

Title	Initial Growth Stage and Plasmonic Property of Silicon Nanowires
Author(s)	吉川, 純
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/46501
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名	吉川純
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 20005 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Initial Growth Stage and Plasmonic Property of Silicon Nanowires (シリコンナノワイヤーの成長初期過程とプラズモン特性に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 竹田 精治 (副査) 教授 大貫 惇睦 教授 阿久津泰弘 助教授 石原 盛男 助教授 河野日出夫

論文内容の要旨

本論文では、Vapor-liquid-solid (VLS) 成長機構に基づいて Chemical-vapor-deposition (CVD) 法によって成長するシリコンナノワイヤー (SiNWs) の実験的な研究について記した。VLS 成長機構の詳細の理解と、SiNWs の配置・構造、すなわち核形成位置や直径、成長方位、外形、内部構造を制御するために、成長初期過程に関する研究に重点を置いた。透過型電子顕微鏡法や走査電子顕微鏡法によって SiNWs の観察・分析を行った。SiNWs 成長の定量分析のために、新たに CVD 装置を設計・作製した。SiNWs の VLS 成長には、金を触媒に、シラン (SiH₄) を原料ガスに用いた。成長初期における成長速度の温度依存性を 365°C から 495°C の範囲で測定し、成長の活性化エネルギーを 230 kJ/mol と見積もった。直径の細い SiNWs ほど成長速度が小さいことがわかった。そして、成長が停止する臨界直径がおおよそ 2 nm であることを示した。また、高分解能 TEM (HRTEM) 法によって、SiNWs の核形成過程と成長中の結晶化過程の議論も行った。さらに、SiNWs の核形成位置を制御する方法も試みた。本論文では、透過型電子顕微鏡内における Electron energy-loss spectroscopy (EELS) 法による SiNWS のプラズモン特性についても記した。SiNWs の表面プラズモンのコア (Si) 直径依存性を系統的に調べた。表面プラズモンの新奇な特性が現れ、これを誘電応答論によって解釈することに成功した。単極表面プラズモンは、コア直径が小さくなるにつれ、シリコンの直接バンド間遷移である E₁、E₂ 遷移に対応することが明らかになった。SiNWs の酸化膜厚の表面プラズモンへの影響も調べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、Vapor-liquid-solid (VLS) 成長機構によって成長するシリコンナノワイヤー (SiNWs) についておこなった実験的な研究成果について報告している。

著者は、まず、SiNWs を成長させるために、金ナノ微粒子を触媒として、シラン (SiH₄) を原料ガスとする CVD (Chemical-vapor-deposition) 結晶成長装置を独自に設計・作製した。

次に、SiNWsのVLS成長機構を原子レベルで理解するために、その成長初期過程について重点的に研究した。すなわち、成長初期における成長速度の温度依存性を365°Cから495°Cの範囲で測定した。その結果、成長の活性化エネルギーを230 kJ/molと見積もった。また、直径の細いSiNWsほど成長速度が小さいこと示し、直径がおおよそ2 nm以下においては、SiNWsは成長できないことを見いだした。このことは、SiNWsには臨界直径（最小直径）が存在することを意味している。また、高分解能TEM（HRTEM）法によって、SiNWsの核形成過程と成長中の結晶化過程についても議論している。

さらに、Electron energy-loss spectroscopy（EELS）法によって、SiNWsのプラズモン特性についても研究した。表面プラズモンの直径依存性を系統的に調べた。その結果、表面プラズモンの新奇な特性を見だし、これを誘電応答論によって解釈することに成功した。すなわち、単極表面プラズモンは、直径が小さくなるにつれ、シリコンの直接バンド間遷移である E_1 、 E_2 遷移に対応することが明らかになった。SiNWsの酸化膜厚の表面プラズモンへの影響も調べた。

以上は、基礎研究としてのみならず、SiNWsを応用して行く上でも必要となる成果である。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。