

2 波長超高速プラズモンパルスナノ集光を用いた 選択的 CARS 顕微分光イメージング

Selective CARS microscopy employing dual-wavelength ultrafast nanofocused plasmon pulses

○富田 恵多, 小島 康裕, 神成 文彦 (慶大理工)

○Keita Tomita, Yasuhiro Kojima, Fumihiko Kannari (Keio Univ.)

E-mail: kannari@elec.keio.ac.jp

1. はじめに

表面プラズモンポラリトン(SPP)を励起するには、金属の複素誘電率の実部が-1より小さく、虚部がより小さいことが必要である。従来可視領域プラズモニック材料として使用されている金や銀は紫外領域ではこの必要条件を満たさないが、アルミニウム(Al)は紫外領域でもこの必要条件を満たす[1]。我々は回折格子を刻んだ Al テーパーナノチップを使用し波長 400 nm の SPP フェムト秒パルスのナノ集光を実現した。さらに広帯域 800 nm パルスを pump 光として Spectral focusing 法を用いて選択的に振動モードを励起し[2], 400 nm パルスを probe 光として使用することで、単層グラフェン及び多層カーボンナノチューブ (MWCNT) の coherent anti-Stokes Raman scattering (CARS)分光およびイメージングをはじめて実現した。

2. 実験セットアップ

Fig. 1 に選択的 2ω -CARS 測定の実験セットアップ図を示す。光源にはフェムト秒モード同期 Ti:Sapphire レーザ(VENTEON)を用いた。光パルスの帯域は 650-950 nm である。Type-I BBO 結晶で 2 倍波を発生させ、ダイクロイックミラー(DM)によって pump 光と probe 光に分ける。pump 光は空間光変調器(SLM)を使用した 4-f 波形整形器によって、スペクトル位相変調を行った。スペクトル位相変調による Spectral focusing 法によって、単層グラフェン及び MWCNT の単一振動モードのみを選択的に励起することを可能とした[2]。pump 光と遅延をつけた probe 光は Al テーパーチップ上に作製した回折格子に集光され、SPP が励起、伝播する。チップの先端曲率半径は、 ~ 35 nm であり、開口角が 15° であった。Al テーパーチップはチューニングフォーク(TF)によるシェアフォースによって距離制御している。チップ先端でのナノ集光パルス励起によって生じる CARS 信号をモノクロメータ及びアバランシェフォトダイオード(APD)によって計測した。ナノ集光励起による空間分解能は、およそチップの先端曲率半径によって決定される。

3. 実験結果

Fig. 2 にチップ先端から計測される SPP 散乱光及び CARS 信号のスペクトルを示す。Spectral focusing 法によって選択した単層グラフェンの目

標振動モードは、G-band(1598 cm^{-1}) と 2D-band(2622 cm^{-1})である。 2ω SPP パルスの短波長側に、選択的に G-band と 2D-band の CARS 信号を発生できた。

直径 ~ 200 nm の MWCNT において、CARS イメージングを行い鮮明な G, 2D-band の局在化を観測することに成功した。

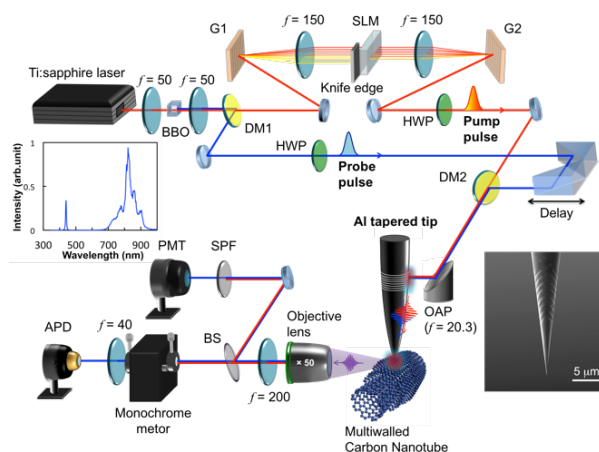


Fig. 1 Experimental setup of selective 2ω - CARS measurements. Insets are the SIM image of an Al tapered tip and the spectrum of the femtosecond laser pulse.

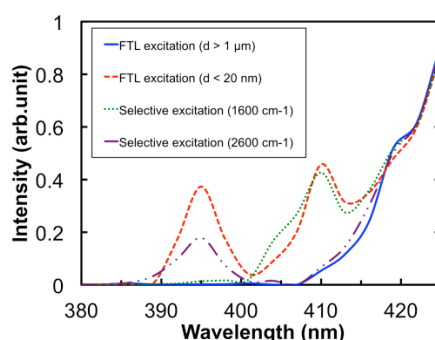


Fig. 2 CARS spectra of a monolayer Graphene excited by FTL or spectral-focusing pulses.

参考文献

- [1] A. Rakic *et al.*, Appl. Opt. **37**, 527 (1998).
- [2] K. Toma *et al.*, J. Appl. Phys. **118**, 10310 (2015)