



Ir 触媒からの単層カーボンナノチューブ生成過程 のその場 XANES 測定

丸山隆浩, 熊倉誠, 岡田拓也, 才田隆広
名城大学理工学部

キーワード：単層カーボンナノチューブ, XANES, 化学気相成長 (CVD) 法, 触媒

1. 背景と研究目的

単層カーボンナノチューブ(SWCNT)は、半導体にも金属にもなり得る上、高い電子移動度をもつことから、次世代のエレクトロニクス材料として期待されている。SWCNT の電子状態はそのカイラリティや直径などの構造に依存するが、SWCNT の完全な構造制御は未だ実現しておらず、エレクトロニクス応用の実現を阻んできた。SWCNT の構造制御の実現には、その成長メカニズムを理解することが重要であり、SWCNT 成長中の触媒粒子の状態を明らかにするため、これまで透過電子顕微鏡 (TEM) 観察を用いた“その場”測定が行われてきたが、ごく一部の触媒粒子のみしか分析できないという欠点があった[1, 2]。そこで我々のグループでは、SWCNT の成長中の触媒粒子の化学結合状態を明らかにするため、その場 X 線吸収端微細構造 (XANES) 測定を行っている。以前、650°C で SWCNT が生成中の Co 触媒が炭化物状態となっていることを報告した。本研究では、直径 1 nm 程度以下の細径 SWCNT を高密度で生成することが可能な、Ir 触媒を用いた場合の生成メカニズムを調べるため、その場 XANES 測定を行った。

2. 実験内容

SiO₂/Si 基板にパルスアークプラズマガンを用いて Ir 触媒粒子を堆積させた基板を用いて、その場 XANES 測定を行った。本基板をその場 XAFS 測定用セル内に設置し、セル内部を真空排気した後、680°C まで加熱し、エタノールガスを 150 Pa 導入し、SWCNT の成長を行いながら、Ir 触媒粒子の L_{III} 吸収端の XANES 測定を行った。測定は、BL5S1 にて行い、7ch SDD を用いて蛍光 X 線の検出を行った。また、実験後、ラマン分光測定により、SWCNT の成長を確認した。

3. 結果および考察

Fig. 1 に、蒸着直後と 680°C に昇温後のその場 XANES スペクトルを示す。比較のため、透過法で測定した Ir 金属膜と IrO₂ の XANES スペクトルを示してある。昇温後には、ホワイトラインの鋭いピークが若干減少し、Ir が還元されている様子が観測された。しかし、Ir 金属膜と比較すると、ホワイトラインピーク強度が強いことから、触媒粒子の一部がまだ酸化された状態であると考えられる。また、成長中の Ir 触媒の XANES スペクトルでは、加熱後と顕著な違いは見られなかった。以上から、SWCNT 成長中に Ir 触媒粒子は基本的には金属的な状態に近いと考えられるが、一部は酸化もしくは炭化状態となっている可能性がある。

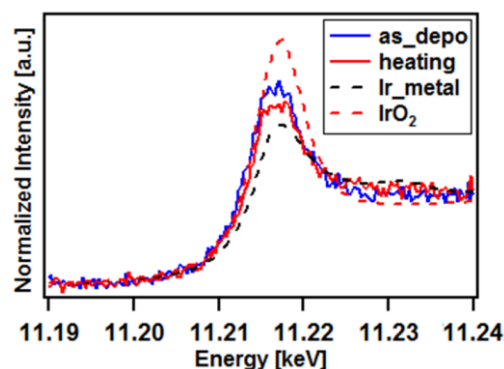


Fig. 1 Ir 触媒蒸着のみと、加熱後の XANES スペクトル。点線は標準試料の Ir 金属箔と IrO₂ のスペクトル。

4. 参考文献

1. H. Yoshida et al. *Nano Lett.* 8 (2008) 2082.
2. S. Hofmann et al. *Nano Lett.* 7 (2007) 602.