

STM-TERS による単層カーボンナノチューブの G バンド強度とカイラル角の相関の解析

Analyze of correlation between chiral angle and G band intensity of single-walled carbon nanotube by STM-TERS

阪大院工¹ 服部卓磨¹, 瀬田賢斗¹, 春名泰成¹, 齋藤彰¹, 桑原裕司¹

Osaka Univ.¹, [○]Takuma Hattori¹, Seta Kento¹, Taisei Haruna¹, Akira Saito¹, Yuji Kuwahara¹,

E-mail: hattori@prec.eng.osaka-u.ac.jp

単層カーボンナノチューブ(SWCNT)は、特異な 1 次元のバンド構造に由来するさまざまな電子物性をもつ。SWCNT の巻き方は、カイラル指数とよばれるグラフェンナノシートの巻き方の向きによって定義されており、この巻き方によって電気伝導率やバンドギャップなどの電子物性を制御することができる。Raman 分光測定は、SWCNT の巻き方や電子物性を評価するために、古くから使われており、例えば、200-250 cm^{-1} 付近の RBM モードは、SWCNT の半径の評価に、1580 cm^{-1} 付近の G バンドの形状は、金属型、半導体型の識別に用いられてきた^[1]。しかし、通常の Raman 分光測定では、光の回折限界によってその空間分解能が数 μm 程度に制限されていた。

走査トンネル顕微鏡(STM)の探針を用いた探針増強ラマン散乱(TERS)分光測定(STM-TERS)は、STM の原子分解能観察による、SWCNT のカイラル指数の同定、のひずみ、欠陥の評価に加えて、TERS によって振動情報を高空間分解能で取得することができる。これまでに、STM-TERS により、SWCNT の電子状態や欠陥を数 nm の空間分解能で調べられてきた^[2,3]。しかし、原子分解能レベルで測定可能な STM の利点は生かされておらず、各々の SWCNT のカイラル指数については議論されてこなかった。そこで、本研究では、STM と TERS をさまざまな SWCNT について調べ、カイラル指数と Raman 分光、特に G バンドの強度をナノスケールの空間分解能で解析した。

グラスファイバー上に滴下した SWCNT を、超高真空下で、清浄化した Au(111)基板上に接触させることで、SWCNT を Au(111)基板に付着させた。始めに STM の原子分解能観察により、約 30 本の半導体の SWCNT について六角形構造を取得し、六角形構造の向きからカイラル指数を特定した。これらの SWCNT について TERS 測定を行ったところ、G-バンドの強度と G+のバンドの強度比が、カイラル角が 15-20 度付近で大きくなり、30 度付近では、小さくなることを明らかにした(Fig.1)。この結果は、カイラル角が大きいときに、G-バンドの強度に由来するフォノン電子相互作用が小さくなるためと考えられる^[4]。本研究により、G-と G+バンドの強度比で、SWCNT のカイラル指数を評価できることが示唆された。

[1] A. Jorio *et al.*, Phil. Trans. R. Soc. Lond. A **362**, 2311 (2004).

[2] M. Liao *et al.*, Nano Lett. **16**, 4040(2016).

[3] S. Chaunchaiyakul *et al.*, Carbon **99**, 642 (2016).

[4] J. Jiang *et al.*, Phys. Rev. B **72** 235408 (2005)

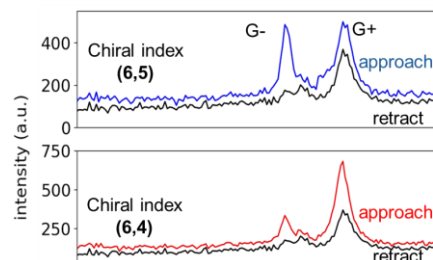


Fig. 1 STM-TER spectra of (upper) (6,5) and (lower) (6,4) SWCNT.