

はじめにお読みください

この文章は、研究室に所属する学生が研究活動の一環として作成してくれたものです。研究室セミナーの時間に輪番で発表してもらい、研究に関連した事項の基礎知識の向上をはかりました。内容・文章ともに未だ不完全なものもありますが、2018 年度に調査してくれたものを公開いたします。

※学生の作成してくれたファイルをそのまま公開しております。ところどころ誤った記述もあるため、内容については保証いたしかねます。ご注意ください。
(2019 年度以降、少しずつ改訂していく予定です。)

2018 年 3 月 名古屋工業大学 川崎・石井研究室
<http://kawasaki.web.nitech.ac.jp/jp/tips/index.shtml>

【執筆者一覧】

・ 卒研究生

伊達 怜実、堀之内 理紗、山田 えみり、吉谷 駿、渡邊 裕介

・ M1

浅井 七海、亀岡 真祐子、近藤 航平、長谷川 毅、横井 和真、高橋 実夏子

・ M2

石亀 弘基、久野 潤也、中村 元海、林 遼治、松下 一樹、眞鍋 駿

・ D3

李 蒼昊

【ラマン・赤外分光法】

G バンド、D バンドって何ですか？

作成日： 2018 年 1 月 10 日

担当者： 石亀

ナノカーボンの代表的なラマンスペクトルとして以下に示す G-band、D-band、G'-band、RBM-band がある。

・ G-band

ナノチューブやグラフェンのようなナノカーボンでは sp^2 結合で結晶格子を作る。 sp^2 結合の C-C ボンドのボンド長が変化するスペクトルはおおよそ $1600\text{ cm}^{-1}=0.2\text{ eV}$ に現れる。これを G-band と呼ぶ。炭素以外の Si や Al といった炭素よりも原子量が高いものは G-band よりも低波数側にスペクトルが現れるので G-band が観測されれば sp^2 結合をもつ炭素材料であると判断される。一般的にグラフェンやグラファイトの G-band は 1585 cm^{-1} に観測される。また、ナノチューブは円筒面を持っているために円筒軸方向の振動（直径によらず一定）と円筒の赤道方向の振動（ナノチューブの直径が小さくなるにつれ低波数側にずれる）が生じ、G-band が 2 つに分裂する。それぞれ G^+ band、 G^- band と呼ばれる。

・ D-band

ナノチューブやグラフェンの結晶格子に欠陥（結晶の端、点欠陥）があると、 1350 cm^{-1} ほどにピークが生じる。これは D-band と呼ばれ、欠陥が多いほど強度が大きくなる。欠陥の無いグラフェンやグラファイト、ナノチューブでは D-band は観測されないため結晶の品質の評価をする場合に用いられる。特に G-band と D-band の強度比（GD 比、 I_G/I_D ）の大小でサンプルの品質を評価する機会が多い。ただし、入射レーザーのエネルギーを大きくすると D-band 強度が小さくなるため判断には注意を要する。

・ G'-band

G'-band は 2700 cm^{-1} ほどに観測されるピークである。D-band の 2 倍ほど（実際には 2 倍よりもわずかに小さい）に観測されることから 2D-band とも呼ばれている。G'-band は欠陥がない場合に存在するラマンスペクトルであり、逆に欠陥が多いと強度は小さくなる。結晶性の高い単層グラフェンでは G-band よりも強度が大きくなり、層数が増えるとスペクトル幅が広がり強度が小さくなる。

・ RBM (Radial Breathing Mode)

低波数側に現れるナノチューブ固有のラマンスペクトルであり、 sp^2 結合の C-C ボンドのボンド長が変化する振動である。RBM の振動数は直径に反比例し、直径を $d_t\text{ nm}$ とすると $(248/d_t)\text{ cm}^{-1}$ の式で算出することができる。