปกติ อิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส ของอะตอมจะอยู่ในวงโคจรที่มีสถานะพลังงานต่ำที่สุด มากกว่าสถานะพลังงานสูง ดังนั้น เมื่อให้โฟตอน (hν) ที่มีพลังงานพอเหมาะจากภายนอกเข้าไป ปรากฏการณ์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น จะเป็นการดูดกลืนพลังงาน ทำให้อิเล็กตรอนเหล่านั้น อยู่ในสถานะกระตุ้น และจะเปลี่ยนระดับพลังงาน จากระดับพลังงานต่ำสุด ไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงขึ้น อิเล็กตรอน ที่อยู่ในสถานะกระตุ้นเหล่านี้ จะกลับคืนสู่สถานะเดิมที่มีพลังงานต่ำสุดได้ โดยการแผ่รังสีออกมาเองโดยรอบ ในรูปของโฟตอน (hν)

แต่ถ้าแรกเริ่ม ให้พลังงานจากภายนอก กระตุ้นให้อิเล็กตรอน อยู่ในสถานะกระตุ้น จากนั้น ให้โฟตอนที่มีพลังงานพอเหมาะจากภายนอกเข้าไปอีก อะตอมที่อยู่สถานะกระตุ้นอยู่แล้วจะถูกกระตุ้น ให้แผ่รังสีออกมาทันที ในทิศทางเดียวกันกับ โฟตอนที่เข้าไปกระตุ้น ซึ่งรังสีที่แผ่ออกมาจาก กระบวนการดังกล่าว จะมีความถี่เดียวกัน ทิศทางเดียวกัน และมีเฟสตรงกันทั้งหมด ถือเป็นคลื่นอาพันธ์ ซึ่งหลักการนี้ ใช้สร้างแสงเลเซอร์

อิเล็กตรอนของสารบางชนิด มีระดับ พลังงานพอเหมาะที่จะก่อให้เกิดการกระตุ้น ให้แผ่รังสีได้ เมื่อแสงที่มีความถี่พอเหมาะจากภายนอกผ่านเข้าไปในอะตอม อะตอมจะดูด กลืนพลังงาน ทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนจากระดับพลังงานต่ำสุด (E_0) ไปอยู่ที่ระดับพลังงาน E_2 ซึ่งไม่เสถียร อิเล็กตรอนจะอยู่ที่ระดับพลังงาน E_2 ประมาณ 1x10-8 วินาที ก็จะคายพลังงานออก เพื่อกลับคืนสู่ระดับ E_0 และ E_1ซึ่งมีระดับพลังงานต่ำกว่า และเสถียรกว่าทันที (รูปที่ 11) เนื่องจาก ระดับพลังงาน E_1 เป็นระดับ พลังงานกึ่งเสถียร (metastable) อิเล็กตรอน จะอยู่ที่ระดับพลังงานนี้ได้นานกว่า ระดับพลังงาน อื่นทั่วไป คือ ประมาณ 1 วินาที แล้วจึงกลับคืนสู่ระดับ E_0 ดังนั้น ถ้าใช้แสงจากภายนอก กระตุ้นอิเล็กตรอนอย่างรวดเร็ว จะทำให้อิเล็กตรอน จากระดับพลังงานต่ำสุด E_0 ไปออกันอยู่ที่ระดับ E_1 จากนั้น ให้แสงที่มีความถี่พอเหมาะเข้าไปกระตุ้นอิเล็กตรอนที่ระดับ E_1 ให้กลับคืนสู่ระดับ พลังงานต่ำสุด E_0ทันที อย่างพร้อมๆกัน อิเล็กตรอนที่ระดับ E จะกลับคืนสู่ระดับ E_0 พร้อมกับปลดปล่อยโฟตอนเป็นจำนวนมาก ในทิศทางเดียวกับโฟตอนที่ปล่อยเข้าไปกระตุ้น ซึ่งโฟตอนที่ถูกปลดปล่อยออกมานี้ จะมีความถี่เดียวกัน และเฟสเดียวกัน ซึ่งก็คือแสงเลเซอร์ นั่นเอง



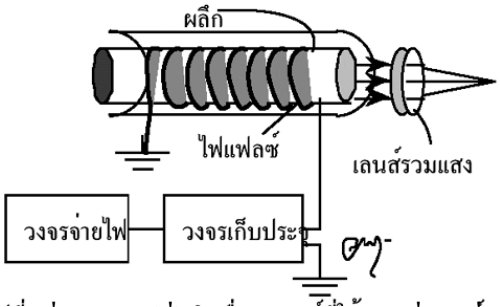
รูปที่ 12 แสดงผลึกทับทิมที่สร้างเลเซอร์

ปัจจุบัน เราสามารถผลิตแสงเลเซอร์ได้จากวัสดุหลายชนิด เช่น จากของแข็ง ได้แก่ ทับทิม แก้ว หรือจากของเหลว ได้แก่ สารพวกไนโตรเบนซิน หรือจากก๊าซต่างๆ ได้แก่ ฮีเลียม นีออน เลเซอร์เครื่องแรก สร้างขึ้นในปี ค.ศ.1960 โดย Mainman นักวิทยาศาสตร์ ชาวสหรัฐอเมริกัน โดยใช้ผลึกทับทิม (ruby crystal) ซึ่งมีอะลูมิเนียมออกไซด์ และอะตอมของโครเมียมปนอยู่ด้วย Mainman ได้ทำผลึกทับทิมให้เป็นแท่ง แล้วขัดปลายทั้งสองด้านให้เรียบและขนานกัน ด้านหนึ่งฉาบด้วยเงิน ให้เป็นกระจกเงาสะท้อนแสง ได้เต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีกด้านฉาบไว้เพียงเล็กน้อย เพื่อให้แสงสะท้อน และสามารถทะลุผ่านได้ รอบๆแท่งทับทิม มีหลอดไฟแฟลชพันโดยรอบ (ดังรูป 12) ระดับพลังงานของอะตอมโครเมียม เป็นแหล่งกำเนิด แสงเลเซอร์

เมื่อสับสวิตช์ ผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไป หลอดไฟแฟลชจะลุกสว่างวาบขึ้น อะตอมของโครเมี่ยมจะดูดพลังงานของแสงแฟลช ทำให้ อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานจากชั้นต่ำสุด E_0 ขึ้นไปอยู่ที่ระดับพลังงาน E_2 แล้วคายพลังงานส่วนหนึ่งมาอยู่ที่ E_1 จากนั้น จึงคายพลังงานส่วนที่เหลือเพื่อกลับสู่สถานะระดับพลังงานต่ำสุด E_0 เดิม ซึ่งพลังงานที่คายออก คือ แสงสีแดงความยาวคลื่น 694.3 นาโนเมตร ซึ่งโฟตอนความยาวคลื่นดังกล่าวนี้ จะสะท้อนกลับไปกลับมา ระหว่างปลายของแท่งทับทิม ซึ่งฉาบด้วยเงิน คล้ายกระจกเงา แล้วจะไปกระตุ้นอะตอมโครเมี่ยม ที่ยังอยู่ในระดับพลังงาน E_1 ให้ปล่อยโฟตอน ต่อไปอีก ผลจะได้โฟตอนหรือแสงความยาวคลื่น 694.3 นาโนเมตร เป็นจำนวนมาก และเป็นแสง ที่มีความถี่ และเฟสเดียวกันทั้งหมด แสงที่ สะท้อนไปมาหลายๆครั้ง บางส่วนจะถูกปล่อย ออกทางปลายผลึกทับทิมด้านที่ฉาบด้วยเงิน เพียงเล็กน้อย ลำแสงนี้จะเป็นลำแสงที่มีเฟสเดียวกันทั้งหมด และเป็นลำแสงขนาน มีความเข้มสูงมาก (รูปที่ 13)

รูปที่ 13 แสดงการเกิดเลเซอร์ ก)อะตอมเมื่อได้รับพลังงานจากไฟเฟลชจะกระตุ้นให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น ซึ่งอะตอมบางส่วนคายพลังงานออกเป็นโฟตอนวิ่งสะท้อนกลับไปมา ซึ่งโฟตอนเหล่านี้จะกระตุ้นอะตอมในสถานะกระตุ้นที่เหลือให้ปล่อยโฟตอนจำนวนมากที่ความถี่เฟสเดียวกัน (ข)

เนื่องจาก แสงที่ปล่อยจากเครื่องกำเนิดเลเซอร์มีความเข้มสูง เมื่อโฟกัสให้ไปรวมกันเป็นจุดเล็กๆ จะเป็นแสงที่มีกำลังหลายล้านวัตต์ ซึ่งเป็นลำแสงตรง และมีพลังงานสูงมาก จึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจ ทางการแพทย์ และอื่นๆ อีกมากมาย รูปที่ 14 แสดงแผนภูมิ ของเครื่องเลซอร์ ที่ใช้ทางการแพทย์เครื่องหนึ่ง



รูปที่ 14 แสดงแผนภูมิเครื่องเลเซอร์ที่ใช้ทางกายภาพบำบัดเครื่องหนึ่ง

2.2 ลักษณะเฉพาะ ของแสงเลเซอร์

เลเซอร์ เป็นลำแสงที่ให้พลังงาน มีความยาวคลื่น ในช่วงคลื่นสั้นตั้งแต่ย่านอินฟราเรดใกล้ จนถึงย่านอินฟราเรดไกล ระดับพลังงานของลำแสงขึ้นกับความยาวคลื่น แสงเลเซอร์บางชนิด สามารถมองเห็น บางชนิดมองไม่เห็น ทั้งนี้ขึ้นกับ ชนิดของตัวกลางที่ใช้ทำแหล่งกำเนิดแสง ถ้าใช้ตัวกลางเป็นก๊าซ argon helium neon และ ruby มักเป็นแสงเลเซอร์ที่มองเห็น ซึ่งนิยมใช้มากที่สุด ส่วน Nd:YAG (Neodymium and Yttrium aluminium garnet) เป็นแสงเลเซอร์ที่มองไม่เห็นมีความยาวคลื่น ประมาณ 1,060 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ใกล้ย่านอินฟราเรดใกล้

คุณสมบัติเฉพาะของแสงเลเซอร์ที่แตกต่างจากแสงธรรมดา มี 3 ประการ ประการแรก คือ แสงเลเซอร์จะเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นเดียว (monochromatic) หรือมีสีเดียว ประการที่สอง ลำแสงเลเซอร์ที่ส่งออกมา จะไม่กระจาย เหมือนแสงปกติ แต่จะส่องไปในทิศทางเดียวกันหมด ประการสุดท้าย แสงเลเซอร์เป็นคลื่นแสงอาพันธ์ คือ มีเฟสของคลื่นตรงกัน และความเร็วของคลื่นเท่ากัน

3.การใช้แสงเลเซอร์ทางการแพทย์

เครื่องกำเนิดแสงเลเซอร์ ที่ใช้ก๊าซเครื่องแรก ถูกพัฒนาเพื่อใช้งาน ตั้งแต่ปี ค.ศ.1960 และได้มีการศึกษาทดลอง เพื่อใช้ทางการแพทย์ อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งในปี ค.ศ.1970 เครื่องเลเซอร์เครื่องแรก ก็ได้รับอนุญาตให้ใช้ทางวงการแพทย์ คือ เครื่องเลเซอร์ชนิด CO2 ต่อมาอีก 2-3 ปี ก็มีการสร้างเครื่องเลเซอร์ชนิด Nd:YAG และ argon ในสมัยแรกๆ เครื่องเลเซอร์ชนิด Nd:YAG ถูกนำมาใช้ทางด้าน endoscopic เพื่อรักษาโรคที่มีเลือดออกในกระเพาะ และลำไส้ (bleeding gastrointestinal lesions) ส่วนเลเซอร์ชนิด argon จะถูกนำมาใช้ในการรักษาโรคผิวหนัง หลังจากนั้น แสงเลเซอร์ก็ถูกนำมาพัฒนา และดัดแปลง เพื่อการรักษาทางการแพทย์ในสาขาอื่นๆ อย่างแพร่หลาย ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของเลเซอร์ที่ใช้ทางการแพทย์

ชนิดของเลเซอร์	ความยาวคลื่น (nm)
Helium-neon (HeNe)	632.3
Ruby	694.3
Argon	476.5-514.5
Krypton ion	476.1-647
Neodymium (Nd)	1,060
Neodymium and yttrium aluminum garnet (Nd:YAG)	1,060
Carbon dioxide ($C0_2$)	10,600
Helium Cadmium	324-441.5
Nitrogen	337
Dye	ไม่สามารถวัดได้

4.ชนิดของเครื่องเลเซอร์ .

ชนิดของเครื่องเลเซอร์ สามารถแบ่งเป็นกลุ่มตามกำลังส่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ เครื่องเลเซอร์กำลังสูง (high power laser) และเครื่องเลเซอร์กำลังต่ำ (low power laser)

4.1 เครื่องเลเซอร์กำลังสูง (high power laser)

เครื่องเลเซอร์ชนิดนี้ เป็นชนิดที่ให้ลำแสงเลเซอร์กำลังสูง สามารถเปลี่ยนแปลง หรือทำลายเนื้อเยื่อด้วยผลของความร้อนจากรังสี ซึ่งผลการทำลายเนื้อเยื่อนี้เอง ที่ทำให้นิยายวิทยาศาสตร์ มักเขียนในลักษณะ แสงเลเซอร์มีอำนาจในการทะลุทะลวงสูงเกินความเป็นจริง ทางการแพทย์ มักนิยมใช้เลเซอร์กำลังสูงนี้แทนมีด ในการทำผ่าตัด เช่น การผ่าตัดเนื้องอก ปาน เรตินาของดวงตา เป็นต้น

ผลความแรงของเลเซอร์กำลังสูง ทำให้ อุณหภูมิของเนื้อเยื่อเพิ่มสูงขึ้น เนื้อเยื่อขาดน้ำ ทำให้โปรตีนจับตัวรวมเป็นก้อน (coagulation of protein) การแยกสลายเซลล์ (thermolysis) และ เกิดการระเหย (evaporation) นอกจากนั้น ผลของเลเซอร์ยังขึ้นกับค่าการดูดซึม, การหักเห และการส่งผ่านรังสีของเนื้อเยื่อ, ความเข้มของลำแสงเลเซอร์, ความเร็วของแสง เลเซอร์, ความเร็ว และปริมาณการไหลเวียนเลือด ของเนื้อเยื่อบริเวณนั้น และระดับความตึงของเนื้อเยื่อ บริเวณที่ทำผ่าตัด เครื่องเลเซอร์กำลังสูง ได้แก่ เลเซอร์ชนิด CO2, Argon, Nd:YAG เป็นต้น

4.2 เครื่องเลเซอร์กำลังต่ำ

เครื่องเลเซอร์กำลังต่ำ เป็นเครื่องเลเซอร์ ที่ให้กำลังต่ำกว่า 1 มิลลิวัตต์ ผลการรักษามักไม่ใช้ผลความร้อนจากลำแสง บางครั้งอาจเรียกเลเซอร์ชนิดนี้ว่า เลเซอร์ชนิดเย็น (cold laser) หรือเลเซอร์ชนิดอ่อน (soft laser) มักเป็นชนิดที่มองเห็นลำแสง ในกรณีที่เป็นเลเซอร์ชนิด HeNe จะให้แสงสีแดง ซึ่งจะไม่ทำให้อุณหภูมิของเนื้อเยื่อเปลี่ยนแปลง เลเซอร์ชนิด HeNe นี้ มักนิยมใช้แทนเข็ม ซึ่งฝังลงบริเวณ หู เพื่อระงับอาการปวด และลดการอักเสบของเนื้อเยื่อต่าง ๆ

ผลของเลเซอร์กำลังต่ำนี้ เชื่อว่าจะกระตุ้น ให้เกิดผลทางชีววิทยารอบ ๆเซลล์เนื้อเยื่อ และอวัยวะ อาจเรียกว่า เป็นเครื่องกระตุ้นชีวภาพ (biostimulation instrument) นอกจากนั้น ในปัจจุบันยังมีการศึกษาทดลอง ถึงผลของ เลเซอร์กำลังต่ำ ในด้านการกระตุ้นการซ่อมแซมแผล การติดของกระดูก และผลในด้านการระงับปวด ซึ่งเลเซอร์กำลังต่ำปัจจุบัน ได้แก่ helium neon (HeNe) และ gallium arsenide (GaAs)

5.การใช้แสงเลเซอร์ทางกายภาพบำบัด

ดังได้กล่าวมาแล้ว การใช้แสงเลเซอร์ทางการแพทย์นั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของโรค และการประยุกต์ใช้ให้เหมาะกับสภาพการณ์ แสงเลเซอร์กำลังสูง (10-100 วัตต์) มักใช้ในการทำผ่าตัด ส่วนแสงเลเซอร์กำลังต่ำ (มีหน่วยเป็นมิลลิวัตต์) หรือเลเซอร์ชนิดเย็น มักใช้ทางกายภาพบำบัด

ในปี ค.ศ. 1970 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา แสงเลเซอร์ชนิด HeNe ได้รับการอนุญาต ให้ใช้ในศูนย์สุขภาพต่าง ๆ ซึ่งแสง HeNe, gallium allminum-arsenide, argon จัดเป็นแสงเลเซอร์ที่มองเห็น ที่มีกำลังต่ำ มักใช้เป็นลำแสงนำ (pointer) ให้กับเครื่องเลเซอร์กำลังสูง เช่น เครื่องเลเซอร์ชนิด CO_2 ซึ่งลำแสงมองไม่เห็น (ใช้ในการทำผ่าตัด) ดังนั้นเครื่องเลเซอร์ชนิด CO_2 จึงมักมีเลเซอร์ชนิด HeNe รวมอยู่ด้วย เพื่อเป็นตัวชี้จุดสำหรับทำผ่าตัด

ลำแสงของเลเซอร์ชนิด HeNe เป็นลำแสงตรงไม่กระจายมีขนาด ประมาณ 0.9 มิลลิเมตร -1.5 เซนติเมตร ลำแสงส่วนหนึ่ง สามารถทะลุลงไปในผิวหนัง และถูกดูดซึมโดยเนื้อเยื่อระดับ 10 มิลลิเมตร จากผิวหนัง จากการทดลองศึกษา พบว่าเลเซอร์ชนิด HeNe สามารถกระตุ้น การซ่อมแซมแผลเรื้อรัง การลดปวด จึงมักใช้ในการรักษาการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ ร่วมกับการอักเสบของเอ็น, กล้ามเนื้อ ในปัจจุบัน แสงเลเซอร์ที่ใช้ทางกายภาพบำบัด แบ่งออกเป็น ลำแสงต่อเนื่อง (continuous) และลำแสงปล่อยออกเป็นช่วง ๆ (pulse)

5.1 การกระตุ้นการซ่อมแซมของแผล

แสงเลเซอร์ชนิด HeNe เป็นลำแสงเลเซอร์ ที่มีความยาวคลื่น ประมาณ 630 นาโนเมตร มีกำลังส่งออกประมาณ 1.56 มิลลิวัตต์ ขนาดหน้าตัดของลำแสง ประมาณ 0.385 ตารางเซนติเมตร สามารถทะลุลงไปในผิวหนัง

ลึกประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร ในพื้นที่หน้าตัด ประมาณ 0.4 ตารางเซนติเมตร ระยะเวลาการรักษาเพื่อการซ่อมแซม มักใช้ประมาณ 300 วินาที (5 นาที) วันเว้นวัน จากการศึกษาพบว่า พลังงานเพียง 1.2 จูล เท่านั้น ที่ถูกดูดกลืนโดยเนื้อเยื่อในการรักษาแต่ละครั้ง ดังนั้น จึงไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิ ของเนื้อเยื่อบริเวณนั้น

Kana และคณะ ได้ศึกษาผลของแสงเลเซอร์ (ชนิด HeNe) ต่อการซ่อมแซมเนื้อเยื่อ แผลเปิดของผิวหนังหนู (rats) โดยใช้แสง เลเซอร์ HeNe ความยาวคลื่น 514.5 นาโนเมตร พบว่า แผลผ่าตัดที่ฉายด้วยเลเซอร์ชนิด HeNe มีการเพิ่มปริมาณเนื้อเยื่อ collagen อย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับ กลุ่มควบคุมเปรียบเทียบ พบว่า การใช้เลเซอร์ความยาวคลื่นดังกล่าว ในแผลติดเชื้อเรื้อรัง จะช่วยให้แผลสมานได้อย่างรวดเร็ว

กลไกการซ่อมแซมแผลเนื่องจากแสง เลเซอร์นั้น จากการศึกษา skin fibroblast cell cultures และในหนูทดลอง พบว่า หลังการฉายแสงเลเซอร์ชนิด HeNe แล้ว จะมีการเพิ่มปริมาณการสะสม collagen และผลจากการศึกษาด้วยวิธี radioactive labeled marker พบว่า มีการเพิ่มระดับ type I และ type III procollagen m-RNA ในแผลของหนู 17 และ 28 วัน หลังฉายแสงเลเซอร์ แต่จำนวน thymidine ที่เข้าสู่เซลล์ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่ง thymidine นี้ จะสัมพันธ์กับการสังเคราะห์ DNA และการแบ่งเซลล์ ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของ procollagen ไม่ถือว่าเป็นการเพิ่ม cell proliferation

5.2 การลดปวด

การบรรเทาอาการเจ็บปวด ได้มีการกระทำโดยการให้ยาลดปวด ยากลุ่ม steroid และยาต้านการอักเสบ ซึ่งอาการเจ็บปวดนั้น เป็นนามธรรมขึ้นอยู่กับอาการ และประสบการณ์ของผู้ป่วย ดังนั้น การให้ยาจึงเป็นเพียงการระงับอาการเท่านั้น

แพทย์ชาวจีน ได้ลองใช้เลเซอร์ชนิด HeNe ส่องไปตรงจุดที่ใช้ฝังเข็ม เพื่อระงับอาการปวดในช่องท้อง แต่กลไกการลดปวดยังไม่สามารถ อธิบายตามหลักวิทยาศาสตร์ ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีการนำเลเซอร์ชนิด HeNe มารักษาโรคปวดเรื้อรัง เช่น โรคกระดูกอักเสบเรื้อรัง (osteoarthritis) และโรคเอ็นอักเสบ (tendenopathies) ในผู้ป่วยข้ออักเสบ (rheumatoid) เลเซอร์กำลังต่ำสามารถลดปวดได้ แต่ภาพรังสีของข้อไม่มีการเปลี่ยนแปลง และไม่มีการเปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมีของเลือด การลดปวดโดยรังสีเลเซอร์ จะอยู่ได้นานกว่า การลดปวดด้วยการใช้ความร้อนเฉพาะที่ ชนิดอื่น ๆ

การลดปวดด้วยรังสีเลเซอร์ มักใช้ HeNe กำลังส่งออก 1.56 มิลลิวัตต์ เป็นเวลา 15-20 วินาที โดยใช้แบบต่อเนื่อง (continuous) ขนาด 1 มิลลิวัตต์/ตารางเซนติเมตร โดยวางห่างจากผิวหนัง 0.5-0.75 เซนติเมตร ซึ่งรังสีดังกล่าว จะให้พลังงาน 10-14 มิลลิจูล ถ้าการรักษาได้รับการตอบสนองใน 3 ครั้งแรก มักจะใช้เวลารักษาประมาณ 10 ครั้ง

การใช้รังสีเลเซอร์ชนิด HeNe เพื่อลดปวดนั้นยังไม่ค่อยได้ผลมากนัก อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง พบว่า มีการเพิ่มระดับ 5 HIA หลังการฉายด้วยรังสีเลเซอร์ สาร 5 HIA นี้ เป็นสารในกลุ่มของ serotonin ซึ่งเป็นสารเคมีชนิดหนึ่งที่ร่างกายสร้างขึ้นเพื่อ ระงับปวดในร่างกาย นอกจากนั้น ยังพบว่า ภายหลังการฉายด้วยเลเซอร์ ค่าระยะแฝง (latency) ของ superficial radial sensory nerve มีค่าสูงขึ้น ซึ่งมีผลในการลดระดับความเร็วของการนำกระแสประสาท เชื่อว่าเป็นสาเหตุหนึ่ง ที่ทำให้ลดความรู้สึกเจ็บปวด เนื่องจากการนำความรู้สึกเจ็บปวดไปสู่สมองช้าลง