

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเลเซอร์

1. เลเซอร์คืออะไร



คำว่า **Laser** ย่อมาจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

แสงเลเซอร์เป็นแสงที่มีสมบัติพิเศษแตกต่างจากแสงทั่ว ๆ ไป สมบัติดังกล่าวประกอบด้วย

- เป็นแสงสีเดียว (monochromaticity)
- มีความพร้อมเพรียง (coherence)
- มีทิศทางที่แน่นอน (directionality) และ
- มีความเข้ม (Intensity หรือ Brightness) สูงมาก

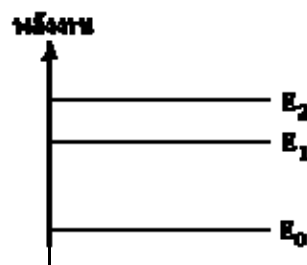
ด้วยสมบัติพิเศษเหล่านี้ ทำให้แสงเลเซอร์ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่นทางด้านการสื่อสาร การทหาร บันเทิง อุตสาหกรรม และการแพทย์

2. แสงเลเซอร์เกิดจากอะไร

เพื่อจะเข้าใจการกำเนิดแสงเลเซอร์ ต้องเริ่มทำความเข้าใจตั้งแต่โครงสร้างของอะตอม ซึ่งเป็นหน่วยย่อย ของธาตุหรือสสาร นักฟิสิกส์ได้เสนอแบบจำลองอะตอมว่าประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง ซึ่งมีประจุบวก และมีอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบโคจรรอบอยู่ โดยรอบ การอยู่หรือการจัดวางของอิเล็กตรอนในอะตอมทำให้อะตอม มีพลังงานค่าหนึ่ง ซึ่งอะตอมจะมีพลังงานได้เพียงบางค่าเท่านั้น (เรียกว่า quantized energy) ขึ้นอยู่กับจำนวนอิเล็กตรอนและประจุบวกที่อยู่ในนิวเคลียสของอะตอมนั้น

ถ้าอะตอมได้รับพลังงานกระตุ้นที่เหมาะสม จะมีผลทำให้อะตอมมีพลังงานสูงขึ้น แต่โดยธรรมชาติแล้ว เมื่อเวลาผ่านไปอย่างรวดเร็ว อะตอมจะคายพลังงานส่วนเกินที่ได้รับออกมา เพื่อให้มีพลังงานต่ำลง

เนื่องจากอิเล็กตรอนที่โคจรรอบนิวเคลียสในวงโคจรที่ต่างกัน จะมีพลังงานที่ต่างกันไป ซึ่งพลังงานดังกล่าวบ่งชี้ถึงพลังงานของอะตอมนั้นเอง เมื่อทำการจัดเรียงพลังงานต่าง ๆ ของอะตอมที่สามารถมีได้ จากค่าน้อยไปหาค่ามาก สามารถเขียนแผนภาพชั้นพลังงาน (energy level) ของอะตอมได้ ดังรูป

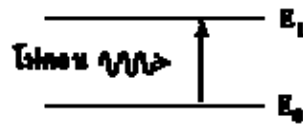


รูปแสดงชั้นพลังงานของอะตอม

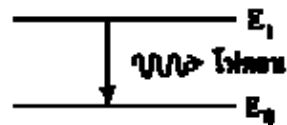
อะตอมที่มีพลังงาน E_0 เป็นอะตอมที่อยู่ในสถานะพื้น (ground state) แต่ถ้าอะตอมที่มีพลังงานสูงขึ้นไป จะอยู่ในสถานะกระตุ้น (excited states)

ในสภาวะสมดุลความร้อน เมื่อพิจารณาอะตอมหนึ่ง ๆ จะมีพลังงานอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งจะสามารถอยู่ในชั้นพลังงานใดชั้นพลังงานหนึ่งได้ แต่ในธรรมชาติ ธาตุและสารประกอบจะประกอบด้วยอะตอมจำนวนมาก ดังนั้นในชั้นพลังงานของอะตอมสำหรับธาตุหรือสารประกอบจึงมีอะตอมหรือประชากรอะตอมกระจายอยู่ในจำนวนที่แตกต่างกัน ซึ่งโดยมากแล้ว ประชากรอะตอมในชั้นพลังงานต่ำจะมีมากกว่าประชากรอะตอมในชั้นพลังงานสูง

การเปลี่ยนชั้นพลังงานของประชากรอะตอมสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีพลังงานจากภายนอกมากระตุ้น เช่น การกระตุ้นโดยโฟตอนแสง (อนุภาคของแสง) ที่มีพลังงานเท่ากับความแตกต่างของระดับพลังงานพอดี กล่าวคือ ถ้าต้องการกระตุ้นอะตอมที่เดิมอยู่ในสถานะพื้น ให้ไปอยู่ในสถานะกระตุ้นที่ 1 โฟตอนแสงที่ไปกระตุ้นต้องมีพลังงานเท่ากับขนาดของผลต่าง $E_0 - E_1$



การเปลี่ยนชั้นพลังงานของอะตอมที่เกิดขึ้นโดยการดูดกลืนโฟตอนแสง เป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การดูดกลืนแสง (light absorption) แต่อะตอมที่อยู่ในชั้นพลังงาน E_1 จะไม่เสถียร เมื่อเวลาผ่านไปอย่างรวดเร็ว อะตอมนั้นจะกลับมามีพลังงาน E_0 เช่นเดิม โดยปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของโฟตอนแสง ที่มีพลังงานเท่ากับ $E_1 - E_0$ ปรากฏการณ์ปลดปล่อยโฟตอนโดยธรรมชาตินี้เรียกว่า การปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเอง (spontaneous emission)



ในปี ค.ศ. 1917 ไอน์สไตน์ ได้เสนอว่า นอกเหนือจากปรากฏการณ์ปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเองแล้ว ยังสามารถทำให้เกิดการปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้น (spontaneous emission) ได้ด้วย ซึ่งการปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้นนี้ เป็นกลไกหลักในการกำเนิดแสงเลเซอร์ กล่าวคือ ในขณะที่อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น เช่น อยู่ในชั้นพลังงาน E_1 ถ้ามีโฟตอนแสงจากภายนอกที่มีพลังงานเท่ากับความแตกต่างของระดับพลังงาน $E_1 - E_0$ เข้ามาชน จะทำให้อะตอมที่อยู่ในชั้นพลังงาน E_1 นี้ ถูกกระตุ้นให้ลงมายังชั้นพลังงาน E_0 โดยมีการคายพลังงานออกมาในรูปของโฟตอนที่มีพลังงานเท่ากับ $E_1 - E_0$ เนื่องจากโฟตอนแสงที่เข้ามาชนไม่ถูกดูดกลืนโดยอะตอมที่ถูกชน ทำให้จำนวนโฟตอนเพิ่มขึ้นเป็นสองอนุภาค (โฟตอนที่มากระตุ้น บวกกับโฟตอนที่ได้จากการเปลี่ยนสถานะของอะตอม)

โฟตอนทั้งสองนี้มีพลังงานเท่ากัน มีความถี่เดียวกัน มีเฟสตรงกัน มีโพลาไรเซชันเหมือนกัน และเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน ซึ่งถ้าพิจารณาในมุมมองของคลื่นแล้ว จะพบว่าเมื่อแสงสองขบวนมีความถี่ตรงกัน มีเฟสตรงกัน เคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน สามารถที่จะรวมกันในลักษณะที่เสริมกันได้ ทำให้ได้คลื่นรวมที่มีขนาดโตขึ้น เกิดเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การขยายสัญญาณแสง (light amplification) ขึ้น ถ้าสามารถทำให้เกิดการขยายสัญญาณแสงในลักษณะนี้กับอะตอมเป็นจำนวนมาก ๆ ได้ ก็จะทำให้ได้สัญญาณแสงที่มีความเข้มสูงออกมา

จากที่กล่าวมา พบว่าปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการที่จะทำให้เกิดการขยายแสงโดยการกระตุ้นได้มาก ๆ คือการทำให้มีประชากรอะตอมในสถานะกระตุ้นมาก ๆ ซึ่งในธรรมชาติเป็นไปไม่ได้ จึงต้องมีการหาวิธีการที่จะทำให้ประชากรอะตอมในสถานะกระตุ้น E_1 มากกว่าสถานะพื้น E_0

ปรากฏการณ์ที่ทำให้จำนวนประชากรอะตอมในชั้นพลังงานสูงมีมากกว่าประชากรในชั้นพลังงานต่ำ เรียกว่า **ประชากรผกผัน** (population inversion) ในทางปฏิบัติสามารถทำให้เกิดประชากรผกผันได้โดยการใช้พลังงานจากภายนอกปริมาณหนึ่งที เพียงพอจะทำให้ประชากรอะตอมมีสถานะเปลี่ยนไปจากสถานะพื้น E_0 ไปยังสถานะกระตุ้น E_1 และทำให้การกระตุ้นประชากรอะตอมในสถานะกระตุ้นให้ตกกลับมายังสถานะพื้น เพื่อให้ประชากรอะตอมปลดปล่อยโฟตอนแสงเป็นจำนวนมากออกมา

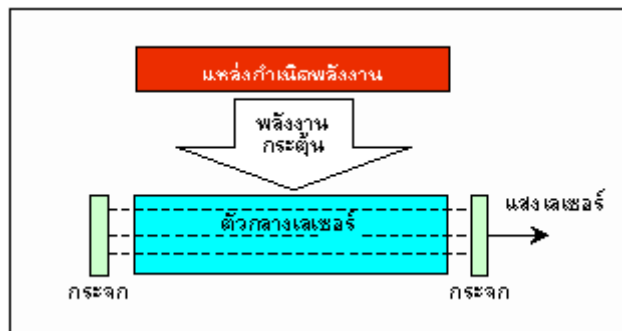
อย่างไรก็ตามการกระตุ้นประชากรอะตอมเพื่อให้มีการปล่อยแสงเพียงครั้งเดียวยังไม่สามารถทำได้แสงเลเซอร์ออกมา เนื่องจากในความเป็นจริง ในขณะที่เดียวกับที่เกิดการปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้น ก็จะมีการดูดกลืนแสงเกิดขึ้นด้วยโดยประชากรอะตอมในสถานะพื้น ทำให้ความเข้มแสงที่ได้มีปริมาณลดลง ดังนั้นเพื่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความเข้มของสัญญาณแสง จึงต้องทำให้เกิดปรากฏการณ์ปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการทำให้โฟตอนแสงที่ได้จากการปลดปล่อยของประชากรอะตอม มากระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยแบบลูกกระสุนซ้ำแล้วซ้ำอีก จนกระทั่งสัญญาณแสงมีความเข้มสูงขึ้น จนถึงจุดเลสซิง (lasing point) หรือจุดออสซิลเลตของเลเซอร์ (laser oscillating point) แสงที่ได้ออกมาจึงมีสมบัติเป็นแสงเลเซอร์

ด้วยสาเหตุที่แสงที่ได้นี้เกิดจากปรากฏการณ์ขยายสัญญาณโดยการปล่อยแสงแบบลูกกระสุน จึงเป็นที่มาของคำเต็ม laser ในภาษาอังกฤษที่มาจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

3. ชนิดของเลเซอร์

เมื่อนำปัจจัยที่กล่าวมาทั้งหมดในหัวข้อที่แล้วมาพิจารณา จะพบว่าในทางปฏิบัติ โครงสร้างของเครื่องกำเนิดแสงเลเซอร์จะต้องมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ

1. **ตัวกลางเลเซอร์ (laser medium)** เป็นวัสดุที่ถูกกระตุ้นแล้วให้แสงเลเซอร์ออกมา ซึ่งอาจเป็นแก๊ส ของแข็ง ของเหลว หรือสารกึ่งตัวนำ
2. **ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (optical resonator)** เป็นส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดเลเซอร์ที่ทำให้เกิดการปล่อยแสงแบบลูกกระสุนซ้ำแล้วซ้ำอีกจนถึงจุดเลสซิง ประกอบด้วยกระจก 2 แผ่น วางหันหน้าเข้าหากัน โดยระหว่างกลางมีตัวกลางเลเซอร์อยู่
3. **แหล่งกำเนิดพลังงาน (energy source)** เป็นตัวกระตุ้นให้อะตอมอยู่ในสถานะที่เป็นประชากรผกผัน



รูปแสดงโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องกำเนิดเลเซอร์

กระจกที่ทำหน้าที่เป็นออปติคัลเรโซเนเตอร์สองบานนั้น มีความสามารถในการสะท้อนแสงได้ต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ กระจกแผ่นหลังตัวกลางเลเซอร์สามารถสะท้อนแสงได้หมด ในขณะที่กระจกแผ่นหน้าสะท้อนแสงได้เกือบหมด โดยมีปริมาณแสงบางส่วนทะลุผ่านไปได้ แสงที่ทะลุผ่านไปก็คือแสงเลเซอร์นั่นเอง

ชนิดของเลเซอร์

เราสามารถแบ่งชนิดของเลเซอร์ตามลักษณะของตัวกลางเลเซอร์ได้ดังนี้

- Gas Laser: สารตัวกลางเลเซอร์มีลักษณะเป็นก๊าซ เช่น CO₂ Laser, Argon Laser, Xenon Laser, He-Ne Laser
- Solid State Laser: ใช้สารตัวกลางเลเซอร์ที่เป็นแท่งผลึกแข็ง เช่น Nd:YAG Laser, Ruby Laser
- Dye Laser: สารตัวกลางมีลักษณะเป็นของเหลว เช่น Rhodamin 6G Laser
- Semiconductor Laser: เป็นเลเซอร์ที่ใช้สารตัวกลางเลเซอร์เป็นสารกึ่งตัวนำ เช่น Diode Laser ชนิดต่าง ๆ

เลเซอร์ที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ได้แก่ He-Ne Laser, Argon-Ion Laser, Carbon dioxide Laser, Ruby Laser, Nd:YAG Laser, Semiconductor Laser และ Eximer Laser แต่ละชนิดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

He-Ne Laser

ฮีเลียม-นีออน เลเซอร์

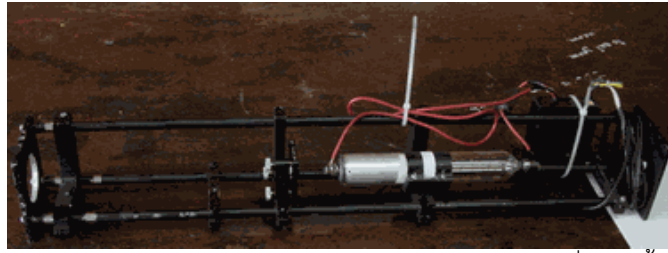
เป็นเลเซอร์ก๊าซชนิดแรก ประกอบด้วยก๊าซฮีเลียม (He) และนีออน (Ne) ในอัตรา ส่วนประมาณ 10:1 แหล่งกำเนิดพลังงานที่กระตุ้นให้เกิดประชากรผกผัน (มักเรียกอีกชื่อว่า pumping source) ที่ใช้จะเป็น electrical discharge คือทำให้มีอิเล็กตรอนวิ่งผ่านและชนกับก๊าซที่บรรจุอยู่ในหลอดเลเซอร์

แสงเลเซอร์ที่ได้จะเป็นสีแดง ที่มีความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร (หรือ 632.8×10^{-9} เมตร) และมีกำลังประมาณ 0.5 – 50 มิลลิวัตต์ ผู้สร้างสามารถเลือกการเปลี่ยนชั้นพลังงานของอะตอมให้เกิดเป็นเลเซอร์สีเขียว และอินฟราเรด ได้ แต่ไม่นิยม เพราะแสงดังกล่าวเกิดยากกว่าและต้องใช้ต้นทุนสูง

มีการใช้งาน ฮีเลียม-นีออน เลเซอร์ มากในงานศึกษาวิจัย โดยมากใช้ในการสอบเทียบ การวัด การสร้างภาพโฮโลแกรม ในงานอุตสาหกรรมใช้เป็นมาตรฐานในการสอบเทียบการวัดเชิงมิติ



รูปแสดงระบบ He-Ne Laser (กล่องสีขาว) ที่ใช้ในการสร้างภาพโฮโลแกรม



รูปแสดง He-Ne Laser ก๊าซบรรจุอยู่ในหลอดแก้ว จะเห็นกระจกที่ปลายทั้งสองข้าง

Argon-ion Laser

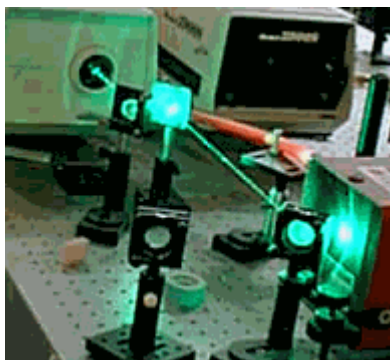
อาร์กอน-ไอออน เลเซอร์

ตัวกลางที่เป็นต้นกำเนิดของแสงเลเซอร์ชนิดนี้คือ ไอออนของอาร์กอน ซึ่งเกิดจากการกระตุ้นอะตอมของอาร์กอน จนอิเล็กตรอนบางอนุภาคหลุดออกไป

Pumping source ที่ใช้เป็นแบบ electrical discharge ทำให้ไอออนของอาร์กอนถูกกระตุ้นไปอยู่ที่ชั้นพลังงานที่สูงกว่า ที่เรียกว่า metastable state โดยที่บริเวณที่เป็น metastable states จะมีหลายชั้นย่อย ทำให้สามารถเกิดการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานได้หลายแบบ แต่ที่เด่นชัดคือ แสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 514 นาโนเมตร (สีเขียว) และ 488 นาโนเมตร (สีน้ำเงิน) กำลังของแสงเลเซอร์ที่ได้จะอยู่ในช่วง 1 – 20 วัตต์

ข้อเสียของเลเซอร์ชนิดนี้คือต้องใช้กระแสไฟฟ้าในการ pump สูงมาก เพราะต้องทำหน้าที่ทั้งทำให้อะตอมเป็นไอออน และกระตุ้นไอออนให้เกิดประชากรผกผัน ทำให้เกิดความร้อนสูง จึงต้องมีระบบหล่อเย็น

อาร์กอน-ไอออน เลเซอร์ ถูกนำไปประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ (ผ่าตัด) สร้างภาพโฮโลแกรม (holography) และงานด้าน spectro photometry



รูปแสดงลำแสงสีเขียวของอาร์กอน-ไอออน เลเซอร์
(แหล่งภาพ <http://sigma.bu.edu/facilities.asp>)

Carbon dioxide Laser

คาร์บอนไดออกไซด์ เลเซอร์

เป็นเลเซอร์ชนิดก๊าซ ประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน และก๊าซฮีเลียม ในอัตราส่วนประมาณ 1:1:10 เพื่อช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของเลเซอร์

ที่แตกต่างเลเซอร์ก๊าซประเภทอื่นมาก เพราะแสงเลเซอร์ไม่ได้เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานของอะตอม แต่เกิดจากการหมุนและการสั่นของโมเลกุลของก๊าซ โมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ ปกติจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง โดยมีออกซิเจนอยู่สองข้างและคาร์บอนอยู่ตรงกลาง การสั่นของโมเลกุลเป็นการสั่นขึ้นลงหรือเข้าออกของออกซิเจน เมื่อเทียบกับคาร์บอน

พลังงานจากการเปลี่ยนระดับพลังงานในการสั่นของโมเลกุลจะมีค่าประมาณ 0.1 อิเล็กตรอนโวลต์ ให้ความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ประมาณ 10.6 ไมครอน (10.6×10^{-6} เมตร) ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านอินฟราเรด

การที่พลังงานจากการเปลี่ยนระดับพลังงานมีค่าต่ำ ทำให้ pump โดยใช้ electrical discharge ได้ง่าย และมีประสิทธิภาพสูงถึง 20% ซึ่งถือว่ามากเมื่อเทียบกับเลเซอร์โดยทั่วไป ที่มีประสิทธิภาพประมาณ 1%

คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ โดยทั่วไปจะมีกำลังเฉลี่ยประมาณ 10 – 2,000 วัตต์ ถ้าประยุกต์ใช้ในงานการตัดกระดาษหรือผ้า หรือในงานแกะสลักพลาสติกและไม้ จะใช้กำลังอยู่ที่ประมาณ 10 – 5- วัตต์ แต่ถ้าใช้ในการตัดหรือเจาะโลหะหรือวัสดุที่มีความแข็งสูงมาก ต้องใช้กำลังอยู่ที่ประมาณ 100 วัตต์ ขึ้นไป ทำให้เลเซอร์ชนิดนี้ไม่เหมาะในการนำมาประยุกต์ใช้ในงานการแกะสลักหรือเจาะวัสดุที่มีความแข็งสูง โดยส่วนใหญ่แล้วมักใช้กับวัสดุจำพวกโลหะ เนื่องจากระบบคาร์บอนไดออกไซด์แบบชนิดที่มีกำลังสูงจะมีขนาดใหญ่ และมีอุปกรณ์เสริมต่อพ่วง เช่น ถังก๊าซ บีมสฤญญากาศ และอุปกรณ์ควบคุมความดัน รวมถึงแหล่งจ่ายกำลังแรงดันสูงประมาณ 10 – 25 กิโลโวลต์

Ruby Laser

เลเซอร์ทับทิม

เป็นเลเซอร์ชนิดของแข็ง มีลักษณะที่สำคัญคือ ตัวกลางเลเซอร์ที่ใช้จะเป็นแท่งผลึกของฉนวน ซึ่งทำหน้าที่เป็น host และมีการฉาบ (dope) โครเมียม (เป็น impurity) เข้าไป ทำให้บางครั้งนิยมเรียกว่า doped insulator laser และมีตัวอย่างเลเซอร์หลัก ๆ 2 ชนิดที่ใช้เทคนิคนี้ คือ เลเซอร์ทับทิม และ Nd:YAG เลเซอร์



รูปแสดงเลเซอร์ทับทิม เครื่องแรก

เลเซอร์ทับทิม เป็นเลเซอร์ชนิดแรกที่ถูกสร้างขึ้น โดย Theodore Maiman ในปี ค.ศ. 1960 สารตัวกลางเลเซอร์คือ $Cr^{3+}:Al_2O_3$ เป็นการ dope Cr^{3+} ลงไปใน Al_2O_3 ซึ่งคือทับทิมสังเคราะห์นั่นเอง

pumping source ที่ใช้เป็นแบบ optical โดยที่นิยมใช้กันคือ หลอดไฟแฟลช (xenon flash lamp ที่เห็นเป็นหลอดแก้วเกลียวในรูปข้างบน ซึ่งโอบรอบแท่งผลึกทับทิมที่อยู่ตรงกลาง) การทำให้เกิดประชากรผกผันในเลเซอร์ทับทิมนี้ทำได้ยาก

และจะได้เลเซอร์เฉพาะแบบที่เป็นพัลส์เท่านั้น ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ที่ได้คือ 694.3 นาโนเมตร และมีพลังงานในระดับ มิลลิจูลต่อพัลส์ ถึง กิโลจูลต่อพัลส์

Nd:YAG Laser

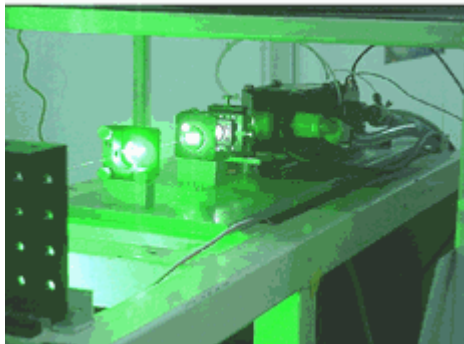
นีโอดีเมียมแย็กเลเซอร์

เป็นเลเซอร์ชนิดของแข็ง โดยมี host เป็น ผลึกของ Yttrium-aluminium garnet ($Y_3Al_5O_{12}$) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า YAG ส่วน impurity คือ Nd^{3+} ซึ่งจะถูกลด dope เข้าไปประมาณ 1% โดยน้ำหนัก

โดยทั่วไปนีโอดีเมียมแย็กเลเซอร์ มีกำลังเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 3 – 1,000 วัตต์ สามารถให้แสงได้ทั้งแบบพัลส์ (pulse) และแบบต่อเนื่อง (continuous) ขึ้นอยู่กับว่า pumping source ที่ใช้เป็นแบบหลอดไฟแฟลช หรือหลอดไฟอาร์ค

เลเซอร์ชนิดนี้มีความยาวคลื่น 1064 นาโนเมตร อยู่ในย่านอินฟราเรด แต่นิยมใช้ควบคู่กับ second harmonic crystal เช่น KTP ทำให้ได้ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร เป็นแสงสีเขียวออกมาได้

เนื่องจากเลเซอร์ชนิดนี้สามารถทำให้เกิดค่ากำลังสูงสุดถึง 2,000 วัตต์ ได้ในระบบเลเซอร์ที่มีค่ากำลังเฉลี่ย 3 วัตต์ เท่านั้น จึงทำให้ระบบเลเซอร์นี้ ซึ่งมีขนาดเล็ก สามารถนำไปทำการเจาะ ตัด หรือแกะสลักวัสดุที่มีความแข็งสูง วัสดุจำพวกโลหะ หรือวัสดุเช่นแก้ว เซรามิก หรืออัญมณี ได้เป็นอย่างดี



รูปแสดงแสงสีเขียวของ นีโอดีเมียมแย็กเลเซอร์
ในห้องวิจัยของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี

ปัจจุบันระบบนีโอดีเมียมแย็กเลเซอร์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเป็นแบบใช้หลอดไฟแฟลช หรือหลอดไฟอาร์ค เป็น pumping source ซึ่งระบบนี้มีการสิ้นเปลืองพลังงานมาก เนื่องจากพลังงานทั้งหมดที่ใส่ให้แก่หลอดอาร์คจะมีเพียง 4 – 7% เท่านั้นที่ถูกนำไปใช้ในการกระตุ้น ส่วนที่เหลือคือความร้อนซึ่งจะต้องถูกระบายทิ้งออกไป

ในปัจจุบันมีการพัฒนาเลเซอร์ไดโอดให้มีประสิทธิภาพสูงและมีราคาที่ถูกลงมาก จึงได้นำเอาเลเซอร์ไดโอดมาใช้เป็นแหล่งกระตุ้นแทนที่หลอดไฟอาร์คชนิดเดิม ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นถึง 50 – 70% ของประสิทธิภาพรวม โดยที่ระบบเดิมมีค่าเพียง 2 – 3% เท่านั้น ระบบจึงมีขนาดเล็กลงมาก และมีอุปกรณ์ระบายความร้อนที่มีขนาดเล็กด้วย ทำให้ค่าใช้จ่ายในการทำงานลดลงมาก

Semiconductor Laser

เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ

เป็นเลเซอร์ที่ใช้สารกึ่งตัวนำเป็นตัวกลาง และเป็นเลเซอร์ที่มีจำนวนมากที่สุด มีลักษณะคล้ายกับ LED (light emitting diode) แต่มีลักษณะพิเศษบางประการ ทำให้แสงที่ออกมาเป็นเลเซอร์ โดย LED จะให้แสงจาก spontaneous emission แต่เลเซอร์สารกึ่งตัวนำให้แสงจาก stimulated emission

แสงในเลเซอร์ชนิดนี้เกิดจากการรวมตัว (recombination) ของอิเล็กตรอน กับ "หลุม" (hole) ที่บริเวณรอยต่อ P-N ของสารกึ่งตัวนำ เช่น GaAs, GaP และ GaAlAs



รูปแสดง laser pointer ซึ่งเป็นเลเซอร์สารกึ่งตัวนำ
สมัยนี้หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก แต่น้อยคนที่จะรู้ว่าแสงที่เห็นนั้นเป็นอันตรายต่อนัยน์ตาได้

ความยาวคลื่นของแสงขึ้นกับชนิดของสารกึ่งตัวนำที่ใช้เป็นตัวกลาง โดยความยาวคลื่นหลัก ๆ คือ 650, 770, 809, 1100 และ 1500 นาโนเมตร สามารถประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์หลายชนิด เช่น ปริ้นเตอร์ เลเซอร์พอยน์เตอร์

กำลังของเลเซอร์ที่ได้มีตั้งแต่ระดับ มิลลิวัตต์ ถึง วัตต์ แต่สามารถนำเลเซอร์สารกึ่งตัวนำหลาย ๆ อัน มารวมกันในรูปแบบของ array หรือ bar ให้มีกำลังสูงเป็นระดับ กิโลวัตต์ ได้

Eximer Laser

เอ็กซ์ไซเมอร์เลเซอร์

เป็นเลเซอร์ชนิดก๊าซ โดยก๊าซที่บรรจุอยู่ภายในระบบนั้นจะมีความดันอยู่ในช่วงไม่เกิน 5 atm ซึ่งก๊าซที่ใช้เป็นการผสมกันของ rare gas เช่น Ar, Kr, Xe ปริมาณ 0.1 – 0.3% กับก๊าซฮาโลเจน เช่น F, Cl, Br, I ปริมาณ 2 – 10% โดยก๊าซทั้งสองชนิดจะมีอยู่ในระบบเพียงน้อยนิดเมื่อเทียบกับปริมาตรของก๊าซทั้งหมดภายในระบบ ส่วนที่เหลือคือ buffer gas เช่น He แต่ buffer gas จะไม่ใช่เป็นตัวกลางของการเกิดแสงเลเซอร์

เอ็กซ์ไซเมอร์เลเซอร์เกิดขึ้นจากการปลดปล่อยพลังงานของโมเลกุล เมื่อมีการเปลี่ยนระดับพลังงานระหว่างสถานะกระตุ้นและสถานะพื้น คำว่า Eximer มาจากคำว่า Excited Dimer (อ่านว่า ไดเมอร์) ซึ่งเอ็กซ์ไซเมอร์เลเซอร์ที่ใช้ส่วนใหญ่จะใช้ก๊าซผสมระหว่าง rare gas ที่มีมวลโมเลกุลสูง กับก๊าซฮาโลเจน เช่น

ArCl ให้แสงความยาวคลื่น 175 นาโนเมตร

XeF ให้แสงความยาวคลื่น 175 นาโนเมตร

ArF ให้แสงความยาวคลื่น 193 นาโนเมตร

KrF ให้แสงความยาวคลื่น 249 นาโนเมตร

XeCl ให้แสงความยาวคลื่น 308 นาโนเมตร

pumping source ที่ใช้ได้จากพลังงานจากปฏิกิริยาเคมี ระหว่าง rare gas กับก๊าซฮาโลเจน เรียกว่า pump แบบนี้ว่า chemical pumping เมื่อต้องการให้เกิดแสงเลเซอร์ ก๊าซสองชนิดจะถูกนำมาผสมกัน นั่นคือก๊าซทั้งสองแยกกันอยู่ในตอนแรก



รูปแสดงระบบเอ็กไซเมอร์เลเซอร์ ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมการเจาะชิ้นงานโพลีเมอร์ (แหล่งภาพ <http://www.spectrallytics.com/capabilities/excimerlaser.htm>)

เอ็กไซเมอร์เลเซอร์ให้แสงที่เป็นแบบพัลส์ออกมา สามารถให้พลังงานตั้งแต่ระดับ มิลลิจูล ไปจนถึงระดับ 100 จูลต่อพัลส์ ในความถี่สูงถึงระดับ 1 – 2 กิโลเฮิร์ตซ์ และสามารถให้กำลังงานเฉลี่ยได้สูงถึง 500 วัตต์

เอ็กไซเมอร์เลเซอร์เป็นอุปกรณ์กำเนิดแสงเหนือม่วงแบบอาพันธ์ (coherent uv) และ deep uv ให้ลำแสงที่มีขนาดเล็กมาก สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวางทั้งทางการแพทย์ (เลสิก) และทางอุตสาหกรรม โดยส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับวัสดุที่มีความแข็งแรงของโครงสร้างโมเลกุลสูง เช่น เพชร หรือสารจำพวกโพลีเมอร์

4. การประยุกต์ใช้งานเลเซอร์



เราสามารถนำเลเซอร์ไปประยุกต์ใช้งานได้หลายด้าน ดังนี้

1. งานอุตสาหกรรม ได้แก่

- Marking and Cutting** คือการนำแสงเลเซอร์ไปทำให้เกิดเป็นรอยหรือตัดวัสดุ โดยการควบคุมให้ลำแสงเลเซอร์ไปตกยังชิ้นงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปแล้วจะมีระบบเลเซอร์ marking and cutting แบ่งออกเป็น 2 แบบหลัก คือ
 - แบบให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถทำการ mark หรือตัดวัสดุที่มีความละเอียดสูงได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างเช่นการ mark บนตัวไอซี เป็นต้น และ
 - แบบระบบลำแสงเคลื่อนที่ (flying optics) ซึ่งจะนิยมใช้ในระบบที่มีพื้นที่การทำงานขนาดใหญ่และเลเซอร์กำลังสูง
 ข้อดีของการใช้เลเซอร์ในงานประเภทนี้คือไม่มีการสะสมความร้อนในวัสดุ ทำให้วัสดุไม่เกิดการบิดงอหลังจากทำการตัดแล้ว

- **Welding** หรือการเชื่อม คือการใช้ความร้อนของลำแสงเลเซอร์มาหลอมละลายวัสดุ 2 ชิ้น ให้เป็นเนื้อเดียวกันในบริเวณที่ถูกลำแสงเลเซอร์
ข้อดีของการใช้เลเซอร์ในการเชื่อมคือ จุดที่เชื่อมสามารถกำหนดให้มีขนาดเล็กมาก ๆ ได้ เช่น การเชื่อมเส้นทองจากแผ่นชิปวงจรรีไอซี และระบบเลเซอร์เชื่อม นอกจากนี้ความร้อนที่สะสมในวัสดุมีน้อยมาก เนื่องจากการใช้พลังงานสูงในช่วงเวลาสั้นมาก ๆ จึงสามารถควบคุมและกำหนดคุณลักษณะของบริเวณผิวรอยเชื่อมได้เป็นอย่างดี
- **Drilling** หรือการเจาะ โดยทั่วไปจะใช้เจาะรูที่มีขนาดเล็กมาก ๆ หรือใช้กับวัสดุที่มีความแข็งสูง เช่น เซรามิกส์ เพชร

2. งานด้านการแพทย์ เช่น การผ่าตัดผิวหนัง การผ่าตัดแก้ไขสายตา และแม้กระทั่งการกำจัดมะเร็งที่ผิวหนัง
3. งานด้านการทหาร เช่น ระบบการนำวิถีของจรวด
4. งานด้านการค้นคว้าวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

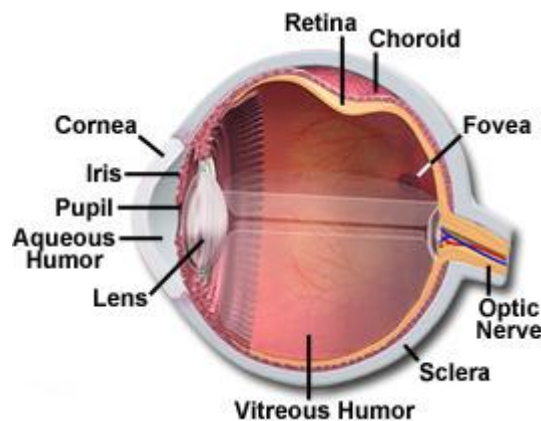
5. หลักความปลอดภัยเกี่ยวกับเลเซอร์

นับตั้งแต่เริ่มมีการใช้เลเซอร์ในห้องทดลองในช่วงปี ค.ศ. 1960 ก็ได้มีการพิจารณาถึงความปลอดภัยในการใช้เลเซอร์ ซึ่งอันตรายที่เกิดจากเลเซอร์มี 3 ส่วนหลัก ๆ คือ

1. อันตรายจากลำแสงเลเซอร์ ซึ่งจะมีผลต่อนัยน์ตาของคนเรามากกว่าส่วนอื่นของร่างกาย
2. อันตรายจากความต่างศักย์สูง ที่อยู่ในเลเซอร์และแหล่งจ่ายไฟ
3. อันตรายจากสารเลเซอร์ ในเลเซอร์บางชนิด เช่น Dye laser, Eximer laser

อันตรายต่อนัยน์ตา

ลำแสงเลเซอร์กำลังสูง เช่นที่ใช้สแกนรถตัดเหล็ก หรือแม้กระทั่งแกะสลักไม้ ก็สามารถทำอันตรายผิวหนังได้ แต่ที่อันตรายที่สุดคือ เมื่อลำแสงเลเซอร์เข้าตา เพราะตาเป็นส่วนที่ไวแสงมากที่สุด นอกจากนี้เลนส์แก้วตายังรวมแสงให้โฟกัสบนเรตินา ทำให้ความเข้มแสงสูงมากขึ้นกว่าที่ตกบนแก้วตาประมาณ 1 แสนเท่า!



องค์ประกอบของนัยน์ตามนุษย์

หลายคนคงทราบว่าการจ้องมองดวงอาทิตย์ตอนกลางวันเพียงครู่หนึ่ง สามารถทำให้ตามองไม่เห็นได้ชั่วคราว และการให้ลำแสงเลเซอร์ที่มีความเข้ม มากพอเข้าสู่ตา สามารถทำให้ตาบอดได้ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ไม่เพียงแต่ความเข้มแสงเท่านั้น ยังขึ้นกับความยาวคลื่นแสง และช่วงเวลาที่ได้รับแสงด้วย

ปัจจัยอันตราย: ความยาวคลื่นแสง

ความยาวคลื่นเป็นเรื่องค่อนข้างสำคัญที่ต้องทำความเข้าใจ แม้ว่าตาของมนุษย์เราสามารถเห็นแสงที่มีความยาวคลื่นได้เฉพาะช่วง 400 - 700 นาโนเมตร แต่ไม่ว่าแสงความยาวคลื่นช่วงไหน ทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็น ถ้าเข้าถึงตาก็สามารถทำอันตรายอย่างมากได้

โดยทั่วไปแล้ว แสงในช่วง 400 - 1500 นาโนเมตร ซึ่งครอบคลุมช่วงที่ตาเรามองเห็นและช่วงที่เป็นอินฟราเรด จะสามารถผ่านเลนส์ตาเข้าไปถึงเรตินาได้ ซึ่งช่วงที่เป็นอินฟราเรดไม่ว่าจะมีความเข้มมากขนาดไหน เราก็ไม่สามารถเห็นได้ แต่จะสามารถทำอันตรายต่อเรตินาได้ เช่นเดียวกับคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ ที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด ก็สามารถตัดผ้าหรือเจาะหิมะได้ ส่วนแสงในช่วงอัลตราไวโอเล็ต (ความยาวคลื่นประมาณ 100 - 400 นาโนเมตร) แม้ว่าจะผ่านไปถึงเรตินาได้ไม่ดีเท่ากับช่วง 400 - 1500 นาโนเมตร แต่สามารถทำอันตรายต่อแก้วตาและเลนส์ส่วนนอกได้ ซึ่งจะทำให้ตาบอดถาวรได้เช่นกัน

การจะเข้าใจรายละเอียดในเรื่องเหล่านี้ก็ต้องเข้าใจว่าตามีส่วนประกอบเป็นอย่างไร และมีสมบัติเชิงแสง อย่างเช่น ค่าการดูดกลืนแสง เป็นอย่างไร ถ้าจะสรุปโดยง่ายก็คือ เลเซอร์ ไม่ว่าจะช่วงความยาวคลื่นไหน ๆ ก็สามารถทำอันตรายต่อตามนุษย์ถึงขนาดทำให้ตาบอดได้ การปล่อยเลเซอร์ชนิดที่เป็นพัลส์และต่อเนื่อง ก็มีอันตรายแตกต่างกัน เลเซอร์ชนิดพัลส์โดยเฉพาะที่มีช่วงเวลาของพัลส์น้อยกว่า มิลลิวินาที เพียงแค่พัลส์เดียวก็อาจจะทำให้ตาบอดได้ แต่ถ้าเป็นแบบต่อเนื่องก็จะต้องใช้เวลานานกว่านี้ในการทำอันตรายต่อตา

ปัจจัยอันตราย: ระยะห่างจากแหล่งกำเนิด

ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งต้องทำความเข้าใจให้ดี ถ้าลำแสงเลเซอร์เข้าตาไม่ว่าเราจะอยู่ห่างเท่าใด ก็ยังมีอันตรายค่อนข้างสูง เพราะแสงที่ออกจากเลเซอร์มีสมบัติประการสำคัญที่แตกต่างจากแสงจากแหล่งอื่น ๆ คือ แสงจะคงสภาพเป็นลำแสงค่อนข้างดี ไม่ค่อยบานออกมากนัก ทำให้ความเข้มแสงของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่างต่าง ๆ จากเลเซอร์จะไม่แตกต่างกัน ถ้าเป็นกรณีที่แสงเลเซอร์ไปตกกระทบหรือสะท้อนผิววัสดุที่ขรุขระก่อน อาจทำให้แสงที่สะท้อนออกมาลดสภาพการเป็นลำแสงลงไปบ้าง โดยแสงจะบานออกค่อนข้างเร็ว นั่นคือถ้าอยู่ห่างจากจุดที่สะท้อน ก็จะทำให้ลดอันตรายจากแสงได้ เพราะแสงมีความเข้มน้อยลง แต่ถ้าแสงสะท้อนจากวัสดุที่เป็นกระจกหรือโลหะเรียบ ๆ ก็ยังคงมีสภาพเป็นลำแสง และมีความเข้มสูง ซึ่งเป็นอันตรายเหมือนกับการมองลำแสงโดยตรงที่ไม่ได้สะท้อนอะไรเลย

อันตรายต่อผิวหนัง

ส่วนกรณีที่แสงเลเซอร์ตกกระทบผิวหนังก็ยังมีอันตรายอยู่ แม้ว่าจะน้อยกว่ากรณีที่แสงเข้าตา เพราะผิวหนังจะสามารถสะท้อนแสง ได้ส่วนหนึ่ง และส่วนใหญ่จะไม่ไวต่อแสงมากนัก แต่ถ้าความเข้มของเลเซอร์สูงพอ ก็อาจตัดหรือทะลุผิวหนังทำให้เป็นแผลได้ และควรระวังในกรณีที่เป็นแสงเลเซอร์ในช่วงอัลตราไวโอเล็ต เพราะแสงในช่วงนี้สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของเซลล์ได้ ซึ่งอาจทำให้เกิดเป็นมะเร็งได้

การป้องกันอันตรายจากแสงเลเซอร์

จากอันตรายที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าแสงเลเซอร์ไม่ว่าจะมีประโยชน์มากเพียงใด ก็ยังสามารถเป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้ ดังนั้นจึงควรจะต้องมีความระมัดระวังในการใช้งาน ผู้ที่เกี่ยวข้องควรจะต้องมีความเข้าใจในเลเซอร์ที่ใช้อยู่ โดยสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. อย่าให้เลเซอร์เข้าตา

คงไม่มีใครอยากจ้องลำแสงเลเซอร์ตรง ๆ แต่แสงเลเซอร์อาจจะเข้าตาเราได้ โดยที่เราคาดไม่ถึง เช่น เกิดจากการสะท้อน หรือเป็นช่วงที่เรามองไม่เห็น ดังนั้นการป้องกันทำได้ดังนี้

- จัดทางเดินของแสงให้เหมาะสม เช่น ไม่ให้อยู่ในระดับสายตาพอดี (ควรสูงกว่าตาหรือต่ำกว่าตา) พยายามกำจัดสิ่งต่าง ๆ ที่อาจทำให้เกิดการสะท้อนแสงเลเซอร์มาเข้าตาโดยที่เราคาดไม่ถึง
- มีเครื่องป้องกันแสงส่วนที่ไม่ต้องการออกจากเลเซอร์ หรืออุปกรณ์ที่เราใช้งาน เช่น มีฉากกันแสง เพื่อกันแสงทั้งที่สะท้อนหรือกั้นลำแสงโดยตรงซึ่งอาจจะออกมาได้
- ใส่แว่นตาพิเศษ เป็นการป้องกันที่ตัวเราเอง โดยแว่นนี้จะลดความเข้มแสงลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อตาของเรา ซึ่งแว่นตานี้ก็เป็นชนิดไหน ลักษณะอย่างไร ก็ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแสงและความเข้มของแสงเลเซอร์ที่ออกมา ควรจะใส่แว่นตานี้ทุกครั้งที่ทำงานหรือเข้าไปในบริเวณที่มีการใช้งานแสงเลเซอร์

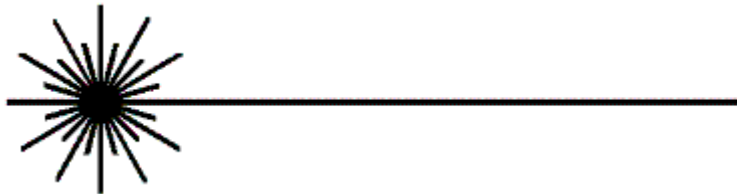


ภาพตัวอย่างแว่นตาสำหรับป้องกันแสงเลเซอร์

- ให้ระวังมากขึ้นเป็นพิเศษถ้าเลเซอร์ที่เราใช้งานเป็นแสงอินฟราเรด หรืออัลตราไวโอเล็ต เพราะแสงที่มองไม่เห็นก็ทำให้ตาบอดได้

2. คิดอยู่เสมอว่าเลเซอร์เป็นของอันตราย ถ้าใช้ไม่ระมัดระวัง โดยอาจป้องกันได้ดังนี้

- กั้นบริเวณการใช้งานเลเซอร์ออกจากบริเวณอื่น ๆ เช่น มีห้องเป็นสัดส่วน
- มีป้ายเตือน ทั้งที่ตัวเลเซอร์ และบริเวณห้อง หรือสถานที่ใช้งาน เพื่อให้บุคคลทั่วไปรู้ว่ามีการใช้เลเซอร์ในบริเวณนั้น



สัญลักษณ์สากล เตือนให้ระวังอันตรายจากเลเซอร์



ตัวอย่างป้ายเตือน เพื่อบอกว่ามีการใช้เลเซอร์ในบริเวณนั้น

- สร้างจิตสำนึกว่าเลเซอร์เป็นของอันตราย ถ้าใช้อย่างไม่ระมัดระวัง ซึ่งจะต้องควบคู่กับการสร้างความเข้าใจว่าเลเซอร์คืออะไร แสงเลเซอร์มีลักษณะพิเศษอย่างไร มีอันตรายอย่างไร

ระดับความอันตรายของเลเซอร์ (Laser Classes and Safety)

เนื่องจากเลเซอร์มีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีหลายแบบ กำลังความเข้มก็แตกต่างกัน อันตรายที่เกิดขึ้นจากการใช้ก็แตกต่างกันไปมากบ้างน้อยบ้าง หรือบางอันอาจจะไม่เกิดอันตรายเลยแม้จะจ้องลำแสงสัก 5 นาที แต่บางชนิดเพียงแค่แสงสะท้อนจากขอบแผ่นพลาสติกก็อาจทำให้ตาบอดได้ ดังนั้นระดับของความระมัดระวัง การป้องกัน ก็จะแตกต่างกันไป ไม่ใช่ว่าเลเซอร์ชนิดใดก็มีมาตรการป้องกันเข้มงวดที่สุดเหมือนกันหมด เช่น ถ้าใช้ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ ขนาด 1 ไมโครวัตต์ ก็ไม่ต้องสร้างห้องพิเศษ ไม่ต้องใส่แว่นตาป้องกัน ด้วยเหตุนี้จึงมีการแบ่งระดับความอันตรายของเลเซอร์ โดยแบ่งเป็น 4 ระดับ (Class) ดังนี้

ระดับที่ 1 (Class 1)

เป็นเลเซอร์ที่กำลังน้อยมากจนถือได้ว่าปลอดภัย โดยเลเซอร์ระดับนี้จะไม่เป็นอันตรายต่อ ตา ผิวหนัง หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ซึ่งในการใช้งานเลเซอร์ระดับขั้นนี้ไม่ต้องมีการควบคุม หรือมีเครื่องหมายเตือน นอกจากป้ายติดไว้ที่เลเซอร์ว่าเป็นเลเซอร์ระดับที่ 1 ตัวอย่างเช่น ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ขนาด 1 ไมโครวัตต์

ระดับที่ 1M (Class 1M: Magnifier)

เลเซอร์ระดับที่ 1M ประกอบด้วยเลเซอร์ที่ให้กำลังมากกว่าเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่มีลำแสงที่ diffuse นั่นหมายถึงลำแสงสามารถขยายออกได้โดยใช้อุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์

เท่าที่พบมา เลเซอร์ระดับนี้ไม่ทำให้เกิดอันตราย

ระดับที่ 2 (Class 2)

เลเซอร์ในระดับนี้จะเป็เลเซอร์ที่กำลังต่ำและมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่สามารถเห็นได้ (ความยาวคลื่นในช่วง 400-700 นาโนเมตร) โดยมีกำลังไม่เกิน 1 มิลลิวัตต์ และต้องเป็น ชนิดต่อเนื่องเท่านั้น เลเซอร์ในระดับขั้นนี้ไม่ได้จัดว่าปลอดภัยเหมือนเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่มีอันตรายไม่มากนักและถ้าแสงเลเซอร์ในระดับขั้นนี้เข้าตา การหลับตาทันทีที่รู้ว่าแสงเข้า ซึ่งปกติจะเร็วมาก (ประมาณ 0.25 วินาที) ก็จะเป็นการป้องกันอันตรายที่เพียงพอ เพราะช่วงเวลาที่ได้รับเอาแสงจะสั้นมากจนไม่เป็นอันตราย ตัวอย่างของเลเซอร์ในระดับที่ 2 นี้ได้แก่ ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร (สีแดง) และมีกำลังไม่เกิน 1 มิลลิวัตต์ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในห้องทดลองระดับชั้นมัธยมหรือการทดลองพื้นฐานในระดับ มหาวิทยาลัย สำหรับมาตรการป้องกันที่ใช้คือ การติดป้ายที่เลเซอร์ แสดงว่าเป็นเลเซอร์ระดับที่ 2 และการมีป้ายเตือน

เท่าที่พบมา เลเซอร์ระดับนี้ไม่ทำให้เกิดอันตราย แต่ให้หลีกเลี่ยงการจ้องไปที่ลำแสง

ระดับที่ 2M (Class 2M: Magnifier)

เลเซอร์ระดับที่ 2M ประกอบด้วยเลเซอร์ประเภทเดียวกับในระดับที่ 2 แต่ให้กำลังมากกว่าเลเซอร์ระดับที่ 2 และมีลำแสงที่ diffuse นั่นหมายถึงลำแสงสามารถขยายออกได้โดยใช้อุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์

ให้หลีกเลี่ยงการจ้องไปที่ลำแสง

ระดับที่ 3R (Class 3R: Restricted)

ประกอบด้วยเลเซอร์ทั้งในย่านที่ตามองเห็นและมองไม่เห็น

ย่านที่ตามองเห็น (ความยาวคลื่นช่วง 400 - 700 นาโนเมตร): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังอยู่ระหว่าง 1 มิลลิวัตต์ ถึง 5 มิลลิวัตต์

ย่านที่ตามองไม่เห็น (เช่น อินฟราเรด และอัลตราไวโอเล็ต): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังมากกว่ากำลังของเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่ไม่น้อยกว่า 5 เท่าของกำลังของเลเซอร์ระดับที่ 1

ตัวอย่างของเลเซอร์ระดับที่ 3R คือ เลเซอร์อาร์กอน ที่ให้แสงสีเขียว มีความยาวคลื่น 514.5 นาโนเมตร ที่มีกำลัง 5 มิลลิวัตต์

อย่ามองเข้าไปในลำแสงเลเซอร์หรือแสงสะท้อนของเลเซอร์

ระดับที่ 3B (Class 3B)

ประกอบด้วยเลเซอร์ทั้งในย่านที่ตามองเห็นและมองไม่เห็น

ย่านที่ตามองเห็น (ความยาวคลื่นช่วง 400 - 700 นาโนเมตร): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังอยู่ระหว่าง 5 มิลลิวัตต์ ถึง 500 มิลลิวัตต์

ย่านที่ตามองไม่เห็น (เช่น อินฟราเรด และอัลตราไวโอเล็ต): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังมากกว่า 5 เท่าของกำลังของเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่ต่ำกว่า 500 มิลลิวัตต์

อย่ามองเข้าไปในลำแสงเลเซอร์หรือแสงสะท้อนของเลเซอร์ เลเซอร์ที่มีกำลังสูงอาจทำอันตรายต่อผิวหนังได้!

เลเซอร์ในระดับที่ 3 ทั้งสองระดับย่อยนี้ เป็นเลเซอร์ที่มีกำลังปานกลาง และจะพบในห้องทดลองวิจัยทั่ว ๆ ไป ซึ่งมีอันตรายมากขึ้น ต้องมีอุปกรณ์ป้องกัน

ระดับที่ 4 (Class 4)

เลเซอร์ในระดับนี้ คือเลเซอร์ทั้งหลายที่ไม่สามารถจัดอยู่ในระดับอื่น ๆ ข้างต้นได้ แต่จะเป็นเลเซอร์ที่มีกำลังสูงมาก (มากกว่า 5 มิลลิวัตต์) ลำแสงเลเซอร์ระดับนี้ถือว่ามีความอันตรายต่อ นัยน์ตาและผิวหนังอย่างยิ่ง แม้กระทั่งลำแสงที่สะท้อนแล้วก็ยังสามารถทำอันตรายได้

ตัวอย่างเช่น เลเซอร์อาร์กอน ขนาด 2 วัตต์ หรือ นีโอติเมียมแฉีกเลเซอร์ชนิดพัลส์ 20 นาโนวินาที ที่มีความเข้ม 1 จูลต่อตารางเซนติเมตร โดยการใช้งานกับเลเซอร์เหล่านี้มีมาตรการโดยทั่วไปคล้ายกับระดับที่ 3 แต่จะรัดกุมยิ่งขึ้น เช่น ต้องใช้กุญแจในระบบควบคุมการเปิดปิดเลเซอร์

อย่ามองเข้าไปในลำแสงเลเซอร์หรือแสงสะท้อนของเลเซอร์!

หมายเหตุ: กฎเกณฑ์ในการแบ่งระดับชั้นของเลเซอร์มีความแตกต่างกันไปตามประเทศ เช่น อังกฤษ หรือยุโรป ก็มีระบบหนึ่งในสหรัฐอเมริกา แต่ละรัฐก็อาจมีระบบที่ต่างกัน แต่ที่ต่างกันเฉพาะตรงข้อปลีกย่อยเท่านั้น ประเด็นหลักต่าง ๆ ยังคงเหมือนกัน เช่น เลเซอร์ชนิดพัลส์กำลังสูง จะเป็นระดับที่ 4 เสมอ

ความปลอดภัยเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าจากเลเซอร์

ถ้าหากจะมีคนเสียชีวิตเนื่องจากเลเซอร์ ก็คงไม่ใช่สาเหตุจากลำแสง แต่คงเป็นเพราะถูกไฟดูดทั้งจากตัวเลเซอร์และที่เกิดจาก แหล่งจ่ายไฟให้แก่เลเซอร์ ทั้งนี้ก็เพราะเลเซอร์บางชนิดจะทำงานที่ความต่างศักย์สูงมากเป็นกิโลโวลต์ และกระแสไฟมากพอจนสามารถทำให้เสียชีวิตได้ เช่น เลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์

นอกจากนี้เลเซอร์ชนิดพัลส์ ยังมีการใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่มาก เพื่อทำหน้าที่ให้พลังงานจำนวนมากในช่วงเวลาสั้น ๆ แก่หลอดแฟลช ตัวเก็บประจุจะเป็นสาเหตุของอันตรายหลายอย่างที่เกิดขึ้น เช่น การไปสัมผัสแล้วเกิดการคายประจุผ่านผู้ไปสัมผัส หรือการระเบิดของตัวเก็บประจุ ดังนั้นในการทำงานเกี่ยวกับเลเซอร์ อาจจะมีปัญหาหรืออันตรายจากกระแสไฟฟ้า ต้องอาศัยความระมัดระวัง

หลักในการทำงานทั่ว ๆ ไปมีดังนี้

1. ในการทำงานเกี่ยวกับเลเซอร์ ก่อนจะจับหรือทำอะไร ให้คิดก่อนว่ามือของเราจะไปถูกอะไรหรือไม่
2. เมื่ออยู่ในห้องของคนอื่นที่มีการใช้งานเกี่ยวกับเลเซอร์ อย่าคิดว่าทุกอย่างจะปลอดภัย เพราะอาจจะมีสายไฟที่เปลือยอยู่แต่มีไฟ ควรถามก่อนจับอะไรในห้องทดลองคนอื่น
3. จำไว้เสมอว่าเลเซอร์ที่ออกจากผู้ผลิตและเลเซอร์ที่มาอยู่ในห้องของผู้ใช้ อาจมีสภาพแตกต่างกัน เช่น ระบบ interlock ซึ่งเป็นระบบป้องกัน อาจจะถูกตัดวงจรโดยผู้ใช้ เพื่อความสะดวกในการซ่อมแซมหรือปรับปรุง เพราะฉะนั้น เมื่อเกิดปัญหา เลเซอร์ก็อาจไม่เปิดเอง เพราะไม่มีระบบ interlock ที่ดีแล้ว
4. ไม่ควรทำงานคนเดียว ถ้าต้องทำงานกับเลเซอร์กำลังสูง เพราะการมีเพื่อนอยู่ด้วยจะช่วยทั้งเตือนเราก่อนเกิดปัญหา และช่วยเราเมื่อเกิดปัญหาแล้ว
5. ถ้าเกิดปัญหาขึ้นแล้ว เช่น เพื่อถูกไฟดูด ให้ตัดกระแสไฟก่อน แล้วนำเพื่อนออกจากสายไฟ โดยการใช้นวนผลักหรือดิ่งเพื่อนออกมา ระวังอย่าให้เราถูกไฟดูดด้วย แล้วรีบนำเพื่อนส่งโรงพยาบาลทันที
6. ถ้าเลเซอร์มีระบบหล่อเย็น ระวังกรณีที่ไฟรั่วลงน้ำหรือน้ำรั่วไปหาไฟ เพราะเกิดขึ้นได้ง่าย โดยเฉพาะเลเซอร์ที่ใช้งานนาน ๆ ซึ่งระบบป้องกันรั่วต่าง ๆ เริ่มเสื่อมสภาพแล้ว
7. ถ้ามีตัวเก็บประจุ อย่างลึ้มคายประจุก่อนทำงานต่าง ๆ ทุกครั้ง

เอกสารอ้างอิง

1. http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/Optics/basic_laser1-5.htm

ชื่อคลิปวิดีโอ : Semiconductor Laser - inventor Bob Hall - YouTube

Download from : <http://www.youtube.com/watch?v=B-YqLfzY6gs>