



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Growth of MoS ₂ Nanowires by Catalytic Chemical Vapor Deposition [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	WENG, Mengting
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(総合化学)
Dissertation Number	甲第13226号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/69946
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Mengting_Weng_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（総合化学） 氏名 Weng Mengting

審査担当者	主 査	教 授	忠 永	清 治
	副 査	教 授	村 越	敬
	副 査	教 授	島 田	敏 宏
	副 査	准教授	長 浜	太 郎

学 位 論 文 題 名

Growth of MoS₂ Nanowires by Catalytic Chemical Vapor Deposition

(触媒を用いた化学気相成長法による MoS₂ ナノワイヤの成長)

層状構造を持つ遷移金属ダイカルコゲナイドは、遷移金属の d 軌道が伝導に関与し、原子層の厚さで機能する特異な半導体・金属材料として注目されている。その他にも、太陽電池材料、電極材料や触媒材料としても多くの研究がなされており、その形状制御に関する研究の意義は大きい。これまで単位層厚さを持つ大面積の薄膜作製のための研究は多数行われてきたが、一次元性を持つナノワイヤに関する研究は極めて限られてきた。ナノワイヤは一次元性による特異な電子状態、大きな比表面積などの特徴を持ち、構造のそろったナノワイヤの合成法を確立することは有意義である。著者は博士課程において、FeO 等のナノ粒子を種（触媒）として化学気相成長法（Chemical Vapor Deposition, 以下 CVD）を行うことにより遷移金属ダイカルコゲナイドの一種である MoS₂ のナノワイヤを成長させることに成功した。また、MoS₂ ナノワイヤの構造を TEM 等により決定した。さらに、FeO ナノ粒子の形状や大きさを変えて系統的な実験を行い、生成物が石英反応管由来の SiO₂ ナノワイヤと MoS₂ ナノワイヤの間で切り替えられることを見出した。また、量産に向けて FeO ナノ粒子の基板上での分散性を高めるための研究を行った。

本博士論文の第 1 章は、導入および研究の背景を述べている。

第 2 章では、MoS₂ 薄膜を CVD 成長させる実験の際に偶然得られた MoS₂ ナノワイヤの先端部に Fe ナノ粒子が存在していたことから、MoS₂ ナノワイヤの成長の種となり得る触媒ナノ粒子の探索を行った。CVD 成長には MoO₃ と S の蒸気をキャリアガスとともに供給する手法を用いた。Fe 薄膜及び Fe₂O₃、MnO、CuO、NiO、Cu₂O のナノ粒子を基板上に分散した後 CVD を行うと、MoS₂ ナノワイヤのアスペクト比や成長密度は FeO ナノ粒子を分散した場合が最も高いことがわかった。これは、Fe の場合は Fe_xMoS₂ という層状物質が知られているが、他の遷移金属の場合は層状構造を取るものが知られていないことから、触媒から層状構造を持つ化合物ができることが重要であることが示唆された。

第 3 章では、液相合成により FeO ナノ粒子球形および頂点が 6 つの突起となった八面体型の 2 種類の形で、さまざまな大きさに作り分ける反応条件を見出し、得られたナノ粒子を MoS₂ ナノワイヤ成長実験の触媒として用いた結果を述べている。30nm の八面体型 FeO ナノ粒子を用いると、長さ 10 μm、直径が 40—80nm の MoS₂ ナノワイヤが得られた。TEM、電子線回折、ラマンスペクトルなどで評価した結果、MoS₂ ナノワイヤは中空の多層ナノチューブであり、断面は長方形、結晶方位はいわゆる armchair 型であること、また成長機構は Vapor-Solid(VS)機構であることが分かった。次に、球形の FeO ナノ粒子を用いて成長を行うと、アモルファス

SiO_x のナノワイヤが得られることが分かった。TEM 観察や熱力学的考察から、反応に用いる石英管から 1000°C の硫黄雰囲気下で SiO が蒸発し、 FeO ナノ粒子が S により低融点化したものを触媒として Vapor-Liquid-Solid(VLS)機構で SiO_x ナノワイヤが成長するというモデルで説明された。八面体形および球形のナノ粒子のサイズを変化させて実験を行うと、ナノワイヤの径と成長速度が変化することがわかった。

第5章では、 MoS_2 のナノワイヤ成長を制御する他の因子について実験的に検討している。まず、ナノワイヤの収量を高めるためには FeO ナノ粒子の凝集を抑えなければならないことを明らかにし、そのためのシリコン基板の表面処理法を探索した。その結果、多孔質炭素により FeO の凝集を防ぎ、 MoS_2 ナノワイヤを高密度に成長できることが明らかになった。また、CVD 中に温度を変化させて核形成密度と径の変化について結果を得た。

第6章は本論文の結論と総括である。

これを要するに、著者は 1000°C 付近の高温における合成反応である CVD 法において、遷移金属ナノ粒子の形状と大きさの変化によりナノワイヤ成長触媒作用を制御できることを見出し、センサーやエネルギー材料として有望な MoS_2 ナノワイヤの合成方法を確立した。すなわち、高温での合成反応の制御と有用材料の合成という理学と工学の両方にまたがる新しい展開をもたらしたものである。

よって著者は、北海道大学博士（総合化学）の学位を授与される資格があるものと認める。