

斜め蒸着膜により高感度化された光導波路センサー

Waveguide-mode sensors sensitized by obliquely deposited thin films

京大院工¹ ○栗山頌平¹, 高垣宗寛¹, 名村今日子¹, 中嶋薫¹, 木村健二¹, 鈴木基史¹

Kyoto Univ.¹, ○Shohei Kuriyama¹, Munehito Takagaki¹, Kyoko Namura¹, Kaoru Nakajima¹,

Kenji Kimura¹, Motofumi Suzuki¹

E-mail: m-snki@me.kyoto-u.ac.jp

光導波路センサーは近年、分子の検出への応用が期待され注目を集めている。このセンサーはガラス基板/吸収層/導波路層の多層膜構造をしている(Fig.1)。導波路層には、試料流体の屈折率の変化をより敏感に検出できるように、多孔質薄膜が用いられている。従来の研究では、この多孔質薄膜の作製に際し、使える材料に制限があったり試料の設計の自由度が少なかったりしたために、どのような設計にするとセンサーの感度が向上するのか十分に調べられていなかった。また、化学薬品による処理や大規模な施設が必要であり、コストや手間がかかっていた。動的斜め蒸着法は、基板表面にボトムアップによりナノコラム配列を作製する方法であり、試料の材料や設計を自由に変えることができるため、どのような設計にするとセンサーの感度が向上するのかを系統的に調べることができる。また、化学薬品や大規模装置を必要としない。従って、この方法を用いて試料を作製すれば、従来の研究の課題を克服できると考えられる。我々は、動的斜め蒸着法が光導波路センサーの作製に有効であることを示し、この方法の特長を生かして、高感度な光導波路センサーを作製するための試料の設計の指針を明らかにした。

ガラス基板上に吸収層としてSiの薄膜を約250nm作製し、その上に導波路層としてSiO₂($n=1.46$)またはTa₂O₅($n=2.14$)の誘電体ナノコラム層を約200-700nm作製した。導波路層を作製する際には蒸着角を67°, 75°, 80°の3通りに設定し、基板を面内方向に10rpmで回転させた。

Fig.2に試料の反射率測定の結果を示した。試料流体を空気($n=1.00$)、水($n=1.33$)、エタノール($n=1.36$)の3種類で変えると、導波路層の屈折率もそれに応じて $n_w=1.37$ (空気)、 $n_w=1.59$ (水)、 $n_w=1.62$ (エタノール)と敏感に変化し、反射率の谷の角度も大きく変化した。すなわち、動的斜め蒸着法により作製した試料は、光導波路センサーとして有効であることが分かった。さらに、導波路層を以下の条件で作製するとセンサーの感度が向上することが明らかとなった(Fig.2の試料の作製条件)。1. 導波路層の充填率が小さくなるように蒸着角を80°と大きな値に設定する。2. 屈折率がより大きなTa₂O₅を用いる。センサーの感度とこれらの条件との関係は、導波路層に入射する隣り合う光の位相差を一定と考えて $\Delta\theta$ について導いた数式で定性的に説明できる。Fig.2に示した4.0°の角度変化は、現在報告されている光導波路センサーの中で世界最高の性能に当たる。

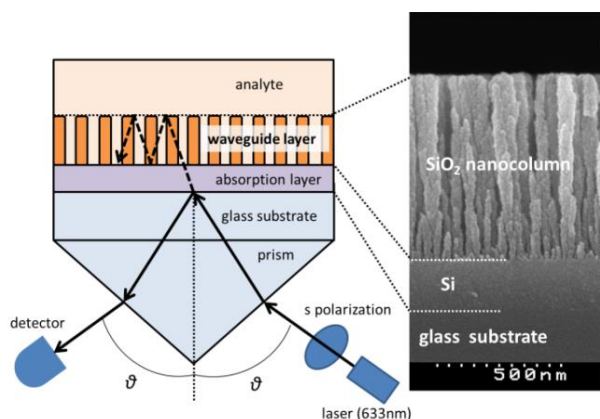


Fig.1 Schematic diagram of waveguide sensor (left) and the SEM image of the cross section of a sample (right).

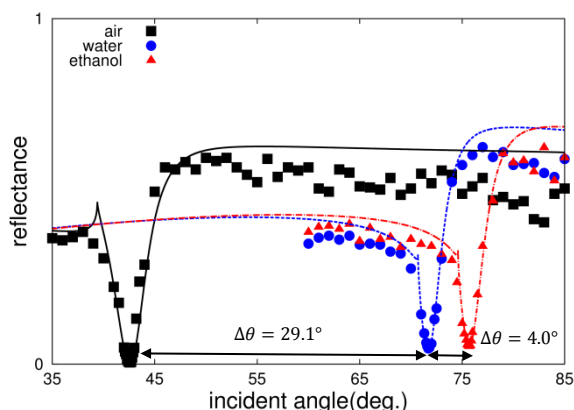


Fig.2 Reflectance for a sample immersed in air, water and ethanol. The lines indicate the fitting results of theoretical calculation.