HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Growth and Spin Transport in InAs Nanowires [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	崔, 志欣
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11755号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58829
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Zhixin_Cui_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　崔 志欣

審査担当者　主　査　教　授　本久 順一
副　査　教　授　葛西 誠也
副　査　特任教授　末宗 幾夫
副　査　准教授　佐藤 威友

学位論文題名

Growth and Spin Transport in InAs Nanowires
（InAs ナノワイヤの成長とスピン輸送）

微細化という指導原理に基づく半導体デバイスや集積回路などのエレクトロニクスのハードウェアの高性能化・低消費電力化は現在物理的な限界を迎えつつある。この限界を打破するためには、新しい動作原理に基づくエレクトロニクス技術が必要とされており、その代表的で有望な技術の一つが「スピントロニクス」である。スピントロニクスでは、電子や原子核の量子力学的な自由度であるスピンを積極的に利用し、それを制御することによって情報の伝達・処理を行ない、電子の電荷のみを利用してきた従来のエレクトロニクスに付加機能を持たせる、さらには電荷に依存せずに情報の記録や処理を行うことを主眼としている。スピントロニクスの一部の技術はハードディスクや磁気メモリへとすでに実用化されているが、今後さらに高度な情報処理のため、トランジスタのような論理動作を行う素子が必要とされている。電子のスピンを利用した代表的なトランジスタが S. Datta と B. Das が提案したスピン FET (Spin Field Effect Transistor) であるが、このスピン FET の実現には、有効な半導体スピン輸送チャンネル材料が重要である。一方、半導体ナノワイヤと呼ばれる断面寸法数十 nm の一次元細線材料が注目を集めている。特に InAs ナノワイヤは、一次元的に電子を閉じ込めることにより優れた電気伝導特性を示すとともに、スピン散乱の抑制により長距離のスピン輸送が期待されており、従来の二次元構造の素子では実現できない新たな機能の創出が期待される。

このような背景のもと、本論文において著者は、InAs ナノワイヤをスピン輸送チャンネル材料として提案し、分子線エピタキシー (MBE: Molecular Beam Epitaxy) 法を用いたナノワイヤの成長方法について述べるとともに、ナノワイヤを用いた FET・ホールバー素子の作製、そして単一 InAs ナノワイヤにおける電子およびスピンの輸送特性を評価した。

本論文は 6 章で構成されている。以下に各章の要旨を示す。

第 1 章は序論であり、本研究の背景、目的および本論文の構成が記されている。

第 2 章では、MBE 法と Vapor-Liquid-Solid (VLS) 成長機構を用いた ⟨111⟩ 方位の InAs ナノワイヤについて纏められている。金 (Au) 微粒子を触媒とした VLS 成長機構の理論的背景や、MBE 成長装置の概略について記した後、⟨111⟩ 方位の InAs ナノワイヤ成長結果およびその成長過程に関する考察が記されている。

第 3 章では、⟨111⟩ 結晶方位の InAs および InAs/InP コアシェル構造ナノワイヤを用いたバックゲート型のナノワイヤ FET の作製と、両者ナノワイヤの電気伝導特性を評価した結果が述べられ

ている。バックゲート FET の伝達特性から、コアシェル型ナノワイヤが表面パッシベーションの効果により、普通の InAs ナノワイヤよりも優れた電気伝導特性を有していることを示すとともに、極低温でコアシェル構造の磁気抵抗特性を測定し、外部電界による弱局在から半弱局在への変化を実験的に観測している。これらの結果から、コアシェル構造のナノワイヤでは普通のナノワイヤよりも良好なスピン伝導特性を示すことを明らかにしている。

第 4 章では、Rashba 効果と Dresselhaus 効果とを相殺させることにより、スピン緩和が抑制可能な ⟨110⟩ 結晶方位の InAs ナノワイヤの優位性について論じた後、⟨110⟩ 結晶方位の InAs ナノワイヤ成長について述べられている。MBE 法においてパラジウム (Pd) を触媒とした VLS 機構を用いることにより、⟨110⟩ 方位の InAs ナノワイヤが成長することが走査型電子顕微鏡と透過型電子顕微鏡の観察により確認されている。特に、⟨110⟩ 方位のナノワイヤでは、⟨111⟩ 方位のナノワイヤで高密度に導入される積層欠陥のないことを明らかにしている。

第 5 章では、第 4 章で述べた ⟨110⟩ 方位の InAs ナノワイヤの輸送特性が纏められている。まず、バックゲート FET の特性を比較することにより、⟨110⟩ 方位の InAs ナノワイヤは、従来の ⟨111⟩ 方位のものより高い電界効果移動度を有し、より良好な伝導特性を持っていることを明らにとした。そして、ナノワイヤを用いたホールバー素子を作製し、ホール移動度およびその温度依存性を評価することによって、⟨110⟩ 方位の InAs ナノワイヤの伝導機構を論じている。そして、強磁性体金属電極から InAs ナノワイヤへののスピン注入の実験が述べられ、⟨110⟩ 方位の InAs ナノワイヤにおいてのみ、ヒステリシス特性を示す非局所伝導の磁気抵抗特性が得られたことが述べられている。

第 6 章は本論文の結論であり、まとめおよび将来展望が述べられている。

以上これを要するに、著者は、MBE 法と VLS 成長機構を利用した InAs ナノワイヤの成長とその電気伝導特性、特にスピンが関与する輸送現象について新しい知見を得ており、これは半導体材料工学・スピントロニクス分野の発展に対して大きく寄与するものである。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。