

その場 X 線回折による Au 触媒 InGaAs ナノワイヤの成長過程検討

Growth mechanisms of Au-catalyzed InGaAs nanowires studied by *in situ* X-ray diffraction

量研機構 ○佐々木 拓生、高橋 正光 QST ○Takuo Sasaki, Masamitsu Takahashi

E-mail: sasaki.takuo@qst.go.jp

金 (Au) などの金属触媒を用いた VLS (Vapor-Liquid-Solid) 法は簡便かつ、比較的制御性が高いことから、III-V 族半導体ナノワイヤ (NW) の成長技術として広く用いられている。これまで Au 触媒 GaAs-NW の成長過程は、実験的および理論的アプローチから詳細に検討されているものの、混晶であるインジウムガリウム砒素 (InGaAs) NW についての報告例は極めて少ないのが現状である。InGaAs は In と Ga の組成比によって、バンドギャップエネルギーを広い範囲に制御できる特徴があり、デバイス設計の幅が格段に広がることが期待される。本研究は Ga、As に加え、原料に In を供給することによる NW 成長への影響を明らかにするため、その場放射光 X 線回折による結晶成長ダイナミクスを検討する。

実験は放射光施設 SPring-8 : BL11XU に設置された分子線エピタキシー (MBE) 装置と X 線回折計 (XRD) が一体化した MBE-XRD システムを利用した。GaAs(111)B 基板上に触媒となる Au を 4 nm 厚蒸着した後、アニールをすることで Au 液滴を形成した。そして、基板温度 450°C で、原料となる In、Ga、As を供給することで、InGaAs-NW を成長した。In と Ga の供給比における NW 成長への影響を明らかにするため、In/Ga 供給比を 0、0.09、0.28 と変化させた。InGaAs-NW の結晶構造は、ジंकブレンド (ZB) 構造とウルツ鉱構造 (WZ) が混在する、いわゆる構造多形である一方、基板

上に直接成長する InGaAs 二次元膜は ZB である。したがって、成長中は InGaAs の ZB と WZ の両方が含まれる範囲に、2 次元 X 線検出器を固定することで、NW および二次元膜の成長ダイナミクスを検討した。

Fig. 1 は $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -NW 成長中の回折ピーク強度の成長時間依存性と 60 分成長後の走査型電子顕微鏡 (SEM) 写真である。原料に In を追加するほど、より早い時間で WZ の回折強度が減少することがわかった。一方で、ZB の回折強度は常に増加傾向を示した。NW の構造多形の観点から、InGaAs-NW の成長が進むときには、ZB と WZ の両方の回折強度が増加し、InGaAs 二次元膜の成長が進むときには ZB のみの回折強度が増加する。したがって、原料に In を追加することによって、NW の成長が停止し、ZB である二次元膜に NW が埋没してしまうことが予想される。SEM 写真からも、In 供給量が多いほど、NW が二次元膜に埋没している様子がみえる。

次に成長温度を 420°C に下げたところ、WZ の回折強度は、450°C のときよりも長い時間増加傾向を示すことが分かった。したがって、成長温度を低くすることで、NW 成長がより長く継続する可能性を示唆した。SEM 像から、420°C では NW の直径が小さく、密度が高いことが確認された。本講演では成長温度の低温化が InGaAs-NW 成長に与える影響も議論する。

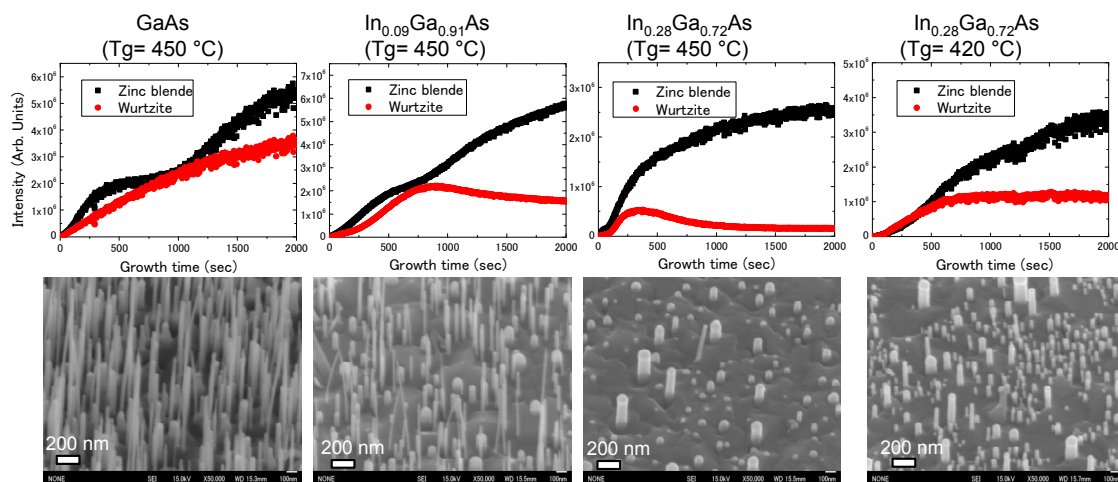


Fig. 1 Growth time dependence of diffraction intensities (ZB and WZ) during InGaAs NW growth at the growth temperatures of 450 and 420 °C. SEM images of samples grown for 60 min are shown below.