

導波モード照明のための3層構造平面導波路検討

Study of planar waveguides with 3-layer structure for the waveguide-mode illumination

産総研¹ ○安浦 雅人¹, 芦葉 裕樹¹, 藤巻 真¹

AIST¹, ○Masato Yasuura¹, Hiroki Ashiba¹, Makoto Fujimaki¹

E-mail: yasuura-masato@aist.go.jp

導波モード照明はセンサ表面近傍のみを高効率で照明する手法の一つである。導波路表面での全反射時に生じるエバネッセント光と導波路を伝搬する導波モードとのカップリングにより、反射面近傍に増強された近接場光が生じることを利用する。当研究チームでは、Si/SiO₂の2層構造を持つ平面導波路を利用し、導波モードセンサの開発や導波モード照明を応用したセンサの開発を行ってきた。石英ガラス基板上に単結晶Si膜とSiO₂膜を順に積層したものをを用いると高い増強性能を示すが、ホウケイ酸ガラス等安価なガラス基板にスパッタなどで製膜した場合は性能の低下が指摘されていた。そこで本研究では、安価なガラス基板に製膜した場合の増強性能を向上させるべく、SiO₂層の上に更に高屈折率の3層目の薄膜を形成する手法を試みた。

3層目の構成材料として、SiO₂よりも高屈折率の7種の材料(BK-7, ITO, SiO_x, LASF9, Ta₂O₅, TiO₂, C(diamond))を選び、フレネルの式を転送行列法で計算する形でシミュレーションを行った。7種の材料のうち、ITO, SiO_x, Ta₂O₅, TiO₂はスパッタやEB蒸着法で製膜可能な材料を選択し、残り3種は参考値として選択している。図1に3層目の材料の屈折率(n)と電場増強度($|E/E_0|^2$)との関係を示す。照明目的のため、 $|E/E_0|^2$ は導波路最表面($z = 0$)だけでなく、最表面から300 nm離れた位置($z = 300$ nm)の2点で評価した。基準とする波長 λ は633 nm、基板

はBK-7とし、入射光は図1に準拠して鋭角35度の台形プリズムに水平入射させ、導波路最表面で水に対して全反射するものとした。導波路の1層目及び2層目はそれぞれスパッタ製膜した微結晶SiとSiO₂とした。各素材における最適層厚は、BK-7以外は3層目の層厚が1~3層全厚の1割未満と薄い最外層を持つ構造となった。図1より、 $z = 0$ においては n の増大に従い、 $|E/E_0|^2$ は $k = 0$ では単調増加の傾向にあるが、ITO, SiO_x, Ta₂O₅は増強が弱い。これらは $\lambda = 633$ nmで吸光係数 $k > 0.0001$ の材料であり、層厚が導波路全体の1割に満たない比率であっても吸光係数が導波路最表面での電場増強に大きく影響することを示している。 $z = 300$ nmでの $|E/E_0|^2$ と、 $z = 0$ nmでの $|E/E_0|^2$ との比は材質によらず一定であった。以上のことから、 $\lambda = 633$ nmにおいては、3層目に用いる素材はTiO₂が優れている。

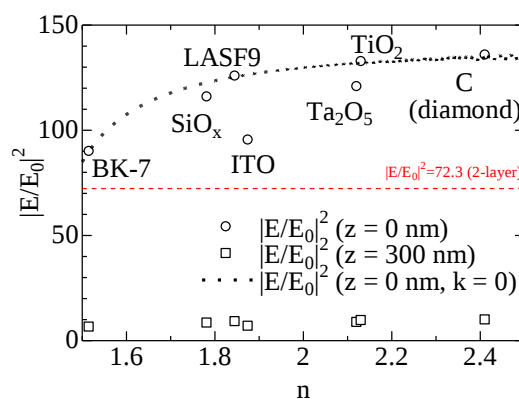


Fig.1. Enhancement factors of the 3-layer waveguide-mode chips with refractive index of outermost layer at $\lambda = 633$ nm.