

課題番号 : F-KT-19-0007
 利用形態 : 技術補助、機器利用、技術代行
 利用課題名(日本語) : 表面プラズモン共鳴を利用したポンププローブ分光計測における高感度化の検討
 Program Title(English) : Development of highly sensitive pump-probe spectroscopy using SPR
 利用者名(日本語) : 林弘通、上野翔矢、松川真美
 Username(English) : H. Hayashi, S. Ueno, M. Matsukawa
 所属名(日本語) : 同志社大学院理工学研究科
 Affiliation(English) : Graduate School of Science and Engineering, Doshisha Univ.
 キーワード/Keyword : 表面プラズモン共鳴, 全反射測定法, 電子線蒸着, フォトニクス, 成膜・膜堆積

1. 概要(Summary)

生体試料において、細胞や微細構造の精密な可視化が求められている。その中で超音波と光の利点を併せ持つハイブリッドなイメージング技術である光音響顕微法(Photoacoustic microscopy: PAM)が注目を集めている[1, 2]。本手法では、特定の波長を持ったレーザーパルス照射し、光音響効果で発生する超音波を圧電トランスデューサで検出することで生体試料の機能性断層画像を得ることができる。その際、光レーザーの照射位置で面内方向の位置情報を、超音波の伝搬時間から深さ方向の位置情報を得ることができる。従って、距離分解能は超音波トランスデューサの帯域幅に制限され、高分解能化には高周波数かつ広周波数帯域の超音波を検出できるセンシングデバイスが必要とされる[3]。

そこで我々は応力センシングデバイスとして表面プラズモン共鳴(Surface plasmon resonance: SPR)センサのPAMへの応用を目指している。応力センサとして利用したSPRセンサは共鳴条件のシフトを利用することで帯域幅が広く、サブナノ秒領域のパルス応力を検出できることが報告されている[4-7]。本報では、ポンプ・プローブ法を用いてサブナノ秒領域の過渡的な熱弾性応力信号をSPRセンサで検出できることを確認したため報告する。

2. 実験(Experimental)

【SPRセンサ作製に利用した主な装置】

電子線蒸着装置(EB1100, Canon Anelva Corp.)

【実験サンプル】

本実験では電子線ビーム蒸着法でBK7プリズム上にAg薄膜(53nm)を成膜し、簡易的なKretschmann型SPRセンサを作製した。

【実験方法】

本実験で用いたサブナノ秒ポンプ・プローブ測定系をFig. 1に示す。光源にはパルス幅690psのサブナノ秒パルスレーザー(Helios 1064-5-50, COHERENT)を用いた。レーザーの繰り返し周波数は発振器(Agilent Technologies Ltd., 33250A)により10kHzに設定した。ポンプ光はメカニカルチョッパー(Mechanical chopper, NF Corp.)を用いて250Hzで強度変調し、最長3m(最大遅延時間10ns)となる3往復遅延路で照射のタイミングを制御した。プローブ光とポンプ光のスポット径は各々約 $5\mu\text{m}$ と $32\mu\text{m}$ である。

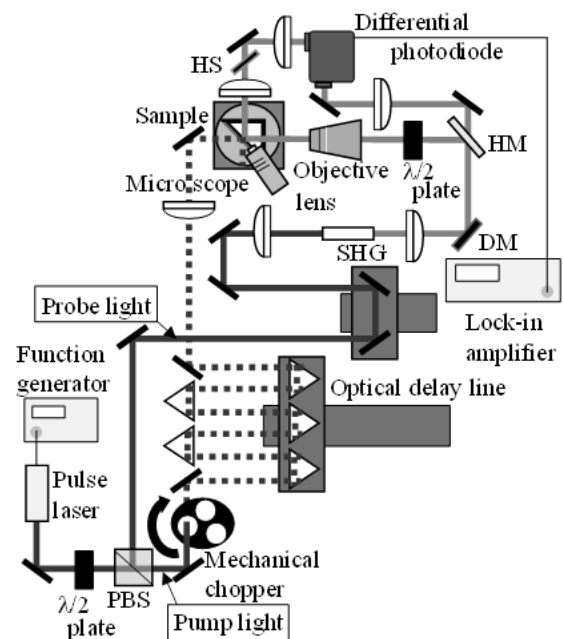


Fig. 1 Schematic image of sub-nanosecond pump-probe measurement system.

3. 結果と考察(Results and Discussions)

Fig. 2 にポンプ光強度を $20\mu\text{J/pulse}$ から $300\mu\text{J/pulse}$ まで変化させた際の過渡応答信号を示す。ポンプ光の強度増加に従って検出信号の強度も増加

することが確認された。これはポンプ光の強度と共に、熱弾性効果で発生した応力が増加していることを示す。250 $\mu\text{J}/\text{pulse}$ 時は、ある時点で検出信号が急激に減少し、信号は確認されなくなった。また、300 $\mu\text{J}/\text{pulse}$ 時も同様に信号は検出されなかった。これはポンプ光によるアブレーションが要因と考えられる。実際、SPR センサ表面をマイクروسコープで観察したところ Ag 薄膜の剥離が確認された。

Fig. 3 に観測された信号強度のピーク値とポンプ光強度の関係を示す。ポンプ光強度が 250 $\mu\text{J}/\text{pulse}$ 未満の範囲ではポンプ光強度と信号のピーク値が、概ね線形的な関係を持つことが確認される。これより、サブナノ秒領域における過渡応力を SPR センサで検出可能であることが確認された。

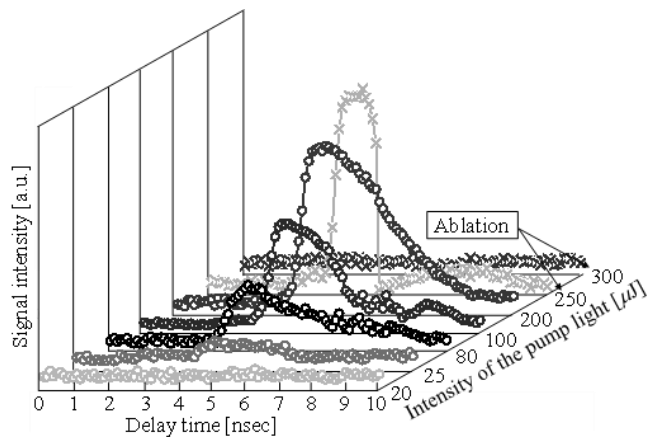


Fig. 2 Transient-thermal responses observed by sub-nanosecond pump-probe technique.

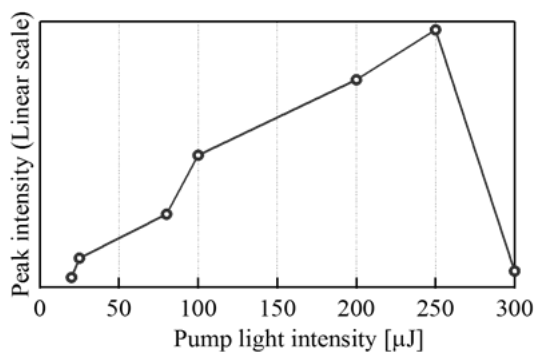


Fig. 3 The peak intensities of transient-thermal responses by changing the intensity of the pump light.

4. その他・特記事項 (Others)

・参考文献

- [1] C. Li, and L. V. Wang, *Phys. Med. Biol.*, **54**, (2009) 59.
- [2] P. Beard, *Interface Focus*, **1**, (2011) 602.
- [3] M. Xu, and L. V. Wang, *Rev. Sci. Instrum.*, **77**, (2006) 041101.
- [4] R. Nuster *et al.*, *Opt. Express*, **15**, (2007) 6087.
- [5] V. V. Yakovlev *et al.*, R.J. Phollard, Va. Podolskiy, AV. Zayats, *Adv. Mater.*, **25**, (2013) 2351.
- [6] T. Wang *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **107**, (2015) 153702.
- [7] H. Ichihashi *et al.*, *AIP Advances*, **8**, (2018) 105102

・研究試料作製にご支援いただいた京都大学ナノテクノロジーハブ拠点と本拠点の技術支援いただいた佐藤様に感謝いたします。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) 林弘通, 市橋隼人, 上野翔矢, 安井寛和, 松川真美, 電子情報通信学会超音波研究会, 2019年1月
- (2) 林弘通, 市橋隼人, 上野翔矢, 牧野大輝, 松川真美, 圧電材料・デバイスシンポジウム 2019, 2019年1月

6. 関連特許 (Patent) なし