

PHOTONICS NEWS

Magasine de LASER COMPONENTS S.A.S.

lasercomponents.fr

#24 ■ 05|16

Diode laser bleue pour l'éclairage automobile

Comparaison : diode laser 520 nm et laser DPSS 532 nm

Nouveaux Produits





11

L'œil

La lumière verte est particulièrement bien perçue par l'œil



16

Pronto-Si

Rubrique Nos Nouveaux Produits : puissance-mètres portables pour la mesure laser.



4

Perspectives Lumineuses pour l'Industrie Automobile

La diode laser représente une nouvelle source de lumière et ainsi un nouveau concept d'éclairage pour l'industrie automobile

Actualités du Marché

4

Perspectives Lumineuses

Diode laser bleue pour l'éclairage automobile

9

Rouge, Bleu, Vert

La physiologie de la perception chromatique

11

Diode Laser Verte

Le nouveau marché des mini projecteurs portables

Actualités de nos Sites de Production

10

Module à Diode Laser Verte

- Comparaison : diode laser 520 nm vs laser DPSS 532 nm
- L'innovation passe au vert : des modules laser émettant une lumière verte

Actualité de l'Entreprise

20

Le 3ème Atelier IR

LASER COMPONENTS GmbH accueille le 3ème WORKshop International sur les Technologies Infrarouges à Olching

Nouveaux Produits

15

Restez Informé

Les Nouveaux Produits de LASER COMPONENTS et de nos Partenaires

Mentions Légales

LASER COMPONENTS S.A.S.
45 bis Route des Gardes
92190 Meudon, France
Tél : +33 1 39 59 52 25
Fax : +33 1 39 59 53 50
info@lasercomponents.fr
www.lasercomponents.fr

Directeur Général : Christian Merry
R.C.S Nanterre B 351 903 661
S.A.S au capital de 270 624,00 €
SIRET B351 903 661 00053

Photonics News® est un nom de marque enregistré auprès du Bureau d'Harmonisation pour le Marché Interne (OHIM) en Europe.

Licence :
S. 008/009 Créée avec :
<http://forty-winks.deviantart.com/>

© 2016. Tous droits réservés



Rouge, Bleu, Vert

Ce n'est pas une surprise mais comme de nombreuses fleurs, le muguet fleurit au printemps aux alentours du 1^{er} mai. On le sait peut-être moins mais la tulipe a également eu son heure de gloire: ainsi dans le calendrier républicain français, le 4^e jour du mois de germinal, est officiellement dénommé Jour de la tulipe, car elles aussi symbolisent le renouveau et le printemps.

C'est donc le bon moment pour dresser le bilan de ces premiers mois de l'année et de nos prochaines orientations.

Le savoir-faire de l'entreprise s'est développé rapidement ces derniers temps et l'un de nos objectifs prioritaires est de renforcer les points forts actuels.

A l'avenir, nous comptons accélérer la mise sur le marché des produits innovants. Ceci sera en partie possible grâce à l'échange d'informations.

En effet nous comptons aujourd'hui plus de 200 collaborateurs et il était devenu indispensable de créer une plateforme de communication, au travers de laquelle l'ensemble des collaborateurs provenant des services recherche & développement, production, commercial et marketing aient la possibilité d'échanger des données sur les différents projets de développement de nouveaux produits et technologies. Une simple vue d'ensemble de ces projets indique clairement la diversité de notre gamme de produits (plus que celle de toute autre entreprise de notre industrie) : le traitement du verre, la technologie des couches minces, l'atelier de mécanique, la conception optique, la technologie des semiconducteurs pour les diodes laser et les photodiodes, l'assemblage de fibres optiques – tous ces produits sont seulement développés, mais aussi fabriqués au sein du Groupe LASER COMPONENTS.

La combinaison de ces technologies offre un potentiel extraordinaire pour le développement de produits novateurs. Et l'exploitation de ce potentiel exige un réel savoir faire technique, et également une bonne collaboration interculturelle garantissant enthousiasme et motivation. Attendez-vous donc en 2016 à des innovations particulièrement intéressantes au sein du Groupe LASER COMPONENTS ! Vous trouverez déjà quelques premières surprises dans ce numéro.

Ce numéro est dédié à un de nos produits les plus importants : la diode laser ! Nous proposons des diodes lasers pour des niches d'application très variées, pour en savoir plus nous vous invitons à parcourir ce magazine dans son tout nouveau format.

Bonne lecture !



Christian Merry
Directeur Général



PERSPECTIVES LUMINEUSES

OSRAM Développe des Diodes Laser pour l'Eclairage Automobile

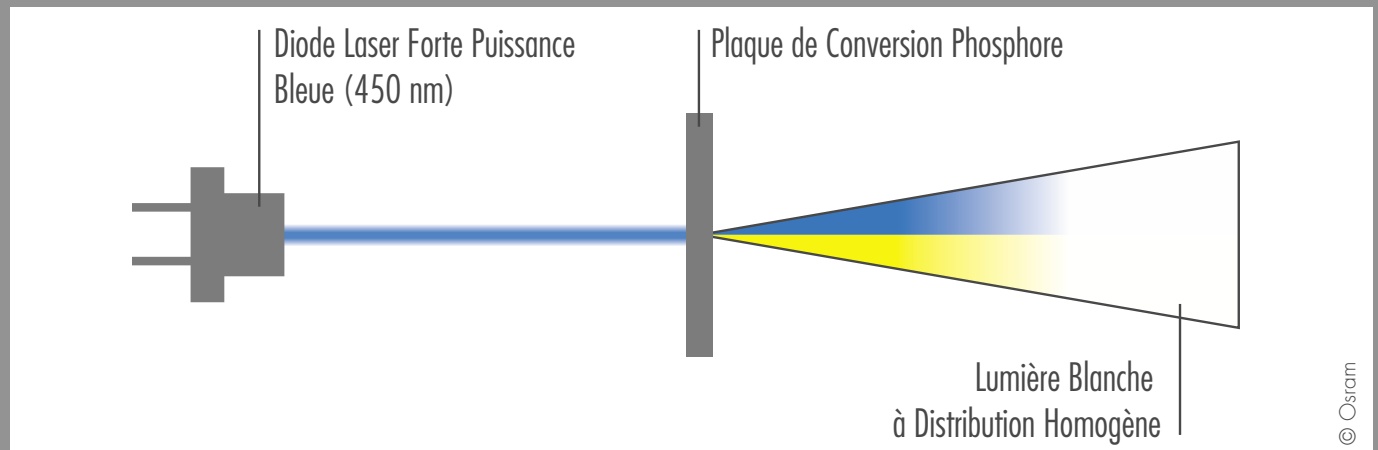
Le Laser Bleu est Déjà Utilisé Sur la Route

Ralf Hying, OSRAM. Les passionnés de l'automobile en sont fascinés, tandis que les designers raffolent des nouvelles opportunités de création. Pour les techniciens de l'éclairage, la lumière laser représente une nouvelle source lumineuse. Mais que se cache-t-il derrière cette technologie ? Il y a deux idées reçues très répandues à propos de la lumière laser. Selon la première, le but du rayonnement laser est d'illuminer la route. Et selon la deuxième, alimente la peur que la lumière hautement concentrée soit dangereuse. En fait, tout ceci est faux et la crainte est non fondée. Malgré l'utilisation d'un laser bleu, le faisceau du laser ne quitte pas le phare du véhicule.

WEB
F24-
043



Principe de Fonctionnement de l'Eclairage Automobile : Approche de Transmission par Conversion



Lumière Laser – Comment ça Marche ?

En effet, le principe de fonctionnement de l'éclairage automobile est différent. A l'intérieur du phare, le faisceau laser rencontre le phosphore et l'excite ce qui provoque l'émission de lumière – ou ce qu'on appelle la « conversion » de la lumière laser. Ce principe est similaire à la conversion d'une lampe fluorescente classique ou d'une LED blanche. Dans le cas d'une lampe fluorescente, le rayonnement UV est transformé en lumière visible ; dans le cas d'une LED, c'est le rayonnement bleu du laser qui se trouve transformé. Les matériaux fluorescents sont aussi appelés des « phosphores ». Le phosphore en tant qu'élément pur n'est pas utilisé ; plutôt, les matériaux fluorescents utilisés sont des matériaux en céramique haute performance qui peuvent inclure des composés du phosphore. L'ensemble matériaux fluorescent et support est transformé en plaques partiellement transparentes. En plus de la géométrie, le choix du matériel, le traitement et les caractéristiques optiques de l'unité de conversion sont essentiels pour les performances, et ainsi, font l'objet d'un processus spécifique de développement. Quant à la quantité de lumière mise en jeu, ce n'est pas parce que le flux lumineux des sources actuelles était insuffisamment élevé que

ces éclairages à base de lasers ont été développés mais plutôt pour profiter d'une source de lumière d'une luminosité inégalée. Les développeurs peuvent choisir parmi un nombre suffisant de sources traditionnelles de lumière qui produisent un flux lumineux très puissant. Par exemple, pendant plus de 20 ans, la technologie à décharge gazeuse (les phares au xénon des voitures) a été utilisée.

Petits phares, beaucoup de lumière

L'avantage de la lumière laser est qu'elle permet d'émettre beaucoup de lumière orientée avec précision par des phares très compacts. Voici un exemple qui peut illustrer cette idée :

un phare halogène classique à faisceau étendu ayant une intensité d'environ 100 000 candelas (cd) a un diamètre d'environ 220 mm. Pour une quantité comparable de lumière, la technologie laser exige seulement 30 mm.

Concept d'éclairages hybrides

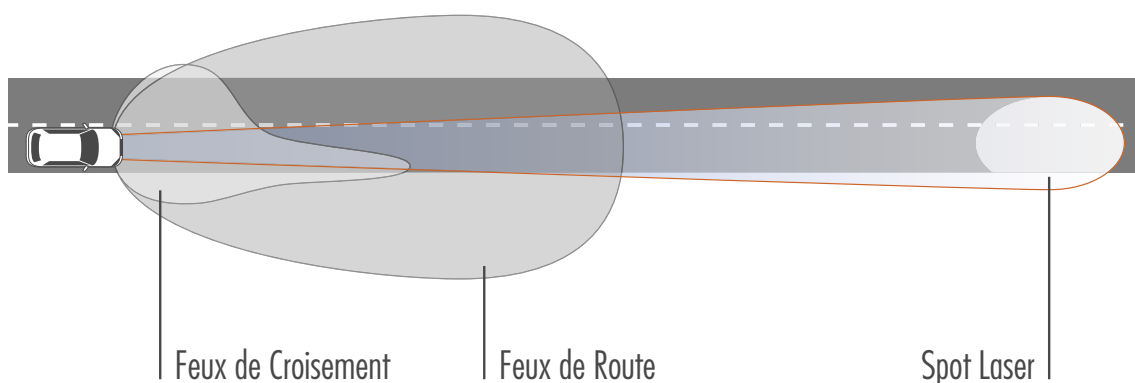
Les premiers véhicules à base d'éclairage laser sont déjà utilisés sur la route. Les constructeurs automobiles comptent sur des concepts d'éclairage hybride - les LED sont utilisées pour la fonction d'éclairage principal - fonction d'éclairage un faisceau à longue distance

supplémentaire (qui s'allume uniquement lorsqu'on atteint des vitesses supérieures) peut être implémenté moyennant la technologie de l'éclairage laser.

On estime que cette nouvelle technologie sera mise en pratique à l'avenir de façon similaire ; c'est-à-dire en combinaison avec les sources traditionnelles de lumière. Chaque concept d'éclairage apportant sa propre contribution en fonction de ses caractéristiques spécifiques, ainsi un large éventail de combinaisons est possible. En plus des LED, du xénon et des lasers dans les phares, les OLED seront intégrées à l'avenir pour les feux arrière.

Les constructeurs automobiles utilisent les lasers, les LED et les OLED notamment pour des questions de design, mais aussi pour mettre l'accent sur leurs aspirations techniques et leur esprit novateur. Du point de vue de l'éclairage, les sources de lumière laser offrent une luminosité supérieure à toutes les autres sources de lumière traditionnellement utilisées auparavant dans l'industrie de l'automobile. C'est la raison pour laquelle on peut considérer la lumière laser comme la spécialiste des feux de route. C'est la source de choix pour un haut rendement lumineux provenant de petites sources de très petites surfaces d'émission.

Phare de Voiture : Plage de Lumière Laser



Toutefois, les ingénieurs d'Osram veulent aller un peu plus loin. Ils envisagent déjà des scénarios d'application à l'intérieur du véhicule, par exemple dans le cas des projecteurs laser qui remplacent l'affichage actuel.

Fibre Optique :

Avantages de la conception à fibre

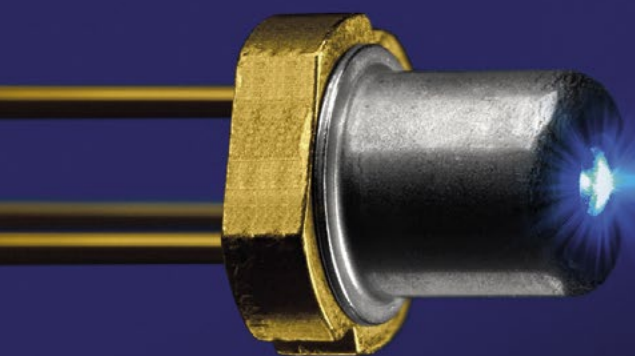
Un autre avantage de la lumière laser est que la source de lumière effective (ex. les diodes laser) ne doit pas nécessairement se trouver à l'intérieur du phare. Connectée à une fibre optique, on peut la placer n'importe où à l'intérieur de la voiture. Ceci rend cette technologie particulièrement intéressante surtout s'il n'y a pas assez d'espace d'installation disponible à l'intérieur du compartiment moteur.

Technologie d'éclairage de pointe suite à des décennies d'expertise

En 2006, Osram a commencé à développer des diodes laser appropriées. Les premiers prototypes étaient à base d'un mélange de nitrures d'Indium et de Gallium. Lorsque le thème de la lumière laser est devenu important pour l'industrie automobile, Osram a combiné deux technologies auparavant distinctes : le laser et le convertisseur.

Ce dernier fait référence au matériel fluorescent mentionné précédemment qui convertit le laser en lumière utile. Osram bénéficie de nombreuses années d'expertise dans les deux domaines. Pendant presque 40 ans, Osram Opto Semiconductors a développé et produit à la fois des LED et des lasers à semi-conducteurs. Sur le site de production de Regensburg, les LED à base d'InGaN ont été fabriquées depuis 1996. Le savoir-faire résultant des LED bleues a largement contribué au développement du laser bleu.

Un défi particulier a été d'augmenter l'efficacité de la lumière bleue. Pour des raisons physiques les longueurs d'ondes rouges et infrarouge convertissent plus efficacement l'énergie d'entrée que la longueur d'onde bleue. Par conséquent, les diodes laser bleues produisent plus de chaleur résiduelle qui doit être dissipée par des moyens de refroidissement appropriés. En 2013, Osram a pu augmenter de 30% l'efficacité des diodes laser bleues dans l'ordre du watt de sortie, et ainsi, réduire le besoin de refroidissement. ➔



© Osram

Un environnement exigeant : l'industrie automobile

L'adaptation des diodes laser au secteur automobile a exigé des efforts considérables. Les exigences d'exploitation et celles des constructeurs automobiles sont élevées. Par exemple, les phares (donc les diodes laser) doivent fonctionner selon une plage de température comprise entre -40°C et +80°C. De même, l'humidité élevée ne doit pas représenter un problème. Les tests durant lesquels à la fois les diodes laser et tous les modules d'éclairage doivent démontrer leur résistance aux vibrations intenses, sont également très compliqués. De telles contraintes ne sont pas rencontrées pour l'électronique grand public où l'on exige une plage de température beaucoup moins élevée. Cette différence est évidente, par exemple, lorsqu'un smartphone attaché au pare-brise arrête de fonctionner s'il est exposé à la chaleur et au soleil tandis que l'électronique embarquée de la voiture continue à fonctionner normalement.

Pour satisfaire ces exigences, Osram a profité de l'expérience acquise en tant que leader mondial du secteur automobile pour d'autres produits d'éclairage tels que les technologies au xénon ou à base de semiconducteurs. Celles-ci incluent les diodes laser destinées aux applications pour mesurer la distance dans les systèmes d'aide à la conduite automobile. Toutefois, ces lasers ont une puissance beaucoup moins élevée et fonctionnent dans le spectre infrarouge. Une diode qui possède la classe laser exigée pour l'éclairage laser n'a jamais été employée auparavant pour les automobiles et dans des conditions environnementales si extrêmes. En plus des défis technologiques, les obstacles qui empêchent la production en série de la lumière laser incluent des questions de sécurité et d'autorisation. Plusieurs systèmes de sécurité sont installés pour garantir que, dans des conditions normales de fonctionnement, la lumière laser ne peut pas s'échapper du phare et provoquer des dommages,

par exemple, pour l'œil humain. Les systèmes sont conçus pour que le laser soit éteint immédiatement si le phare a été endommagé (ex. en cas d'accident). Aucune partie de l'automobile n'est si réglementée que les feux. Les spécifications des phares doivent être conformes aux règlements CEE actuels. Ainsi, un seuil maximum de 200 000 candèlas s'applique aux feux de route. Par conséquent, on ne doit pas craindre des valeurs élevées de lumière éblouissante par rapport à d'autres phares. La lumière laser a pour objectif de renforcer la sécurité et non pas de mettre en danger les autres usagers de la route. ■

Ralf Hying a un diplôme d'ingénieur en génie électrique et il travaille chez Osram depuis 2005. En tant que directeur de programme, il a été responsable de tout le domaine des applications laser depuis 2011.

Diodes Laser Bleue

En 2013, Osram Opto Semiconductors a lancé les diodes laser bleues avec une efficacité de 30% sur le marché. A une longueur d'ondes de 450 nm, des versions avec une puissance de sortie optique allant jusqu'à 50 W sont actuellement disponibles.

Le modèle PLPM4 450 dispose de 18 – 20 puces lasers multimodes dans un boîtier butterfly. Elles sont utilisées pour des applications d'éclairage et dans la projection laser. Les diodes laser ont été développées pour la longueur d'ondes couleur cyan de

488 nm destinée à la technologie biomédicale, médicale et de mesure. Elles ont une puissance de sortie de 60 mW et sont adaptées au fonctionnement pulsé et continu. ■

WEB F24-143



Des Bâtonnets et des Cônes

Comment Distinguer les Nuances des Couleurs : La Physiologie de la Perception Chromatique

L'œil est chargé de créer des images. En d'autres termes, la lumière pénètre l'œil par la cornée, elle est diaphragmée par la pupille et atterrit sur la rétine. La rétine est couverte par deux types de photorécepteurs : les bâtonnets et les cônes.

Les bâtonnets illuminent l'obscurité

Plus de cent millions de bâtonnets sont responsables de notre perception de la lumière. Ils ne peuvent pas distinguer la couleur ; en effet, si on ne disposait que de bâtonnets, notre perception du monde ne serait qu'en noir et blanc.

Les cônes :

pas de lumière, pas de couleur

Au fond de la rétine se trouve la macula traversée par l'axe optique. Il y a trois types de cônes qui l'entourent et qui sont responsables de la capacité à distinguer les couleurs : les récepteurs bleus, verts et rouges (les cônes S, M, L). Comparable au mélange complémentaire en colorimétrie, plusieurs images colorées sont envoyées au cerveau avec l'aide des cônes ; ainsi avec les données de luminosité fournies par les bâtonnets, le monde devient un espace coloré. Plus le milieu environnant est sombre, plus les bâtonnets contrôlent la perception. La couleur ne peut pas être distinguée pendant la nuit.

Les couleurs vives ne sont pas toujours brillantes – La courbe $V(\lambda)$

La sensibilité spectrale de l'œil humain dépend de la longueur d'onde. Nous percevons certaines couleurs plus vives et d'autres plus foncées que les autres. Cette dépendance est représentée par la sensibilité à la lumière ou la courbe $V(\lambda)$ déterminée empiriquement. Dans ce sens, la sensibilité plus élevée se situe à une longueur d'onde de 555 nm (c'est-à-dire dans la gamme de couleur verte). Une source de lumière verte est perçue plus vive qu'une source de lumière rouge lorsque les deux ont la même puissance (voir la courbe de sensibilité spectrale de l'œil à la page 013). ■

Des Modules Laser FLEXPOINT® Améliorés grâce aux Diodes Laser Vertes?

Nos Experts ont Comparé les Diodes Laser 520 nm et les Lasers DPSS 532 nm

Désormais disponibles !

Les diodes laser à base de semi-conducteurs et à émission directe peuvent s'intégrer à nos modules laser FLEXPOINT® comme solution alternative aux mini lasers DPSS. Notre équipe de production et nos ingénieurs technico-commerciaux responsables des modules lasers, sont à votre disposition pour expliquer quels sont les changements au niveau des diodes à émission directe. Nous vous offrons une comparaison entre les lasers 532 nm à l'état solide pompés par diodes (DPSS) et les diodes laser 520 nm, ainsi que nos rapports d'experts issus de notre expérience directe !

Pendant de nombreuses années, chez LASER COMPONENTS, nous avons intégré des mini lasers DPSS dans les modules laser FLEXPOINT®. Au début, nous nous sommes confrontés à des problèmes thermiques et de stabilité de puissance ; à présent, la technologie DPSS est très fiable et utilisée dans de nombreuses applications industrielles et médicales.



Des Questions ?

Nos experts Audrey Le Lay et Elvyne Egrot

Le vert : la chose la plus brillante jamais offerte à l'œil humain !

La lumière verte est perçue par l'œil humain comme étant la lumière la plus brillante ! Par conséquent, il semble logique que le laser vert soit utilisé pour des applications dans lesquelles le faisceau laser est censé être observé à l'œil nu. En utilisant des réticules et des lignes laser vertes, nous pouvons positionner des appareils ou des pièces ; les points laser verts indiquent au chirurgien l'endroit où le laser utilisé pénètre le tissu humain ; dans le traitement des matériaux, ils indiquent l'endroit où le matériel sera soudé ou bien séparé. La sensibilité chromatique varie d'une personne à l'autre ; toutefois, au niveau le plus élémentaire, la longueur d'ondes de 532 nm du laser DPSS est perçue comme un vert riche et puissant. Les diodes laser disponibles à présent ont une longueur d'onde de 520 nm (c'est-à-dire une trace bleu vif qui est perçue comme une teinte plus froide).

Profil du faisceau : des différences frappantes

Si on continue la comparaison entre les deux technologies, les différences les plus frappantes se retrouvent au niveau du profil du faisceau : en raison de la physique sous-jacente, le laser DPSS produit un faisceau uniforme et circulaire avec une courbe de distribution gaussienne de la puissance et une valeur M2 presque proche de 1.0. Tandis-que, la structure en couches du laser à base de semi-conducteurs émet un faisceau elliptique dans une proportion d'à peu près 1:3. Elle convient à tracer des lignes, et associée à des éléments optiques diffractifs, elle peut générer des modèles variés. Le laser DPSS reste le choix principal des lasers à point – surtout dans le domaine médical.

Plage de température : du froid glacial au chaud

Le premier mini laser DPSS lancé sur le marché disposait d'une plage de température très limitée : les valeurs se situaient typiquement entre 10°C et 30°C ou entre 15°C et 40°C. Les modèles qui sont disponibles actuellement se situent entre -5°C et +50°C ! Les diodes laser restent imbattables dans le cadre de cette comparaison : Jusqu'au niveau de puissance de 50 mW, les diodes à 520 nm offrent une température d'exploitation constante située entre -20°C et +60°C. La température de fonctionnement s'applique à la source laser. Si elle est intégrée dans un boîtier, la chaleur supplémentaire produite à l'intérieur du boîtier doit aussi être prise en considération.

La stabilité de la puissance dépend de la chaleur dégagée

La chaleur dégagée influence de manière significative la stabilité de la puissance laser : les lasers DPSS miniatures sont extrêmement sensibles à la température. Grâce à l'électronique de pointe, nous avons réussi à stabiliser les modules DPSS FLEXPOINT® face aux fluctuations de puissance à moins de 5%. Ceci exige des lasers DPSS que le fabricant ait prévu l'intégration d'une photodiode supplémentaire. Cela nous permet d'implémenter un circuit de commande efficace afin de stabiliser la puissance optique. La stabilisation de la puissance ne pose pas de problèmes dans le cas des modules avec une diode laser à émission directe : les diodes de contrôle sont intégrées par défaut. Ensemble avec le dispositif de commande du laser numérique, nous pouvons atteindre des fluctuations de puissance inférieure à 2%.

Les Diodes Laser Vertes Pourront-elles Révolutionner le Monde ? La Technologie de Pointe au Quotidien

Au début, c'était le rouge, ensuite le bleu et maintenant le vert. C'est la lumière (notamment la lumière des diodes laser) qui rend le monde plus intelligent ! La première réussite à propos des diodes laser vertes est apparue sur le marché en 2009. Un groupe de recherche de l'entreprise japonaise Sumitomo Electric Industries a créé une « vraie diode laser verte » basée sur GaN [1] : son efficacité était faible, mais l'enthousiasme était débordant. Osram Opto Semiconductors a poursuivi cette réussite et a gagné le prix Beckurt pour les diodes laser à 515 nm avec un niveau de puissance optique de 50 mW [2] (elles sont disponibles sur le marché depuis 2012).

Mélange de lumières

– Comment créer des couleurs

A l'aide des valences principales de rouge, vert et bleu, on peut créer (presque) tout type de coloration de la lumière. Celle-ci se réfère un mélange supplémentaire de l'espace colorimétrique RVB. La lumière blanche est créée en mélangeant ces trois couleurs à une intensité équivalente. Par exemple, on peut créer le jaune en mélangeant la lumière rouge et verte à une intensité équivalente.

L'œil humain distingue la couleur aussi vite que le soleil illumine l'objet. En fonction de cet objet, une partie de la lumière est réfléchi (retournée) tandis que l'autre partie est absorbée (avalée). Les projecteurs SSL fonctionnent selon ces deux principes : le mélange de lumières et la projection sur les surfaces. SSL est l'acronyme de l'éclairage à l'état solide - Solid State Illumination - (c'est à dire sources d'éclairage à base de semiconducteurs).

Le futur marché des mini projecteurs

Il y a un vaste marché destiné aux mini projecteurs : utilisés dans la projection des images (animées) depuis les smartphones ou les affichages tête haute, ils vont bientôt devenir un outil indispensable au quotidien. Il y a une demande croissante des projecteurs sur le marché grand public : ils doivent être petits et consommer relativement peu d'énergie.



LED ou diode laser ?

Les petits détails font toute la différence

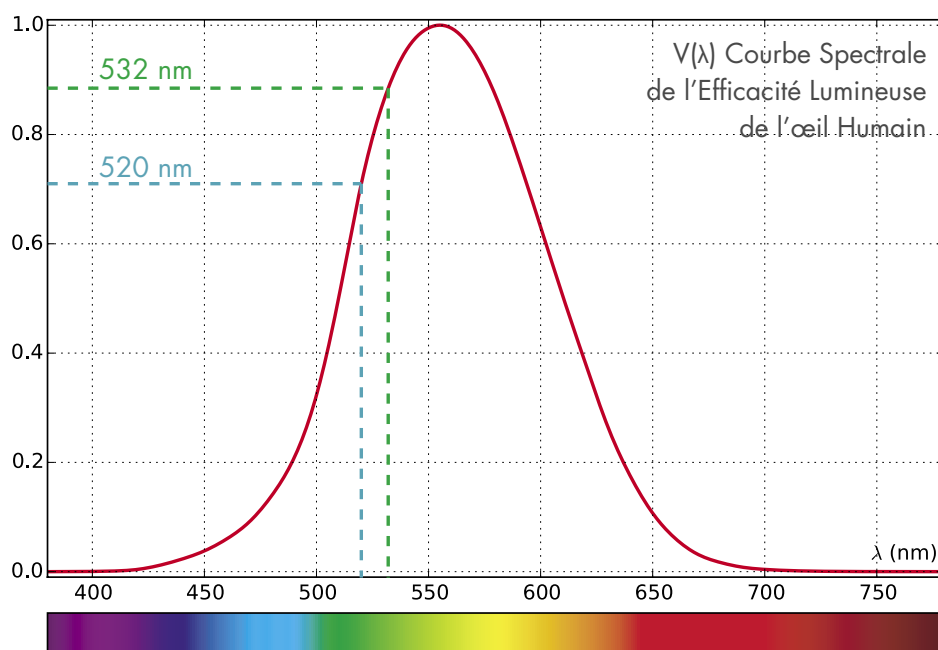
La lumière des LED et des diodes laser est produite d'une manière similaire et les couleurs sont semblables ; toutefois, les caractéristiques sont nettement différentes. La principale différence entre ces technologies consiste dans la dynamique de l'émission des sources de lumière. Les LEDs ont une émission divergente (c'est-à-dire que la lumière provient d'une source en forme de cône). Par contre, la lumière des diodes laser est orientée et le faisceau est fin.

Par conséquent, une image projetée à l'aide des diodes laser est toujours nette – à la fois sur les surfaces plates ou incurvées [3]. De plus, on peut créer des projecteurs à base de diodes laser encore plus petits que les modèles à LED [4]. ■

- [1] Heise Online Newsticker, „Erstmals echte grüne Laserdiode“, 29.07.2009
- [2] Osram Opto Semiconductors, Pressemeldungen, 10.12.2010
- [3] Photonikforschung, „Pikoprojekte auf dem Vormarsch“, 09.04.2013
- [4] PICOLLO - Förderinitiative „Optische Komponenten und Systeme für Volumenmärkte“

La modulation de l'émission et le phénomène de Q-switch

Le comportement de modulation numérique et le réglage analogique de la puissance des mini lasers DPSS dépendent du phénomène de Q-switch. Il s'agit d'un bruit perturbateur d'une intensité très élevée situé dans la plage de fréquence entre 200 kHz et 2 MHz. De plus, le laser DPSS peut permettre la création d'un autre mode qui résulte en un deuxième faisceau d'émission. Cet effet non souhaité advient souvent à des niveaux inférieurs de puissance et, donc, affecte les lasers avec des régulateurs de puissance.



Les deux effets perturbateurs dépendent énormément de la température et sont généralement non-reproductibles. Les fréquences maximales de modulation des modules laser DPSS FLEXPPOINT® sont, par conséquent, limitées à quelques kHz et, dans certains cas, inférieures à 1 kHz. Les diodes laser à 520 nm ne présentent pas ce phénomène de Q-switch et peuvent être modulées jusqu'à >100 MHz en fonction des dispositifs électroniques de commande. Dans le cas des modules laser simples, les fréquences de modulation vont généralement de quelques centaines de kHz jusqu'à 2 MHz.

Dimensions : la taille, c'est important !

Si l'espace est réduit, vous avez besoin de diodes laser : les plus petites diodes laser à 520 nm disponibles sur le marché sont adaptées à des boîtiers TO ayant un diamètre de seulement 3,8 mm. Le module entier, y compris les dispositifs électroniques de commande, rentre dans un boîtier de diamètre de 11,5 mm.

Il est possible de miniaturiser encore ce module jusqu'à seulement 6 mm ! La taille du boîtier dépend du profil de faisceau souhaité et de la taille des dispositifs électroniques de commande. Les lasers DPSS miniatures sont pour la plupart disponibles avec un diamètre entre 10 mm ou 12 mm. Quelques versions spéciales ont un diamètre réduit de 5,6 mm. La taille du boîtier des lasers DPSS sera toujours plus grande que celle des modèles avec une diode laser en raison de leur design complexe et des conditions de mise en forme du faisceau.

Puissance de sortie

Les diodes laser à 520 nm sont actuellement disponibles avec une puissance de sortie allant jusqu'à 80 mW. Les mini lasers DPSS peuvent atteindre jusqu'à plusieurs centaines de milliwatts.

Baisse des coûts

Le prix des diodes laser à 520 nm a chuté rapidement depuis leur lancement sur le marché. Elles sont déjà moins chères que les lasers DPSS avec une puissance de sortie de >10mW.

On peut supposer que le coût des diodes laser vertes rejoindra bientôt le coût des diodes laser rouges. En raison des dispositifs électroniques de commande que l'on peut manipuler beaucoup plus facilement que dans le cas des lasers DPSS, la diode laser verte est déjà la solution la plus économique.

En Conclusion

Les diodes laser vertes ont connu une expansion rapide et seront le leader dans plusieurs secteurs de la technologie de projection ; néanmoins, les lasers DPSS à 532 nm resteront le premier choix dans certaines applications. En particulier, lorsque le profil du faisceau est prioritaire, le laser DPSS peut profiter pleinement de ses avantages. Si la taille du boîtier, la température, la stabilité de la puissance, la modulation de l'émission ou le prix gagnent en importance à l'heure du choix, alors les diodes laser vertes seront utilisées. ■

DOEs pour Changer le Profil du Faisceau

Les optiques diffractives sont maintenant disponibles pour changer le profil du faisceau, elles sont particulièrement adaptées aux longueurs d'onde du vert.

WEB F24-074

	Module DPSS	Diode Laser
Longueur d'Onde	532 nm	520 nm
Profil de Faisceau	Faisceau Gaussien	Faisceau presque Elliptique 3:1
Température de Fonctionnement	-5 °C to 50 °C	-20 °C to 60 °C
Stabilité de Puissance en Sortie	< 5%	< 2%
Fréquence de Modulation	< 1 kHz	> 100 MHz Disponible
Puissance de Sortie, Max.	> 100 mW	80 mW



Nos Nouveaux Produits Verts

Les Diodes Laser Vertes sont «à la mode» - c'est du Moins ce qu'en Attestent les Pages Précédentes.

Costauds mais Précieux Lasers HD à 520 nm Quelque Soit Votre Environnement

Est-ce que votre Module Laser peut Tomber dans l'Eau ?

A Moins que vous ayez l'Intention de l'Utiliser au Beau Milieu d'une Tempête de Sable !

WEB F24-174 La gamme d'applications laser terrestres, marines ou aériennes semble infinie ; néanmoins, son potentiel d'exploitation ne l'est généralement pas. Afin que le laser ne soit pas endommagé en raison de son environnement, nous l'avons placé dans un boîtier capable de résister aux conditions extrêmes. Grâce à la classe de protection IP67, ce module résiste non seulement en cas de tempête de sable, mais il peut aussi résister jusqu'à trente minutes sous l'eau à environ un mètre de profondeur. Puisqu'il est si robuste, nous avons décidé de l'appeler le module HD (Heavy Duty) ou ultra-résistant.



Les modules HD sont disponibles sous forme de lasers à points ou de lasers à lignes ayant un angle d'ouverture entre 10° et 100°, ou des lasers à croix ayant un angle d'ouverture entre 20° et 60° utilisés pour cibler, marquer ou positionner dans absolument n'importe quelles conditions. Les paramètres de centrage permettent un réglage optimal pour tout type de distance ce qui permet de relever chaque ligne nettement et clairement contre l'arrière-plan.

Le module inclut aussi un connecteur M12 étanche et une source de tension allant jusqu'à 30 VDC. Ceci permet un raccordement facile à n'importe quel appareil ou boîte de commutation. Pour une exploitation sans fil, en option, il est possible d'alimenter le module par une batterie rechargeable. Ce module polyvalent est désormais disponible avec le laser vert à 520 nm.

Ainsi, les lignes et les croix sont facilement visibles, y compris à la lumière du jour. Le principal avantage de la lumière verte est mis en évidence sur les surfaces noires telles que, par exemple, les pneus automobile: la lumière des lasers rouges est largement absorbée par ces surfaces. Ainsi, la lumière verte se distingue vivement et clairement – et de plus à une puissance qui est inoffensive pour l'oeil. ■

VERTES Diodes Laser



520nm
30 mW
50 mW
80 mW



515nm
10 mW



WEB F24-243

Modules Laser de Haute Précision à 532 nm

Une Rigueur Extraordinaire : Leur Précision s'Explique par Leur Alignement

WEB
F24-
274

En pratique, ceci veut dire que le faisceau des lasers de haute précision est émis parallèlement au boîtier. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, ce n'est pas acquis d'avance ! Les modules laser classiques présentent un écart angulaire de $0,5^\circ$ ou plus. Ceci veut dire qu'à une distance d'un mètre, le faisceau du laser a presque 10 mm d'écart par rapport de l'axe du boîtier. Si le laser dispose d'un réglage manuel, ceci n'a aucune importance. Au contraire, si l'alignement du laser n'est pas possible parce que, par exemple, il est placé à l'intérieur d'un trou de forage fixe ou que le réglage soit trop complexe, dans ce cas il faut utiliser un laser de précision.

L'écart angulaire du modèle LT-PLM-532 ne s'élève qu'à $0,05$ mrad ou $\pm 0,05$ mm à une distance de 1 m. Il s'agit d'un gain de 200 fois par rapport à l'exemple susmentionné et d'un aspect essentiel si les appareils ou les éléments doivent être alignés de manière très précise. Un laser de précision est aussi disponible avec une lumière verte à 532 nm pour un simple alignement visuel dans un environnement éclairé. La capacité de distinguer la lumière verte par rapport à celle rouge sur des surfaces très sombres ou à la lumière du jour (voir la page 011) s'est largement améliorée. De plus, les points sont plus petits et plus précis, surtout les distances plus courtes.



Le laser de précision est disponible dans deux types de boîtier : rond avec un diamètre de 24 mm ou carré à une longueur latérale de 32 mm. Les lasers circulaires disposent d'un ajustement H6 pour un assemblage avec un dégagement zéro. Le connecteur électrique M12 intégré assure le raccordement électrique jusqu'à 30 VDC. Avec une puissance de sortie de 1 mW, ces modules laser sont inoffensifs pour l'œil et en conformité avec les lasers de classe 2. ■

Modules Laser Longue Distance à 520 nm

Expansion, Centrage et Eclairage Vert – Alignement Même à 200 Mètres de Distance

WEB
F24-
374

Ces modules laser de pointe sont appréciés grâce à leur conception miniature. Les avantages de cette conception sont, bien sûr, fonction des limites physiques en vigueur. Le fin faisceau du laser qui sort du boîtier présente une divergence assez grande. Cela signifie que le point produit sur une surface devient plus grand au fur et à mesure que la distance augmente. Par exemple, nos modules laser classiques ont un facteur d'écart de $0,2$ mrad.

Autrement dit, le point s'agrandit de 0,2 mm avec chaque mètre de distance du module laser. Un point de 4,5 mm à la sortie du module laser augmente jusqu'à 25 mm à une distance de 100 m. A une puissance de sortie standard de 1 mW – inoffensive pour les yeux –, le contraste est si faible par rapport à la taille du point qu'on peut l'apercevoir seulement dans des conditions d'obscurité totale.

Nous avons adopté trois mesures pour corriger cette limitation :

- Nous avons élargi le faisceau du laser dans le module jusqu'à 16 mm parvenant ainsi à limiter la divergence à $0,07$ mrad.
- Nous sommes parvenus à rendre focalisable le faisceau du laser jusqu'à 200 m de distance.
- Grâce à l'utilisation du laser vert (520 nm), nous avons largement amélioré la visibilité par rapport au laser rouge.

Le résultat est représenté par le laser longue distance qui produit un brillant point vert vif ayant un diamètre de 5,5 mm visible à la lumière du jour jusqu'à 100 m de distance. Ainsi, ce laser est l'outil idéal pour ceux qui doivent effectuer des réglages à grandes distances. ■



Nouveaux Produits

- 1 PRONTO Si Puissance-mètre Portable ■
- 2 Détecteurs à Sélénure de Plomb en Boîtier TO-46 ■
- 3 COUNT® T Compteur de Photons Uniques pour des Applications Corréées-en-Temps ■
- 4 SAH Avalanche Photodiodes Unique Faible Coût dans un Boîtier SMD ■
- 5 LCUBE Modules Plug&Play pour Bancs Optiques ■
- 6 Sheaupack Module Laser Haute Performance à Fibre Optique ■
- 7 Axikon EOD Modelage Annulaire du Faisceau Laser ■
- 8 Filtres Nouveaux Filtres pour les Détecteurs Pyroélectriques ■
- 9 Ecrans de Conversion IR Rend Visibles les Radiations IR ■

1



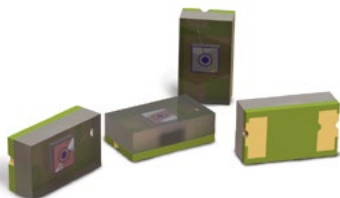
2



3



4



5



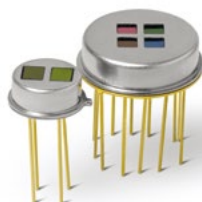
6



7



8



9



Faites de la Place au Nouveau PRONTO-Si !

Puissance-mètre Portable avec Détecteur Silicium de Gentec-EO

WEB F24-071

Silence, on tourne ! On souhaite la bienvenue au tout dernier membre de la famille PRONTO : le puissance-mètre laser portable PRONTO-Si !

On peut littéralement utiliser le terme « portable » dans ce contexte : lorsque ce dispositif compact est plié, le détecteur et l'écran tactile en couleur sont protégés de façon optimale.

Cette conception intelligente offre aussi d'autres avantages. Dans l'espace du détecteur Silicium, ce dispositif a seulement 6 mm d'épaisseur et permet de mesurer la puissance y compris dans des espaces très étroits.

Grâce à son détecteur Silicium extrêmement sensible présentant une ouverture totale de 10 mm x 10 mm, vous pouvez mesurer rapidement et avec précision un niveau de basse puissance significativement inférieur à 1 nW.

Et si cela ne suffisait pas : sans avoir besoin d'un espace supplémentaire, vous pouvez augmenter la plage de mesure jusqu'à la gamme du mW à trois chiffres grâce à un atténuateur OD1 intégré « en amont ». Évidemment, ce dispositif reconnaît automatiquement l'atténuateur activé et corrige les valeurs affichées du puissance-mètre sans avoir besoin d'autres commandes supplémentaires.

Utilisé soit pour mesurer la puissance des modules laser continus afin de vérifier la désignation correcte de la classe laser ou lors des essais liés aux mesures structurales et de protection de l'équipement laser, le PRONTO-Si est un outil indispensable pour les agents responsables de la sécurité laser.

Le chargement de la batterie Li-ion intégrée (autonomie d'environ 17 heures), la lecture de la mémoire interne (jusqu'à 50 000 mesures) et les futures mises à jour du logiciel peuvent se réaliser via une mini connexion USB.

Grâce à son boîtier robuste et pratique, ainsi qu'à son fonctionnement intuitif via les symboles clairs affichés sur un écran tactile en couleur, cet appareil s'intègre facilement dans la série PRONTO. Le rôle du PRONTO-Si de Gentec-EO est de détecter et de mesurer facilement et rapidement les bas niveaux de puissance laser dans les longueurs d'onde situées entre 320 nm et 1 100 nm. ■

Elyne Egrot : 01 79 85 86 04
e.egrot@lasercomponents.fr



Détecteurs à Sélénure de Plomb en Boîtier TO-46

Les Détecteurs Infrarouges Disponibles et Miniaturisés

WEB F24-031

A compter d'aujourd'hui, nous offrons des détecteurs PbSe dans un boîtier TO-46 de 4,7 mm.

Jusqu'à présent, la plus petite taille disponible était le boîtier de 8,3 mm. Ce nouveau composant intègre un détecteur de 1 mm et il est disponible sous la désignation PB45S10104S.

Les prototypes sont déjà disponibles en stocks prêts pour la livraison. ■

José Bretès : 01 79 85 86 03
j.bretes@lasercomponents.fr



Un Timing Parfait : Comptez sur Nous pour le Comptage !

COUNT® T – Compteur de Photons Uniques pour des Applications Corréliées-en-Temps

WEB F24-029

Dans le cadre du comptage des photons uniques en corrélation temporelle (TCSPC), les photons uniques sont non seulement

comptés, mais la période de détection est également déterminée en fonction du signal de référence. Dans ce cas, l'impulsion laser sert généralement de référence. Il s'agit d'une méthode de comptage statistique.

Le TCSPC est notamment utilisé pour mesurer la durée de vie de fluorescence. Cette méthode est souvent comparée au stop chronomètre : une impulsion laser active un échantillon (start) ; quelques pico ou nanosecondes plus tard, un « photon de fluorescence » est libéré (stop).

Le temps enregistré représente un histogramme. Après plusieurs opérations start-stop, un histogramme final est élaboré pour afficher l'intensité de la fluorescence en fonction du temps.

Le COUNT® T est équipé d'une photodiode à avalanche (surface active de 150 μm) fabriquée en interne et présente une efficacité de détection élevée supérieure à >80% ainsi qu'une résolution temporelle jusqu'à 350 ps.

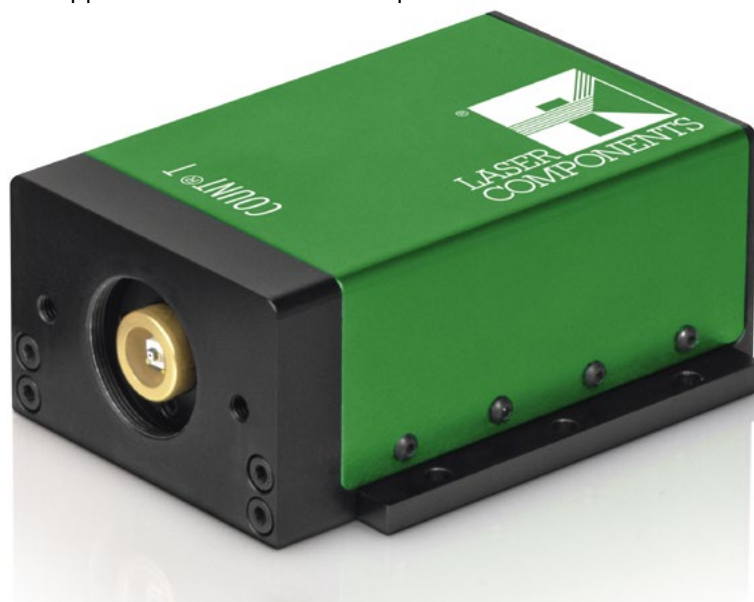
En plus de la mesure de vie de fluorescence (FLIM), le module de chronométrage est utilisé dans la fluorescence résolue en temps et dans la spectroscopie à molécule-unique, ainsi que dans les applications LIDAR.

Les données techniques du COUNT® T sont disponibles dans la fiche technique à télécharger en cliquant sur le lien indiqué. ■

José Bretès :

01 79 85 86 03

j.bretes@lasercomponents.fr



Photodiodes à Avalanche Faible Coût dans un Boîtier SMD

APD Silicium pour les Longueurs d'Ondes entre 400 nm et 1 100 nm Disponibles dans les Dimensions les plus Petites

WEB F24-035

Avec nos diodes laser pulsées haut de gamme/faible coût dans la longueur d'onde de 905 nm, nous proposons aussi des photodiodes à avalanche en Silicium dans un boîtier SMD compact. Il mesure seulement 3,1 mm x 1,8 mm x 1 mm.

Vous allez recevoir un émetteur et un détecteur en échange d'un bon rapport qualité/prix chez le même fournisseur. Ces dispositifs sont destinés aux applications telles qu'en télémétrie, la mesure de la vitesse, les armes radar à laser et les scanners de sécurité, ainsi que dans les systèmes d'évaluation et de mesure utilisés dans le secteur industriel et médical.

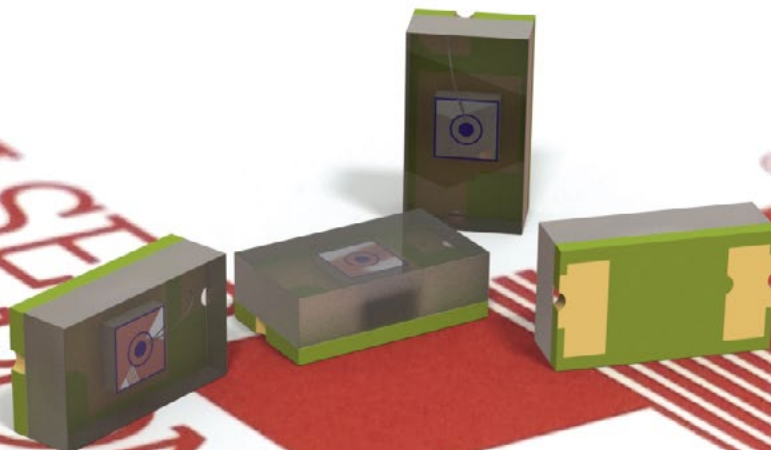
La série SAH dispose d'une structure épitaxiale et elle est produite sous forme de wafer de 6 pouces. Les nouvelles APD disposent d'une grande sensibilité de détection située entre 400 nm et 1 000 nm et de faibles temps de montée compris entre 250 ps et 300 ps. Des modèles ayant un diamètre entre 230 μm et 500 μm sont disponibles pour livraison.

Un avantage supplémentaire inclut une alimentation à basse tension qui contribue à économiser l'énergie dans les systèmes portables (ex. les télémètres laser). ■

José Bretès :

01 79 85 86 03

j.bretes@lasercomponents.fr



Maintenant Disponible avec les Diodes Laser Pulsées

Série CUBE – Cinq Petits Auxiliaires pour une Application Immédiate

WEB F24-055

Cette série est disponible pour les photodiodes à avalanche, les photodiodes PIN InGaAs, les détecteurs PbSe, les détecteurs pyroélectriques, et maintenant aussi pour les diodes laser pulsées : la série CUBE permet une application immédiate et une intégration facile dans un banc optique.

Le modèle L-CUBE intègre de puissantes diodes laser pulsées. Vous n'avez qu'à choisir parmi les longueurs d'ondes suivantes: 850 nm (jusqu'à 10 W), 905 nm (jusqu'à 200 W) et 1 550 nm (jusqu'à 40 W).

La puissance et la durée de l'impulsion entre 30 ns et 150 ns peuvent être réglées facilement soit manuellement à l'aide des potentiomètres rotatifs directement sur le boîtier, soit numériquement moyennant un ordinateur via le port RS232. Ceci fournit une grande marge de manœuvre dans le choix des paramètres de l'appareil et permet aussi d'ajuster certains paramètres lors du fonctionnement.

Un autre avantage du modèle L-CUBE est représenté par l'économie des coûts liés au développement et à la phase expérimentale : à l'aide d'un simple module laser pulsé, on peut atteindre un large éventail des durées d'impulsion et de nombreuses combinaisons de puissance.

Mise en marche. Puisque tous les composants sont intégrés dans un petit boîtier métallique isolé (dimensions approximativement : 40 mm x 40 mm x 40 mm), la mise en marche exige seulement un signal de déclenchement et une alimentation standard de tension de 12 VDC. Ceci fait que la manipulation des diodes laser pulsées devient un jeu d'enfant.

Les versions OEM et des modules customisés de tous les modèles CUBE sont disponibles sur demande. ■

José Bretès :

01 79 85 86 03
j.bretes@lasercomponents.fr



Module Laser Haute Performance à Fibre Optique

SheauPac, un Design Révolutionnaire en Miniature

WEB F24-045

Le boîtier SheauPac ainsi que l'efficace couplage sur fibre facilitent la haute performance optique des modules laser SheauPac : avec les fibres multimodes, le niveau de puissance peut atteindre jusqu'à 8 W ; avec les fibres monomodes, ce niveau va jusqu'à 300 mW. Les deux modèles émettent dans le proche infrarouge de 785 nm jusqu'à 1 064 nm et sont disponibles, sur demande, avec une température maximale de fonctionnement de 60°C.

Le boîtier hermétique est électriquement isolé et mesure seulement 22,10 mm x 12,70 mm x 4,70 mm. Il y a deux modèles de fibres de raccordement disponibles au choix : le 6/125 µm fibres monomodes ou le 200/220 µm fibres multimodes. Sur demande, on peut équiper chaque fibre d'un connecteur optique.

Les lasers SheauPac sont utilisés dans la technologie médicale ou dentaire, le traitement des matériaux, la technologie d'impression, les systèmes laser pompés par diodes, les lasers à fibre et dans l'éclairage. ■

Audrey Le Lay :

01 79 85 86 09
a.lelay@lasercomponents.fr



Axikon EOD – Modelage Annulaire du Faisceau Laser

Idéal pour les Modes Transversaux dont la Qualité du Faisceau est $M^2 < 20$

WEB
F24-002

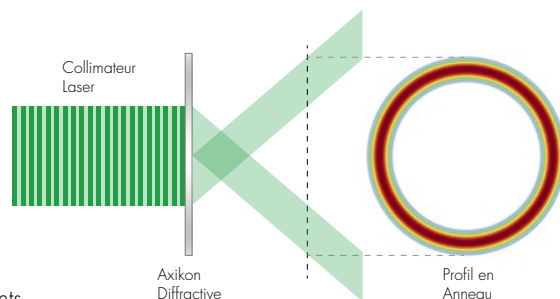
Les profils annulaires du faisceau laser sont utilisés dans l'ophtalmologie, le soudage laser et l'ablation matérielle des couches fines.

On doit créer le profil annulaire. Souvent, ce sont les axicons qui sont utilisés à cet effet : les lentilles coniques et les prismes à rotation symétrique.

Ces éléments transforment le profil gaussien du faisceau laser en un faisceau de type Bessel. Il est très difficile de fabriquer des axicons avec des angles d'étalement très ouverts ou très fermés puisque dans ces cas, les cônes doivent être respectivement très plats ou très droits ; par conséquent, un profil annulaire adéquat ne peut généralement pas être réalisé.

A présent, Holo/OR fabrique des éléments optiques diffractifs avec une structure axiconique. Les avantages sont énormes :

- **Excellent profil annulaire** : quel que soit l'angle d'ouverture, le profil annulaire est toujours parfait puisque le profil du faisceau est fabriqué à l'aide d'un réseau de diffraction.
- **Idéal pour tous les lasers $M^2 < 20$** , ces éléments peuvent inclure une mince couche de silice fondue ou de ZnSe. C'est le choix idéal à utiliser, par exemple, pour les lasers à fibres monomodes, les lasers CO_2 et les lasers à l'état solide.
- **Indépendant du faisceau incident** : le faisceau incident peut présenter tous les modes TEM_{xy} .



Produits disponibles en stock

Il y a plus de quinze modèles classiques disponibles, par exemple, avec un angle annulaire crête à crête entre $0,05^\circ$ et 30° à $1\,064\text{ nm}$.

Voulez-vous apprendre comment ces EOD se distinguent du vortex EOD et quel est l'élément qui vous convient ? N'hésitez pas à nous contacter ! ■

Elvynne Egrot :

01 79 85 86 04
e.egrot@lasercomponents.fr

Nouveaux Filtres pour les Détecteurs Pyroélectriques

Désormais Disponibles avec les Dispositifs NDIR : Mesurez Sélectivement la Vapeur d'Eau et le Méthane dans les Mélanges Gazeux

WEB
F24-033

Pour faire court, les détecteurs pyroélectriques sont utilisés dans l'analyse des gaz. On peut détecter tout type de gaz

en moyennant une longueur d'onde spécifique – ainsi nommée longueur d'onde d'absorption. L'humidité est souvent détectée dans les longueurs d'onde entre $1,94\text{ }\mu\text{m}$ et $2,9\text{ }\mu\text{m}$; toutefois, dans ce cas, la longueur d'onde d'absorption du CO_2 coïncide avec le signal : avec ces longueurs d'onde, on peut détecter l'humidité du mélange gazeux uniquement à l'aide d'un équipement complexe de mesure.

Toutefois, il est possible d'obtenir une mesure fiable à l'aide de simples dispositifs de mesure NDIR : dans ce cas, tout ce qu'il vous faut c'est un bon filtre et une source lumineuse adéquate.

Les longueurs d'ondes centrales de nos nouveaux filtres sont sélectionnées pour éviter au maximum la diaphonie avec d'autres gaz et pour permettre de mesurer facilement à l'aide des dispositifs NDIR.

Ces trois nouveaux filtres sont disponibles pour nos détecteurs pyroélectriques :

- Pour mesurer le méthane (CH_4) :
CWL = $7,91\text{ }\mu\text{m} \pm 160\text{ nm}$
- Pour mesurer les mélanges d'alcool :
CWL = $9,50\text{ }\mu\text{m} \pm 450\text{ nm}$
- Pour mesurer l'humidité (la vapeur d'eau) :
CWL = $5,78\text{ }\mu\text{m} \pm 180\text{ nm}$

Une présentation de tous les filtres et des courbes de transmission est disponible sur le site web indiqué ! ■

José Bretès :

01 79 85 86 03
j.bretes@lasercomponents.fr

Ecrans de Conversion pour le Rayonnement Laser Infrarouge

Quatre Nouvelles Cartes de Visualisation pour la Gamme $800\text{ nm} - 20\text{ }\mu\text{m}$

WEB
F24-051

Nous vous présentons quatre nouveaux écrans de conversion pour la gamme de longueurs d'onde infrarouges :

LDT-008TL. Le modèle LDT-008TL rend le rayonnement laser visible dans la gamme de longueurs d'onde à partir de 800 nm jusqu'à $1\,600\text{ nm}$. Dans une pièce sombre, la sensibilité minimum est approximativement de $0,5\text{ mW/cm}^2$ à $1\,064\text{ nm}$; le seuil de dommages pour une exposition de courte durée est d'environ 20 W/cm^2 .



Cartes de visualisation IR. Les cartes de visualisation pour la gamme des longueurs d'onde de $1,5\text{ }\mu\text{m}$ à $20\text{ }\mu\text{m}$ sont des nouveautés dans notre portfolio de produits. Ces cartes de visualisation sont parfaitement adaptées à la localisation du rayonnement des lasers Hol : YAG ; Er : YAG et des lasers CO_2 . ■

Deux versions sont disponibles pour chaque gamme de longueur d'onde :

- Version haute puissance jusqu'à 120 W/cm^2 et 50 W/cm^2
- Version combinée basse puissance/haute puissance (faible puissance jusqu'à 8 W/cm^2)

Audrey Le Lay :

01 79 85 86 09
a.lelay@lasercomponents.fr

**Dates
Importantes**

Date limite:
June 30, 2016



3^{ème} WORKshop sur les Technologies Infrarouges

7 et 8 Novembre 2016

LASER COMPONENTS GmbH accueille le 3^{ème} WORKshop International sur les Technologies Infrarouges à Olching.

L'évènement est centré sur les détecteurs IR pour les applications commerciales, les autres composants IR, les domaines connexes et leurs applications.

Contact:
José Bretes
01 79 85 86 03
j.bretes@lasercomponents.fr

WEB

F24-
IR

Combine your travel plans: Please note that the "electronica 2016" trade show will take place in Munich from November 08 – 11, 2016.

EXPOSITIONS

Optique

Bordeaux

04 – 07
juillet 2016

enova

Paris

14 – 15
septembre 2016

FLAIR

Aix-les-Bains

12 – 16
septembre 2016