

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Ge/Si コアシェル ナノワイヤの作製と熱電素子応用
Title(English)	Fabrication of Ge/Si core/shell nanowires and their application for thermoelectric devices
著者(和文)	野口智弘
Author(English)	Tomohiro Noguchi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10319号, 授与年月日:2016年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小田 俊理,波多野 睦子,宮本 恭幸,河野 行雄,小寺 哲夫,深田 直樹
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10319号, Conferred date:2016/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻: Department of	電子物理工学	専攻	申請学位 (専攻分野): Academic Degree Requested	博士 (工学)	Doctor of
学生氏名: Student's Name	野口 智弘		指導教員 (主): Academic Advisor(main)	小田 俊理	
			指導教員 (副): Academic Advisor(sub)	河野 行雄	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は **Fabrication of Ge/Si core/shell nanowires and their application for thermoelectric devices (Ge/Si コアシェル ナノワイヤの作製と熱電素子応用)**と題し英文7章からなっている。

第1章 “Introduction” (序章)では、本研究の背景と目的を述べている。充電不要なウェアラブルデバイスの開発においてエネルギーハーベスト機能が期待できる熱電変換材料の課題を説明し、これに関する先行研究の取り組みを記述している。本研究の目的は、従来材料より熱電変換効率が高い材料として有望である **Ge/Si コアシェルナノワイヤ**の熱電素子応用可能性を検討することとしている。

第2章 “Theory of the growth of nanowires and thermoelectric characteristics” (ナノワイヤ成長と熱電特性の理論)では、本研究で取り扱うナノワイヤの結晶成長および熱電特性に関する理論について述べている。具体的には、**Ge** ナノワイヤの成長における **vapor-liquid-solid** 機構の原理を説明すると共に、熱電材料に関する熱輸送方程式、熱電変換効率の理論について記述している。

第3章 “Experimental techniques” (実験技術)では、本研究で作製した **Ge/Si コアシェルナノワイヤ**の成長条件と、デバイス構造およびデバイス作製プロセスについて述べている。具体的には、**Ge/Si コアシェルナノワイヤ**の成長に利用した低圧化学気相堆積 (LPCVD) 装置の種々の成長パラメータについて記述している。また、ボトムアッププロセスで成長した **Ge/Si コアシェルナノワイヤ**の電気特性および熱電特性を評価するために必要なデバイスの構造と作製プロセスについて記述している。

第4章 “Growth of Ge/Si core/shell nanowires” (**Ge/Si コアシェルナノワイヤ**の成長)では、本研究で必須となる **Ge/Si コアシェルナノワイヤ**の成長方法について記述している。具体的には、**Ge/Si コアシェルナノワイヤ**の成長の過程で問題として浮上した **Ge** ナノワイヤの融解、金粒子のマイグレーションによる枝構造の形成とその解決法について述べている。金粒子のマイグレーションに関しては、原料ガスの **GeH₄**を **Si** シェル堆積直前まで継続的に流し続けるという独創的な形成条件を提案し、透過型電子顕微鏡 (TEM) 及びエネルギー分散 X 線分析 (EDX) による構造評価を用いて、これらの課題を解決出来たと述べている。

第5章 “Electrical characteristics of Ge/Si core/shell nanowires” (**Ge/Si コアシェルナノワイヤ**の電気特性)では、**Ge/Si コアシェルナノワイヤ**の電気伝導度とそのコア径依存性に関する実験について述べている。具体的には、4端子電気測定の結果、コア径が減少すると **Ge/Si コアシェルナノワイヤ**の電気伝導度は増加すると述べている。また、**Ge/Si コアシェルナノワイヤ**の最表面にある **SiO₂/Si** 界面の欠陥にトラップされた電荷による影響を考慮したシミュレーションによりこの現象を説明できると述べている。**Ge** コア径を 20nm より小さくすると **Si/Ge/Si** ダブルヘテロ構造

に閉じ込められた正孔濃度が増加する効果により、キャリア濃度は更に増加すると述べている。

第6章 “Thermoelectric characteristics of Ge/Si core/shell nanowires” (Ge/Si コアシェルナノワイヤの熱電特性)では、Ge/Si コアシェルナノワイヤの熱電特性のコア径依存性に関する実験結果と考察について述べている。具体的には、Ge/Si コアシェルナノワイヤの一端に熱を加えたときに得られる起電力を測定し、ゼーベック係数とパワーファクターを算出した結果について記述している。コア径が 20nm から 80nm の範囲ではゼーベック係数のコア径依存性は認められず、電気伝導度の特性を反映して、Ge コア径が細いほどパワーファクターが向上すると述べている。また、シミュレーションにより、20nm 以下のコア径では、現状達成されている Ge/Si コアシェルナノワイヤのパワーファクターを超える可能性があるとして述べている。

第7章 “Conclusions” (結論)では、本論文のまとめと結論について述べている。

以上を要するに、本研究では Ge/Si コアシェルナノワイヤの成長に関して Ge ナノワイヤの融解、金粒子のマイグレーションによる枝構造の形成などの課題を解決した上で、Ge/Si コアシェルナノワイヤの電気特性・熱電特性の Ge コア径依存性の実験データを提示し、シミュレーションを用いて、Ge コア径を 20nm 以下に細線化することにより更なる熱電変換効率の向上が期待できることを示している。これにより Ge/Si コアシェルナノワイヤによる熱電素子応用の可能性を明確にした。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	電子物理工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学)
学生氏名 : Student's Name	野口 智弘		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	小田 俊理
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	河野 行雄

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This study focuses on the fabrication of Ge/Si core/shell nanowires for thermoelectric device applications. The electrical and thermal characteristics of Ge/Si core/shell nanowires grown in this study were investigated to explore their potential for thermoelectric device applications. This thesis is divided into seven chapters.

Chapter 1 “Introduction”

Chapter 1 describes the motivation and objectives of this study. Ge/Si core/shell nanowire has potential for thermoelectric device applications because of their high electrical conductivity and low thermal conductivity. Ge/Si core/shell nanowires were first grown and their potential for high-efficiency energy conversion applications was studied systematically.

Chapter 2 “Theory of the growth of nanowires, and thermoelectric characteristics”

We introduce the theory of nanowire growth mechanism (vapor-liquid-solid mechanism), thermoelectric transport, and thermal efficiency in chapter 2.

Chapter 3 “Experimental techniques”

In chapter 3, we demonstrate the growth of Ge/Si core/shell nanowires using a bottom-up process and the fabrication of Ge/Si core/shell nanowire devices.

Chapter 4 “Growth of Ge/Si core/shell nanowires”

Experimental results of the growth of Ge/Si core/shell nanowires with high conductivity are presented in chapter 4.

Chapter 5 “Electrical characteristics of Ge/Si core/shell nanowires”

We present the measurement results of electrical characteristics of Ge/Si core/shell nanowire in chapter 5. The relationship between the diameter and electrical conductivity of Ge/Si core/shell nanowire is also described in this chapter.

Chapter 6 “Thermoelectric characteristics of Ge/Si core/shell nanowires”

Measurement results of thermal characteristics of Ge/Si core/shell nanowire, such as Seebeck coefficient and power factor are presented in chapter 6. We also examined the relationship between power factor and nanowire diameter.

Chapter 7 “Conclusions”

Summaries and conclusions of this study are provided in chapter 7.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).