側壁 Au 構造を用いた面内駆動型光位相差変調素子の開発

Development of in-plane-motion optical modulator based on sidewall Au structure

東京農工大学大学院工学府機械システム工学専攻　○(M1)城光寺 佑樹，安 忠烈，岩見 健太郎

Tokyo University of Agriculture and Technology , ○Yuki Jokoji, Zhonglie An, and Kentaro Iwami

E-mail: y-jokoji@st.go.tuat.ac.jp

細長いフィン状の Au を平行に配列した構造である Au ナノフィンアレイは，透過光に対して巨大な複屈折を持ち，フィンに垂直な方向の偏光(TM 偏光)と，平行な方向(TE 偏光)の偏光との間で位相差が生じる[1]，位相差の大きさはフィン同士の間隔に依存することから，本研究ではこの原理を応用して Au ナノフィンに可動部を持たせた位相差変調素子を開発することを目的とする．

本素子の概形を Fig. 1 に示す. 2 つの SiO_2 の両持ち梁状の可動部と, 2 つのアンカー (固定部) から成る．可動部・固定部それぞれの側壁に Au が成膜された側壁 Au 構造となっている．側壁 Au に電圧を印加することで静電アクチュエータとして動作し，可動部が基板面内方向に変位するため, 2 つの可動部間のギャップが広狭両方向で変化する．

素子の設計は平行平板アクチュエータと両持ち梁の復元力のつり合いの関係から行った．位相差は静止時を 270°とし，静電駆動によって 174°から 354°まで 180°の範囲で変調可能で，透過率 30%以上となる条件を算出した．この構造を表面マイクロマシニング技術を用いて製作した．ガラス基板上に Si, SiO_2, Cr の順に 3 層をスパッタにより成膜し，電子線描画により構造をパターニングし，Cr 層と SiO_2 層のエッチングにより転写する．その後構造を覆うように Au をスパッタし，異方性のイオンミリングにより側壁 Au 構造を形成する．最後に等方性の XeF_2 ガスを用いて Si 犠牲層エッチングにより梁状構造をリリースさせる．実際の製作素子の SEM 像を Fig. 2 に示す．

この製作素子を用いて電圧を印加していない状態での初期位相差の測定を行った．波長は 635 nm の単色光とし，計測にはセナルモン法を用いた．素子の中央スリットで位相差を測定したところ, 195°の位相差の発生を確認した．これは金属ナノフィンとして報告されている値としては大きいが，理論計算の予測である 270° を下回った．これは中央のスリット幅が設計値よりも 10%ほど広くなっていたこと，また側壁の一部に Au が成膜されず，位相差が発生する導波路が想定よりも短くなっていたことが主な要因であると考えられる．その後この素子を用いて電圧印加による位相差の変調測定を行った．電圧は可動部同士が近づき，ギャップが狭まる方向に 0~40 V 印加し，素子の中央スリットを同様にセナルモン法で測定した．この時の電圧印加測定の結果を Fig. 3 に示す．各印加電圧の値で発生した位相差を確認したところ電圧変化による変調は確認できなかった．これは構造が駆動しなかったためであり，構造の一部が完全にはリリースできていなかったことが原因と考えられる．今後は製作条件の改善による位相差の変調の実現を目指す．

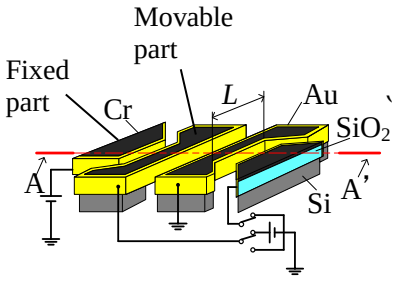

Fig. 1 Schematic of the device

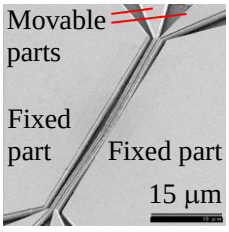

Fig. 2 SEM image of the device

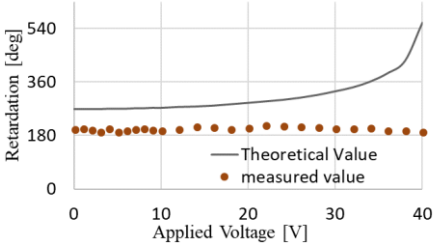

Fig. 3 Retardation v.s. applied Voltage

参考文献

[1] M.Ishii et al., *Optics express*, **24** 7966-7976 (2016)

© 2018年 応用物理学会