

Lasers ultrarapides pour la génération de térahertz

Note d'application



Les technologies térahertz (THz) promettent des avancées dans de nombreuses applications grâce à leurs caractéristiques uniques. Le succès du déploiement des technologies THz dépend fortement de la disponibilité de sources THz compactes, efficaces et abordables. Les lasers femtosecondes sont des outils essentiels pour générer des fréquences THz, comme nous le verrons dans cette note d'application.



Introduction

Les lasers femtosecondes offrent de nombreuses possibilités, influençant les progrès dans les domaines scientifique, médical et industriel. Actuellement, un large éventail de produits laser ultrarapides est disponible, émettant à différentes longueurs d'onde, du proche infrarouge au visible. Ces dernières années, nous avons assisté à l'émergence de plusieurs alternatives aux lasers ultrarapides vieillissants, complexes, coûteux et souvent peu fiables des fabricants établis. Dans cette note d'application, nous expliquons comment choisir une source laser qui réponde au mieux aux besoins et aux exigences de la génération de THz.

Applications THz

- Vérification du courrier
- Spectroscopie
- Contrôle de la qualité
- Biomédical
- Produits pharmaceutiques
- Environnement
- Industriel
- Recherche

Technologies THz

Le rayonnement THz possède des propriétés uniques, comme la capacité de pénétrer dans divers matériaux non conducteurs tels que les plastiques, les vêtements et les tissus biologiques, sans provoquer d'ionisation. Les ondes THz sont donc utiles pour la détection d'armes et d'explosifs cachés et pour les essais non destructifs (inspection de matériaux sans les endommager). En spectroscopie, les THz peuvent identifier des signatures moléculaires, ce qui les rend utiles pour l'analyse chimique, la recherche biologique et le contrôle de la qualité des produits pharmaceutiques. Dans le domaine des sciences de la vie, le rayonnement THz non ionisant permet d'obtenir des images des tissus à haute résolution, ce qui facilite les diagnostics médicaux sans les risques associés aux rayons X.

Génération de THz

Au cours des vingt dernières années, les applications THz ont suscité un intérêt croissant, ce qui a entraîné une recherche permanente de sources de rayonnement THz plus lumineuses et plus efficaces. Le succès du déploiement des technologies THz dépend fortement de la disponibilité de sources THz compactes, efficaces et abordables. Pour parvenir à générer des THz plus efficacement, des lasers femtosecondes à haute performance sont nécessaires, comme nous le verrons dans la section suivante.

Lasers femtosecondes pour la génération de THz

Les lasers femtosecondes sont des outils essentiels pour générer des fréquences THz en raison de leur capacité à produire des impulsions extrêmement courtes et de haute intensité. Lors de la sélection d'un laser femtoseconde pour la génération de THz, des critères laser importants doivent être examinés attentivement pour générer des THz efficacement :

Puissance crête élevée

La durée extrêmement courte des impulsions femtosecondes permet d'obtenir des puissances crête très élevées, qui sont essentielles pour les processus non-linéaires tels que la rectification optique et la génération de plasma.

Émission à large bande

La courte durée des impulsions correspond à une large bande spectrale, ce qui permet de générer un rayonnement THz étendu.

Coût

Le déploiement à grande échelle de la technologie THz nécessitera des sources THz abordables. Pour y parvenir, il est essentiel de disposer de lasers femtosecondes peu coûteux.

Bien que des lasers femtosecondes compacts soient

devenus disponibles au cours des dernières années, ces lasers ne répondent toujours pas aux exigences des applications en termes de puissance crête et d'abordabilité. Mais une nouvelle gamme de lasers femtosecondes de TeraXion a récemment été mise sur le marché avec des performances prometteuses. Les lasers à fibre fs de la série VINCI de TeraXion se caractérisent par une combinaison unique de durée d'impulsion très courte (50 fs typiques) et de puissance crête élevée, proche de 1 MW. Le laser TeraXion VINCI-1064 se présente dans un format compact et abordable, ce qui en fait un candidat de choix pour le déploiement à grande échelle de la technologie THz.

Résultats expérimentaux

Plusieurs méthodes sont utilisées pour générer un rayonnement térahertz à l'aide de lasers femtosecondes, notamment les antennes photoconductrices, la rectification optique ou la génération de plasma. Récemment, la rectification optique avec des cristaux optiques non linéaires tels que ZnTe ou GaP a été utilisée avec succès. Comme l'illustre la figure 1, le nouveau laser femtoseconde de TeraXion a permis de générer un rayonnement THz avec des cristaux de GaP. Deux types de cristaux ont été employés : 1) une fenêtre GaP de 1 mm d'épaisseur et 2) une fenêtre GaP de 1 mm d'épaisseur sur laquelle un réseau de phase a été gravé en surface. Le rayonnement THz a été mesuré à l'aide d'un spectromètre à résolution temporelle.

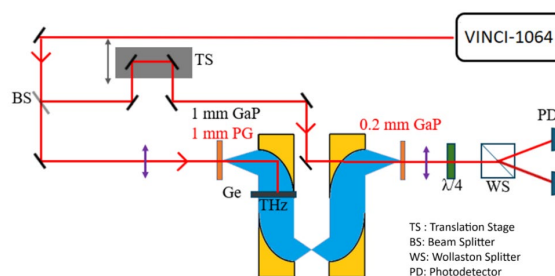


Figure 1: Montage expérimental du spectromètre THz à résolution temporelle

Comme le montre la figure 2 ci-dessous, de courtes impulsions THz ont été obtenues, conduisant à un spectre THz très large dans le domaine fréquentiel pour les deux types de cristaux utilisés dans l'expérience.

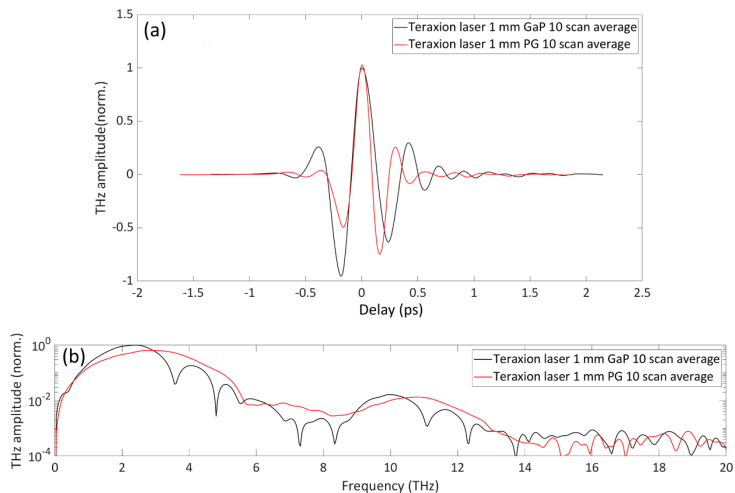


Figure 2 : a) signal d'impulsion THz et b) Spectre THz.

Un résumé de tous les résultats expérimentaux est présenté dans le tableau 1 ci-dessous.

Paramètres	Unité	Valeur mesurée
Pic d'intensité du champ térahertz	kV/cm	0.16
Puissance moyenne du térahertz	nW	240
Rapport signal/bruit		400
Plage dynamique	dB	70

Tableau 1 : Résumé des résultats expérimentaux

Comme le montrent les résultats expérimentaux ci-dessus, le laser TeraXion VINCI-1064 présente des avantages uniques pour la spectroscopie THz dans le domaine temporel :

- Pic d'intensité du champ THz et puissance moyenne élevés
- Génération de THz sur un spectre extrêmement large (plusieurs THz)
- Rapport signal/bruit élevé
- Plage dynamique élevée

La puissance crête élevée et le large spectre d'émission du VINCI-1064 en font un candidat de choix pour la génération de THz dans les applications de spectroscopie THz dans le domaine temporel.

Conclusion

Le rayonnement THz possède des propriétés uniques, comme la capacité de pénétrer dans divers matériaux non conducteurs tels que les plastiques, les vêtements et les tissus biologiques, sans provoquer d'ionisation. Le succès du déploiement des technologies THz dépend fortement de la disponibilité de sources THz compactes, efficaces et abordables. Les lasers VINCI de TeraXion présentent une combinaison unique de durée d'impulsion très courte (50 fs typiques) et de puissance crête élevée approchant 1 MW. Le laser VINCI-1064 utilise une technologie robuste et peu coûteuse qui en fait un candidat idéal pour le déploiement à grande échelle de la technologie THz.

Note : Résultats expérimentaux gracieuseté de Jean-Michel Ménard du groupe de spectroscopie THz ultrarapide de l'Université d'Ottawa.