

高強度フェムト秒レーザーにより過渡的に金属化した Si への 表面プラズモン・ポラリトンの励起

Excitation of surface plasmon polaritons on Si transiently metalized by intense femtosecond laser pulse

東京農工大 ○立田 実花, 飯田 悠斗, 宮地 悟代

Tokyo University of Agriculture and Technology, ○Mika Tateda, Yuto Iida, Godai Miyaji,

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

はじめに：表面プラズモン・ポラリトン（SPP）は、金属と誘電体界面で存在する準粒子である。これまで半導体や誘電体のような非金属には、自由電子応答が現れる短波長光でのみ SPP 励起が観測されていた。近年、自由電子応答が現れない波長でも、高強度のフェムト秒（fs）レーザーで固体表面を金属化することにより、SPP を励起できることが初めて実証され、ナノメートルサイズで加工されることが明らかとなった[1,2]。しかし、過渡的に変化する SPP の物理過程は不明であった。本研究の目的は、過渡的に変化する SPP の特性を実験により明らかにすることである。

方法と結果：図 1(a)に光学系の概要を示す。ターゲットとして周期 1300 nm の Si 回折格子を使用した。その表面に高密度の自由電子を励起し、金属化するために中心波長 400 nm、パルス幅 230 fs、フルエンス $F = 0.2 - 3.5 \text{ J/cm}^2$ の高強度パルス（パルス 1）を集光照射した。さらに遅延時間 $\Delta t = -0.4 - 10 \text{ ps}$ を与えた中心波長 800 nm、パルス幅 100 fs の低強度パルス（パルス 2、 $F < 10 \text{ mJ/cm}^2$ ）を照射し、SPP を励起した。ターゲットへの入射角 θ を変えながら、表面の顕微画像を取得し、反射率 R を測定した。図 1(b)に、 $F = 1 \text{ J/cm}^2$ のパルス 1 を照射したときの R を示す。 $\Delta t = -0.4 - 10 \text{ ps}$ において、 $\theta = 23-26^\circ$ に表面プラズモン共鳴励起を示す R のディップが現れること、 Δt によってディップの θ が変化することが見てとれる。図 1(c)に、 $\Delta t = 0.2 \text{ ps}$ でパルス 2 を照射したときの R を示す。 $F = 0.8 - 1.5 \text{ J/cm}^2$ のパルス 1 を照射したとき、ディップ周辺での R の変化が最も大きいことがわかる。以上の結果は、SPP 波長や伝搬長、振幅が F と Δt によって変化することを明確に示しており、最も強く SPP が励起できる F と Δt を実験によって初めて明らかにできた。

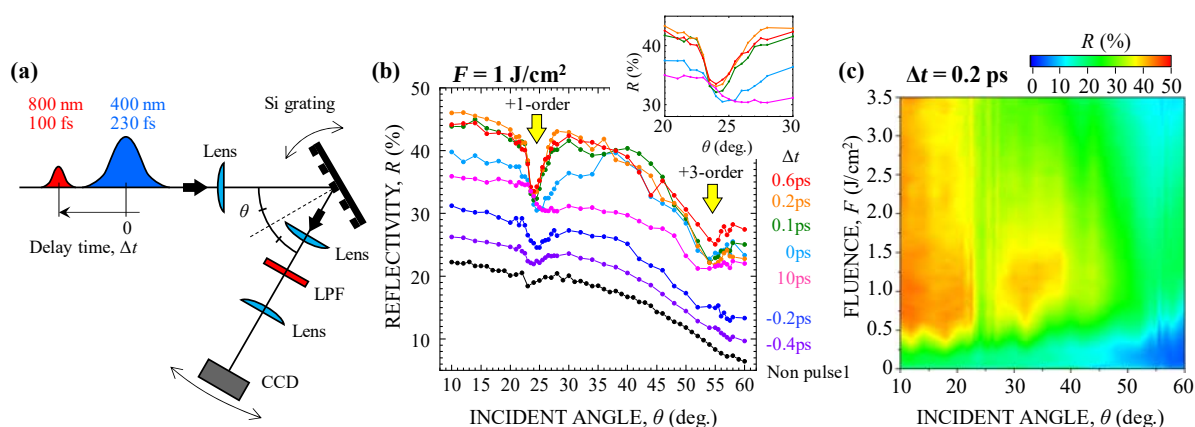


Fig.1 (a) Schematic drawing for optical configuration. (b) time-dependent reflectivity R of Si grating with a period of 1300 nm metalized by the 1-J/cm², 400-nm fs pulse measured as a function of the incident angle θ of fs pulses at time delay of $\Delta t = -0.4-10 \text{ ps}$. (c) fluence-dependent R of the Si grating at $\Delta t = 0.2 \text{ ps}$.

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

[2] G. Miyaji and M. Hagiya, Rapid commun. in Jpn. J. Appl. Phys. **58**, 050916 (2019).