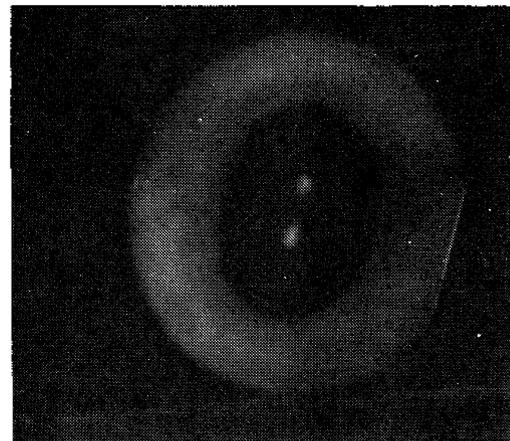


Diodes superluminescentes

Il est apparu récemment qu'une limite à la sensibilité des capteurs à fibre optique (gyromètres etc...) utilisant l'effet Sagnac provient de la trop grande cohérence temporelle des sources de rayonnement utilisées habituellement, des diodes laser. D'où l'idée, maintenant bien admise d'employer des sources incohérentes. La difficulté vient, cependant, de ce que la cohérence spatiale reste nécessaire pour injecter efficacement de la lumière dans une fibre monomode.

« Champ lointain d'une fibre optique monomode à maintien de polarisation linéaire et à cœur elliptique ».



« Coupleur directionnel dans une fibre optique à deux cœurs (vue sous microscope) ».

que n'existe plus, néanmoins, le rayonnement spontané émis à l'intérieur du dispositif est amplifié par émission stimulée lorsque le courant injecté est assez élevé.

Un travail d'optimisation a conduit à choisir une longueur de 1 à 200 μm pour une distance entre faces clivées de 500 μm . Une couche antireflet $\lambda/4$ en alumine est finalement déposée sur la face clivée de sortie, à la fois dans un but de passivation et pour augmenter le rendement.

Caractéristiques des D.S.L. réalisées au L.C.R.

Les caractéristiques P/I (puissance optique en fonction du courant injecté) pour plusieurs températures sont représentées sur la figure n° 2. Elles pré-

Les diodes superluminescentes (D.S.L.) étudiées au *Laboratoire Central de Recherches de Thomson-CSF (L.C.R.)* sont une solution à ce problème. Ce sont des composants optoélectroniques nouveaux, dérivés des Diodes-Laser (D.L.) par suppression de la réaction positive due à la réflexion sur les faces clivées de sortie du rayonnement qui permet le fonctionnement en laser.

Réalisation des D.S.L.

Les couches épitaxiales en Gallium Aluminium Arsenic (GaAlAs) utilisées pour la fabrication des D.S.L. sont dé-

posées par épitaxie en phase vapeur à partir des composants organométalliques sous basse pression et sont semblables à celles destinées aux D.L.

A partir de ces couches épitaxiales les D.S.L. sont réalisées suivant le schéma de la figure 1.

La région active en forme de ruban de largeur w et de longueur l est définie par implantation de protons rendant localement le matériau isolant. Elle aboutit à une des faces clivées de la puce de semiconducteur mais, à la différence des D.L., ne s'étend pas jusqu'à l'autre face dont elle est séparée par une zone optiquement absorbante. Par suite, la cavité Fabry-Pérot classi-

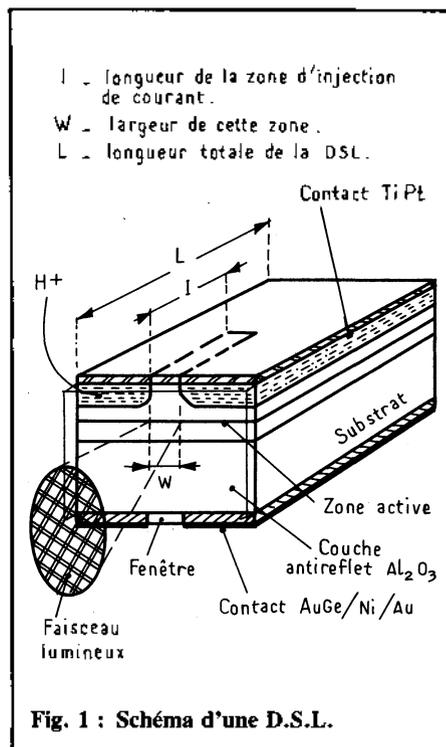
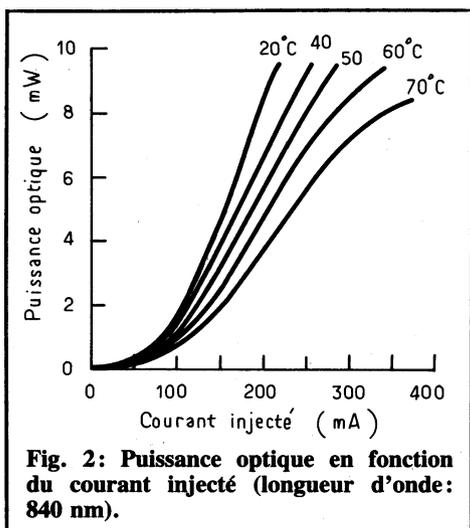


Fig. 1 : Schéma d'une D.S.L.



sentent un seuil beaucoup moins marqué que celui des D.L.

Le diagramme de directivité est analogue à celui des D.L., avec des divergences de 15° et 45° respectivement parallèles et perpendiculaires au plan des jonctions.

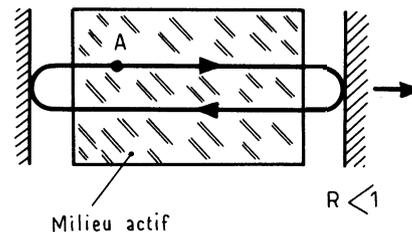
Interferomètre de Fabry-Perot

Tout Laser réunit deux fonctions permettant la génération d'oscillations entretenues aux fréquences optiques:

— un milieu actif, dépendant du type de laser considéré, capable d'amplifier la lumière par émission stimulée (Laser est l'acronyme de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

— un résonateur assurant la rétro-action positive nécessaire au fonctionnement en auto-oscillateur.

Ce résonateur est le plus souvent un interféromètre de Fabry-Perot (du nom des deux opticiens français qui l'inventèrent en 1897) constitué de deux miroirs parallèles dont l'un au moins est partiellement transparent afin de laisser passer la partie du rayonnement destinée à être utilisée. La figure représente schématiquement un laser et montre comment le rayonnement spontané émis par exemple au point A suivant la perpendiculaire commune aux miroirs peut revenir au point A après deux réflexions. Si le gain apporté par le milieu actif, compense les pertes sur le trajet optique aller et retour (y compris celles dues à la réflexion partielle), et si le rayonnement en retour est



en phase avec le rayonnement émis, l'ensemble entre en auto-oscillations et il y a émission de lumière cohérente.

Si les miroirs sont supprimés, remplacés par un absorbant ou si leur coefficient de réflexion est annulé par un traitement optique convenable, le rayonnement spontané peut encore être amplifié et, bien qu'il n'y ait pas d'auto-oscillations, la lumière émise peut garder certaines des propriétés de cohérence: c'est le principe du fonctionnement de la diode superluminescente.

L'effet Sagnac

Le fonctionnement du gyromètre à fibre optique est basée sur l'effet Sagnac (*).

Dans un interféromètre simplifié composé d'un chemin optique circulaire fermé, les ondes se propagent en sens opposé (fig. a). Quand le système est fixe dans un référentiel inertiel, les chemins optiques sont égaux et la lumière se propage à la même vitesse c_v dans les deux sens opposés. Lorsque le système tourne à une vitesse Ω (fig. b), la lame séparatrice se déplace d'une distance $\Delta l = R \cdot \Omega \cdot \tau_v$ pendant un temps τ_v , ce temps τ_v étant égal à:

$$\frac{2 \pi R}{c_v}$$

R étant le rayon du chemin optique.

Du point de vue d'un observateur resté dans le référentiel inertiel, les deux ondes parcourent deux chemins dont les longueurs diffèrent de $2 \Delta l$ alors que leurs vitesses de propagation demeurent identiques.

L'onde contrarotative arrive en avance sur l'onde corotative. L'on constate ainsi un déphasage déterminé par la fréquence de l'onde lumineuse

$$\text{Soit, } \Delta \varphi_v = \omega \cdot \Delta \tau_v = \frac{4 \pi R^2 \Omega \omega}{c_v^2}$$

Le résultat ne change pas quand les ondes se propagent dans un milieu d'indice (n) solide de l'interféromètre.

L'effet Sagnac peut donc être considéré comme une différence de temps de propagation autour d'un anneau en rotation. Cette différence est indépendante de la vitesse du phénomène physique observé. La fréquence de l'onde sert d'horloge très rapide pour

mesurer la très faible différence de temps de l'effet Sagnac. Plus grande est la fréquence, meilleure est la sensibilité du système.

L'interféromètre classique originel a seulement servi à la démonstration de la validité du principe, l'effet — ou le déphasage — Sagnac reste lui encore assez faible. Les progrès réalisés grâce auxquels on réduit les pertes dans les fibres optiques monomodes, ont permis d'augmenter l'effet Sagnac par l'utilisation de bobines de fibres; le déphasage Sagnac est ainsi accru d'une quantité égale au nombre de spires de la bobine.

(*) Au moyen d'un interféromètre en anneau capable de mesurer sa propre rotation par rapport à l'espace inertiel, le physicien français G. Sagnac, a décrit et démontré l'effet qui porte son nom dans une communication faite en 1913 à l'Académie des Sciences.

Le spectre du rayonnement émis par contre est tout à fait différent de celui des D.L.: la longueur d'onde moyenne est de 840 nm et la largeur spectrale de 18 nm. Il ne comporte pas les raies étroites caractéristiques de la cohérence des D.L.

Ces caractéristiques montrent la réunion dans le même composant des propriétés de cohérence spatiale (diagramme de directivité) voisines de celles des D.L., et des propriétés de cohérence temporelle (spectre) semblables à celles des diodes électroluminescentes.

Couplage à une fibre monomode

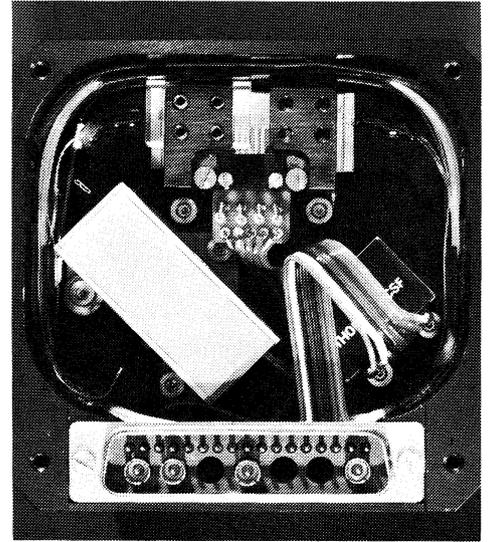
Le couplage entre une D.S.L. et une fibre optique monomode a été effectué au moyen d'une micro-lentille convergente formée par attaque chimique de l'extrémité de la fibre. Un rendement de couplage voisin de 15% a ainsi été obtenu.

Intégration

L'intégration monolithique de plusieurs D.S.L. représente l'une des orientations futures des travaux du L.C.R. dans ce domaine.

L'une des applications: les gyromètres

Au début de cet article, les diodes superluminescentes ont été présentées



« Prototype de gyromètre à fibre optique dont le traitement des signaux est assuré par un circuit optique intégré multifonctions (première réalisation mondiale) ».

comme des sources de rayonnement susceptibles de répondre aux exigences de sensibilité des capteurs à fibre optique. Parmi ces capteurs, les gyromètres représentent un succès incontestable des études et travaux du L.C.R. Outre les diodes superluminescentes, deux autres composants et circuits clés ont participé à ce succès.

— les fibres,
— les circuits optiques intégrés multifonctions.

■ Les fibres utilisées, étudiées au L.C.R., sont des fibres optiques à maintien de polarisation linéaire, enroulables, sans pertes notables, sur un mandrin de faible diamètre (< 10 cm) et à grande durée de vie.

■ L'emploi des circuits optiques intégrés multifonctions dans les gyromètres est une solution originale choisie par le C.L.R. Ces circuits réalisés sur des substrats de niobate de lithium, assurent dans les gyromètres toutes les fonctions de conditionnement et de traitement optiques. Connecté, d'une part, à la bobine de fibres monomode et, d'autre part, à la source de rayonnement et au détecteur, un tel circuit optique intègre plusieurs fonctions actives et passives positionnées par construction : séparateur de faisceaux, filtre de modes, polariseur, modulateurs de phase... Cette approche apporte aux dispositifs des avantages de compacité et de stabilité et la possibilité d'une production de masse par une duplication planar.

ENERTEC
Schlumberger