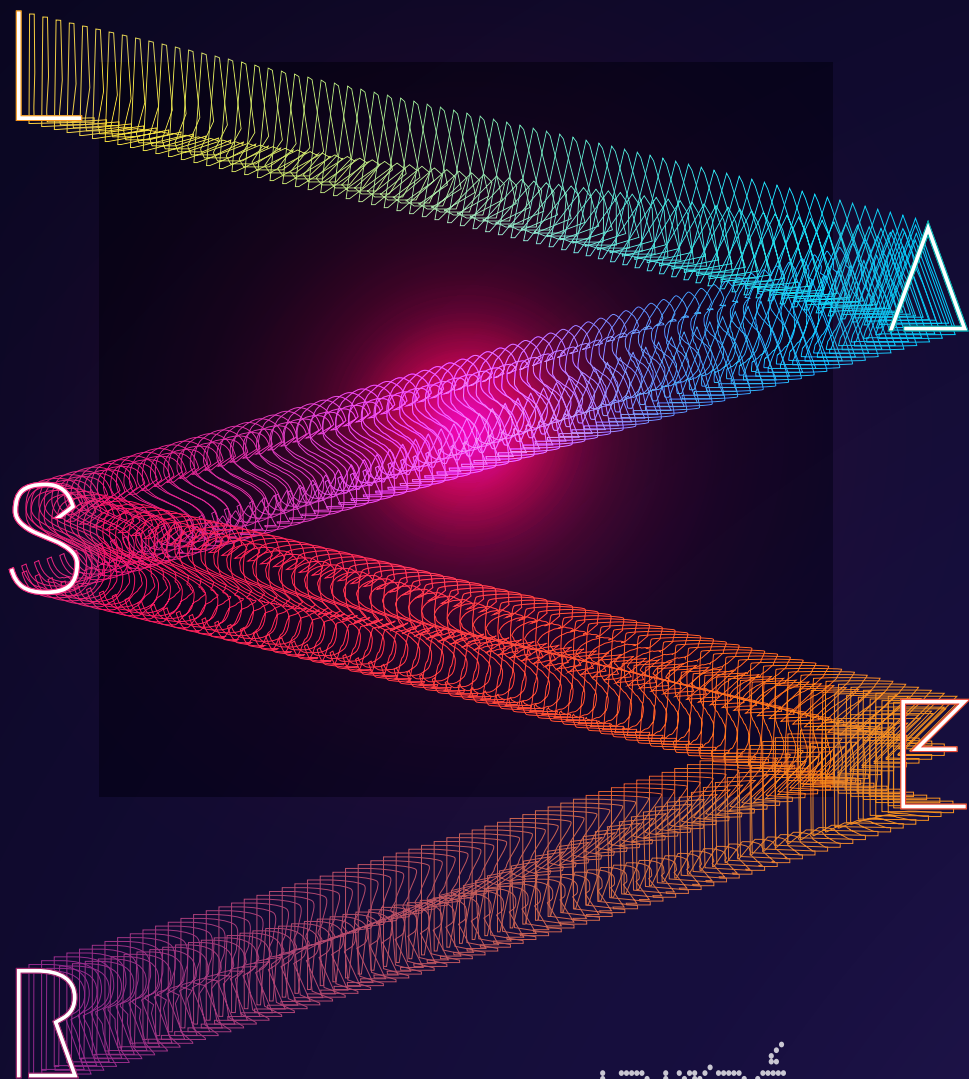




เรเซอ์

อรณิชา คงวุฒิ
พัฒนศรีภุย์ เลหาไพบุลย์

เลเซอร์

LASER

เลเซอร์ LASER

อรณิชา คงวุฒิ
พัฒนศรัณย์ เลขาไฟบูลย์

 **สำนักพิมพ์**
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2568

250.-

อรณิชา คงวุฒิ

เลเซอร์ / อรณิชา คงวุฒิ และ พัฒน์ศรีญ์ เลหาไพบุลย์

1. เลเซอร์. I. พัฒน์ศรีญ์ เลหาไพบุลย์.

621.366

ISBN (e-book) 978-616-626-755-6

Q 75/28/2568



assunkaawithar suksim

Knowledge to All

www.cupress.chula.ac.th

หนังสือเล่มนี้ผ่านการตรวจคุณภาพวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิของสำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จัดทำโดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรณิชา คงวุฒิ

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

E-mail: ornicha.k@kru.ac.th

ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2568 [CUP6806-209K]

บรรณาธิการอำนวยการ : รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์

กองบรรณาธิการฝ่ายวิชาการ : ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.ปิยนดา บุนนาค

ศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ เดชะอำไพ

ศาสตราจารย์ นายแพทย์วิชญ์ พันธุ์เจริญ

รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พันธุ์ เดชะคุปต์

ผู้ประสานงาน : วาสนา ชำเ็น

พิสูจน์อักษร : พุรกอน สลาม

ออกแบบปกและรูปเล่ม : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สั่งซื้อได้ที่

ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

<http://www.chulabook.com>

โทร. 08-6323-3703-4

customer@cubook.chula.ac.th, info@cubook.chula.ac.th

Apps: CU-eBook Store

คำนำ

เลเซอร์ (LASER - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) เป็นหนึ่งในนวัตกรรมที่ปฏิวัติวงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในช่วงกลางศตวรรษที่ 20 การค้นพบนี้เป็นผลมาจากการพัฒนาทฤษฎีควอนตัมและความเข้าใจเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างแสงและสสาร ซึ่งมีรากฐานมาจากงานของ Albert Einstein ในปี 1917 เกี่ยวกับการปล่อยแสงเหนี่ยวนำ (Stimulated Emission) นับตั้งแต่การสาธิตเลเซอร์เครื่องแรกของโลก โดย Theodore Maiman ที่ห้องปฏิบัติการของบริษัท Hughes Aircraft ในปี 1960 โดยใช้ผลึกทับทิม (Ruby) เป็นตัวกลาง เทคโนโลยีนี้ได้พัฒนาอย่างรวดเร็วและแพร่หลายไปทั่วโลก การค้นพบนี้นำไปสู่การพัฒนาเลเซอร์ประเภทต่าง ๆ มากมาย เช่น เลเซอร์แก๊สฮีเลียม-นีออน โดย Ali Javan ในปีเดียวกัน และเลเซอร์สารกึ่งตัวนำในปี 1962 เลเซอร์มีคุณสมบัติพิเศษที่ทำให้แตกต่างจากแหล่งกำเนิดแสงทั่วไป ได้แก่ ความแสงสีเดียว (Monochromatic) ความเป็นโคฮีเรนซ์ (Coherence) ทิศทาง (Directionality) และความเข้มสูง (High Intensity) คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้เลเซอร์มีประโยชน์อย่างมากในการประยุกต์ใช้ด้านต่าง ๆ ตั้งแต่การสื่อสาร การแพทย์ อุตสาหกรรมการผลิต ไปจนถึงการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง ในปัจจุบันเลเซอร์ได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันโดยที่เราอาจไม่รู้ตัวตั้งแต่เครื่องอ่านบาร์โค้ดในซูเปอร์มาร์เก็ต เครื่องพิมพ์เลเซอร์ในสำนักงาน ไปจนถึงระบบสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงที่เชื่อมโยงทั่วโลก นอกจากนี้เลเซอร์ยังมีบทบาทสำคัญในวงการแพทย์ อุตสาหกรรมการผลิต การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีทางทหาร การพัฒนาเทคโนโลยีเลเซอร์ยังคงดำเนินต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพ การลดต้นทุน และการค้นหการประยุกต์ใช้ใหม่ ๆ ในขณะ

เดียวกันก็ต้องคำนึงถึงประเด็นด้านความปลอดภัยและผลกระทบทางสังคมของเทคโนโลยีนี้ด้วย ในขณะที่เรากำลังเข้าสู่ยุคของคอมพิวเตอร์ควอนตัมและนาโนเทคโนโลยี เลเซอร์ก็ยังคงมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนนวัตกรรม การศึกษา และการทำความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีเลเซอร์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร และผู้ที่สนใจในเทคโนโลยีสมัยใหม่

หนังสือเล่มนี้มุ่งนำเสนอภาพรวมของเทคโนโลยีเลเซอร์โดยครอบคลุม ตั้งแต่หลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์ ประเภทของเลเซอร์ การประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ไปจนถึงแนวโน้มการพัฒนาในอนาคต หวังว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นแหล่งความรู้ที่มีคุณค่าและสร้างแรงบันดาลใจให้แก่ผู้อ่านในการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีอันน่าทึ่งนี้ต่อไป

สารบัญ

บทที่ 1 หลักการพื้นฐานของเลเซอร์	1
1.1 ทฤษฎีควอนตัมเบื้องต้น	1
1.2 กลไกการปล่อยแสงในระดับอะตอม	2
1.3 ส่วนประกอบหลักของเลเซอร์	5
1.4 การเปรียบเทียบเลเซอร์กับแสงธรรมดา	8
1.5 นิยามของโคฮีเรนซ์	13
1.6 การสังเคราะห์สสารด้วยเลเซอร์	14
 บทที่ 2 หลักการทำงานและการออกแบบของเลเซอร์	 21
2.1 ทฤษฎีการขยายแสงและการออกแบบเรโซเนเตอร์	21
2.2 การเลือกวัสดุตัวกลางและระบบปั๊ม	25
2.3 การออกแบบและการประกอบระบบเลเซอร์	28
2.4 เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพลำแสงเลเซอร์	31
2.5 การออกแบบระบบเลเซอร์สำหรับการสังเคราะห์สสาร	34
 บทที่ 3 ประเภทของเลเซอร์	 41
3.1 เลเซอร์ของแข็ง	41
3.2 เลเซอร์แก๊ส	47
3.3 เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ	49
3.4 เลเซอร์สารเคมี	53
3.5 เลเซอร์อื่น ๆ	55
3.6 การประยุกต์ใช้เลเซอร์ประเภทต่าง ๆ ในการสังเคราะห์สสาร	57

บทที่ 4 การวัดและการวิเคราะห์คุณลักษณะของเลเซอร์	61
4.1 การวัดกำลังและพลังงานของเลเซอร์	61
4.2 การวิเคราะห์โหมดและโปรไฟล์ลำแสง	65
4.3 การวัดความกว้างของสเปกตรัมและความยาวคลื่น	68
4.4 เทคนิคการตรวจสอบความเสถียรและการควบคุมเลเซอร์	71
4.5 การวัดและควบคุมระบบเลเซอร์สำหรับการสังเคราะห์สสาร	74
บทที่ 5 การบำรุงรักษาและการแก้ไขปัญหาในระบบเลเซอร์	81
5.1 การตรวจสอบและบำรุงรักษาส่วนประกอบเลเซอร์	81
5.2 การปรับแต่งและการปรับเทียบระบบเลเซอร์	89
5.3 คำแนะนำในการยืดอายุการใช้งานของเลเซอร์	94
บทที่ 6 การประยุกต์ใช้งานเลเซอร์	101
6.1 การใช้เลเซอร์ในอุตสาหกรรม	102
6.2 การใช้เลเซอร์ในการสื่อสาร	106
6.3 การใช้เลเซอร์ในการแพทย์	108
6.4 การใช้เลเซอร์ในการทหาร	111
6.5 การประยุกต์ใช้เลเซอร์ในงานวิจัยและวิทยาศาสตร์พื้นฐาน	115

บทที่ 7 ความปลอดภัยในการใช้งานเลเซอร์	119
7.1 อันตรายจากรังสีเลเซอร์	120
7.2 ระดับความปลอดภัยของเลเซอร์	121
7.3 ความปลอดภัยในการใช้งานเลเซอร์	123
7.4 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลสำหรับการใช้งานเลเซอร์	125
7.5 มาตรฐานความปลอดภัยสากลสำหรับการใช้งานเลเซอร์	126
 บทที่ 8 แนวโน้มการพัฒนาเลเซอร์กำลังสูง และประสิทธิภาพสูง	 131
8.1 การพัฒนาเลเซอร์กำลังสูงและประสิทธิภาพสูง	132
8.2 การประยุกต์ใช้เลเซอร์ในสาขาใหม่ ๆ	135
8.3 ความท้าทายและโอกาสในอนาคต	136
 บทที่ 9 เรื่อง เลเซอร์ในงานศิลปะและความบันเทิง	 141
9.1 การใช้เลเซอร์ในการแสดงแสงสี	141
9.2 เลเซอร์ในการสร้างภาพโฮโลแกรม	144
9.3 เลเซอร์ในการทำเอฟเฟกต์พิเศษในภาพยนตร์	145
9.4 การประยุกต์ใช้เลเซอร์ในงานศิลปะร่วมสมัย	147

บทที่ 10 ผลกระทบของเลเซอร์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	151
10.1 ประโยชน์ของเลเซอร์ต่อการพัฒนาเทคโนโลยี และคุณภาพชีวิต	151
10.2 ความเสี่ยงและข้อกังวลเกี่ยวกับการใช้งานเลเซอร์	156
10.3 ผลกระทบของเลเซอร์ต่อสิ่งแวดล้อม และการจัดการของเสีย	159
10.4 มุมมองทางจริยธรรมและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับเลเซอร์	163
 บรรณานุกรม	 169
 ดัชนีคำค้นหา	 183
 ประวัติผู้เขียน	 185

เลเซอร์เป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในโลกปัจจุบัน แต่การจะเข้าใจการทำงานของเลเซอร์ได้อย่างลึกซึ้งนั้นจำเป็นต้องเริ่มจากพื้นฐานทางฟิสิกส์ที่อยู่เบื้องหลัง ในบทนี้จะสำรวจหลักการสำคัญที่ทำให้เกิดแสงเลเซอร์ เริ่มต้นด้วยการทำความเข้าใจทฤษฎีควอนตัมเบื้องต้นซึ่งอธิบายพฤติกรรมของสสารและพลังงานในระดับอะตอมและโมเลกุล จากนั้นจะศึกษากลไกการปล่อยแสงเหนี่ยวนำซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการก่อกำเนิดแสงเลเซอร์ และปิดท้ายด้วยการทำความเข้าใจส่วนประกอบหลักของเลเซอร์ การเรียนรู้เนื้อหาในบทนี้จะช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจกลไกพื้นฐานที่ทำให้เกิดแสงเลเซอร์ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับชนิดและการประยุกต์ใช้เลเซอร์ในบทต่อไป

1.1 ทฤษฎีควอนตัมเบื้องต้น

หัวใจสำคัญของการทำความเข้าใจการก่อกำเนิดแสงเลเซอร์คือ ทฤษฎีควอนตัม ซึ่งเป็นทฤษฎีที่อธิบายพฤติกรรมของสสารและพลังงานในระดับอะตอมและโมเลกุล (Duart, 2016) โดยมีสมมติฐานหลักที่สำคัญดังนี้

1. พลังงานของระบบถูกแบ่งออกเป็นหน่วยย่อยที่เรียกว่า “ควอนตัม” (Quantum) โดยขนาดของควอนตัมพลังงานจะมีค่าเท่ากับ hf เมื่อ h คือ ค่าคงตัวของพลังค์ (6.626×10^{-34} จูล-วินาที (J.s)) และ f คือ ความถี่ของการสั่นในหน่วยเฮิร์ตซ์ (Hz)

2. อิเล็กตรอนในอะตอมสามารถมีพลังงานได้เพียงบางค่าที่เป็นไปตามระดับพลังงานของอะตอม ถ้าอิเล็กตรอนได้รับพลังงานเพิ่มเข้าไปก็จะเปลี่ยนระดับขึ้นไปสู่สถานะที่มีพลังงานสูงกว่า ในทางกลับกันถ้าอิเล็กตรอนคายพลังงานออกมาก็จะเปลี่ยนระดับลงมาสู่สถานะที่มีพลังงานต่ำกว่า

3. การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนจะมีการดูดกลืนหรือปล่อยพลังงานออกมาในรูปของโฟตอนซึ่งเป็นอนุภาคมูลฐานของแสง โดยพลังงานของโฟตอนจะมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างระดับพลังงานเริ่มต้นและระดับพลังงานสุดท้ายของอิเล็กตรอนความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีควอนตัมนี้จะทำให้เข้าใจถึงกลไกการปล่อยแสงเหนี่ยวนำซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการก่อกำเนิดแสงเลเซอร์ได้ดียิ่งขึ้น

1.2 กลไกการปล่อยแสงในระดับอะตอม

ในการทำความเข้าใจการทำงานของเลเซอร์ต้องเริ่มจากการเข้าใจระดับพลังงานของอะตอมและกลไกการปล่อยแสงแบบต่าง ๆ (Davis, 2021) ดังนี้

1.2.1 ระดับพลังงานของอะตอม

อิเล็กตรอนในอะตอมสามารถมีพลังงานได้เฉพาะบางค่าเท่านั้น เรียกค่าพลังงานที่เป็นไปได้เหล่านี้ว่า “ระดับพลังงาน” (Energy Levels) โดยทั่วไปแบ่งเป็น

- ระดับพื้น (Ground State) คือระดับพลังงานต่ำสุดที่อิเล็กตรอนสามารถอยู่ได้อย่างเสถียร
- ระดับกระตุ้น (Excited States) คือระดับพลังงานที่สูงกว่าระดับพื้น ซึ่งอิเล็กตรอนสามารถถูกกระตุ้นให้ขึ้นไปอยู่ได้

1.2.2 กลไกการดูดกลืนและปล่อยแสง

เมื่ออะตอมมีปฏิสัมพันธ์กับแสงสามารถเกิดกระบวนการได้ 3 แบบ ดังนี้

1. การดูดกลืนแสง (Absorption)

- เกิดขึ้นเมื่อโฟตอนที่มีพลังงานพอดีกับผลต่างระหว่างระดับพลังงานมากระทบกับอะตอมที่อยู่ในสถานะพื้น
- อิเล็กตรอนจะดูดกลืนโฟตอนและถูกกระตุ้นขึ้นไปสู่ระดับพลังงานที่สูงกว่า

2. การปล่อยแสงแบบธรรมชาติ (Spontaneous Emission)

- เกิดขึ้นเมื่ออิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับกระตุ้นสลายตัวลงสู่ระดับพลังงานต่ำกว่าโดยธรรมชาติ
- มีการปล่อยโฟตอนที่มีพลังงานเท่ากับผลต่างของระดับพลังงาน
- ทิศทางและเฟสของแสงที่ปล่อยออกมาเป็นแบบสุ่ม
- เป็นกระบวนการที่พบได้ในแหล่งกำเนิดแสงทั่วไป เช่น หลอดไฟดวงอาทิตย์

3. การปล่อยแสงเหนี่ยวนำ (Stimulated Emission)

- เกิดขึ้นเมื่อโฟตอนที่มีพลังงานเหมาะสมมากระทบอะตอมที่อยู่ในสถานะกระตุ้น
- ทำให้อิเล็กตรอนปล่อยโฟตอนที่มีคุณสมบัติเหมือนโฟตอนที่มากระตุ้นทุกประการ (ทั้งความถี่ เฟส และทิศทาง)
- เป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดแสงเลเซอร์

1.2.3 การปล่อยแสงเหนี่ยวนำในเลเซอร์

การทำงานของเลเซอร์อาศัยกระบวนการปล่อยแสงเหนี่ยวนำเป็นหลัก โดยมีขั้นตอนสำคัญดังนี้

1. การทำให้เกิดสภาวะการผกผันประชากร (Population Inversion)
 - ในสภาวะปกติจำนวนอะตอมในสถานะพื้นมีมากกว่าในสถานะกระตุ้น

- ต้องใช้วิธีการปั๊มพลังงาน (Pumping) เพื่อทำให้จำนวนอะตอมในสถานะกระตุ้นมีมากกว่าสถานะพื้น

- สภาวะที่จำนวนอะตอมในสถานะกระตุ้นมีมากกว่าสถานะพื้นเรียกว่า การผกผันประชากร (Population Inversion)

2. การขยายแสงด้วยการปล่อยแสงเหนี่ยวนำ

- เมื่อโฟตอนเริ่มต้นมากระทบอะตอมในสถานะกระตุ้นจะทำให้เกิดการปล่อยแสงเหนี่ยวนำ

- โฟตอนที่ปล่อยออกมาจะมีคุณสมบัติเหมือนกับโฟตอนเริ่มต้นทุกประการ

- โฟตอนที่เพิ่มขึ้นจะไปกระตุ้นอะตอมอื่น ๆ ต่อ ทำให้เกิดการขยายแสงแบบลูกโซ่

- ใช้กระจกสะท้อนในระบบเรโซเนเตอร์ (Resonator) เพื่อให้เกิดการขยายแสงซ้ำ ๆ จนได้ลำแสงเลเซอร์ที่มีความเข้มสูง

ด้วยกลไกนี้ทำให้แสงเลเซอร์มีคุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างจากแสงธรรมดา คือ มีความเป็นโคฮีเรนต์สูง (มีเฟสสัมพันธ์กัน) มีทิศทางการเดินทางที่แน่นอน (เป็นลำแสงขนาน) และมีความบริสุทธิ์ของความถี่สูง

1.3 ส่วนประกอบหลักของเลเซอร์

ระบบเลเซอร์โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ ตัวกลางแอททิฟ กลไกการปั๊มพลังงาน และเรโซเนเตอร์อปติคัล ดังนี้

1. ตัวกลางแอททิฟ (Active Medium) คือบริเวณแหล่งสะสมแก๊ส (Gas Reservoir) หรือส่วนที่บรรจุแก๊สในหลอดแก๊สนี้จะเป็นตัวกลางที่ถูกกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยแสงเลเซอร์

2. กลไกปั๊มพลังงาน (Pumping Mechanism) ประกอบด้วยส่วนแคโทด (Cathode) และขั้วแอโนด (Anode Lead) การปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านแก๊สระหว่างขั้วทั้งสองจะทำให้เกิดการกระตุ้นอะตอมของแก๊ส

3. เรโซเนเตอร์ (Resonator) (Temples, 2024) ประกอบด้วยกระจกเต็ม (Full Mirror) ที่ปลายด้านหนึ่ง และกระจกบางส่วน (Partial Mirror) ที่ปลายอีกด้าน กระจกทั้งสองทำหน้าที่สะท้อนแสงไปมาเพื่อเพิ่มความเข้มของลำแสงเลเซอร์โดยบางส่วนจะทะลุผ่านกระจกบางส่วนออกมาเป็นลำแสงเลเซอร์

1.3.1 ตัวกลางแอททิฟ (Active Medium)

ตัวกลางแอททิฟเป็นส่วนประกอบหลักที่ใช้ในการก่อกำเนิดแสงเลเซอร์โดยอาจอยู่ในสถานะของแก๊ส ของเหลว ของแข็ง หรือสารกึ่งตัวนำ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่ได้จากการปั๊มให้เป็นพลังงานแสงผ่านกระบวนการปลดปล่อยแสงเหนี่ยวนำ

คุณสมบัติของตัวกลางแอททิฟจะเป็นตัวกำหนดความยาวคลื่นพลังงาน และลักษณะของแสงเลเซอร์ที่ผลิตได้ ตัวกลางแอททิฟบางชนิดที่นิยมใช้ในเลเซอร์ทั่วไป ได้แก่

1. แก๊สผสมของฮีเลียม-นีออน ใช้ในเลเซอร์สีแดง (Stewart, 2021)
2. ผลึกอัญมณี เช่น ทับทิม อะลูมินัม (Al) ใช้ในเลเซอร์สีแดงและอินฟราเรด
3. สารกึ่งตัวนำ เช่น แกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) ใช้ในเลเซอร์ไดโอด (Diode Laser) ที่ให้แสงในช่วงสีแดงถึงอินฟราเรด
4. สารย้อมอินทรีย์ ใช้ในเลเซอร์สารเคมีซึ่งให้แสงในช่วงสีต่าง ๆ ได้หลากหลาย

1.3.2 กลไกการปั๊มพลังงาน (Pumping Mechanism)

การปั๊มพลังงานคือวิธีการที่ใช้กระตุ้นให้ตัวกลางเอกทิฟเกิดสภาวะการผกผันประชากร (Population Inversion) ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ทำให้เกิดการปล่อยแสงเหนี่ยวนำ โดยวิธีการปั๊มพลังงานอาจแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

1. การปั๊มด้วยแสง (Optical Pumping) ใช้แสงความเข้มสูงจากหลอดไฟหรือเลเซอร์อีกตัวหนึ่งมากระตุ้นตัวกลางเอกทิฟเป็นวิธีที่ใช้กับเลเซอร์แก๊ส เลเซอร์ของแข็ง และเลเซอร์เส้นใยแก้ว
2. การปั๊มด้วยไฟฟ้า (Electrical Pumping) ใช้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวกลางเอกทิฟเพื่อกระตุ้นให้เกิดการปล่อยแสง เป็นวิธีปั๊มพลังงานหลักของเลเซอร์สารกึ่งตัวนำ
3. การปั๊มด้วยเคมี (Chemical Pumping) ใช้พลังงานจากปฏิกิริยาเคมีของสารตัวกลางในการกระตุ้นให้เกิดการปล่อยแสง นิยมใช้ในเลเซอร์สารเคมีและเลเซอร์แก๊สบางประเภท

1.3.3 เรโซเนเตอร์ออปติคัล (Optical Resonator)

เรโซเนเตอร์ออปติคัลเป็นโครงสร้างสำคัญที่ใช้ควบคุมการสะท้อนและผ่านของแสงเลเซอร์ภายในตัวกลางแอคทีฟทำให้เกิดการขยายกำลังแสงเนื่องจากการปล่อยแสงเหนี่ยวนำซ้ำ ๆ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยกระจก 2 บาน (Irsch, 2024; Pandey, 2024) ได้แก่

1. กระจกสะท้อนแสงทั้งหมด (Fully Reflective Mirror) ทำหน้าที่สะท้อนแสงเลเซอร์กลับเข้าไปในตัวกลาง

2. กระจกกึ่งโปร่งแสง (Partially Transmissive Mirror) ยอมให้แสงบางส่วนสะท้อนกลับเข้าไปขยายในตัวกลางและบางส่วนผ่านออกมาเป็นลำแสงเลเซอร์ที่นำไปใช้งาน

นอกจากนี้ยังอาจมีการใช้อุปกรณ์ออปติคัลอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น เลนส์ โฟกัส ตัวกรองสเปกตรัม อุปกรณ์ควบคุมโพลาไรเซชันของแสง ฯลฯ เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิภาพของลำแสงเลเซอร์ที่ออกมาจากระบบการออกแบบโครงสร้างเรโซเนเตอร์ที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขยายแสง ควบคุมทิศทางการเดินทางของลำแสงและปรับปรุงคุณภาพของลำแสงเลเซอร์ให้มีความเข้มสูงและมีเชิงมุมแคบ (แสงโคฮีเรนต์) ซึ่งเป็นสมบัติพิเศษเฉพาะของแสงเลเซอร์ที่แตกต่างจากแสงธรรมดา

ส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนนี้จะทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบเพื่อก่อให้เกิดลำแสงเลเซอร์ที่มีความเข้มสูง มีทิศทางที่แน่นอน และมีคุณสมบัติพิเศษอื่น ๆ สำหรับใช้งานในด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย โดยในบทต่อไปจะได้ทำความรู้จักกับรายละเอียดของเลเซอร์ประเภทต่าง ๆ และการประยุกต์ใช้เลเซอร์ในหลายสาขาเพื่อให้เข้าใจถึงศักยภาพของเทคโนโลยีเลเซอร์ได้มากยิ่งขึ้น

1.4 การเปรียบเทียบเลเซอร์กับแสงธรรมดา

เพื่อทำความเข้าใจคุณสมบัติพิเศษของแสงเลเซอร์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะเปรียบเทียบแสงเลเซอร์กับแสงจากแหล่งกำเนิดธรรมดา เช่น หลอดไส้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือแสงอาทิตย์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

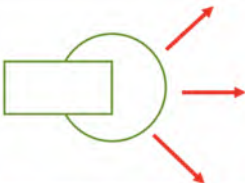
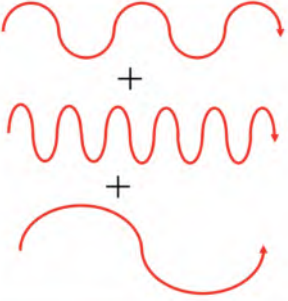
1.4.1 ความเป็นแสงโคฮีเรนซ์

แสงธรรมดา : แสงจากหลอดไฟหรือดวงอาทิตย์จะกระจายออกจากแหล่งกำเนิดในทุกทิศทาง เมื่อแสงเดินทางไปไกลจากแหล่งกำเนิดความเข้มของแสงจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการกระจายตัวของแสง การทำให้แสงเป็นลำคู่ขนานได้ต้องอาศัยอุปกรณ์เพิ่มเติม เช่น เลนส์หรือกระจกโค้ง และก็ยากที่จะรักษาความเป็นลำคู่ขนานให้คงอยู่ในระยะทางไกล ๆ

แสงเลเซอร์ : แสงเลเซอร์เป็นแสงโคฮีเรนซ์ที่มีการกระจายของทิศทางต่ำมาก สามารถเดินทางได้ในระยะทางไกลโดยที่ความเข้มของแสงเกือบไม่ลดลงทำให้สามารถส่งพลังงานไปยังเป้าหมายที่ระยะไกลได้อย่างมีประสิทธิภาพ การกระจายตัวของแสงต่ำจึงเหมาะสำหรับใช้ในงานที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น การเจาะ ตัด สลักวัสดุ การส่องลำแสงในงานสำรวจ ฯลฯ คุณสมบัตินี้ทำให้สามารถใช้ลำแสงเลเซอร์ในการส่งข้อมูลระยะไกล ตัด เจาะ หรือทำลายวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะพลังงานจะถูกส่งไปยังบริเวณเป้าหมายได้อย่างแม่นยำโดยไม่สูญเสียไปกับบริเวณข้างเคียง

ภาพที่ 1.1 แสดงความแตกต่างระหว่างแสงทั่วไป (คอมไฟ และอื่น ๆ) และแสงเลเซอร์จะปล่อยลำแสงที่มีความแน่นอนของทิศทางสูงหมายความว่าองค์ประกอบของคลื่นแสงจะเดินทางด้วยกันเป็นเส้นตรง โดยแทบไม่มีองค์ประกอบใดออกนอกทิศทาง แหล่งกำเนิดแสงทั่วไปจะปล่อยคลื่นแสงที่กระจาย

ออกทุกทิศทาง คลื่นแสงในลำแสงเลเซอร์เป็นสีเดียวกันทั้งหมด (คุณสมบัติที่เรียกว่า แสงสีเดียว) แสงทั่วไป (เช่น แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์) มักเป็นส่วนผสมระหว่างสีต่าง ๆ ที่รวมกันจนปรากฏเป็นสีขาวเมื่อคลื่นแสงในลำแสงเลเซอร์เดินทางจุดสูงสุดและร่องคลื่นจะสั่นไปพร้อมกันลักษณะนี้เรียกว่า โคฮีเรนซ์ (Coherence) เมื่อนำลำแสงเลเซอร์สองลำมาซ้อนทับกัน จุดสูงสุดและร่องคลื่นแสงในแต่ละลำแสงจะเสริมกันและกันเพื่อสร้างรูปแบบการรบกวน

แสงธรรมดา	แสงเลเซอร์
	
	

ภาพที่ 1.1 เปรียบเทียบการกระจายของแสงเลเซอร์และแสงธรรมดา