



Les lasers à impulsions ultra-courtes pour la fonctionnalisation des surfaces

19 août 2024, 18:14

Olivier Malek
Bas Rottier

Une nouvelle dimension dans la conception des produits

Les lasers à impulsions ultra-courtes peuvent modifier les surfaces pour leur conférer de nouvelles propriétés ou fonctionnalités, notamment en matière de frottement, d'hydrofugation, d'effet antibactérien ou encore d'augmentation du dégagement de chaleur grâce à un rayonnement optimisé. Ils offrent de nombreux avantages par rapport aux revêtements conventionnels et leur potentiel d'application semble infini. Il est temps de les présenter !

Qu'est-ce qu'un laser à impulsions ultra-courtes ?

Les lasers à impulsions ultra-courtes sont des lasers qui émettent des impulsions lumineuses extrêmement courtes, d'une durée allant de quelques femtosecondes à quelques picosecondes (une femtoseconde est un millionième de milliardième de seconde, et une picoseconde est un millième de milliardième de seconde). Ces lasers ont une puissance de crête très élevée, ce qui signifie qu'ils sont à même de transmettre une énorme quantité d'énergie en très peu de temps. Ces caractéristiques les rendent idéaux pour l'usinage de matériaux à l'échelle nanométrique et

micrométrique, sans générer beaucoup de chaleur ni endommager le matériau.



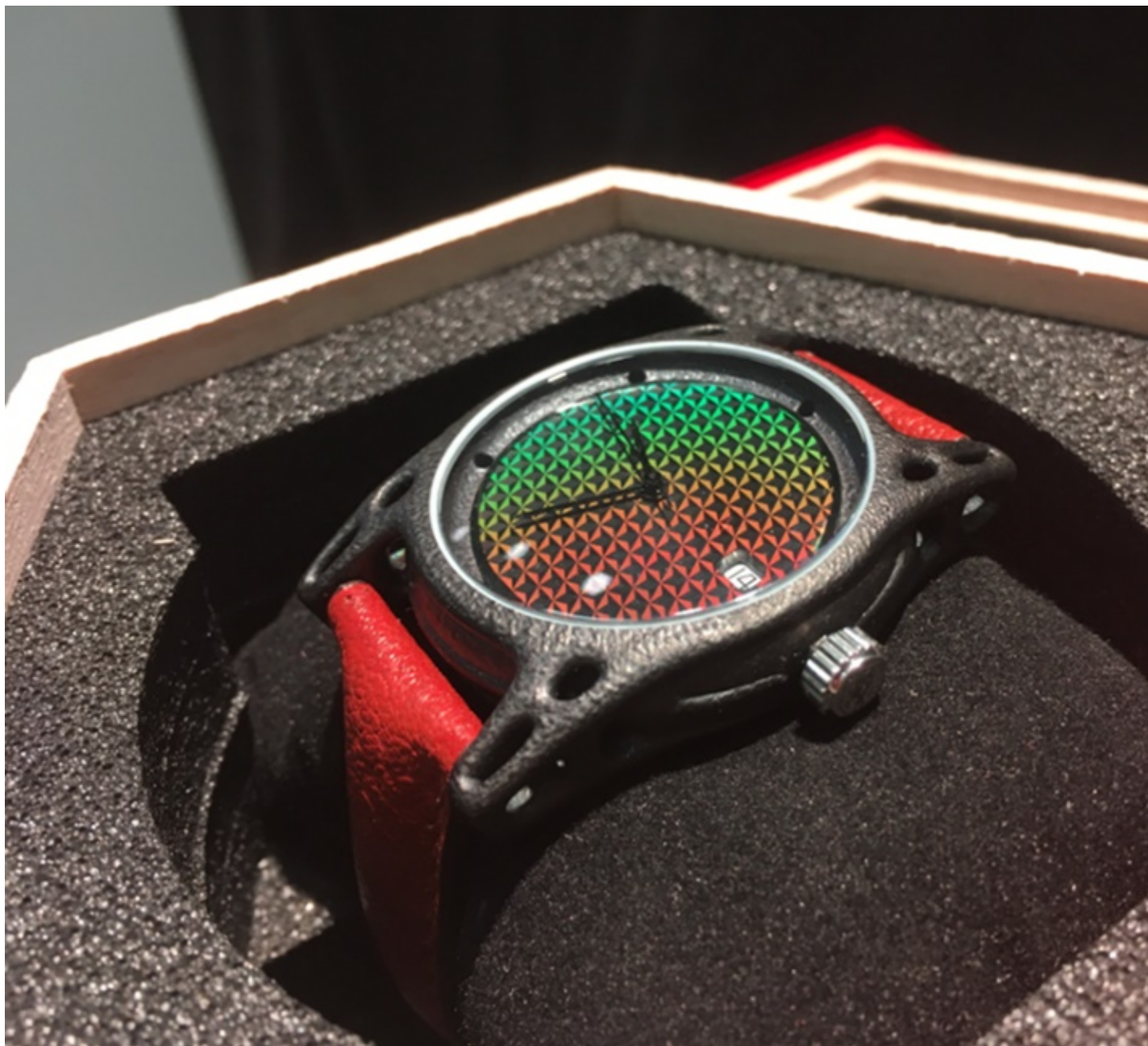
©Sirris
Sirris laser lab

Comment les lasers à impulsions ultra-courtes permettent-ils de fonctionnaliser les surfaces ?

Les lasers à impulsions ultra-courtes peuvent fonctionnaliser des surfaces en les dotant de microstructures ou de nanostructures qui influencent l'interaction avec la lumière, les liquides, les gaz ou d'autres matériaux. En variant la forme, la taille, la densité et l'orientation de ces structures, il est possible de créer différentes fonctionnalités, dont voici quelques exemples :

- **Frottement** : en rendant la surface plus rugueuse ou au contraire plus lisse, la friction entre deux matériaux peut être augmentée ou diminuée. Ces propriétés peuvent être utiles, par exemple pour améliorer l'adhérence des pneus, réduire l'usure des pièces de machines ou réduire la traînée des avions.

- **Hydrofugation** : en recouvrant la surface de petits cônes ou de piliers imitant la structure d'une feuille de lotus, il est possible de la rendre hydrofuge ou déperlante. De ce fait, les gouttes d'eau glissent facilement sur la surface, qui reste propre et sèche. Ce traitement est utile entre autres pour prévenir la corrosion, réduire le givrage ou améliorer l'hygiène.
- **Effet antibactérien** : en la dotant de pointes acérées ou de piques imitant la structure de l'aile d'une libellule, la surface peut tuer ou repousser les bactéries. En effet, les pointes ou les piques transpercent ou endommagent la membrane cellulaire des bactéries, qui meurent ou se détachent. Cela peut être utile, par exemple, pour prévenir les infections, favoriser la guérison ou prolonger la durée de conservation.
- **Amélioration de l'absorption de la lumière** et/ou **augmentation de l'émissivité** d'une surface par la création de textures ultra-noires. Ces textures capturent la lumière et rendent les objets ultra-noirs, ce qui est particulièrement intéressant pour lutter contre la réflexion et la lumière parasite dans les instruments spatiaux, par exemple. Elles permettent en outre d'augmenter la quantité de chaleur émise par le rayonnement du corps noir (ou black-body radiation), rendant ainsi les échangeurs de chaleur beaucoup plus efficaces et compacts.



Quels sont les avantages des lasers à impulsions ultra-courtes par rapport aux revêtements classiques ?

Les lasers à impulsions ultra-courtes présentent plusieurs avantages par rapport aux revêtements classiques :

- ils sont **plus écologiques**, car ils n'utilisent pas de produits chimiques ou de solvants potentiellement nocifs pour la santé ou l'environnement ;
- ils sont plus **durables**, car ils ne fonctionnent pas par application d'une couche supplémentaire susceptible de s'écailler, de se craqueler ou de s'user ; la fonctionnalité est directement intégrée dans le matériau, qui conserve donc sa résistance et sa flexibilité d'origine ;
- ils sont plus **polyvalents**, puisqu'ils peuvent être appliqués à presque tous les matériaux, indépendamment de la forme, de la taille, de la couleur ou de la texture de ceux-ci. De plus, selon les besoins, ils permettent de combiner plusieurs fonctionnalités sur une même surface, ou encore d'appliquer un traitement différent à diverses zones de la surface.

Quel est l'avenir des lasers à impulsions ultra-courtes pour la fonctionnalisation des surfaces ?

Les lasers à impulsions ultra-courtes sont une technologie prometteuse pour la création de matériaux innovants aux propriétés personnalisées. Ils présentent le potentiel requis pour révolutionner diverses industries, telles que l'automobile, l'aérospatiale, le biomédical, le textile et l'emballage. Ils peuvent également contribuer à relever des défis mondiaux, tels que la réduction de la consommation d'énergie, l'amélioration de la qualité de l'eau, la lutte contre les maladies et la promotion de l'économie circulaire. Les lasers à impulsions ultra-courtes constituent un outil puissant pour concevoir des matériaux dotés d'une nouvelle dimension : la fonctionnalité de la surface.

Comment les lasers à impulsions ultra-courtes peuvent-ils être utilisés dans la microfabrication ?

Le micro-usinage par laser femtoseconde permet d'enlever (sélectivement) des couches microscopiques sur des surfaces, sans risquer de chauffer ou d'endommager la partie principale de la structure. Les lasers femtosecondes offrent des avantages sans précédent par rapport aux lasers classiques pour les processus de micro-usinage tels que : le marquage laser, la gravure laser, le micro-usinage et le nano-usinage (découpe, fraisage, perçage, polissage) et l'élimination (sélective) de couches ultra-fines par laser.

On retrouve les applications types dans les domaines de la microélectronique, des dispositifs médicaux, de l'optique, de la microfluidique, de la mécanique de précision, de la tribologie et du micro-outillage.

Vous voulez en savoir plus ou vous souhaitez avoir recours à cette technologie ?

[Contactez-nous](#)

*Cet article a été publié dans le cadre du **projet BBBC**, avec le soutien du **SPF Économie belge**.*

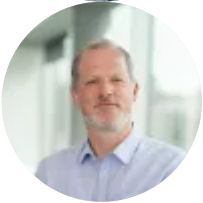
Plus d'informations sur notre projet de recherche sur la texturation par femtolaser pour la fonctionnalité des surfaces

[FEMTOFUNC | Fabrication de composants à fonctionnalité de surface biomimétique par texturation au laser femtoseconde](#)

Auteurs



Olivier Malek



Bas Rottier