



Lifetime and reliability of sensor laser

عمر وموثوقية المستشعر الليزري

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

يعد تحليل التدهور من أهم التحاليل لتحسين المستشعرات الليزرية. يحدث التدهور في ثلاثة أنماط مختلفة: سريع وتدرجي و كارثي. يمكن ان يكون التدهور داخل المرئان أو عند المرايا الجانبية. يقدم كل نوع من أنواع التحلل (التدهور) توقيعه الخاص (نمطه) وتظهر عيوب بلورية مختلفة مرتبطة بها. يتم تحليل الآليات الفيزيائية الرئيسية المسؤولة عن تدهور المستشعر لتوضيح العلاقة بين أنماط التحلل (التدهور) الرئيسية وخصائص المواد المختلفة لبنية المستشعر.

المقدمة:

تغطي مستشعرات الليزر مجموعة واسعة من التطبيقات في جميع أنواع الدارات الإلكترونية والكهربائية الضوئية ، بدءًا من استخدامها في فتح الأبواب الأوتوماتيكية ، والمساعدات الكهربائية ، وأجهزة التلفزيون ، والاتصالات ، وطابعات الليزر ، والفيديو ، وأجهزة الكمبيوتر ، إلى الكاميرات كاملة الدقة وعالية الجودة. لذلك كان من الضروري تقدير موثوقية مستشعرات الليزر لتحديد العمر التشغيلي لها. تحتاج جميع التطبيقات إلى أجهزة طويلة العمر ، وبالتالي تعد الموثوقية مسألة حاسمة للغاية في تقنية الليزر. يتم بذل جهد كبير لفهم الأسباب الرئيسية لفشل (تدهور) مستشعرات الليزر ، بهدف تحسين عمرها وتوسيع نطاق تطبيقاتها. يحدث تدهور ثنائيات الليزر في أنماط مختلفة ، والتي لها بصمتها الخاصة. تعتمد أكثر أنواع الليزر شيوعًا على البنية المتجانسة مع $\text{InGaAsP} / \text{InP}$ و $\text{AlGaAs} / \text{GaAs}$ والبنى غير المتجانسة $\text{InGaA} / \text{GaAs}$. كانت هذه الليزر موضوعًا لكتابات واسعة النطاق ، على الرغم من عدم توفر فهم كامل للتدهور حتى الآن. تتمثل المشكلة الرئيسية لتحقيق هذا الفهم في تعقيد بنية الليزر وتنوع العوامل التي يمكن أن تؤدي إلى التدهور. منها بنية الليزر التي يمكن أن تحدث عيوبًا وإجهادًا ، ومراحل المعالجة والتحصير وتصنيع المستشعر ، مثل طلاء المعادن ومرحلة التغليف . تتفاعل هذه العوامل المتأصلة في بنية المستشعر الليزري فيما بينها ومع العوامل الخارجية مثل درجة الحرارة و تيار الحقق والطاقة الضوئية والجو المحيط ، مما يؤدي إلى آليات تدهور معقدة.

أنماط التدهور:

يمكن وصف عمر الليزر بمنحنى حوض الاستحمام المعروف ، والذي يتضمن فترة فشل مبكرة ، وفترة فشل عشوائية ، وفترة فشل تآكل. عادةً ما تكون معدلات الفشل في فترة الفشل المبكرة ناتجة عن عيوب تصنيع المستشعر الليزري من أنصاف النواقل . ولكن يمكن فحص هذه الأجهزة الضعيفة من خلال عملية اخضاع المستشعر الى اختبار اجهاد من رفع درجة حرارة عمله بشكل واضح أو من خلال تشغيله لفترات طويلة تحت تيار تشغيل عال نسبيا . يتميز معامل التسريع بزيادة معدل الفشل في نهاية عمر الليزر. بين فترة الفشل المبكر وفترة فشل التآكل هي فترة الفشل العشوائية ، والتي تمثل عمر تشغيل المستشعر مع معدل فشل ثابت نسبياً. يكون من الناحية النظرية وقت الفشل هو تابع لدرجة الحرارة للوصلة والتيار والطاقة ، كما هو موضح في المعادلة ، حيث I هو التيار ، P هي الطاقة ، A هي معامل التسريع للتيار والطاقة ، Ea هي طاقة التنشيط و k هو ثابت بولتزمان $t(f) = Ae^{(Ea/KT)}$.

أنماط التحلل (التدهور) الرئيسية هي: الانخلاعات البلورية التي تؤثر على المنطقة الداخلية ، وانتشار العيوب التي تؤثر على الأقطاب ، وعدم استقرار اللحام (في الأقطاب) التي تؤثر على أجزاء الوصلة ، وبالتالي فصل المواد في الوصلة نتيجة التشنج الحراري وكذلك بالنسبة للعيوب في البنية غير المتجانسة (طبقة مدفونة بين طبقتين متماثلتين فجوة طاقتها اقل منهما) يتم تحسينها بتيار التشغيل بدرجة الحرارة المحيطة. يحدث الضرر الواهجي (المرابا) بسبب الأكسدة بالضوء أو الرطوبة .

عموما بالنسبة لأجهزة الكشف الضوئية ، تختلف آليات التحلل (التدهور) ، ولكن يمكن استخدام نفس علاقة Arrhenius لتحديد عمر الجهاز في ظل درجات حرارة تشغيل مختلفة. نفس العلاقة تنطبق مع طاقة التنشيط التي تبلغ $\sim 0.7 \text{ eV}$ للمستشعرات الليزرية تحت الحمراء. إن معايير تدهور عمر الكاشف تعتمد على إستقبال نسبة إشارة إلى الضجيج غير مقبولة نتيجة اختبار العمر الافتراضي لدرجة الحرارة المتسارعة.

المراجع :

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

[2] A 1.3- μm GaInNAs Laser Diode with a Lifetime of over 1000 Hour Masahiko Kondow¹, Takeshi Kitatani¹, Tanaka 3 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.