

Zero admittance dielectric multilayers applied in optical sensors

Air quality is a major global issue from the point of view of outdoor ambient air, particularly for the control of greenhouse gases (CO_2 , CH_4 ...), but also for the health of populations with control and the reduction of toxic substances (NO_x , PM_x , CMR Carcinogenic Mutagenic Toxic for reproduction, etc....). Emissions from vehicle components (PVC, polyurethane, foam, carpets, adhesives etc.) can adversely affect vehicle interior air quality (VIAQ), and subsequently the comfort and health of drivers and passengers. As a result of these concerns, VIAQ is of growing importance to the automobile industry.

This work takes place in the context of the conception of an ultra-sensitive optical odor sensor to monitor the air quality in the vehicle cabinet. As achieving superior field enhancement plays a critical role in the optical sensing, we designed all dielectric multilayer materials using zero-admittance layers (ZAL) to generate a giant enhancement of the evanescent electromagnetic field under total internal reflection. Such devices provide an alternative to plasmonics with several advantages (zero absorption, arbitrary illumination conditions, field localization, simultaneous enhancements). The designed optical thin films was deposited on prisms by using plasma-assisted electron beam deposition.

The structure of ZAL multilayers is function of the resonance conditions and a collimated TE polarized laser beam is employed to excite the huge field enhancement. As a specific application of the resonant field, we propose and demonstrate refractive index sensing for the detection of trace amounts of an analyte. The results include a quantification of the sensitivity of the component with respect to the profile of the exciting field. The experimental results are shown to be in good agreement with theoretical calculations.

We have also fabricated the prototype with a designed microfluidic device. And some experiments are presented to illustrate the multi-application of our components. Thanks to its ultra-sensitivity, it demonstrates excellent performances with gazes and liquids, which illustrates its huge potential in sensing application.

Multicouches diélectriques à admittance nulle appliqués aux capteurs optiques

La qualité de l'air est un enjeu mondial majeur du point de vue de l'air ambiant extérieur, notamment pour la maîtrise des gaz à effet de serre (CO_2 , CH_4 ...), mais également pour la santé des populations avec la maîtrise et la diminution des substances toxiques (NO_x , PM_x , composés CMR Cancérogène Mutagène Toxique pour la reproduction, etc....). Les émissions des composants du véhicule (PVC, polyuréthane, mousse, tapis, adhésifs, etc.) peuvent nuire à la qualité de l'air intérieur du véhicule (VIAQ), et par conséquent au confort et à la santé des conducteurs et des passagers. En raison de ces préoccupations, le VIAQ revêt une importance croissante pour l'industrie automobile.

Le cœur de ce travail est la conception et la qualification d'un capteur optique de contaminants, ultra-sensible et visant à détecter la présence de molécules susceptibles de générer des nuisances olfactives dans l'habitacle des véhicules. Dans ce contexte, nous synthétisons des composants multi-diélectriques permettant de générer, optimiser et contrôler une exaltation géante du champ électromagnétique. Ces composants reposent sur le concept de couche d'admittance nulle (ZAL) et fournissent une alternative à la plasmonique, avec plusieurs avantages (absence d'absorption, choix arbitraire des conditions d'éclairement, exaltations simultanées, localisation du champ, contrôle de l'amplitude...). Des empilements témoins ont été réalisés sur des prismes en utilisant un dépôt par faisceau d'électrons assisté par plasma.

Les structures ZAL sont optimisées pour présenter une exaltation de plusieurs décades sous un éclairement par un faisceau laser polarisé TE et collimaté. Le premier exemple d'application est la démonstration de la détection de traces d'un analyte par modification de l'indice de réfraction. La sensibilité du composant est quantifiée eu égard à la forme du front d'onde du champ réfléchi, et les résultats expérimentaux sont en très bon accord avec les prédictions théoriques.

Nous présentons enfin un prototype intégrant un dispositif microfluidique dont les performances ont été validées pour plusieurs applications. En raison de son ultra-sensibilité, la technique permet déjà d'obtenir d'excellentes performances en milieux gazeux et liquides, ouvrant ainsi de nombreuses perspectives en termes d'applications de détection.