

Applications métrologiques du graphite pyrolytique

Les propriétés thermiques du graphite pyrolytique sont utilisées pour de nombreuses applications industrielles ou scientifiques telles que le contrôle thermique électronique ou la spectrométrie de rayon X. De même, ses propriétés optiques sont également employées pour réaliser des photo-détecteurs ultrarapides convertissant l'énergie de photons absorbée en courant électrique pour des fréquences optiques allant du visible au térahertz. Plus récemment, son diamagnétisme a été mis en œuvre pour stabiliser la position d'aimants en lévitation dans le cadre de développement de capteurs de force. C'est cette propriété de fort diamagnétisme que nous souhaitons mettre à profit pour réaliser des capteurs pour mesurer la puissance optique de laser mais aussi pour mesurer de faibles forces ou faibles masses.

Depuis de nombreuses années, les propriétés du graphite pyrolytique (PyC) sont mises à profit dans un large domaine d'applications industrielles ou scientifiques.

Par exemple, les propriétés thermiques du PyC sont utilisées pour le contrôle thermique électronique ou la spectrométrie de rayon X. De même, ses propriétés optiques sont, entre autres, employées pour réaliser des photo-détecteurs ultrarapides convertissant l'énergie de photons absorbée en courant électrique pour des fréquences optiques allant du visible au térahertz. Plus récemment, son diamagnétisme remarquablement élevé a été mis en œuvre pour concevoir des accéléromètres ou encore pour stabiliser la position d'aimants en lévitation dans le cadre de développement de capteurs de force.

Nous mettons à profit cette propriété de fort diamagnétisme pour réaliser de nouveaux dispositifs de mesure. En particulier, il s'agit d'exploiter le phénomène de lévitation d'une plaque de PyC sur des aimants en NdFeB et cela, fait remarquable, à température ambiante, comme élément sensible d'un capteur.

L'une des premières applications prometteuses, que le Laboratoire commun de métrologie développe, concerne la mesure de puissance optique de lasers dans une gamme de quelques milliwatts à 10 watts. Couramment, on utilise des photodiodes ou des capteurs thermiques pour mesurer ces puissances optiques avec une incertitude relative de 1% dans le meilleur des cas. Chaque type de capteurs présente des avantages et des inconvénients en termes de sensibilité, de temps de réponse, de domaine fréquentiel...

Deux configurations utilisant le PyC, basées sur la mesure de la variation de force de répulsion diamagnétique en réponse à une puissance optique laser incidente sur la surface d'une feuille de graphite pyrolytique:

Une configuration en mode « pesée » permet de mesurer cette variation de force en termes de variation de masse moyen d'une balance. Nous avons démontré que l'incertitude relative de mesure de la puissance optique incidente (après étalonnage du dispositif) est inférieure à 2% ;

Une configuration en mode « lévitation » permet de mesurer cette variation de force en termes de variation de hauteur de lévitation. L'un des avantages de cette configuration est d'être beaucoup plus compact que celle utilisant une balance, mais l'incertitude relative n'est que de l'ordre de 10%. L'origine de cette incertitude importante semble provenir de la grande sensibilité du dispositif d'une part aux vibrations et d'autre part aux variations de température.

Ces deux configurations offrent donc des performances complémentaires aux puissance-mètres actuels dans un domaine intermédiaire de puissance, mais aussi un temps de réponse réduit par rapport aux capteurs thermiques existants.