TeraXion

ARTICLE DE BLOGUE

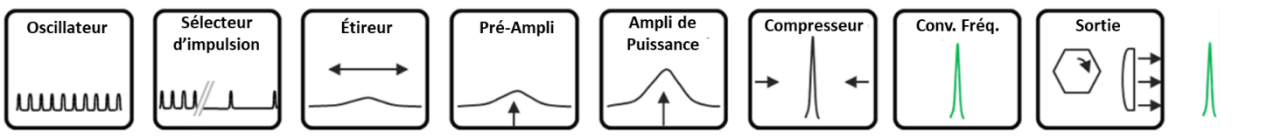
Défis de conception des lasers femtosecondes – Partie 4: Durée de l'impulsion

Auteur: René Dionne, Gestionnaire de Gamme de Produits - Composants Laser, TeraXion

Dans cette série d'articles, j'exprime quelques-unes de mes réflexions sur les contraintes qui influencent la conception des lasers industriels femtosecondes et les paramètres qui, selon moi, doivent être pris en compte avant même de commencer le processus de conception. Je tiens à préciser que je ne suis pas un expert en conception laser ; j'ai passé les 15 dernières années à développer et commercialiser des composants pour les lasers de haute puissance et à impulsions brèves. Les observations que j'écris proviennent de ma propre expérience et des discussions que j'ai eues avec différentes parties prenantes au cours des dernières années. J'espère qu'elles mèneront à des discussions intéressantes et qu'elles aideront quelques-uns d'entre vous dans la conception de vos lasers.

La durée d'impulsion requise pour une application spécifique a un impact profond sur la conception du laser car elle définit la bande passante spectrale requise à gérer dans tout le laser. Pour la plupart des lasers à impulsions brèves, la durée d'une impulsion possède une relation directe avec sa largeur spectrale. La durée est inversement proportionnelle à la bande passante ; les impulsions plus courtes nécessitent un contenu spectral plus important. Sans une gestion minutieuse du contenu spectral, le laser à impulsion brève pourrait ne pas répondre aux exigences de bande passante jusqu'à la sortie laser, avec pour conséquence une durée d'impulsion inadéquate. À l'inverse, une conception allant au-delà des besoins réels en bande passante peut mener à un surcoût important et à un produit non compétitif. La gestion de la bande passante doit être prise en compte à chaque étape du processus de conception afin d'obtenir le meilleur rapport performance/coût .

Une fois que la bande passante minimale requise pour obtenir la durée d'impulsion souhaitée a été déterminée, un budget de bande passante doit être géré pour chaque étage de la chaîne optique. Il doit prendre en compte l'impact sur la taille des composants, le coût, les performances et l'interaction avec d'autres étages. Bien qu'une impulsion transformée-limite soit un idéal théorique, il est en général impossible à atteindre à la sortie du laser. Ainsi, 10 à 20 % supplémentaires de bande passante doivent être budgétés. Comme je l'ai expliqué dans l'article « Défis de conception des lasers femtosecondes industriels - Partie 2 - Énergie des impulsions », je pense que la meilleure façon de concevoir un laser est de partir des exigences de l'application et de remonter la chaîne optique, en commençant par le compresseur d'impulsions.



MKT-BLOG-Défis de conception des lasers femtosecondes industriels-Partie 4 : Durée d'impulsion

Étireur/compresseur d'impulsions

Comme l'étireur et le compresseur sont généralement adaptés, j'en discuterai ensemble. Comme il s'agit du dernier élément constitutif d'un laser à impulsions brèves sans conversion de fréquence, le compresseur doit être conçu pour la bande passante spectrale exacte requise par l'application. De plus, il doit être correctement adapté à la bande passante de gain de l'amplificateur principal car la perte d'un contenu spectral amplifié s'avère très coûteuse. Pour éviter cette perte, il faut s'assurer que le compresseur possède une bande passante suffisante pour ne pas tronquer le spectre de l'impulsion amplifiée.

L'objectif principal de l'étireur et du compresseur est d'ajouter puis de supprimer la dispersion sur le trajet de l'impulsion afin de réduire sa puissance de crête à travers l'amplificateur. Comme je l'ai expliqué dans l'article « Défis de conception des lasers femtosecondes industriels - Partie 3 - Amplification », une faible puissance de crête dans les étages d'amplification minimise les effets non linéaires et permet une augmentation de l'énergie des impulsions. Toute bande passante inutilisée réduit la capacité de dispersion des étireurs et des compresseurs et entraîne une augmentation du coût et de l'encombrement, ou alors moins d'étirement/compression pour l'argent dépensé.

Chaîne d'amplification

Deux paramètres importants doivent être pris en compte dans la gestion du contenu spectral dans la chaîne d'amplification : le choix du milieu amplificateur et le phénomène de tronquage par le gain (*gain narrowing*).

Différents milieux de gain seront utilisés selon la durée d'impulsion à atteindre. Les lasers femtosecondes nécessitent plus de contenu spectral (donc un spectre de gain plus large) que les lasers picosecondes. Par exemple, les amplificateurs Nd:YVO4 (bande passante d'émission typique de 0,3 nm) conviennent aux lasers picosecondes mais pas aux lasers femtosecondes à cause de leur gain relativement étroit. Pour les impulsions femtosecondes, des largeurs de bande d'émission typiques de plusieurs dizaines de nanomètres s'avèrent nécessaires, d'où le choix de technologies comme les amplificateurs à fibre Yb.

La tronquage par le gain constitue un autre effet important qui ne doit pas être négligé. Le gain des amplificateurs n'est pas uniforme sur tout le spectre. L'intensité aux extrémités du spectre n'est pas assez élevée pour déclencher l'amplification. Il en résulte une perte de contenu spectral et parfois un léger décalage de la longueur d'onde centrale dû à la réponse asymétrique de l'amplificateur. Plus il y a d'amplificateurs dans la chaîne, pluss ce phénomène tend à prendre de l'importance.

Oscillateur

Un juste équilibre entre les performances et le coût doit être maintenu à chaque étage de la chaîne optique et l'oscillateur ne fait pas exception. Il peut être tentant d'utiliser un oscillateur générant des impulsions avec la plus grande bande passante possible ; de cette façon, il serait presque impossible de manquer de bande passante à la sortie ! Mais une telle approche pourrait augmenter le coût du laser. Dans un monde idéal, la bande passante de l'oscillateur est adaptée à la durée d'impulsion finale, comme pour tous les autres étages de la chaîne dont nous avons discuté, afin de fournir la bande passante tout juste nécessaire pour atteindre cette durée d'impulsion.

Cependant, il existe au moins un scénario pour lequel l'utilisation d'un oscillateur ayant un spectre plus large que celui dicté par l'impulsion finale pourrait s'avérer intéressante. Imaginons un projet pour lequel différents lasers sont développés pour répondre à de multiples applications/marchés. L'utilisation d'un oscillateur à très large bande et la mise en forme de son spectre avec l'étireur d'impulsions permettraient alors d'adresser de nombreux marchés en utilisant le même oscillateur et d'ainsi réaliser des économies d'échelle.

Comme nous l'avons vu, gérer la bande passante dans tout le laser pour atteindre la bonne durée d'impulsion n'est pas si simple. Les performances optiques, le coût, la taille, ainsi que l'interaction que les composants ont les uns sur les autres doivent être parfaitement équilibrés afin d'aboutir à un succès commercial.

TeraXion
Une compagnie de indie Semiconductor

© 2022 TeraXion Inc. Tous droits réservés.

TeraXion Inc. se réserve le droit d'ajouter, de modifier, d'améliorer, de retirer et/ou de changer ses gammes de produits et/ou ses caractéristiques à tout moment et sans préavis. Bien que tous les efforts soient faits pour assurer l'exactitude des informations fournies sur cette fiche d'information, TeraXion Inc. ne garantit pas leur exactitude et ne peut être tenu responsable des inexactitudes ou des omissions.

teraxion.com
2716 rue Einstein
Québec, Québec, CANADA G1P 4S8
+1 (877) 658-8372 / ultrafast@teraxion.com