

## Lifetime and reliability of sensor laser

### Durée de vie et fiabilité du capteur laser

#### Abstract:

Degradation analysis is a crucial issue for the improvement of sensor laser diodes. Degradation occurs in three different modes: rapid, gradual and catastrophic. It can be located inside the cavity or at the facet mirrors. Each type of degradation presents its own signature and different crystal defects appear associated with them. The main physical mechanisms responsible for laser degradation are analyzed showing the relation between the main degradation modes and the different materials properties of the laser structures.

**Keywords:** Lifetime, Laser Sensor, Reliability, Laser Diodes

#### Abstrait:

L'analyse de la dégradation est un enjeu crucial pour l'amélioration des capteurs laser. La dégradation se produit selon trois modes différents: rapide, graduel et catastrophique. Il peut être situé à l'intérieur de la cavité ou au niveau des miroirs à facettes. Chaque type de dégradation présente sa propre signature et différents défauts cristallins apparaissent associés. Les principaux mécanismes physiques responsables de la dégradation du laser sont analysés montrant la relation entre les principaux modes de dégradation et les différentes propriétés des matériaux des structures laser.

#### Explication détaillée:

#### Introduction:

Les diodes laser à capteur couvrent un large spectre d'applications dans tous les types de circuits électroniques et électro-optiques, à partir de son utilisation pour l'ouverture de portes automatiques, ascenseurs électriques, téléviseurs, communications, imprimantes laser, vidéo, ordinateurs, caméras haute résolution et haute résolution. -Analyse de capacité (CCD). Par conséquent, il était nécessaire d'estimer et la fiabilité du capteur laser.

Toutes les applications nécessitent des dispositifs à longue durée de vie, et par conséquent, la fiabilité est un problème très crucial de la technologie des diodes laser à capteur. Un gros effort est consacré à la compréhension des principales causes de panne laser, en vue d'améliorer leur durée de vie et d'étendre le champ de leurs applications. La dégradation des diodes laser se produit dans différents modes, qui ont leur propre signature en fonction de l'architecture et composition du laser. Les lasers les plus courants sont basés sur des hétérostructures AlGaAs / GaAs, InGaAsP / InP et InGaAs / GaAs déformées. Ces lasers ont fait l'objet d'une littérature abondante, en dépit de laquelle une compréhension complète de la dégradation n'est pas encore disponible. Un problème majeur pour parvenir à une telle compréhension est la complexité des structures laser et la diversité des facteurs qui peuvent induire une dégradation. Entre autres, on peut considérer la perfection des substrats, couches et interfaces qui constituent le support matériel du laser, l'architecture des lasers pouvant induire des défauts et des déformations, les étapes de traitement, comme la métallisation et les revêtements à facettes, et l'étape de conditionnement. Ces facteurs, inhérents à la structure du laser, interagissent entre eux et avec des facteurs externes comme la température, l'injection de courant, la puissance optique et l'atmosphère ambiante, conduisant à des mécanismes de dégradation complexes.

## Modes de dégradation :

Une durée de vie de diode laser peut être décrite avec la courbe de baignoire bien connue, qui comprend une période de défaillance précoce, une période de défaillance aléatoire et une période de défaillance d'usure. Les taux de défaillance dans la période de défaillance précoce sont généralement dus à des défauts d'assemblage et de semi-conducteurs majeurs, mais ces dispositifs faibles peuvent être éliminés avec un processus de combustion bien conçu. La période d'échec d'usure est caractérisée par un taux d'échec croissant à la fin de la vie d'un laser. Entre la période de défaillance précoce et la période de défaillance d'usure se trouve la période de défaillance aléatoire, qui représente la durée de vie de la diode avec un taux de défaillance relativement stable. Théoriquement, le temps de défaillance est fonction du courant, de la puissance et de la température de jonction, comme indiqué dans l'équation, où  $I$  est le courant,  $P$  est la puissance,  $A$  est le paramètre d'accélération du courant et de la puissance,  $E_a$  est l'énergie d'activation et  $k$  est la constante de Boltzmann.

$$t(f) = Ae^{(E_a/KT)}$$

Les principaux modes de dégradation sont: les dislocations qui affectent la région interne, la diffusion du métal et la réaction de l'alliage qui affectent l'électrode, l'instabilité de la soudure (réaction et migration) qui affecte les pièces de liaison, la séparation des métaux dans la liaison du dissipateur thermique et les défauts dans l'hétérostructure enterrée. dispositifs. Ces modes sont améliorés par le courant pendant les opérations à température ambiante. Les dommages aux facettes dus à l'oxydation sont renforcés par la lumière ou l'humidité et sont particuliers aux diodes laser.

Notez que pour les photodétecteurs, les mécanismes de dégradation sont différents mais la même relation d'Arrhenius peut être utilisée pour déterminer la durée de vie du dispositif compte tenu des températures de fonctionnement différentes. La même relation s'applique avec l'énergie d'activation d'environ 0,7 eV pour les détecteurs infrarouges. Il est également important de noter que les critères de dégradation de la durée de vie du détecteur sont basés sur la réception d'une sortie de rapport signal / bruit inacceptable à la suite du test de durée de vie en température accélérée.

## References & Academic research

[1] Fukuda, Reliability and Degradation of Semiconductor Lasers and LEDs, MA, Norwood: Artech House, 1991

[2] A 1.3- $\mu\text{m}$  GaInNAs Laser Diode with a Lifetime of over 1000 Hour Masahiko Kondow<sup>1</sup>, Takeshi Kitatani<sup>1</sup>, Tanaka<sup>3</sup> 1999 The Japan Society of Applied Physics

[3] Reliability of Semiconductor Laser Packaging in Space Applications Ivair Gontijo, Yueming Qiu, Andrew A. Shapiro Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology 4800 Oak Grove Drive Pasadena, California, 91109, USA

[4] Watzke, S.; Altieri-Weimar, P. Degradation of silicone in white LEDs during device operation: A finite element approach to product reliability prediction. *Microelectron. Reliab.* 2015, 55, 733–73

[5] Handbook of modern sensor J. Fraden Springer 4ième ed 2010