



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 35375 B1** (51) Cl. internationale : **G01N 00/00**  
(43) Date de publication : **01.09.2014**

- 
- (21) N° Dépôt : **35620**  
(22) Date de Dépôt : **29.01.2013**  
(71) Demandeur(s) : **MASCIR, RUE MOHAMED ELJAZOULI MADINAT ALIRFANE RABAT 10100 (MA)**  
(72) Inventeur(s) : **Dmitry V. Nesterenko ; Zouheir Sekkat**  
(74) Mandataire : **ABDELHAQ AMMANI**

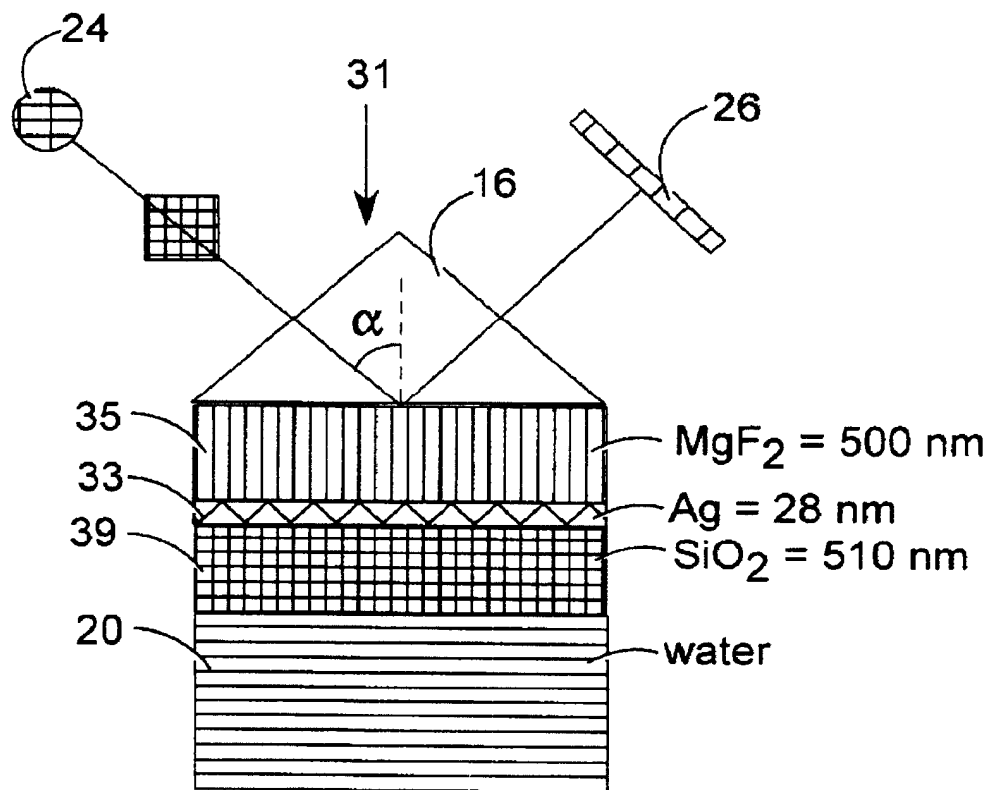
- 
- (54) Titre : **CAPTEUR DE PLASMON DE SURFACE UTILISANT UN REVETEMENT DIELECTRIQUE A HAUT INDICE DE REFRACTION**  
(57) Abrégé : présente invention concerne un capteur de plasmon de surface et un capteur à puce à base de plasmon de surface capable d'améliorer la résolution de la détection d'un spécimen en faisant usage d'un film protecteur transparent optique. Dans le capteur SPR de la présente invention, on utilise une puce qui comprend un substrat à base d'un matériau transparent diélectrique ou d'un matériau électriquement conducteur transparent, un film métallique formé sur celui-ci et un film protecteur transparent formé sur le film de réflecteur ayant l'indice de réfraction plus élevé que l'indice de réfraction du milieu environnant.

**Capteur de plasmon de surface utilisant un revêtement diélectrique de protection à haut indice de réfraction.**

**Abrégé de l'invention :**

présente invention concerne un capteur de plasmon de surface et un capteur à puce à base de plasmon de surface capable d'améliorer la résolution de la détection d'un spécimen en faisant usage d'un film protecteur transparent optique.

Dans le capteur SPR de la présente invention, on utilise une puce qui comprend un substrat à base d'un matériau transparent diélectrique ou d'un matériau électriquement conducteur transparent, un film métallique formé sur celui-ci et un film protecteur transparent formé sur le film de réflecteur ayant l'indice de réfraction plus élevé que l'indice de réfraction du milieu environnant.



**LR-CPWR**

01 SEPT 2014

**Capteur de plasmon de surface utilisant un revêtement diélectrique de protection à haut indice de réfraction.**

5

**Domaine de l'invention:**

La présente invention concerne un capteur de plasmon de surface et un capteur à puce à base de plasmon de surface capable d'améliorer la résolution de la détection d'un spécimen en faisant usage d'un film protecteur transparent optique.

10

**Art antérieur:**

La détection basée sur la résonance des plasmons de surface, surface plasmon resonance (SPR) en Anglais, est une technologie qui utilise les modes des plasmon de surface (i) dans les biocapteurs qui détectent l'ADN, les virus, les protéines, les chaînes de sucre ou analogues; et (ii) les capteurs de substances chimiques qui détecte des ions métalliques, des molécules organiques, des gaz ou analogues. Les dispositifs de détection SPR convertissent les changements (paramètres d'entrée) dans l'indice de réfraction et / ou de l'épaisseur du milieu diélectrique en contact avec le film de métal, à l'interface métal-diélectrique qui supporte l'onde plasmon, qui doit être excitée par une onde plane polarisée p incidente sur l'interface métal-diélectrique, à un changements dans l'intensité et / ou la phase de la lumière réfléchié ou diffractée (par un réseau) à l'interface (paramètres de sortie). La sortie est le résultat des changements qui se produisent dans la propagation des ondes des plasmons de surface (SP en Anglais) long de l'interface. Une variation de l'indice de réfraction du milieu diélectrique, par exemple, milieu (couche mince) recouvrant le film métallique, implique un changement dans la constante de propagation de l'onde SP. Comme résultat de l'interaction SP avec l'onde plane incidente, les caractéristiques de l'onde réfléchié varient. Quand une couche mince diélectrique est disposée sur la couche métallique et entouré par les milieux diélectriques en empilement, les variations de l'épaisseur optique de la couche modifient également la sortie. Ce type de détection est appliqué dans des biocapteurs dans le cas où des biomolécules sont adsorbées à la surface de la couche métallique. En outre, il peut être utilisé pour la caractérisation optique des couches ultraminces.

Cette technologie utilise un système optique ayant une structure composée d'une lamme de verre revêtué d'un métal noble (or ou analogue), qui est déposé sur la lame de verre par évaporation thermique. Le côté de la lame de verre non recouvert avec le métal, est mis en contact avec un prisme par l'intermédiaire d'une huile dont l'indice de réfraction est proche

de ceux de la lame de verre et du prisme. La lumière d'un faisceau laser, ou une lumière blanche, est introduite à travers le prisme dans l'empilement verre-métal, et l'intensité, et/ou la phase, de la lumière réfléchie est mesurée, en utilisant un mode SPR sur la surface du métal noble où les molécules, ou spécimens, à détecter, sont adsorbées. L'onde de lumière incidente irradie le verre dans une condition de réflexion totale, et la quantité d'énergie de l'onde incidente transférée à l'énergie de l'onde SP dépend de l'angle d'incidence de l'onde incidente. La portion maximale de l'énergie de la lumière incidente est transmise à un angle d'incidence particulier appelé l'angle de résonance.

La figure 1 montre un exemple de la configuration optique classique pour induire le mode de plasmon de surface. Lorsque le mode de plasmon de surface est excité, l'énergie de l'onde incidente est transférée au mode SP, qui se propage avec atténuation dissipative sur la surface du métal. Cette énergie est fortement amplifiée à l'interface ; ceci joue un rôle primordial dans la détection sensible des capteurs à ondes plasmon. Par conséquent, l'intensité de la lumière réfléchie diminue de manière significative dans le voisinage de l'angle de résonance de l'incident.

L'intensité de la lumière réfléchie, à la résonance et à un angle proche de l'angle de résonance varie en fonction de l'épaisseur et la constante diélectrique relative du matériau déposé sur la surface du film métallique. Le détecteur de mode de plasmon de surface rend l'utilisation de cet effet de déterminer la mesure de couplage (l'épaisseur du film ou en poids) de l'échantillon à étudier, par modification d'un matériau qui couple avec ou qui est adsorbé par l'échantillon sur la surface de la pellicule de métal et détecte la variation de l'angle d'incidence ou de la réflectivité provoquée par le couplage ou l'adsorption de l'échantillon dans le voisinage de la surface du film métallique.

Une haute sensibilité de détection dans la région de l'ultraviolet peut être réalisée en utilisant de l'alumine de la lumière qui est formée par oxydation anodique. Cependant, l'instabilité de l'alumine en présence d'un acide ou alcalin est le principal inconvénient. La sensibilité du capteur de mode de plasmon de surface optique et peut être améliorée, en recouvrant la surface du film métallique par la couche de protection diélectrique ayant un indice de réfraction supérieur à l'indice de réfraction du substrat du capteur.

Une autre technologie est connue qui utilise les modes d'ondes optiques guidées dans un biocapteur, par exemple dans le brevet US6421128. Une couche (ou des couches) métallique (ou semi-conducteur) est utilisée avec un prisme ou un réseau de manière à fournir une onde de plasmon de surface dans des conditions de réflexion totale d'une lumière incidente de longueur d'onde prédéterminée à l'extérieur du spectre visible. La couche métallique est choisie avec un indice de réfraction le plus faible possible et un coefficient d'extinction la plus grande possible à l'intérieur de la longueur d'onde d'intérêt et est recouverte d'une couche diélectrique solide, caractérisé par les paramètres optiques prédéterminés. Cette couche peut comporter une ou plusieurs couches de matériaux différents et joue le rôle d'un guide d'ondes de lumière qui génère des modes de guides d'ondes couplés à des plasmons

de surface, d'où une nouvelle série de résonances excitée par la lumière d'excitation polarisée à la fois s et p et caractérisée par un spectre étroit que ce qui est produit par SPR conventionnel. Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, la couche diélectrique peut être conçue pour servir à la fois comme un guide d'ondes et dans le même temps le rôle d'électrode. Ceci permet à la combinaison d'un dispositif optique avec un dispositif électrique, capable de surveiller simultanément les caractéristiques électriques et les paramètres optiques des couches minces et des interfaces. La lumière incidente irradie le verre dans une condition de réflexion totale, et le mode d'ondes guidées se produit à un angle d'incidence particulier, en raison des multiples réflexions à l'intérieur d'un matériau diélectrique.

La figure 2 représente une structure de substrat d'une puce qui illustre un mode de guide d'ondes optique. Lorsque le mode guide d'onde est excité, l'énergie des transferts de houle incidente à l'énergie du mode de guide d'ondes, qui se propage avec atténuation dissipatif dans le guide d'ondes en interaction avec un métal noble. Par conséquent, l'intensité de la lumière réfléchie diminue de manière significative dans le voisinage de l'angle d'incidence de résonance. Le mode de guide d'onde optique peut exister dans des guides d'ondes avec une épaisseur optique supérieure à la moitié de la longueur d'onde de propagation de la lumière.

## 20 RESUME DE L'INVENTION

Dans le capteur SPR de la présente invention, on utilise une puce qui comprend un substrat à base d'un matériau transparent diélectrique ou d'un matériau électriquement conducteur transparent, un film métallique formé sur celui-ci et un film protecteur transparent formé sur le film de réflecteur ayant l'indice de réfraction plus élevé que l'indice de réfraction du milieu environnant.

Le capteur comprend un mécanisme d'éclairage à lumière qui éclaire le film métallique à travers le substrat transparent, et un mécanisme de détection de lumière pour détecter la lumière réfléchie par le film de réflexion. La détection de l'échantillon est effectuée en détectant l'angle de résonance ou de décalage de longueur d'onde qui se produit lorsque l'échantillon est adsorbé ou déposé sur la surface de la pellicule de protection transparente, à l'aide d'une gamme d'angles d'incidence de la lumière lorsqu'elle est transmise à travers le film métallique. La mise en œuvre de la feuille de protection transparente permet la détection des spécimens plus petits avec une résolution meilleure que la technologie antérieure qui utilise le film métallique seulement.

Le film métallique est mince, choisi d'un ou plusieurs composants parmi les métaux des groupes 4 à 14 de la table et des alliages de ces métaux périodiques. Le film métallique est un film mince d'un matériau semi-conducteur. Le matériau semi-conducteur peut être un semi-conducteur composé d'un élément unique tel que Si ou Ge ou un semi-conducteur

composé, et du type de conductivité de celui-ci peut être soit de type n, de type p ou de semi-conducteur intrinsèque.

La couche protectrice transparente est un film diélectrique mince d'une ou plusieurs composantes. Le matériau diélectrique peut être un verre, un oxyde de métal ou de polymère. La couche protectrice transparente est d'une épaisseur de 1 à 2 nm afin d'empêcher l'oxydation de la couche métallique et d'une hauteur maximale de  $\lambda / 5$  où  $\lambda$  est la longueur d'onde de la lumière incidente, pour bloquer l'apparition de modes de guide d'ondes. L'indice de réfraction de préférence du matériau de la couche diélectrique de protection doit être plus élevé que l'indice de réfraction du matériau du substrat.

Un groupe de reconnaissance moléculaire est modifiée chimiquement à la surface de la couche protectrice transparente. n'importe qu'elle groupe amino, groupe hydroxyle, groupe carboxyle, groupe aldéhyde, groupe isothiocyanate, groupe succinimide, groupe biotinyle, groupe méthyle et groupe fluorométhyle est chimiquement modifié en tant que le groupe de reconnaissance moléculaire. Tout groupe de reconnaissance moléculaire décrite ci-dessus est utilisé de préférence sans aucune limitation.

La lumière incidente est polarisée p et la lumière réfléchie est détectée. Le substrat peut avoir une configuration en plaque. La surface du substrat opposé à la surface où la couche de protection transparente de la puce formée est mise en contact avec un prisme optique par l'intermédiaire d'un huile de correspondance d'indice de réfraction. Le substrat peut comporter une structure prismatique.

Lorsque la lumière polarisée p pénètre dans le prisme optique à un angle d'incidence par rapport à l'axe central du prisme, l'angle de la lumière réfléchie est fixé à proximité de l'angle d'incidence pour lequel l'intensité des variations de lumière réfléchie, et l'intensité de reflétées la lumière est mesurée. La mesure est faite sur l'épaisseur du film, le poids, la taille ou de la constante d'une molécule diélectrique relative, un ion ou un groupe de molécules qui sont sélectivement adsorbées par ou chimiquement des liaisons avec un groupe de reconnaissance moléculaire qui est modifiée chimiquement à la surface de la fibre optique couche, dans un gaz ou un liquide.

Le capteur SPR de la présente invention utilise un capteur à puce SPR pour détecter un spécimen en faisant usage de la surface optique de plasmon se propageant dans la couche diélectrique transparente, et les régions adjacentes de la couche métallique et le spécimen absorbé ou déposé.

La présente invention a des effets remarquables dans la fabrication d'un capteur qui a une sensibilité élevée et de grande stabilité, en utilisant une couche de protection transparente formée essentiellement d'une matière organique, du verre, un polymère ou un matériau électriquement conducteur transparent. En outre, un tel effet remarquable a la possibilité de détecter rapidement avec une résolution plus élevée sans l'aide d'une étiquette et on

utilisant un échantillon plus petit, que celle de la technique de antérieur qui utilise des modes plasmons de surface pour une longueur d'onde de travail particulier.

#### DESCRIPTION SOMMAIRE DES DESSINS

5 La figure 1 montre un exemple de la configuration optique classique pour induire le mode de plasmon de surface.

La figure 2 montre un exemple de la configuration optique classique destiné à induire le mode de guide d'ondes optique.

10 La figure 3 représente une structure de puce dans laquelle une couche protectrice transparente est induite.

15 La figure 4 est un graphique montrant une dépendance à l'égard de l'intensité relative de la lumière réfléchie polarisée p de 405 nm Longueur d'onde par des capteurs SPR aluminium ayant une performance maximale de l'épaisseur du film d'aluminium de 21 nm, sans couche de protection (a) et par l'épaisseur du film d'aluminium de 18 nm et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> couche d'une épaisseur de 22 nm déposée sur le film d'aluminium (b) de l'angle d'incidence de la lumière à la normale à la surface du substrat BK7 de verre pour des mesures dans l'eau ayant, en l'absence (1) et en présence d'une couche diélectrique mince d'indice de réfraction 1,45 et d'épaisseur de 5 nm (2).

20 La figure 5 est un graphique montrant une dépendance à l'égard de l'intensité relative de la lumière réfléchie polarisée p de 633 nm longueur d'onde par des capteurs SPR aluminium ayant une performance maximale de l'épaisseur du film d'aluminium de 10 nm, sans couche de protection (a) et par l'épaisseur du film d'aluminium de 16 nm et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> couche d'une épaisseur de 56 nm déposée sur le film d'aluminium (b) de l'angle d'incidence de la lumière à la normale à la surface du substrat en verre BK7 pour des mesures dans l'eau en l'absence (1) et la présence d'un couche diélectrique mince d'indice de réfraction 1,45 et d'épaisseur de 5 nm (2).

30 La figure 6 est un graphique montrant une dépendance en fonction de l'intensité relative de la lumière réfléchie polarisée p de 633 nm longueur d'onde par des capteurs SPR argent ayant une performance maximale de l'épaisseur de la couche d'argent de 52 nm, sans couche de protection (a) et par l'épaisseur de la couche d'argent de 40 nm et la couche de ZnO ayant une épaisseur de 16 nm déposée sur la couche d'argent (b) de l'angle d'incidence de la lumière à la normale à la surface du substrat en verre BK7 pour des mesures dans l'eau en l'absence (1) et la présence d'un couche diélectrique mince d'indice de réfraction 1,45 et d'épaisseur de 5 nm (2).

La figure 7 est un graphique montrant une dépendance à l'égard de la figure maximale de mérite pour la détection de la couche d'adsorption capteur SPR argent sur la longueur d'onde de fonctionnement et l'épaisseur de la couche protectrice de ZnO.

5

### **Description détaillée des modes de réalisation exemplaire de l'invention**

La présente invention va être décrite en référence aux dessins annexés. La description qui suit est destinée à mieux comprendre l'invention, et n'est pas destinée à limiter la présente invention. En conséquence, des modifications, de réalisation et d'autres exemples basés sur  
10 le concept technologique de la présente invention sont inclus dans la présente invention.

Comme décrit ci-dessus, la présente invention utilise un mode de plasmon de surface se propageant le long de l'interface métal-diélectrique dans la couche de protection transparente pour l'amélioration de la sensibilité de détection de la couche mince déposée sur la couche de protection transparente.

15 La figure 3 représente un substrat qui développe le mode de plasmon de surface utilisé dans la présente invention, à savoir la structure d'une puce de capteur SPR avec une couche protectrice transparente.

La puce représenté sur la figure. 3 présente une structure ayant une couche transparente d'indice de réfraction élevé, qui y est formée. Le capteur SPR puce illustrée comporte un film  
20 métallique formé sur la surface supérieure d'un substrat de verre, et une couche protectrice transparente formée sur celle-ci. Lorsque la lumière polarisée p dans des conditions particulières entre par le côté du verre, où la couche de protection transparente de la puce n'est pas formée, une partie ou la totalité de l'énergie de la lumière incidente est transformée en énergie de l'onde évanescente se propageant dans le support de détection.

25 La couche de protection transparente change la résolution de biens sensibles du capteur SPR. La description qui va suivre prend un cas d'utilisation d'un substrat de verre, par exemple, bien que le substrat peut être formé à partir, en plus de verre, un matériau diélectrique transparent, tel que du plastique (résine), en céramique ou isolant ou un matériau électriquement conducteur transparent, tel que ITO.

30 La puce utilisée dans la présente invention a une structure telle que représentée sur la figure. 3, dans laquelle un substrat de verre a un film métallique formé sur celui-ci, et une couche protectrice transparente est formée en outre sur celui-ci. Lorsque la partie supérieure (côté surface) de la couche protectrice transparente est en contact avec un matériau qui a un indice de réfraction inférieur à celui du substrat de verre, tel que l'air ou  
35 l'eau, la lumière ne peut pas être transmis, en tant que n'importe quelle lumière couplée en est également couplée en dehors. A la résonance, l'énergie lumineuse est redistribuée entre



la lumière réfléchiée et l'onde de surface évanescence, et l'adsorption de la lumière augmente fortement. Ces conditions de la résonance comprennent l'angle, la fréquence (wavelength. A la résonance, il y a également une intensité beaucoup plus forte dans la région de la couche protectrice transparente. L'état de la lumière étant confiné dans les médias de détection et  
5 lce propage dans celle-ci c'est le mode de plasmon de surface utilisée dans la présente invention.

Ainsi, la variation de l'intensité de la lumière réfléchiée à cause des effets de la transition d'énergie entre le mode de plasmon de surface et de la lumière incidente peut être détectée par un système optique semblable à la configuration Kretschmann. Par conséquent, la  
10 présente invention utilise ce système optique. Le prisme optique peut être de tout type, prisme cylindrique ou d'une sphère semi-prisme, ainsi que le prisme triangulaire représentée sur le diagramme. Le prisme optique possède une fonction de modification de l'angle d'incidence sous lequel il couple la lumière incidente avec le mode de plasmon de surface. Les dispositifs classiques de surfaces plasmons pour la détection de film mince sont excités  
15 par une onde plane polarisée p, convertissent les changements (des paramètres d'entrée) de l'épaisseur optique du milieu diélectrique en contact avec le film de métal à l'interface métal-diélectrique supportant une onde plasmon de surface à des changements dans l'intensité et / ou la phase de la lumière réfléchiée (paramètre de sortie). La sortie est le résultat des modifications qui se produisent dans le plasmon de surface de propagation des  
20 ondes le long de l'interface. Quand une mince couche diélectrique est disposée sur la couche métallique est entouré par les milieux diélectriques en vrac, les variations de l'épaisseur optique de la couche implique une modification de la constante de propagation de l'onde SP. Les caractéristiques de l'onde réfléchiée varient comme résultat de l'interaction SP avec l'onde plane incidente. Ce type de détection est appliqué dans des biocapteurs lorsque  
25 biomolécules sont adsorbés sur la surface de la couche métallique. En outre, il peut être utilisé pour la caractérisation optique des couches ultraminces. Selon le type de paramètre de sortie, capteurs SP peuvent être classés comme des capteurs SP modulation angulaire, à longueur d'onde, à intensité, à phase variante ou de polarisation. Le capteur plasmonique de surface avec modulation spectrale (angulaire et longueur d'onde) est caractérisée par un  
30 décalage spectral S définie comme une valeur de décalage de la résonance angle  $\delta\theta_{res}$  ou la résonance longueur d'onde  $\delta\lambda_{res}$  raison d'un changement dans l'épaisseur optique de la couche d'adsorption. La résolution du capteur est la variation minimale dans le paramètre à déterminer qui peut être résolu par un dispositif de détection. La résolution est directement liée à la sensibilité du capteur et est limitée par le bruit du système de capteur. La résolution  
35  $r$  du capteur SP est généralement exprimée en termes de l'écart type du bruit du paramètre de sortie du capteur liée à la variation détectable  $\sigma_{so}$  dans le paramètre de sortie:

$$r = \frac{\sigma_{so}}{S}, \quad (1)$$

L'implantation des algorithmes de traitement de données au spectre détecté pour générer sortie du capteur spectroscopique SPR améliore sa résolution. Le bruit dans le spectre angulaire ou la longueur d'onde est transformée en bruit dans la sortie du capteur c'est le cas pour les algorithmes les plus courants. Par la propagation du bruit dans l'algorithme de traitement de données centrée de détecteur SPR à modulation spectrale afin trouver le centre géométrique de la partie de l'immersion SPR sous un certain seuil, l'écart type de la position d'immersion calculée résultante  $\sigma_{so}$  (capteur de bruit de sortie) peut être obtenu comme

$$\sigma_{so} = K \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \cdot \frac{w}{d}, \quad (2)$$

où  $\sigma$  est le bruit d'intensité totale au seuil,  $d$  est la profondeur du creux (différence d'intensité entre le creux minimal et le seuil),  $w$  est la largeur du creux (à la moitié de la profondeur du creux jusqu'au seuil),  $K$  est le coefficient caractérisant le type du bruit,  $N$  est le nombre d'intensités impliqués dans la série de mesures.

Le nombre d'intensités mesurées  $N$  sur le dip SPR peut être estimé comme

$$N = \frac{w}{\Delta\varphi}, \quad (3)$$

où  $\Delta\varphi$  est la précision des mesures spectrales. Par conséquent, la résolution des capteurs SPR avec SM touchés par la mise en œuvre du traitement des données peut être estimée par la substitution des équations. (2) et (3) dans l'équation. (1) en tant que

$$r = \frac{\sigma}{K} \frac{\sqrt{w}}{Sd} \sqrt{\Delta\varphi}. \quad (4)$$

Par conséquent, la résolution peut être estimée en utilisant le facteur de mérite

$$\text{FOM} = S \frac{d}{\sqrt{w}}. \quad (5)$$

En raison du comportement non linéaire de la réponse d'un biocapteur SP pour les changements d'épaisseur optique d'une mince couche diélectrique, la sensibilité  $S$  ne peut plus être utilisé. La sensibilité spectrale  $S$  est remplacé par un décalage de l'angle de résonance de  $\theta_{res}$  à  $\theta_{res}^{al}$  provoquée par l'influence d'une couche d'adsorption:  $\Delta\theta_{res} = \theta_{res}^{al} - \theta_{res}$ . Pour les capteurs SPR avec modulation angulaire et des données de post-traitement, la FOM pour la détection de couches minces peut être écrite comme

$$\text{FOM}_{al} = \Delta\theta_{res} \frac{d}{\sqrt{w}}. \quad (6)$$

Des valeurs plus élevées de FOM et  $FOM_{al}$  conformes à la résolution inférieure des types de capteurs correspondants.

D'autres exemples de diverses caractéristiques de la lumière réfléchi du fait du couplage du mode de plasmon de surface et de la lumière incidente seront décritent.

5 La forte diminution de l'intensité de la lumière réfléchi est un phénomène plus inconnu lorsque l'angle d'incidence a une valeur particulière. La figure 4 présente un exemple concret de ce phénomène. La figure 4A, contient des graphes montrant la dépendance de l'intensité de la lumière réfléchi sur l'angle d'incidence de la lumière polarisée p d'une  
10 Longueur d'onde de 405 nm dans un système de détection qui utilise un substrat en verre formé de verre BK7 d'indice de réfraction de 1,53, et d' un film métallique formé de l'aluminium ayant une épaisseur de 21 nm et dont l'indice de réfraction de  $0,5 + i4,8978$ . On suppose ici que la surface de la feuille d'aluminium est immergée dans l'eau ayant un indice de réfraction n de 1,339 sans l'existence de lacouche d'adsorption est présenté en trait plein et avec s'existence de la couche d'adsorption en ligne en pointillés ayant une épaisseur de 5  
15 nm et dont l'indice de réfraction est 1,45 comme une imitation de l'adsorption de la streptavidine sur la surface métallique.

Sur la figure. 4A, on peut voir que l'intensité de la lumière réfléchi a des valeurs minimales pour l'angle d'incidence particulier (sans l'existence de la couche d'adsorption) l'angle d'incidence a une valeur de  $65,8^\circ$  et  $66,4^\circ$  (avec l'existence de la couche d'adsorption). La  
20 largeur à mi-hauteur(FWHM) de la courbe de résonance est  $5^\circ$ . La hauteur du prolongement de la courbe du plasmon de surface est 0,844. La structure de la  $FOM_{al}$  est 0,226. La figure 3B illustre la dépendance de l'intensité de la lumière réfléchi sur l'angle d'incidence de la lumière polarisée p d'une Longueur d'onde de 405 nm dans un système de détection qui utilise un substrat en verre formé de BK7 d'indice de réfraction de 1,53, un film  
25 métallique formé de l'aluminium ayant une épaisseur de 18 nm et d'un film protecteur transparent formé de l'oxyde d'aluminium ( $Al_2O_3$ ) ayant une épaisseur de 22 nm dont l'indice de réfraction est 1,78. L'intensité de la lumière réfléchi a des valeurs minimales : sansl'existence de la couche de l'adsorption l'angle d'incidence est  $81,05^\circ$  en (trait plein) et de  $82,74^\circ$  avec l'existence de la couche d'adsorption en (ligne en pointillés). La FWHM de la  
30 courbe de résonance est  $10,6^\circ$ , la hauteur du prolongement de la courbe du plasmon de surface est 0,889. La structure de la  $FOM_{al}$  est de 0,46. Par conséquent, l'enrobage de la sonde du SP d'aluminium avec la modulation angulaire et le post-traitement des données par  $Al_2O_3$ ,le film diélectrique mince améliore la résolution par deux fois.

La figure 5 présente un exemple différent d'un tel phénomène. Les graphes dans la figure  
35 5A, montrent la dépendance de l'intensité de la lumière réfléchi sur l'angle d'incidence de la lumière polarisée p d'une longueur d'onde de 633 nm dans un système de détection qui utilise un substrat en verre formé de verre BK7 d'indice de réfraction de 1,515 et d'un film métallique formé de l'aluminium ayant une épaisseur de 10 nm et d'indice de réfraction de  $1,449 + i7,5387$ . La surface du film d'aluminium est immergée dans l'eau avec un indice de

réfraction  $n = 1,332 + 11,5 \cdot 10^{-8}$  sans l'existence de la couche d'adsorption est présenté (en trait plein) et avec en (ligne en pointillés), la couche d'adsorption ayant une épaisseur de 5 nm et un indice de réfraction de 1,45 sur la surface du film d'aluminium. L'intensité de la lumière réfléchi a des valeurs minimales à l'angle d'incidence particulier, sans l'existence de le couche d'adsorption l'angle d'incidence est  $65,45^\circ$  et avec l'existence est  $65,8^\circ$ . La largeur à mi-hauteur (FWHM) des courbes de résonance est  $18,7^\circ$ . La hauteur du prolongement de la courbe du plasmon de surface est 0,886. La structure de la FOMal est 0,076. La figure 5B représente la dépendance de l'intensité de la lumière réfléchi sur l'angle d'incidence de la lumière polarisée p d'une longueur d'onde de 633 nm dans un système de détection qui utilise un substrat en verre formé de BK7 d'indice de réfraction de 1,515, un film métallique formé à partir d'aluminium ayant une épaisseur de 16 nm et un film protecteur transparent formé d' $\text{Al}_2\text{O}_3$  ayant une épaisseur de 56 nm dont l'indice de réfraction est 1,766. L'intensité de la lumière réfléchi a des valeurs minimales à l'angle d'incidence particulier de  $83,4^\circ$ , sans couche d'adsorption (en trait plein) et  $84,3^\circ$  avec la couche d'adsorption en (ligne en pointillés). La FWHM de la courbe de résonance est  $10^\circ$ , la hauteur du prolongement de la courbe du plasmon de surface courbe est 0,882. La structure de la FOMal est 0,25. Par conséquent, l'enrobage du capteur du SP d'aluminium avec une modulation angulaire et le post-traitement des données par  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , le film mince diélectrique améliore la résolution de plus de trois fois.

Le  $\text{FOM}_{\text{al}}$  d'un système de détection qui utilise un substrat en verre formé à partir de verre BK7, un film de métal formé à partir d'aluminium sans revêtement diélectrique atteint son maximum à 260 nm de longueur d'onde pour atteindre 0,56 par 22 nm d'épaisseur de la couche métallique.

L'effet de l'exemple suivant est représenté sur la figure 6. Les graphes illustrés dans la figure. 6A montrent la dépendance de l'intensité de la lumière réfléchi sur l'angle d'incidence de la lumière polarisée p d'une Longueur d'onde de 633 nm dans un système de détection qui utilise un substrat en verre formé de BK7 et un film métallique formé d'argent ayant une épaisseur de 52 nm, et d' indice de réfraction de  $1,135 + i3,988$ . La surface de la couche d'argent est plongé dans l'eau avec un indice de réfraction de  $1,332 + 11,5 \cdot 10^{-8}$ , sans l'existence de la couche d'adsorption est présenté en trait plein et avec s'existence en ligne en pointillés, la couche d'adsorption ayant une épaisseur de 5 nm et un indice de réfraction de 1,45 sur la surface du film d'argent. L'intensité de la lumière réfléchi a des valeurs minimales à l'angle d'incidence particulier de  $68,78^\circ$  (sans couche d'adsorption) et  $69,43^\circ$  (avec couche d'adsorption). La largeur à mi-hauteur (FWHM) des courbes de résonance est de  $2,2^\circ$ . La hauteur de prolongement de la courbe du plasmon de surface est 0,911. La structure de la  $\text{FOM}_{\text{al}}$  est 0,399.

La figure 6B représente la dépendance de l'intensité de la lumière réfléchi sur l'angle d'incidence de la lumière polarisée p d'une Longueur d'onde de 633 nm dans un système de détection qui utilise un substrat en verre formé de e BK7, un film métallique formé à partir

d'argent ayant une épaisseur de 40 nm et d'un un film protecteur transparent formé d'oxyde de zinc (ZnO) ayant une épaisseur de 16 nm dont l'indice de réfraction est 1,989. L'intensité de la lumière réfléchié a des valeurs minimales à l'angle d'incidence particulier de 81,63°, sans couche d'adsorption est présenté en trait plein et avec l'existence de cette dernière l'angle d'incidence veut 83,58° en (ligne en pointillés). La courbe de résonance de FWHM est 8°, la hauteur de prolongement de la courbe du plasmon de surface est 0.926. La structure de la FOM<sub>ai</sub> est 0,64. La résolution du capteur du SP d'argent avec la modulation angulaire et le post-traitement de données a été améliorée en 60% par l'enrobage de l'oxyde de zinc d'un film diélectrique en couche mince.

10 Le FOMal d'un système de détection qui utilise un substrat en verre formé à partir de verre BK7, un film de métal formé à partir d'argent sans revêtement diélectrique atteint son maximum à 500 nm de longueur d'onde pour atteindre 0,71 en épaisseur de 45 nm de la couche de métal.

15 Par conséquent, l'application d'un revêtement diélectrique d'indice de réfraction élevé permet l'extension de la région de longueurs d'onde où un système de détection présente une faible résolution.

De cette façon, l'intensité de la lumière réfléchié montre des variations importantes lorsque la lumière incidente se couple avec le mode de guide d'ondes optique de réseau de diffraction.

20 Comme décrit précédemment, l'intensité de la lumière réfléchié ou diffractée change de manière significative due au couplage du mode de guide d'onde optique et de la lumière incidente. L'angle selon lequel l'intensité de la lumière réfléchié ou diffractée change de manière significative, cette dernière s'affecte fortement à cause de la variation du constant diélectrique relatif de la surface de réseau de diffraction optique. En conséquence, l'intensité de la lumière réfléchié ou diffractée change lorsqu'une substance est adsorbée, déposé ou contraire s'attache à la surface du réseau de diffraction optique, l'invention du capteur de présence de réseau de diffraction détecte cette modification pour déterminer l'existence d'une substance particulière et sa quantité.

30 On peut utiliser Le capteur de réseau de diffraction pour l'évaluation de l'indice de réfraction et également pour évaluer l'épaisseur de la couche mince qui est formée sur la surface de réseau de diffraction optique.

L'indice de réfraction de la matière du substrat dans la gamme de 1,4 à 2,2 est plus préféré que l'indice de réfraction dans la gamme de 1,5 à 1,8.

35 L'indice de réfraction, de préférence, du matériau de la couche protectrice transparente doit être supérieur à l'indice de réfraction du matériau du substrat, et il est dans la gamme de 1,4 à 2,2, de préférence de 1,5 à 1,8. La couche protectrice transparente a une telle épaisseur minimale de 1 à 2 nm pour

empêcher l'oxydation de la couche métallique et une épaisseur maximale de  $\lambda / 5$  pour bloquer l'apparition de modes d'ondes guidées, où  $\lambda$  est la longueur d'onde de la lumière incidente. L'épaisseur optimale de la couche de protection transparente dépend des indices de réfraction des matériaux de la structure, la longueur d'onde de la lumière incidente, les  
5 paramètres de la couche d'adsorption, et les propriétés optiques du milieu environnant. La dépendance du FOMal maximale du biocapteur SPR d'argent de la longueur d'onde de fonctionnement et de l'épaisseur de la couche de protection ZnO pour l'adsorption couche de détection d'épaisseur de 5 nm et 1,45 indice de réfraction est mis en évidence par la figure. 7. En l'absence de la couche protectrice ZnO, la résolution du biocapteur SPR en  
10 argent atteint sa valeur la plus faible, à environ 500 nm de longueur d'onde et s'aggrave avec l'augmentation de la longueur d'onde. L'utilisation de la couche protectrice ZnO permet d'atteindre la résolution minimale des longueurs d'onde plus élevées. L'épaisseur optimale de la couche protectrice de ZnO a une dépendance linéaire de la longueur d'onde.

La réalisation d'un film réflecteur peut être formé à partir d'un matériau qui est  
15 chimiquement et physiquement stable choisi parmi les métaux, ses alliages, ou des matériaux semi-conducteurs.

La présente de l'invention, telle que décrite ci-dessus, utilise le mode de guide d'ondes optique de réseau de diffraction, et fournit un effet remarquable sur l'amélioration de la sensibilité de la détection, ce qui permet de détecter un échantillon plus petit avec une plus  
20 grande sensibilité et de reproductibilité sans l'utilisation de l'étiquetage que dans le cas de la technologie d'art antérieur qui utilise la résonance de plasmon de surface et le mode de guide d'ondes optique. On peut appliquer la présente d'invention du capteur de réseau de diffraction dans différents domaines tels que la médecine, le développement de nouveaux médicaments, alimentation et l'environnement, pour être également utilisé comme un  
25 biocapteur qui détecte l'ADN, les protéines, les chaînes de sucre, ou bien comme un capteur de substance chimique qui détecte des ions métalliques, des molécules organiques ou autres. La présente invention de détecteur de réseau de diffraction est également applicable à un capteur des films minces et comme un instrument de mesure pour mesurer les propriétés de matériaux de ces films, il est possible de mesurer l'indice de réfraction, les  
30 propriétés des constantes diélectriques et relatives d'un film mince formé sur la surface de réseau de diffraction.

On comprend d'après ceux qui ont des compétences dans l'art que différents changements de forme et de détails peuvent y être apportées sans s'écarter la portée de la présente d'invention comme il est défini par les revendications suivantes:

**Revendications :**

- 5 1- Capteur de plasmon de surface comprend: une puce munie d'un substrat formé à partir d'un matériau diélectrique transparent, un film métallique formé sur le substrat, et une couche protectrice transparente formée sur le film réflecteur, un mécanisme de lumière qui introduit la lumière provenant du côté du substrat de la puce sur le film métallique, et un mécanisme qui détecte la lumière réfléchie par le film métallique, dans lequel un échantillon est détectée à partir la variation de l'angle d'incidence ou de l'intensité de la lumière réfléchie qui se produit lorsque l'échantillon est adsorbé ou déposé sur une surface de la couche transparente de protectrice.
- 10 2- Capteur selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la couche métallique est un film mince d'un ou plusieurs composants formés principalement d'un métal aisément oxydé (argent, l'aluminium, le cuivre) ou d'alliages de ces métaux, de métaux nobles ou ses alliages ou d'un matériau semi-conducteur.
- 15 3- Capteur selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la couche protectrice transparente est un film formé principalement à partir d'un matériau organique, une structure formée essentiellement à partir de verre, ou formée à partir d'un polymère, ou bien à partir d'un matériau transparent conducteur de l'électricité et que ladite couche protectrice transparente a un indice de réfraction qui est supérieur à l'indice de réfraction du substrat.
- 20 4- Capteur selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** la couche protectrice transparente est un film formé principalement à partir d'oxyde d'un matériau métallique.
- 25 5- Capteur selon les revendications 1 à 4 **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la couche protectrice transparente est moins de 1/5 de la longueur d'onde opérationnelle.
- 30 6- Capteur selon les revendications 1 à 5 **caractérisé en ce qu'il permet** la détection de la réflexion de lumière incidente polarisé p.
- 35 7- Capteur selon les revendications précédentes **caractérisé en ce que** la mesure est effectuée sur une épaisseur d'un film, un poids, une taille ou une constante diélectrique relative d'une molécule, un ion ou un groupe de molécules qui sont sélectivement adsorbées ou les liaisons chimiques avec le groupe de reconnaissance moléculaire qui est modifié chimiquement sur la surface de la couche transparente protectrice, dans un gaz ou un liquide.

FIG. 1 (PRIOR ART)

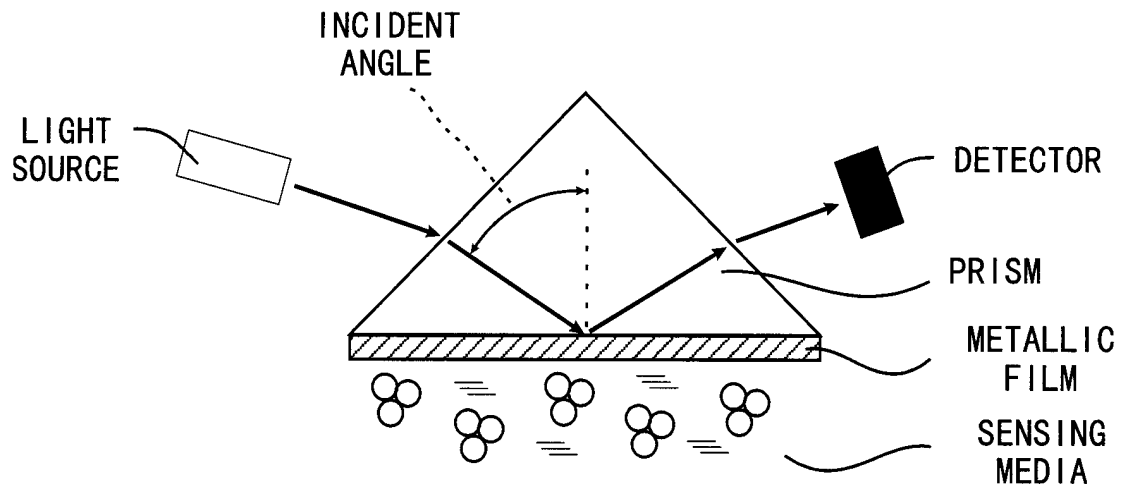
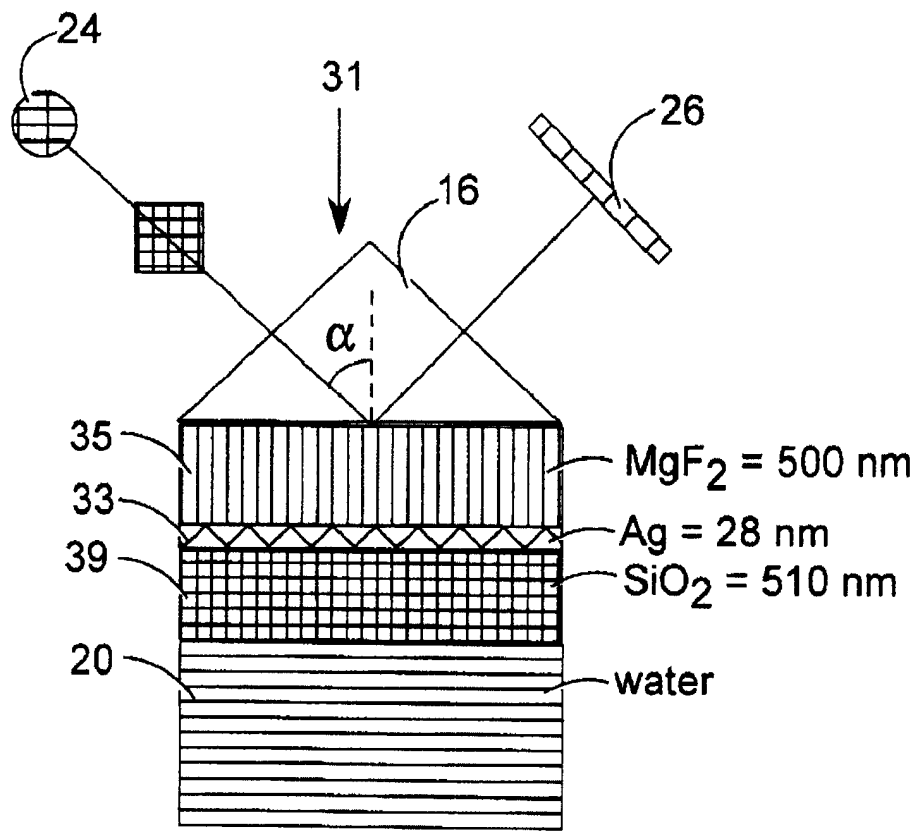




FIG. 2



LR-CPWR

FIG. 3

## CROSS-SECTION OF CHIP WITH HIGH REFRACTIVE INDEX COATING

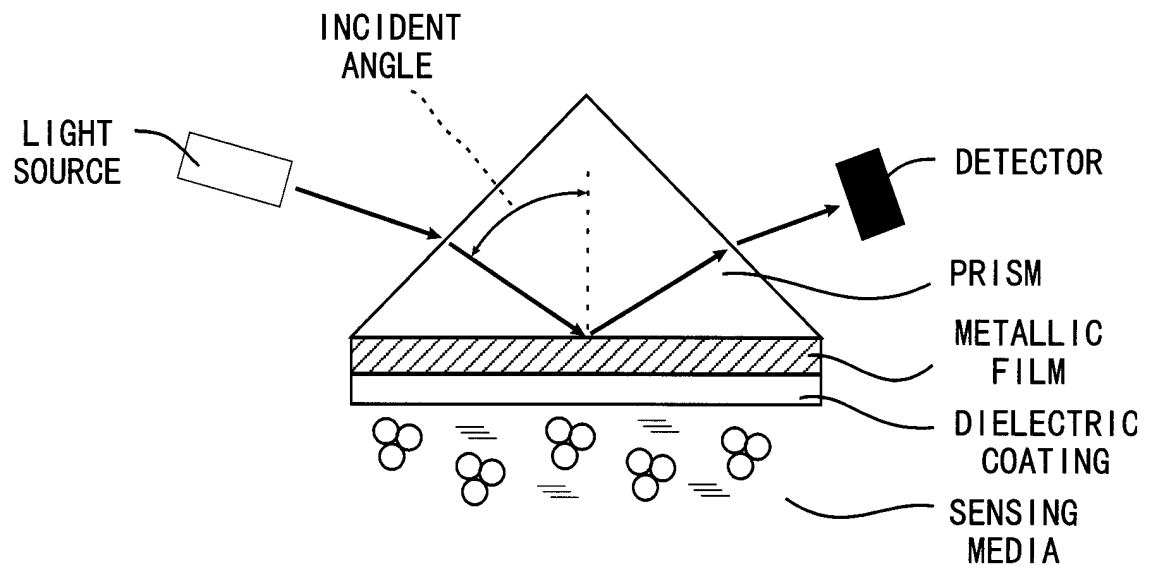


Fig. 4A

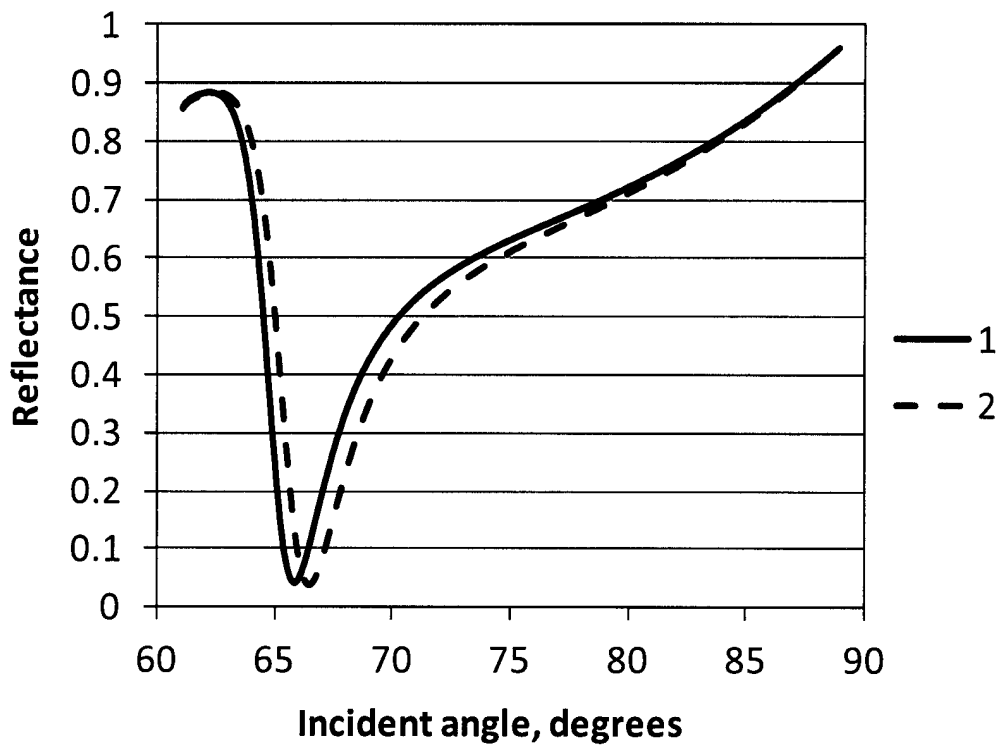


Fig. 4B

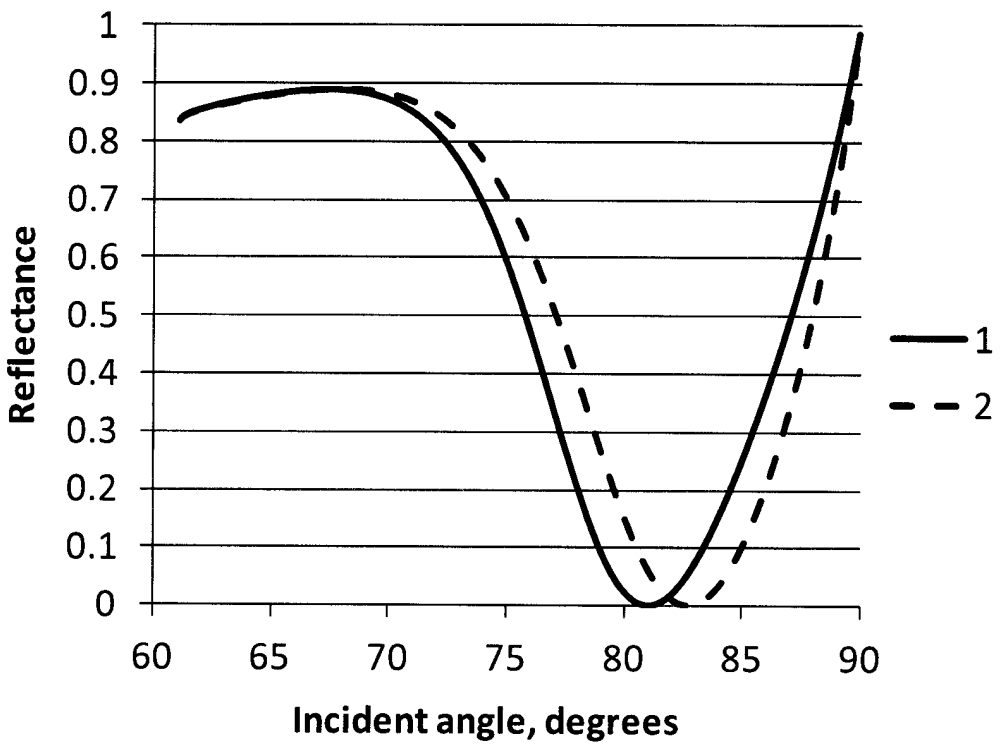


FIG. 5A

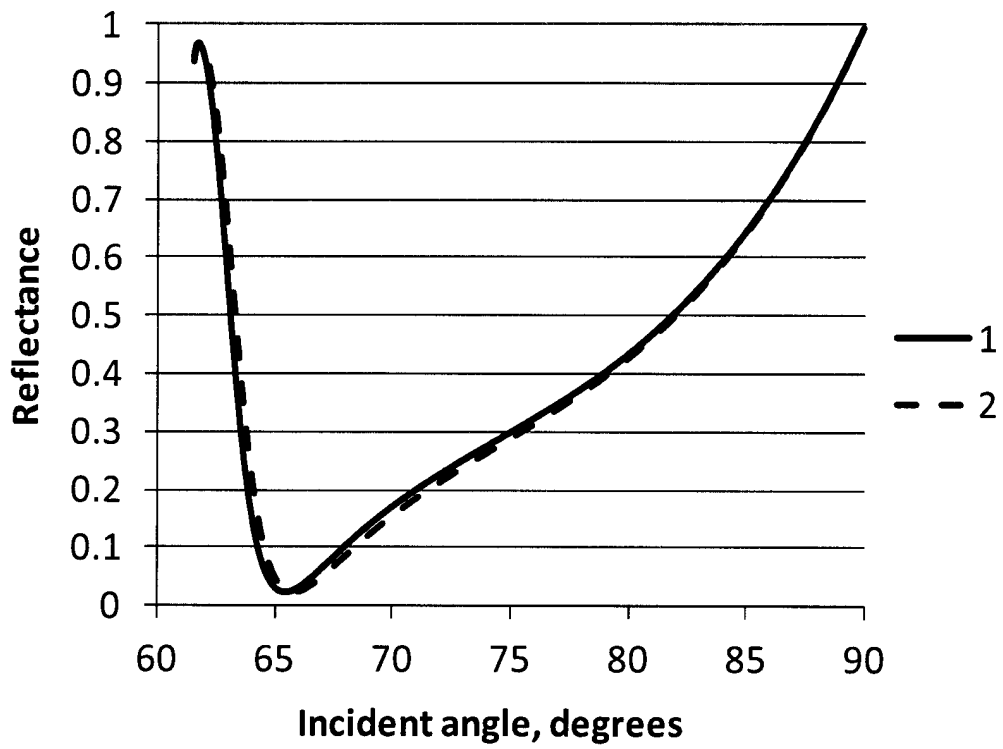


FIG. 5B

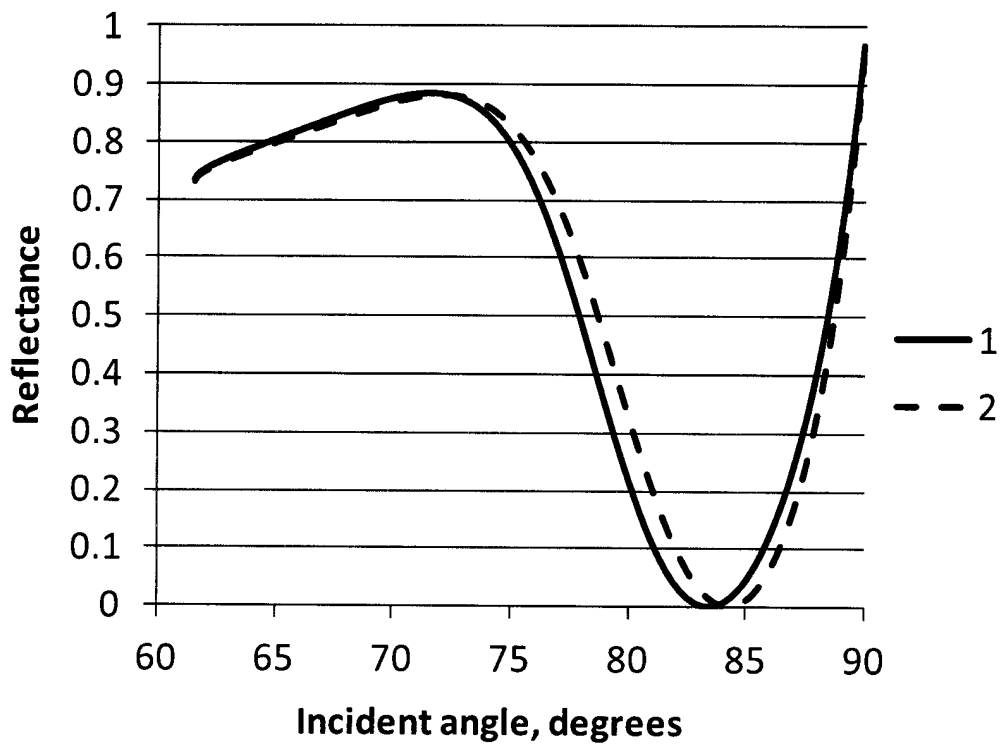


FIG. 6A

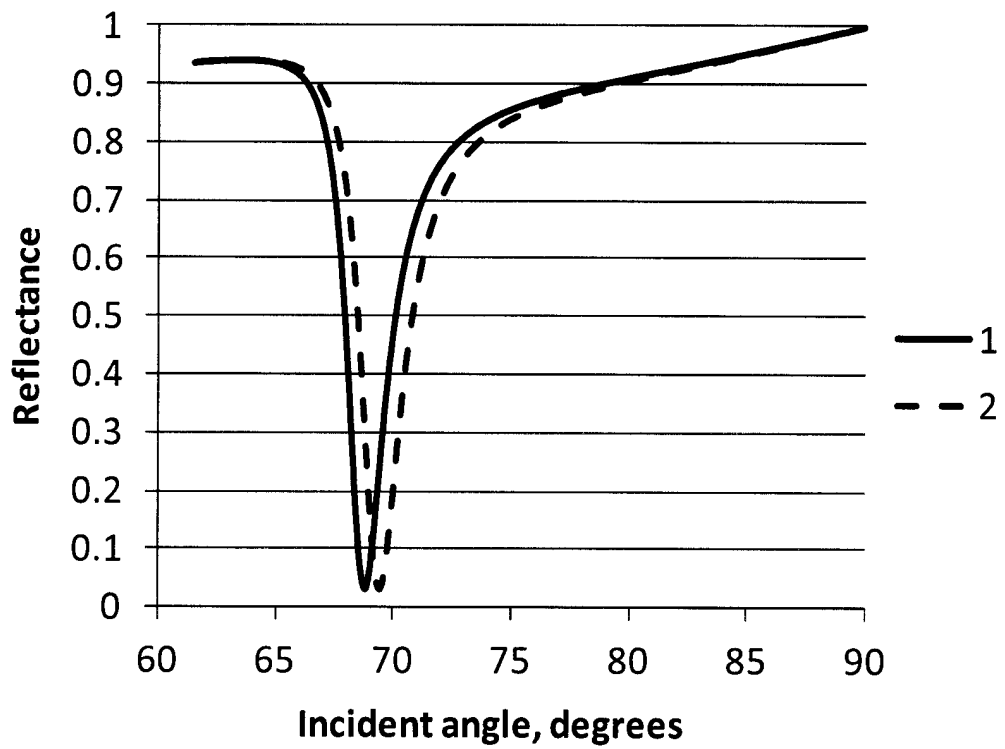


FIG. 6B

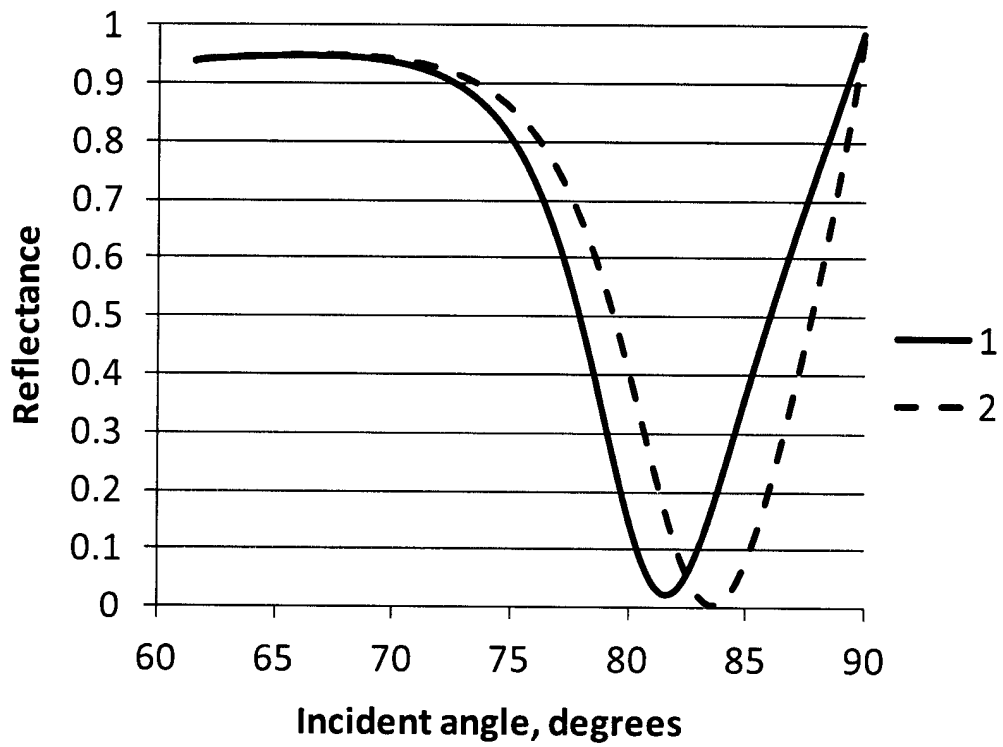


FIG. 7

