

東大工

丸山 茂夫

Growth Mechanism and Chirality Control

Univ. Tokyo

Shigeo Maruyama

単層カーボンナノチューブの優れた特性を用いた応用の多くを実現するためには、最低でも半導体ナノチューブと金属ナノチューブの作り分けあるいは分離が必要であり、最終的にはカイラリティの決まったナノチューブの合成あるいは分離が必要となる。ある程度カイラリティ分布の狭いナノチューブの合成は実現し、収率を問わなければ金属・半導体分離やカイラリティ分離の方法も実現しつつあるが、実用的な効率やデバイス上への直接合成をふまえた究極のカイラリティ分離合成については、その方法論さえ存在しない。本講演では、合成されたサンプルから正確にカイラリティ分布を測定するための、共鳴ラマン分光や近赤外フォトルミネッセンス(PL)分光の基礎的な測定について概観するところから初めて、触媒金属の形状や種類、CVD 反応機構の解明と制御によってカイラリティ分布を制御する試みについて議論する。

カイラリティ制御に先立って、定量的なカイラリティ分布の測定が是非とも必要であり、共鳴ラマン分光における Kataura プロット[1]の作成や PL 分光における様々なピークの同定[2,3]、遷移エネルギーに対する環境効果の同定[4]などが必要である。図 1 はアルコール CVD で合成された SWNT の典型的な PL マップである。図中に示したように、フォノンサイドバンド[2]やナノチューブ軸垂直方向励起吸収による PL[3]などが観察される。これらの同定と物理機構の解明は、興味深いとともに、正確なカイラリティ分布の見積りのためにも極めて重要である。また、最近では、垂直方向励起 PL ピークに対する環境効果などの実験的

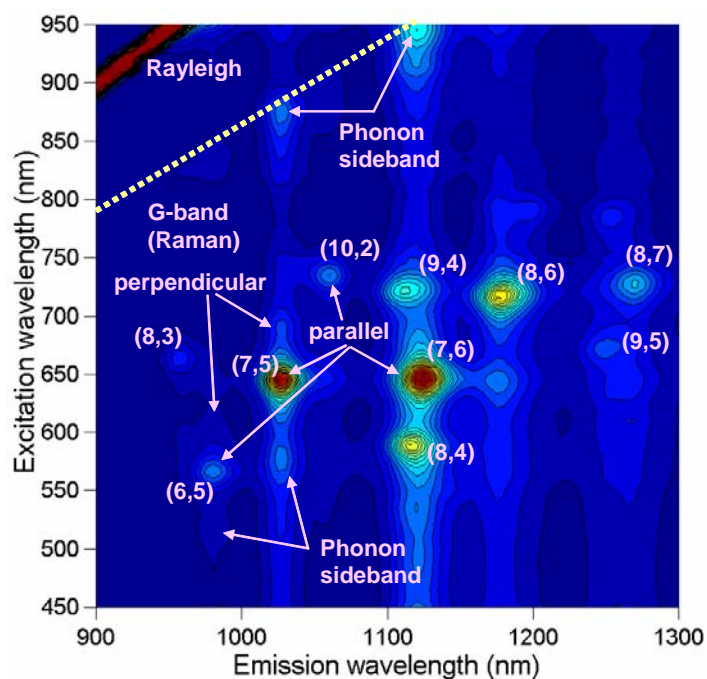


図 1 PL 分光における様々なピーク

検証と理論的な検討を進めている。

一方、SWNTの合成機構の解明に関しては、合成中の吸収やラマンなどの in-situ 測定と反応前駆体や反応生成物の詳細な検討からのアプローチを進めている。図2には、通常のエタノールを用いた垂直配向膜合成[5]に引き続いて、 ^{13}C 置換エタノールを用いた合成の例を示す[6]。触媒金属における詳細な反応[7]についても多くの知見が得られつつあり、たとえば、エタノール少量のアセチレンを加えることで、大幅に合成速度を増加させることなども実現している。また、触媒の制御と併せて、ナノチューブ直径の制御などが実現しつつある。

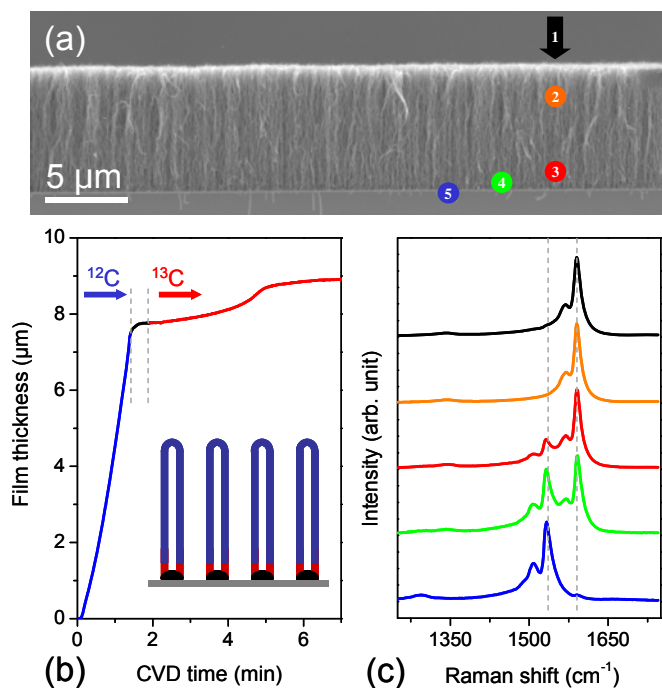


図2 CVD中の吸収のその場観察と ^{13}C 同位体エタノールによる垂直配向SWNT合成

文献

- [1] P. T. Araujo, S. K. Doorn, S. Kilina, S. Tretiak, E. Einarsson, S. Maruyama, H. Chacham, M. A. Pimenta, A. Jorio, *Phys. Rev. Lett.* 98 (2007) 067401-1.
- [2] Y. Miyauchi, S. Maruyama, *Phys. Rev. B* 74 (2006) 35415.
- [3] Y. Miyauchi, M. Oba, S. Maruyama, *Phys. Rev. B* 74 (2006) 205440-1.
- [4] Y. Miyauchi, R. Saito, K. Saito, Y. Ohno, S. Iwasaki, T. Mizutani, J. Jiang, S. Maruyama, *Chem. Phys. Lett.* 442 (2007) 394.
- [5] Y. Murakami, E. Einarsson, T. Edamura, S. Maruyama, *Phys. Rev. Lett.* 94 (2005) 087402-1.
- [6] R. Xiang, Z. Zhang, K. Ogura, J. Okawa, E. Einarsson, Y. Miyauchi, J. Shiomi, S. Maruyama, *Jpn. J. Appl. Phys.* (2008) in press.
- [7] S. Noda, K. Hasegawa, H. Sugime, K. Kakehi, Z. Zhang, S. Maruyama, Y. Yamaguchi, *Jpn. J. Appl. Phys.* 46 (2007) L399.