

GaAsBiナノワイヤの分析

利用者：^a愛媛大院理工, ^b物材機構, ^c日本電子, ^dPaul Drude Institut
石川史太郎^a, 赤松良彦^a, 渡辺健太郎^a, 上杉文彦^b, 朝比奈俊輔^c, Uwe Jahn^d, 下村哲^a

研究支援者：物質・材料研究機構 上杉文彦

【研究目的】

半導体ナノワイヤは、自己形成可能な一次元量子構造として次世代の光、電気デバイス応用が期待されている。代表的な化合物半導体であるGaAsは、従来高速トランジスタや赤外発光素子、レーザーとして応用されてきた。GaAsへBiを導入すると、特徴的なバンドギャップの減少により、従来到達不可能であった深赤外領域応用が可能となることが期待される。本研究では、Si基板上に分子線エピタキシャル結晶成長したGaAsBiナノワイヤの構造および組成を明らかにする。

【成果】

サンプルはSi(111)基板上にMBE法を用いて作製した。GaAs成長時のGa自己触媒作用を用いてナノワイヤコアを形成し、その後GaAs/GaAsBi/GaAsの順で成長が行われるよう分子線を供給することでコア-マルチシェル構造を形成した。

図1は成長後のナノワイヤ結晶の透過型電子顕微鏡観察(TEM)による明視野像と、環状暗視野走査TEM(ADF-STEM)像とエネルギー分散型X線(EDS)解析によって得られたBi元素分布である。この結果から特徴的な表面構造の乱れと、明瞭なBiを含むコア-マルチシェル構造(赤矢印部分)の形成を確認した。

図2は、同じナノワイヤ結晶のTEM明視野像と各部位の回折パターンである。この結果から、ナノワイヤは成長初期は主に閃亜鉛型構造で結晶成長が行われ、ワイヤ先端に行くにしたがって双晶型の欠陥を多く含む六方晶型構造結晶との混合が進むことがわかった。またこの結果から、コア-マルチシェル構造内部コアGaAsの結晶構造および欠陥がシェル層でも伝搬、保持されることが考えられた。

これらの結果は、カソードルミネッセンス測定の結果も併せてNano Lettersに掲載。2016年春季学術講演会Poster Awardを受賞。

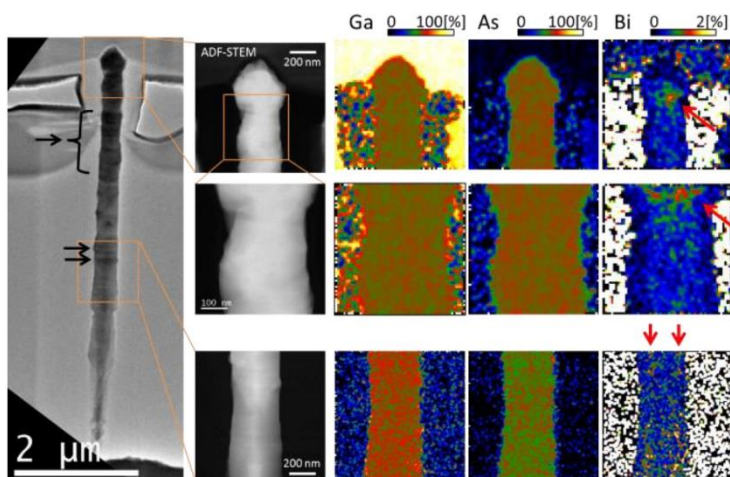


図1 TEM明視野像と四角の領域からのADF STEM像とEDSマッピングの結果

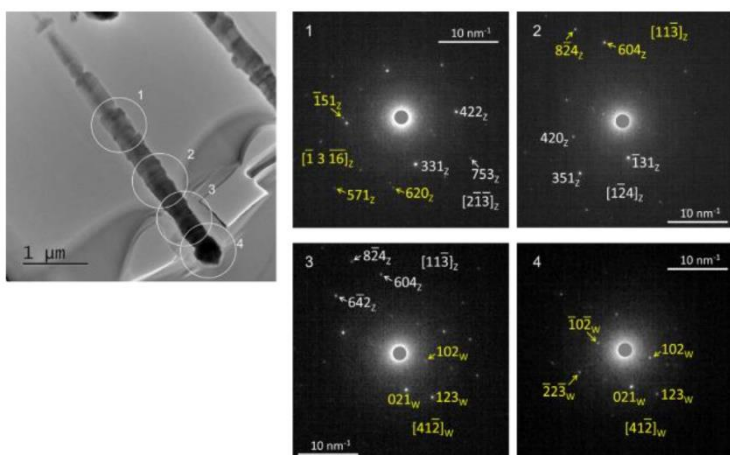


図2 明視野TEM像と円で示された領域からの電子回折図形。添え字のZとWはそれぞれ閃亜鉛型構造と六方晶型構造を示す

【支援実施機関からのコメント】

高感度のDual SDD EDSを用いて得ることができた微量なBiの濃度分布を取得することができた。また各部分からのDiffraction patternから従来より考えられていたナノロッドの構造変化を決定することができた。これらの結果がNano letters掲載やPoster awardの受賞に一助となったことは実施機関としても非常にうれしい。

【参考文献等】

[1] F. Ishikawa et al., Nano Letters 15,7265 (2015).