

Si 上のフェムト秒レーザー励起表面プラズモンの伝搬損失

Propagation loss of surface plasmon polaritons on Si excited with femtosecond laser pulses

東京農工大 ○宮地 悟代, 萩谷 将人

Tokyo Univ. of Agriculture and Technology ○Godai Miyaji, Hagiya Masato

E-mail: gmiyaji@cc.tuat.ac.jp

はじめに: これまでに非金属物質であるシリコン (Si) に、高強度のフェムト秒 (fs) レーザーを照射することによって表面プラズモンポラリトン (SPP) を励起できることを実証してきた[1]。

SPP に付随した高強度の近接場を利用するとアブレーションによってナノサイズの加工が可能[2]であることから、より制御よく加工を行うためには SPP の特性を明らかにすることが必須である。そこで、本研究では SPP の伝搬損失を理解するため、表面プラズモン共鳴曲線の半値全幅 (FWHM) を実験とモデル計算で調べた。

実験方法: ターゲットとして周期間隔 1300 nm の Si 回折格子を用いた。Ti:sapphire レーザーシステムから出力される 800nm、100fs レーザーを、アブレーションしきい値よりも高いフルエンス $F = 500 - 2000 \text{ mJ/cm}^2$ で Si 回折格子に集光照射した。入射角 $\theta = 10 - 40^\circ$ で反射率 R を測定し、表面プラズモン共鳴角度 $\theta_{\text{SPP}} \sim 24^\circ$ 付近の共鳴曲線の FWHM $\Delta\theta$ を測定した。

結果と考察: 図 1 に測定した R を、図 2 に測定した R から求めた $\Delta\theta$ を示す。図 1 に見られるように、 F が増加することによって共鳴曲線は鋭くなることが分かる。また、図 2 より、 F を増加させると $\Delta\theta$ が 3.8° から 2.5° まで単調に減少してゆくことがわかる。これは、高い F によって高い密度の電子が表面に励起され、より高い電気伝導率を有する励起層が Si 回折格子に励起されることを示している。この結果は、放射損失よりも内部損失が支配的であること、高い F によって内部損失の少ない SPP が励起できることを示している。

[1] G. Miyaji, M.Hagiya and K. Miyazaki, Phys. Rev. B **96**, 045122 (2017).

[2] G.Miyaji, K.Miyazaki *et al.*, Appl. Phys. Lett. **91**, 123102 (2007); *ibid.* **107**, 071103 (2015); J. Appl. Phys. **103**, 071910 (2013); Opt. Express **24**, 4648 (2016).

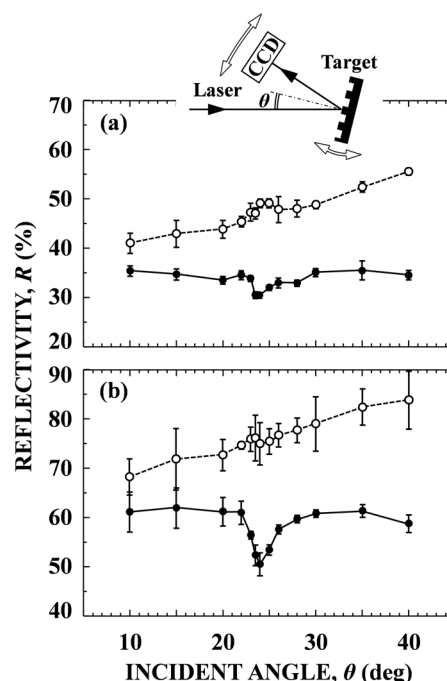


Fig. 1. Reflectivity R for the Si grating, measured as a function of the incident angle θ of the fs laser pulse, at (a) $F = 500 \text{ mJ/cm}^2$ and (b) $F = 2000 \text{ mJ/cm}^2$, where the solid and open circles correspond to R observed with p and s polarization. The inset shows the irradiation and measurement geometry.

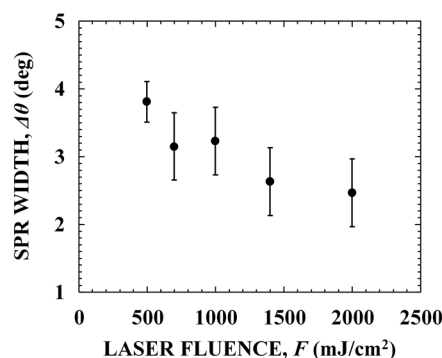


Fig. 2. SPR width $\Delta\theta$ measured from the reflectivity for the Si grating observed as a function of θ at $F = 500 - 2000 \text{ mJ/cm}^2$.