

## 新規カーボンナノ構造体カーボンナノウォールと種々の基板界面の構造解析

### Analysis of interface structure between carbon nano-structure, carbon nanowalls, and several kinds of substrates

堀 勝<sup>a</sup>, 木村 滋<sup>b</sup>, 坂田 修身<sup>b</sup>, 田尻 寛男<sup>b</sup>,  
竹田 圭吾<sup>a</sup>, 高島 成剛<sup>a</sup>, 竹内和歌奈<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Masaru Hori. <sup>b</sup>Shigeru Kimura. <sup>b</sup>Osami Sakata. <sup>b</sup>Hiroo Tajiri.

<sup>a</sup>Keigo Takeda. <sup>a</sup>Seigo Takashima. <sup>a</sup>Wakana Takeuchi

名古屋大学大学院工学研究科<sup>a</sup>, 高輝度光科学研究センター<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Nagoya University, <sup>b</sup>JASRI

グラフェンシートによって構成された二次元カーボンナノ構造体であるカーボンナノウォール(CNWs)の金属・基板界面の構造を大型放射光施設 SPring-8 のビームライン BL13XU を用いて X 線回折分析を行った。CNWs は Si、石英、Ti/石英基板上に作製したものをを用いた。その結果、作製された CNWs は全て同じであることが分かった。一方界面において、Ti と CNWs の界面では TiC が確認され、Si との界面ではアモルファス構造の中間層が確認された。しかし、石英上では CNWs との界面に中間層が確認されなかった。

Carbon nanowalls (CNWs) consist of graphene sheets, are two-dimensional carbon nanostructures. The interface structure between CNWs and metal or substrate was investigated using x-ray diffraction technique. The x-ray diffraction technique was performed in air at the undulator beamline BL13XU in SPring-8. CNWs were fabricated on the Si, quartz and Ti/quartz substrates. As a result, it was found that CNWs themselves fabricated on all substrates indicated the same structures. On the other hand, in the Ti/quartz substrate, TiC was observed in the interface between Ti and CNWs. In the Si substrate, the amorphous layer was observed in the interface. In the quartz substrate, however, the interlayer was not observed.

キーワード：カーボンナノウォール、グラフェンシート、カーボンナノ材料

#### 背景と研究目的

スケーリング則による Si-CMOS を打破するために、自己組織化プロセスにより形成されるカーボンナノウォールと Si デバイスとの融合による高機能ナノデバイスの構築を目的として研究を進めている。カーボンナノウォールは積層グラフェンシートによって構成され、基板上に垂直方向に成長する二次元カーボンナノ構造体である。我々はラジカル注入型プラズマ CVD 法によりカーボンナノウォールを金属触媒なしで任意の基板に成長させることに成功している [1]。これまでに、カーボンナノウォールの電気特性の評価を行ってきた。しかしながら、その電極金属、基板界面の構造はよくわかっていない。また、カー

ボンナノウォールと金属・基板の界面構造分析には、界面層の原子レベルでの分解能が必要であり、高輝度なアンジュレータ光が利用できる SPring-8 の利用が必要である。そこで、カーボンナノウォールデバイスの作製に向けて、カーボンナノウォールと金属・基板界面構造を調べる事を目的として SPring-8 の高輝度放射光を利用した面内 X 線回折分析を行った。

#### 実験

カーボンナノウォールはラジカル注入型プラズマ CVD 装置を用いて Si、石英、Ti/石英基板上に成長ガス C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> と H<sub>2</sub> を用いて作製を行った。成長後、カーボンナノウォールに

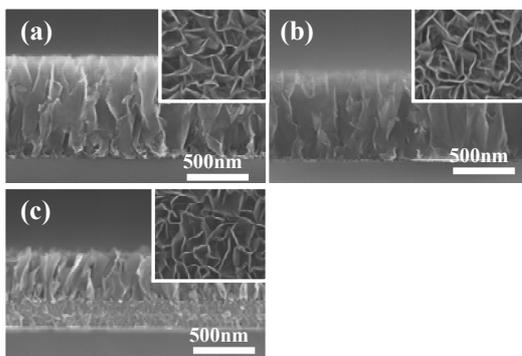


Fig.1. (a) – (b) shown cross-sectional SEM images of CNWs grown on a Si, quartz, and Ti/quartz substrates respectively, together with SEM top-view images of identical CNWs as insets. Scale bars in all figures: 500 nm.

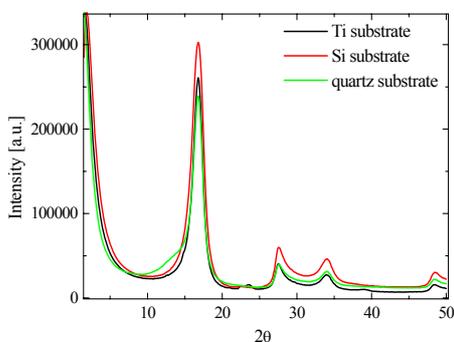


Fig.2. X-ray diffraction from CNWs on the Si, quartz and Ti/quartz.

対して多軸回折計を利用して、面内回折配置での実験を行った。入射 X 線の視斜角を  $0.05^\circ$ 、 $0.3^\circ$  と変化させ  $\omega/2\theta$  スキャンにより、カーボンナノウォール層およびカーボンナノウォールと基板界面層からの X 線回折分析を行った。検出器としては、ビームラインに標準で備えられている YAP 検出器を用いた。また、ビームによるカーボンナノウォールの損傷を防ぐために He 雰囲気中で測定を行った。

### 実験及び結果

図 1(a)-(c) はそれぞれ典型的な Si、石英、Ti/石英基板上に作製したカーボンナノウォールの断面 SEM 像と挿入図に表面 SEM 像を示す。作製されたカーボンナノウォールが殆ど同じ構造をしている事がわかる。図 2 は、Ti/石英、Si、石英基板上に成長させたカーボンナノウォールに対する入射 X 線視斜角  $0.05^\circ$  における回折信号である。全ての基板でグラファイト構造 002、101/100、004、110

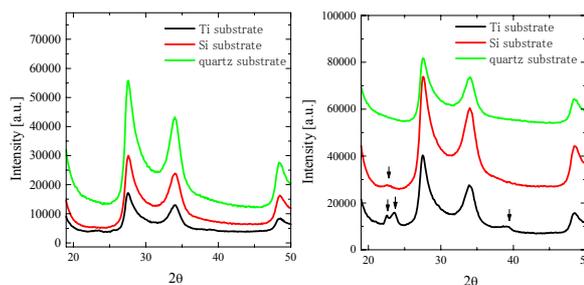


Fig.3. X-ray diffraction from CNWs on the Si, quartz and Ti/quartz. The incident angle of X-ray is (a)  $0.05^\circ$  (b)  $0.15^\circ$ .

が確認でき、基板による大きな違いは見られなかった。図 3(a), (b) はそれぞれ入射 X 線視斜角  $0.05^\circ$  と  $0.3^\circ$  での回折信号である。図 3(a) では基板の種類の変化で信号に大きな変化は見られなかった。図 3(b) では  $23^\circ$ 、 $39^\circ$  付近に変化が見られた。X 線の入射角度を大きくすることで現れた信号であることから基板付近の信号であると考えられる。Ti 基板からは Ti と TiC のピークであると考えられ、成長初期に中間層が出来たことがわかる。また、Si 基板では基板付近にアモルファス構造の層が観測できるのに対して、石英基板では中間層は観測されなかった。このことから、石英では界面層が成長しても石英中の酸素の影響によりエッチングされ消失するか若しくは薄いと考えられる。BL13XU を用いた X 線回折により金属・基板界面の初期膜・中間層の評価を行うことができた。

### 今後の課題

今回の結果から、成長したカーボンナノウォールは全ての基板で同じであり、成長初期では基板の種類によってできる中間層が違うことがわかった。デバイス作製等では基板や電極界面の状態が重要であるため、今後さらに基板の種類やトップの電極との構造について明らかにする必要がある。

### 参考文献

[1] M. Hiramatsu, M Hori, Jpn. J. Appl. Phys., **45** (2006) 5522.