

En 1958, deux physiciens théoriciens du Bell Labs aux USA, Charles Townes et Arthur Schawlow, publient un article qui expose la théorie relative à la production d'une nouvelle forme de lumière : le rayonnement LASER

En 1960, un autre chercheur américain, Théodore Maiman², met en évidence pour la première fois expérimentalement l'observation d'un faisceau laser dans un cristal de Rubis à 694,3 nm

Un an plus tard, Ali Javan met au point un laser au gaz (hélium et néon) puis en 1966, Peter Sorokin construit le premier laser à liquide.

laser : a ouvert la voie à de nombreux domaines de la physique comme l'optique non linéaire

Laser = très intéressant :

- cohérence spatiale : permet de produire des faisceaux avec un parallélisme très poussé ou de produire des faisceaux avec focalisés à la limite de ce que permet la mécanique quantique - ce qui permet d'atteindre sur une très petite surface une intensité lumineuse énorme de l'ordre du MW/cm² (la puissance lumineuse reçue du soleil par la terre est de 0,1 W/cm²)
- cohérence temporelle : la fréquence et la longueur d'onde du rayonnement sont extrêmement bien définies. La lumière laser est extrêmement concentrée dans le temps : on peut atteindre des puissances lumineuses crête de l'ordre du térawatt

4 éléments fondamentaux constituent un laser :

- système de pompage : prépare le milieu amplificateur dans un état quantique tel que le gain soit assez grand. Il apporte au milieu amplificateur. L'énergie est fournie soit par une décharge électrique, par un courant électrique, réaction chimique, source de lumière, ...
- cavité laser : elles sont de plusieurs types (linéaires, anneaux, ...) et doit obéir à certaines contraintes géométriques assez complexes afin de bien garder le faisceau laser confiné proche de l'axe optique (stabilité d'une cavité)

seules certaines formes de l'onde se propagent dans la cavité : modes de la cavité

pour décrire précisément le comportement de la lumière dans une cavité, la notion de rayon lumineux ne suffit plus et il faut introduire celle d'onde lumineuse. Une des ondes particulièrement importante dans les lasers est celle du faisceau gaussien qui correspond au mode possible le plus simple dans les cavités lasers (propagation guidée, conditions aux limites => modes de propagation)

Formule de conjugaison des waists : on peut utiliser une lentille pour modifier et adapter la dimension d'un faisceau par exemple pour faire en sorte que son rayon corresponde à celui d'un diaphragme ou d'un système optique particulier

Une onde peut s'établir de manière stable dans une cavité ssi elle se retrouve identique à elle-même après un parcours complet de la cavité donc avec le même rayon de courbure complexe (rayon de courbure de la phase)

Page 33 :

modes spectraux d'une cavité laser ; une onde peut s'établir de manière stable dans une cavité ssi elle se retrouve en phase avec elle-même après un parcours complet de cavité : le temps dt de parcours complet de la cavité est égal à un nombre entier de fois la période T de l'onde : il existe des interférences constructives dans la cavité entre l'onde se propageant dans un sens et celle se propageant en retour dans l'autre sens (ondes stationnaires pour une cavité linéaire)

Dans la pratique le fonctionnement spectral du laser est défini par le couple cavité + milieu amplificateur choisi

modes spatiaux / modes transverses : un faisceau laser réel est une combinaison linéaire de ces modes transverses

Prérequis :

- faisceaux gaussiens ?

I) Principe de base des amplificateurs lasers

p 40

L'effet laser est possible s'il existe un système capable d'amplifier l'intensité d'une onde lumineuse

-> lien entre faisceau gaussien et largeur spectrale ?

1) Interaction matière-rayonnement

rappels : page 40 à 42

2) Profil spectral - coefficients d'Einstein ?

page 45

notion de milieu à élargissement spectral homogène et inhomogène

3) Amplification d'une onde par un milieu à élargissement spectral homogène

page 52

4) Gain total du milieu amplificateur ?

page 56

II) Théorie du laser

1) Réalisation de l'inversion de population ?

cf TD 4 : un système à 2 niveaux ne permet pas de réaliser l'inversion de population

page 62-63

2) Pertes de la cavité

page 63

3) Sélectivité d'une cavité

page 68 mais aussi chapitre sur les cavités laser

cf page 69 - fin

Application thermique et méca des lasers : 100 expériences de physique (livre jaune)