18p-A2-13

強磁場マグネットプローブ用小型高効率ラマン散乱分光測定装置の試作

Compact and High NA Raman Scattering Measurement Device in High Magnetic Field

物材機構 表界面Ｕ　○三井 正，今中 康貴，竹端 寛治，高増 正

NIMS SPSU,　°Tadashi Mitsui, Yasutaka Imanaka, Kanji Takehana, Tadashi Takamasu

E-mail: MITSUI.Tadashi@nims.go.jp

はじめに：グラフェンは、sp^2 混成軌道で共有結合した炭素、一原子層で構成されており、典型的な２次元電子系材料である。また、非常に高い電子移動度を持つことから、新しい電子デバイス材料として注目されている。これまでグラフェンを含む炭素系材料の評価において、ラマン散乱分光法は非常に有効であり、広く使われてきた。比較的簡便且つ非破壊的手法でありながら、ダイヤモンド等の同素体との差異を明瞭に観察することができ、さらに欠陥やひずみ、配向性等のメゾスコピックな現象についても観察することが可能である。Casiraghi 等はグラフェン試料のエッジ部における特異な光学特性について詳細に観察を行った[1]。一方、２次元電子系の電子移動度等の物性を評価する上で、強磁場下において電子に生じるサイクロトロン運動の詳細を観察する手法は有用な知見を与える。Faugeras 等は、多層グラフェン(～70 層)について極低温強磁場環境下でラマン散乱分光測定を行い、内部ランダウ準位とフォノン励起の関係について研究を行った[2]。しかしながら、その光学系は光ファイバを使っただけの単純な光学系であり、NA 値はそれほど大きくない。グラフェンの層数が小さくなると、そのラマン光の強度は急激に小さくなることから、今後、電子デバイスへの応用が予想される単層グラフェンの評価のためには、十分な NA 値を持つ光学系が必要である。前回我々は、大口径マグネット用光学系の試作を通じて、強磁場下の高 NA 値光学系に関して得られた知見について報告した[3]。今回、そこで得られた設計指針を基に、大型強磁場マグネット群に使用可能な極低温環境下で動作する小型高効率ラマン散乱分光測定装置の試作を行ったので報告する。

実験方法：本研究では、当機構が所有する強磁場マグネット群の内部において、30 T、4.2 K の環境下で動作する、高い NA 値を持つ光学系が必要である。そしてその光学系は直径 30 mm の大きさに収まる必要がある。高 NA 光学系にはレンズ等の光学素子は必須であるが、枠の金属部分との熱膨張率の違いにより、ガラス部品が破壊されないようにテフロンシースを用いて、熱膨張率差を補償する設計を採用した。また、コンパクトな光学系では、熱収縮によるわずかな焦点距離の変化が相対的に大きい影響を与える。そこで、これらを調整するため、ピエゾ素子を用いた試料ステージも組み込んだ（attocube systems 社製 ANPxyz50）。

実験結果：図１は試作を行った強磁場マグネットプローブの先端に装着する小型高効率光学系の全体写真である。この図ではピエゾ試料ステージを取り外した状態を示している。強磁場マグネット内の磁場勾配が十分小さくなる領域に試料を保持する必要があるため、光学系全体の長さは 125 mm に収まるようにした。照射用と集光用の光ファイバは、光学系の図中右側から取り付け、傾斜機構等を介して平行光線となり、中央ブロック（金色：真鍮製）でダイクロイックミラーを用いて同軸化され、試料に光が照射される。同軸光学系を採用したことで、焦点調整が非常に容易となり、動作テストの段階でも非常に良いラマンスペクトルを測定することができた。当日は、高配向熱分解グラファイト(HOPG)、CVD 成長グラフェン等の極低温強磁場環境下におけるラマン散乱分光測定の結果についても報告する予定である。

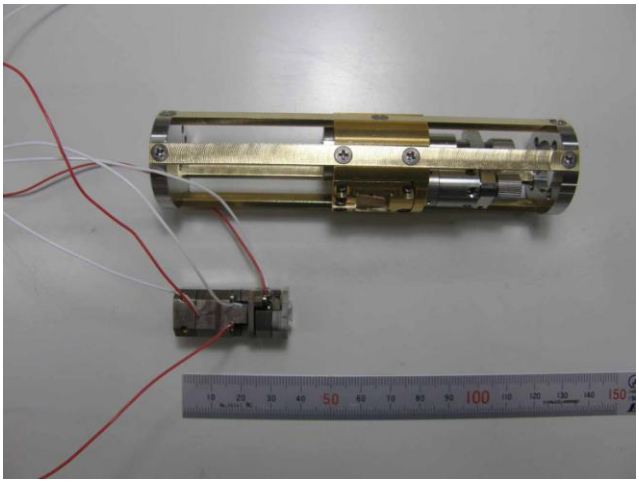

図１　強磁場マグネットプローブ用光学系

本研究は、文部科学省 平成 25 年度 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究: 25610078）の支援を受けて実施された研究の成果である。

[1] C. Casiraghi *et al.*: Nano Letters, Vol. 9, pp.1433 (2009).
[2] C. Faugeras *et al.*: Phys. Rev. Lett., Vol. 103, art.186803 (2009).
[3] 中原，三井，今中，竹端，矢口，高増、第 60 回応用物理学会春季学術講演会 27p-B5-2 (2013).

© 2013 年　応用物理学会