

## **Solar materials deposited by cold plasma technologies.**

The cold plasma technologies are essential processes in microelectronics industries for more than 40 years. They are now developing for solar materials because they allow large scale deposition or treatment of very reproducible and pure materials, without any chemical waste.

When delivering power into a neutral gas, a fraction of gas particles can be converted (ionized) into charged particles to form plasma. The plasma generated by electric or electromagnetic fields is usually denoted as an electric discharge. The plasma (or more correctly, the gas discharge plasma) can be characterized as a partially ionized gas containing neutral particles as well as an equivalent number of negative electrons and positive ions. Depending on required applications, there are a wide variety of plasmas generated under different conditions. In particular, those in which the plasma must interact with a solid substrate without damaging it, the temperature shouldn't exceed roughly 60°C. Cold plasmas are scalable technologies in industry to deposit thin films or to treat surface and hence improve properties of this one. The advantage of this technology is also to be ecofriendly and very versatile. In many applications, optical materials are more and more used. The properties of the coatings deposited by plasma are depending on process parameters. Hence, by adjusting gas pressure, power, and temperature we can tune the composition and the structure in a wide range. Hence, it is possible to adjust thin films specific refractive index, optical bandgap, absorption coefficient, in order to fit the solar coatings requirements for photovoltaic or solar selective absorbing coating (SSAC) to maximize solar conversion efficiency. The goal of this course is to give strong knowledge on plasma deposition and optical properties of thin films but also to show how this powerful technology is used in industry by taking different research examples made at the ICCF.

This course will be divided in 3 parts:

- Overview on plasma technologies in industry for thin film deposition
- Description of optical properties of thin films
- Applications of optical coatings in photovoltaic and photothermal fields.

Teachers: Eric TOMASELLA et Angélique BOUSQUET (ICCF), Emmanuel CENTENO (IP)

## Matériaux solaires déposés par les technologies plasma

Les technologies d'élaboration de matériaux par plasma froid sont des procédés essentiels dans l'industrie de la microélectronique depuis plus de 40 ans et se développent de plus en plus rapidement dans le domaine du solaire. Ces technologies permettent de réaliser des dépôts sur des grandes surface, à grande échelle, de manière reproductible et sans rejet de déchets.

D'un point de vue scientifique un plasma est créé par ionisation d'un gaz en appliquant une décharge électrique entre deux électrodes. Il est partiellement ionisé et est constitué d'espèces neutres, radicaux, photons.

Selon les applications requises, il existe une grande variété de plasmas générés dans des conditions différentes. En particulier, le fait que l'on puisse déposer des matériaux à température ambiante (ou inférieure à 60°C) permet de revêtir des substrats de types polymères ou élastomères.

Les plasmas froids sont des technologies évolutives dans l'industrie pour déposer des films minces ou pour traiter la surface et donc permettent d'améliorer les propriétés de celle-ci. L'avantage de cette technologie est également d'être « ecofriendly » et très polyvalente.

L'énergie est un enjeu sociétal extrêmement important au 21ème siècle. Ce domaine scientifique utilise des matériaux à vocation optique pour augmenter des rendements par exemple.

Les propriétés des revêtements déposés par plasma sont fonction des paramètres du procédé. Par conséquent, en ajustant la pression de gaz, la puissance et la température nous pouvons ajuster la composition et la structure dans une large gamme. Il sera donc possible de moduler les indices, gap, coefficient d'absorption en fonction de l'application visée. Le but de ce cours est de donner de solides connaissances sur le dépôt de plasma et les propriétés optiques des couches minces, mais aussi de montrer comment cette puissante technologie est utilisée dans l'industrie en prenant des exemples de recherche sur le photovoltaïque ou le solaire thermique réalisés à l'ICCF.

Ce cours sera constitué de 3 parties

- Une vue d'ensemble des procédés plasmas pour le dépôt de couches minces dans l'industrie
- La description de propriétés optiques de films
- Les applications dans le domaine de l'industrie photovoltaïque et du solaire thermique.

Intervenants: Eric TOMASELLA et Angélique BOUSQUET (ICCF), Emmanuel CENTENO (IP)