

Proposition de stage

Laboratoire d'accueil : Laboratoire ICube (D-ESSP, équipe IPP)

Synthèse d'électrodes transparentes à base de carbone et de technologies laser (PLD et traitements de surface)

Description du stage (Contexte, travail à réaliser, pré-requis) :

L'un des grands défis que les technologies d'affichage (LCD, OLEDs...), dispositifs optoélectroniques et photovoltaïques devront affronter dans un futur proche est de trouver une alternative à l'utilisation d'oxydes conducteurs transparents tel l'oxyde d'indium-étain (ITO) [1]. Le graphène, un matériau 2D conducteur et transparent à base de carbone apparaît comme une alternative attractive à l'ITO. Cependant, son transfert sur grandes surfaces est complexe et délicat à mettre en œuvre [2].

Lors de ces quatre dernières années, un procédé original a été mis au point au sein du laboratoire ICube. Le procédé d'élaboration comprend deux étapes. Dans un premier temps, une fine couche (d'environ 20 nm) de carbone amorphe adamantin (Diamond-Like Carbon : DLC) [3] est synthétisée sous vide et à température ambiante par ablation laser pulsée (PLD) d'une cible de graphite pur et déposée sur un substrat isolant et transparent (verre, quartz...) dans le cas où une électrode transparente doit être obtenue. Le dépôt peut cependant être obtenu de façon identique sur tout type de substrats (conducteur, souple, polymères...). Deux des principales propriétés du DLC sont sa transparence dans le domaine visible et son fort caractère isolant. Il présente un caractère partiellement opaque dans le domaine ultraviolet. C'est cette propriété qui est exploitée dans une seconde étape dans laquelle un traitement laser UV uniforme à très basse énergie de la couche déposée permet la graphitisation de sa surface par balayage, la rendant conductrice tout en conservant sa transparence. Les performances prometteuses des premières couches sont égales voire supérieures à celle d'un ITO standard (en termes de transmittance et de conductivité) [4-7].

Dans le cadre de ce stage, nous proposons de développer le procédé expérimental de synthèse d'électrodes de haute qualité sur de grandes dimensions de sorte à les adapter à un grand nombre d'applications potentielles. Le stagiaire devra dans ce contexte prendre en charge l'élaboration des électrodes transparentes, l'adaptation progressive de celui à la synthèse d'électrodes sur de grandes dimensions. Il réalisera également les caractérisations électroniques et optiques de ces électrodes afin de les intégrer dans un dispositif optoelectronique.

Durée en mois : 6 mois

Contacts : **Responsable(s) du stage : Frédéric Antoni** **Co-encadrant : F. Stock**
Mél : frederic.antoni@unistra.fr
Tel : 03 68 85 05 81

Collaborations extérieures éventuelles : Laboratoire IS2M (Mulhouse)

Traineeship grant / Gratification de stage : Conformément aux règles en vigueur (3,90 €/h ~ 600 €/mois).

Poursuite possible en thèse/ Possible PhD position : yes

Références :

- [1] "Touch Display Research", ITO-Replacement—Non-ITO Transparent Conductor Technologies, Supply Chain, and Market Forecast Report, May 2013.
- [2] "Direct synthesis of graphene on any metallic substrate based on KrF laser ablation of ordered pyrolytic graphite", Xu S.C., Man B.Y., Jiang S.Z., Liu A.H., Hu G.D., Chen C.S., Liu M., Yang C., Feng D.J., and Zhang C., Laser Physics Letters 11 (2014) 0960011/1.
- [3] "Diamond-Like amorphous carbon", Materials Science and Engineering, Robertson J., R37 (2002) 129.
- [4] Pure carbon conductive transparent electrodes synthesized by a full laser deposition and annealing process. F. Stock, F. Antoni, D. Aubel, S. Hajjar-Garreau and D. Muller. Accepted pour une publication dans « Applied Surface Science ».
- [5] "UV laser annealing of Diamond-Like Carbon layers obtained by Pulsed Laser Deposition for optical and photovoltaic applications", F. Stock, F. Antoni, L. Diebold, C. Chowde Gowda, S. Hajjar-Garreau, D. Aubel, N. Boubiche, F. Le Normand and D. Muller, Applied Surface Science 464 (2019) 562-566.
- [6] "High performance diamond-like carbon layers obtained by pulsed laser deposition for conductive electrode applications.", F. Stock, F. Antoni, F. Le Normand, D. Muller, M. Abdesselam, N. Boubiche, I. Komissarov. Applied Physics A (2017) 123:590.
- [7] Pure carbon conductive transparent electrodes synthesized by a full laser deposition and annealing process, F. Stock, F. Antoni, D. Aubel, S. Hajjar-Garreau, D. Muller, Applied Surface Science 505 (2020) 144505.

Internship position

Host laboratory: Laboratoire ICube (D-ESSP, équipe IPP)

Synthesis of transparent carbon-based electrodes and laser technologies (PLD and surface treatments)

Description of the internship (Context, work to be done, prerequisites):

One of the great challenges that display technologies (LCD, OLEDs, etc.), optoelectronic and photovoltaic devices will have to face in the near future is to find an alternative to the use of transparent conductive oxides such as indium oxide. -tin (ITO) [1]. Graphene, a conductive and transparent 2D carbon-based material appears to be an attractive alternative to ITO. However, its transfer over large surfaces is complex and delicate to implement [2].

Over the past four years, an original process has been developed in the ICube laboratory. The development process consists of two steps. First, a thin layer (about 20 nm) of amorphous diamond-like carbon (DLC) [3] is synthesized under vacuum and at room temperature by pulsed laser ablation (PLD) of a target of pure graphite and deposited on an insulating and transparent substrate (glass, quartz, etc.) in the event that a transparent electrode must be obtained. The deposit can however be obtained in an identical manner on any type of substrate (conductive, flexible, polymers, etc.). Two of the main properties of the DLC are its transparency in the visible range and its strong insulating character. It has a partially opaque character in the ultraviolet range. It is this property that is exploited in a second step in which a uniform UV laser treatment at very low energy of the deposited layer allows the graphitization of its surface by scanning, making it conductive while maintaining its transparency. The promising performance of the first coats is equal to or even better than that of a standard ITO (in terms of transmittance and conductivity) [4-7].

As part of this internship, we propose to develop the experimental process for synthesizing high quality electrodes on large dimensions so as to adapt them to a large number of potential applications. In this context, the trainee will have to take charge of the development of transparent electrodes, the gradual adaptation of that to the synthesis of electrodes on large dimensions. He will also carry out the electronic and optical characterizations of these electrodes in order to integrate them into an optoelectronic device.

Training period: 6 months

Contacts: Internship manager: Frédéric Antoni Co-supervisor: F. Stock

Email: frederic.antoni@unistra.fr

Phone: 03 68 85 05 81

Collaborations extérieures éventuelles : Laboratoire IS2M (Mulhouse)

Traineeship grant /Gratification de stage : Conformément aux règles en vigueur (3,90 €/h ~ 600 €/mois).

Poursuite possible en thèse/ Possible PhD position : yes

References :

- [1] "Touch Display Research", ITO-Replacement—Non-ITO Transparent Conductor Technologies, Supply Chain, and Market Forecast Report, May 2013.
- [2] "Direct synthesis of graphene on any metallic substrate based on KrF laser ablation of ordered pyrolytic graphite", Xu S.C., Man B.Y., Jiang S.Z., Liu A.H., Hu G.D., Chen C.S., Liu M., Yang C., Feng D.J., and Zhang C., Laser Physics Letters 11 (2014) 096001/1.
- [3] "Diamond-Like amorphous carbon", Materials Science and Engineering, Robertson J., R37 (2002) 129.
- [4] Pure carbon conductive transparent electrodes synthesized by a full laser deposition and annealing process. F. Stock, F. Antoni, D. Aubel, S. Hajjar-Garreau and D. Muller. Accepted for publication in « Applied Surface Science ».
- [5] "UV laser annealing of Diamond-Like Carbon layers obtained by Pulsed Laser Deposition for optical and photovoltaic applications", F. Stock, F. Antoni, L. Diebold, C. Chowde Gowda, S. Hajjar-Garreau, D. Aubel, N. Boubiche, F. Le Normand and D. Muller, Applied Surface Science 464 (2019) 562-566.
- [6] "High performance diamond-like carbon layers obtained by pulsed laser deposition for conductive electrode applications.", F. Stock, F. Antoni, F. Le Normand, D. Muller, M. Abdesselam, N. Boubiche, I. Komissarov. Applied Physics A (2017) 123:590.
- [7] Pure carbon conductive transparent electrodes synthesized by a full laser deposition and annealing process, F. Stock, F. Antoni, D. Aubel, S. Hajjar-Garreau, D. Muller, Applied Surface Science 505 (2020) 144505.