

平成19年度 島根大学「重点研究部門」研究プロジェクト 計画書

1. プロジェクト名称	S-ナノテクプロジェクト					
	(英訳名)	S-Nonotech. Project				
2. プロジェクトリーダー	所属	総合理工学部	職名	教授	氏名	廣光一郎
	現在の専門	有機半導体デバイス			学位	理学博士
3. プロジェクトの概要 ①本研究プロジェクトで何をどこまで明らかにするか、②国際的な視野からプロジェクトの必要性・重要性・ユニークな点、③島根大学で行う意義・大学の発展にとって期待される効果、について簡潔に記入してください。 本プロジェクトの目的は本学独自のナノテクノロジーおよびその応用技術分野の進展を図り、国際的に通用するナノテクノロジーの研究拠点を形成すること、そして地域の新産業創成に貢献することである。4つの材料「酸化亜鉛」「強誘電体」「超伝導薄膜」「熱電変換材料」について研究を行っている。これらの材料は何れも島根大学が独自の作製技術を持ち、しかも実用化が期待できるものである。「酸化亜鉛」グループは、酸化亜鉛薄膜の新しい作製技術を開発すると共に、酸化亜鉛を用いた太陽電池・発光素子を開発する。また、酸化亜鉛微粒子や透明導電膜を用いた医工連携のテーマにも取り組む。「強誘電体」グループは、極めて優秀な特性を持つ新規チタン酸バリウムについて、そのセラミックス、薄膜、単結晶の性能を向上させ、実用に結びつける。「超伝導薄膜」グループは、高温超伝導体 MgB_2 の世界最先端の薄膜作製技術を用いて、MgB_2 薄膜の実用化を図ると共に、その技術を応用して実用性の高い高品質半導体薄膜を開発する。「熱電変換材料」グループは、実用化に手が届くところまでできている本学の熱電材料研究をさらに進展させ、実際に熱電変換製品の試作を行う。 ナノテクノロジーの使命の一つは 20 世紀のハイテク浪費型の科学技術から、無駄の少ない、生活に密着した科学技術への転換を牽引することである。本プロジェクトはこの現代社会に対する極めて重要な使命の一翼を担うものである。ナノテクノロジーの国際的な激しい開発競争の中で、本プロジェクトが他の追随を許さない材料・技術として採り上げたのが、酸化亜鉛超微粒子や新規チタン酸バリウムなどの特許出願済みの材料、そして超伝導薄膜及び熱電変換材料の作製技術である。これらを用いた新材料開発は現時点で本学にしかできないものであり、本学独自のナノテクノロジー研究拠点の形成に繋がる。 本学は地域産業との連携を強めることを緊急に求められている。連携にあたっては、低コストな製品を生み出し得る科学技術分野に焦点を絞る必要がある。本プロジェクトは、この点を考慮し、本学のこれまでの研究資源をもとに、低コストで実用性の高いナノ構造材料の開発を目的としている。その開発を通して、本学と地域産業との連携の要の位置を占めることができると考えている。 なお、テキサス州とのナノテクノロジー分野での学術交流も本プロジェクトの重要な使命であり、テキサス州立大学サンマルコス校、北テキサス大学、テキサス大学ダラス校を中心とした大学・研究機関との交流を積極的に進展させる。						
4. 本学の中期目標・計画との関係 本プロジェクトは「地域社会の課題に対応し、産学官が連携して学術的・文化的・経済的価値を創出する」研究領域に最も密接に関係している。また、本学が世界に先駆けて開発した独自の技術を基に本学にしかできない研究開発を目指すという点で、「本学の研究業績の蓄積・立地条件等を活かして、国際的に通用する独創的な研究分野を強化・育成する」研究領域にも対応する。昨年度から「医学系と工学系の連携融合」にも対応している。さらに、テキサス州の大学・研究機関との学術交流を進めるという点で、中期目標の「海外の大学・研究機関等との連携・交流」にも対応している。						
5. 平成18年度の主な成果 特に重要なものを箇条書きにしてください ・酸化亜鉛超微粒子から作製した透明薄膜を用いて紫外線・青色領域での電流注入発光を観測した。 ・酸化亜鉛超微粒子蛍光標識剤を発明した。これを用いて今後癌細胞の検出等の応用研究を進める。 ・直径が数 nm、長さが数十 nm の青色発光酸化亜鉛ナノクリスタルの新規製造法を開発した。 ・世界初の本格的な酸化亜鉛薄膜用 MOCVD 装置の試作機を完成させた。 ・酸化亜鉛透明導電膜を用いた有機太陽電池を作製し、エネルギー変換効率 1%(単色光照射下)を達成した。 ・酸化亜鉛とホール輸送性高分子とのナノコンポジットを用いた発光デバイスを作製し、発光させることに成功した。 ・ラットなどを対象とした動物実験に用いるための酸化亜鉛透明電極の作製に成功した。 ・ゼオライト細孔に内包された硫化亜鉛微粒子を高収量で合成することに成功し新発光材料開発への道を開いた。 ・極めて優秀な強誘電性を持つ BaTi_2O_5 の高品質セラミックス(相対密度 95%以上)の合成に成功した。 ・KF 添加 BaTiO_3 単結晶が驚異的に大きな圧電定数を持ち、鉛フリー圧電体として有望であることを見出した。 ・極めて高い臨界電流密度を有するフレキシブル MgB_2 超伝導薄膜の作製に成功し、実用化の可能性が高まった。 ・メカニカルアロイングーホットプレス法によって極めて高い性能指数を持つ Bi_2Te_3 系熱電変換材料を作製した。						

6. プロジェクト推進担当者 平成19年度に限って記入してください。			計	名
ふりがな(ローマ字) 氏 名(年齢)	所属部局(専攻など)・職 名	現在の専門学 位	役割分担	
(プロジェクトリーダー) Hiromitsu Ichiro 廣光 一郎(49)	総合理工学部・物質科学科・教授	有機半導体 理学博士	(酸化亜鉛グループ) プロジェクト統括, 酸化亜鉛透明電極を用いた有機 太陽電池の高性能化	
Fujita Yasuhisa 藤田 恭久(46)	総合理工学部・電子制御シ ステム工学科・准教授	半導体工学 博士(工学)	・酸化亜鉛超微粒子からの薄膜作製条件の最適 化と電流注入発光デバイスへの応用 ・酸化亜鉛超微粒子と薄膜の医学への応用 ・酸化亜鉛薄膜作製のための CVD 技術の開発	
O. Senthil Kumar(31)	プロジェクト研究推進機構・研究員	半導体工学 Ph.D		
Tanaka Senku 田中 仙君(33)	総合科学研究支援センター・教務職員	有機光機能材 料・博士(理学)		
Ito Shin-ichi 伊藤 真一(53)	医学部・医学科・准教授	神経生理学 理学博士	酸化亜鉛を用いた動物実験用透明電極の開発	
Sato Moriyuki 佐藤 守之(60)	総合理工学部・物質科学科・教授	高分子化学 工学博士	・酸化亜鉛とホール輸送性高分子とのナノコンポ ジットの作製 ・ナノコンポジットを用いた発光デバイスの作製と その性能評価	
Yamaguchi Isao 山口 勲(40)	総合理工学部・物質科学科・准教授	機能性高分子 博士(工学)		
Okamoto Yasuaki 岡本 康昭(62)	総合理工学部・物質科学科・教授	触媒化学 工学博士	・ゼオライト細孔内への酸化亜鉛ナノ粒子の導入 による新たな発光材料の開発	
Kubota Takeshi 久保田 岳志(36)	総合理工学部・物質科学科・助教	触媒化学 博士(理学)		
Nawate Masahiko 縄手 雅彦(48)	総合理工学部・電子制御シ ステム工学科・准教授	磁気工学 博士(工学)	ゼオライト細孔内のナノ粒子の物性に関する理論的 研究	
Akishige Yukikuni 秋重 幸邦(53)	教育学部・自然環境教育講 座・教授	固体物理学 理学博士	(強誘電体グループ) ・新規強誘電体 BaTi ₂ O ₅ セラミックスの高性能化・ 実用化の検討. ・BaTi ₂ O ₅ 薄膜の電子デバイスへの応用 ・新規圧電体:KF 添加 BaTiO ₃ の実用化の検討	
Xu Jun 徐 軍 (36)	プロジェクト研究推進機構・研究員	固体物理学 Ph.D		
Kubo Shugo 久保 衆伍(61)	総合理工学部・物質科学科・教授	超伝導材料 工学博士	(超伝導薄膜グループ) MgB ₂ 超伝導薄膜の高性能化・実用化の検討.	
Yamada Yasuji 山田 容士(45)	総合理工学部・物質科学科・准教授	超伝導材料 博士(工)		
Kajikawa Yasutomo 梶川 靖友(50)	総合理工学部・電子制御シ ステム工学科・教授	半導体工学 博士(工学)	MgB ₂ 薄膜の成長技術を用いた高性能半導体薄膜の 開発	
Ono Kotaro 小野 興太郎(61)	総合理工学部・物質科学科・教授	材料物性学 理学博士	MgB ₂ 薄膜のイオン照射による高性能化と電子顕 微鏡観察	
Miyamoto Mitsutaka 宮本 光貴(30)	総合理工学部・物質科学科・助教	材料物性学 博士(工学)		
Kitagawa Hiroyuki 北川 裕之(35)	総合理工学部・物質科学科・准教授	材料物性工学 博士(工学)	(熱電変換材料グループ) 熱電変換材料の高性能化と実用デバイスの開発	
Ohba Takuya 大庭 卓也(53)	総合理工学部・物質科学科・教授	回折結晶学 理学博士	放射光X線による結晶学的評価. 対象は熱電変換 材料及び他のサブグループが扱っている材料.	
Morito Shigekazu 森戸 茂一(38)	総合理工学部・物質科学科・准教授	材料組織学 博士(工学)	電子顕微鏡による結晶学的評価. 対象は熱電変換 材料及び他のサブグループが扱っている材料.	
7. 関連分野研究者 当該研究分野に精通し、かつ、当該研究内容を的確に理解・評価できるとされる本学以外の研究者を2〜3名記入してください。(平成17年度から変更がなければ記入の必要はありません。)				
(氏 名)	(所属機関・部局・職)	(現在の専門)	(連絡先 e-mail)	
田口 常正	山口大学・電気電子工学科・教授	光量子半導体工学	taguchi@yamaguchi-u.ac.jp	
小島 誠治	筑波大学・物質工学系・教授	物性物理学	kojima@bk.tsukuba.ac.jp	
8. 配分経費 (単位:千円)				
年度(平成)	19			合 計
配分経費(千円)	11, 000			11, 000

9. 研究計画および達成目標

[平成19年度]

【計画概要】必要に応じてサブテーマ毎に記入してください。サブテーマには A,B,C,... の記号をつけてください。

昨年度に引き続き、以下の 4 つのサブテーマに分けて研究を行う。何れも、本学が世界に誇れる作製技術を持つ材料を中心に据えており、それら材料の更なる高性能化を達成し、来年度以降さらに大規模な産学官の連携に発展させることを目標とする。

- A. 酸化亜鉛: 酸化亜鉛薄膜・微粒子の独自の作製技術を開発すると共に、酸化亜鉛を用いた新たな太陽電池・発光素子を開発する。酸化亜鉛の医学への応用も進める。また、産学連携をさらに進める。
- B. 新規強誘電体: 極めて優秀な強誘電特性を持つ新規チタン酸バリウムについて、そのセラミックス、薄膜、単結晶の高性能化を達成し、実用化に向けた企業との共同研究を軌道に乗せる。
- C. 超伝導薄膜: MgB_2 超伝導薄膜の高性能化を達成し、実用化までの見通しを明らかにする。今年度はさらに、 MgB_2 薄膜の成長技術を実用価値の高い半導体薄膜の作製に応用するテーマを付け加えた。これは、次の産学連携テーマを育てることをねらったことである。
- D. 熱電変換材料: Bi_2Te_3 系熱電変換材料のさらなる高性能化を達成し、産学連携による熱電変換デバイスの作製を進める。

【研究項目】 サブテーマ毎に主要な研究項目を箇条書きで記入してください。研究項目には A-1,A-2,... の様に番号をつけてください。

A. 酸化亜鉛

A-1. 酸化亜鉛薄膜・超微粒子
(研究チーム: 藤田, Kumar, 梶川, 大庭, 森戸, 佐藤, 山口)

A-2. 酸化亜鉛と有機材料の複合デバイス
(研究チーム: 藤田, Kumar, 廣光, 田中, 佐藤, 山口, 大庭, 森戸, 北川)

【達成目標】 対応する研究項目に対して第三者が達成できたと判断できる具体的な目標を記入してください。

- A-1. ・ 窒素ドーピング酸化亜鉛超微粒子のアニール特性の評価と生成条件の改善, 電流注入発光素子の評価・改良を行い, 実用化に向けての課題を明らかにする。
- ・ 蛍光標識やマイクロチップ電気泳動への医療応用技術(癌検診)に対応した酸化亜鉛粒子の生成と評価を行い, 実用化のための課題を明らかにする。
- ・ 昨年度新たに開発した直径数 nm の青色発光性酸化亜鉛ナノクリスタルの実用可能性を検討する。
- ・ MOCVD 法によって作製した酸化亜鉛系単結晶薄膜について, アンドープキャリア濃度 10^{16}cm^{-3} 台, p 型及び n 型のドーピング均一性 $\pm 5\%$ を達成すると共に, MgZnO 混晶を作製し, 紫外線 LED やレーザーを実現するための課題を明らかにする。
- ・ MOCVD のための液体気化による原料供給技術を開発し, 地域産業にも適用でき, 安全でしかも原料の大量供給が可能な技術を開発する。
- ・ 開発した MOCVD 装置及び周辺装置の一部を事業化する。

- A-2. ・ 酸化亜鉛透明導電膜を用いた有機太陽電池について, 酸化亜鉛と有機半導体の接合状態を最適化すると共に, 酸化亜鉛薄膜の安定性の検討を行う。そして酸化亜鉛を ITO に代わる透明導電膜材料として実用化するための課題を明らかにする。
- ・ 酸化亜鉛とホール輸送性高分子とのナノコンポジットの製造法およびその量産化技術を確認すると共に, そのナノコンポジットを用いたデバイス製造技術を開発する。

【達成期限】 年度途中で設定する場合のみ記入してください。

A-3. 酸化亜鉛薄膜を用いた医学実験用透明電極（研究チーム：伊藤，藤田，Kumar，廣光） A-4. 酸化亜鉛とゼオライトの複合材料（研究チーム：岡本，久保田，縄手，藤田，Kumar，大庭，宮本）	A-3. ・ 昨年度開発した動物実験用酸化亜鉛透明電極が動物実験に使用可能なことを確認する。そしてその商用化の見通しを明らかにする。 A-4. ・ 昨年度までにゼオライト細孔に内包された硫化亜鉛ナノ粒子を高収量で合成することに成功した。今年度はその硫化亜鉛ナノ粒子の酸化処理により酸化亜鉛ナノ粒子を合成し，その光学特性を明らかにする。そして得られた酸化亜鉛ナノ粒子の実用可能性を検討する。 ・ ゼオライト中の酸化亜鉛ナノ粒子のエネルギーバンド構造を解析し，発光スペクトルを理論的に計算する。そして実測のスペクトルとの比較検討を行う。	
B. 強誘電体 B-1. BaTi₂O₅ セラミックス（研究チーム：秋重，徐，北川，大庭，森戸，小野，宮本） B-2. BaTi₂O₅ 薄膜（研究チーム：秋重，徐，廣光，大庭，森戸，小野，宮本） B-3. KF 添加 BaTiO₃ 単結晶（研究チーム：秋重，徐）	B-1. ・ ゴル・ゲル法により作製した BaTi₂O₅ 微粒子を原料にして，配向制御された緻密セラミックスを作製する方法を確立し，誘電率が 1000 以上のセラミックスを得る。 B-2. ・ 昨年までに BaTi₂O₅ 薄膜の作製には成功したが，膜の均質性に問題があったので，今年度は薄膜の作製工程に改良を加え，均質性を向上させる。 B-3. ・ 昨年までに，KF 添加 BaTiO₃ 単結晶が極めて大きな圧電定数を持ち，鉛フリー圧電体として実用上有望であることを明らかにした。今年度は単結晶の大型化に取り組み，1cm 角以上の大きさの単結晶を得る。	
C. 超伝導薄膜 C-1. ナノ構造制御による MgB₂ 薄膜の高臨界電流密度化（研究チーム：久保，山田，小野，宮本，大庭，森戸） C-2. プラスチックフィルム上への高品質 MgB₂ 薄膜の形成（研究チーム：久保，山田） C-3. MgB₂ 薄膜の成長技術を応用した高性能半導体薄膜の開発（研究チーム：久保，山田，北川，梶川）	C-1. ・ He イオン照射によるナノバブル欠陥の導入，あるいは薄膜の島状成長を利用したナノサイズ非超伝導相の導入により，10 T 以上の高磁場下での臨界電流密度を増大させる。 C-2. ・ 昨年までに得たプラスチックフィルム上 MgB₂ 薄膜の成長技術と上記 C-1 の成果をもとに，温度 20 K，磁場 10 T において 10⁴ A/cm² 台の臨界電流密度を有する MgB₂ 薄膜を作製する。 C-3. ・ これまでに得た高品質 MgB₂ 薄膜の成長技術に基づいて，熱電半導体 Mg₂Si 薄膜を作製し，バルク体に匹敵する熱電変換効率を得る。 ・ 上記 C-2 の薄膜成長技術を応用し，プラスチックフィルム上に 250 cm²/Vs 以上の電子移動度を持つ InAs 薄膜を形成する。将来的には，現在液晶ディスプレイに用いられているシリコン薄膜トランジスタを凌駕する特性と低コスト性を併せ持った薄膜トランジスタの開発につなげる。	

D. 熱電変換材料 D-1. Bi₂Te₃ 系熱電変換材料の高性能化 (研究チーム: 北川, 大庭, 森戸, 小野, 宮本)	D-1. ・ メカニカルアロイング法により作製した Bi₂Te₃ 系熱電変換材料に塑性加工を施し, 組織の配向性を利用して材料の高性能化を図る. ・ 作製した材料の微細構造, 熱電特性, 機械的特性を明らかにし, 実用化の見通しについて検討する. ・ 県内企業と連携して低温廃熱回収用熱電変換デバイスの開発を進める.	
【平成18年度評価を踏まえた本年度計画の主な変更点または改善点】 平成18年度は本プロジェクトの進行状況について概ね良好との評価をいただいたと受け止めている. 平成19年度は, 次年度以降更に大規模な産学官の連携に発展させることを念頭に計画を立てた. A-1 には昨年度途中から開始した医療応用のテーマを正式に加えるとともに, 昨年度新たに作製に成功した酸化亜鉛ナノクリスタルの研究テーマを加えた. B-3 は昨年度途中に急遽加えたテーマで, 実用上非常に有望である. C-3 は将来の産学連携テーマを育てることを目的として新たに加えた. メンバーについては, 昨年までメンバーだった吉野勝美教授と長谷崎和洋准教授が抜け, 久保田岳志助教が新たに加わった. 吉野教授が抜けられたのは島根県産業技術センター所長に就任されたためである. 長谷崎准教授は別の産学連携テーマに専念する必要があるため, メンバーから外れざるを得なかった. 久保田助教は専門がA-4 のテーマに密接に関係しているため, また, 若い教員に本プロジェクトを経験していただき将来につなげていく必要があるためメンバーに加わっていただいた.		
【本プロジェクトの成果を継承、発展させるための若手研究者育成プラン】大学院教育等への還元について、現時点でなるべく具体的に書いて下さい。また、そのプランを現実するために必要な制度改革、準備状況等についても可能な範囲で記入して下さい。 1. 本プロジェクトでは以前には考えられなかったような異分野の研究室間での共同研究を進めており、プロジェクトの研究に携わっている大学院生の何名かは複数の研究室に籍を置いている。これにより学生は研究者としての自覚、研究遂行能力、課題設定能力、コミュニケーション能力等で目覚ましい成長を見せており、このような指導体制が教育上極めて有効であることに気づかされた。そこで、若手研究者育成プランの一形態として、学生に、共同研究を行っている複数の研究室に同時に在籍させる制度が考えられる。その極端な例として、医工連携の研究テーマに関して総合理工学部等の学生を医学部に出向かせる、ということも考えられる。医工連携を教育の場にも持ち込むことは、新しい研究者育成制度として有効であろう。 2. 上の制度をさらに発展させて、産学の連携により学生に企業にも籍を置かせると共に、企業研究者も大学研究室に頻繁に出入りできるようにし、学生が研究者としての実践的な教育を受けられるようにする制度も考えられる。 3. 研究者育成においては、国際化ということがもう一つの重要な観点である。本プロジェクトではこれまで学生に外国人研究員と共同して研究を行わせることにより、より広い視野を持たせるよう図ってきた。また、テキサスプロジェクトの共同研究先の University of North Texas に協力して、今年度は米国大学生2名を2ヶ月間受け入れ、共同研究を行う。(これは The NSF Program on International Research Experiences for Students 費用によるものである。これとは別に Partnerships for International Research and Education の受け入れ先としての申請も行っている。) 学生の短期研究交流は、従来の留学制度と異なり、多くの学生が比較的気軽に参加できる利点がある。このような短期の国際的研究交流を積極的に利用し、若手研究者育成を行う制度も考えられる。 ただしそのためには島根大学として以下の2点を整備する必要がある。一つは宿舎等の受け入れ態勢の整備である。現状では受け入れ教員が個別に大学生協にアパートの斡旋を頼むしかなく、来学する学生はわずか2ヶ月の滞在にもかかわらず、生協への斡旋手数料と高額な敷金を部屋代の他に払わなければならない状態である。しかも受け入れ教員は家具の心配までしなければならない。このような状態ではとても定期的に学生を受け入れることはできない。大学として受け入れ態勢を整備する必要がある。もう一つは島根大学の学生を短期間研究交流のために海外派遣できる制度を作ることである。教員が個別にこのような派遣費用を獲得してくることは現状では非常に難しい。		

10. 平成19年度経費明細 研究項目と達成目標ごとに使用する経費を記入してください。(単位:千円)

・経費は本研究プロジェクトの遂行に必要な経費です。

・経費は政策的配分経費(a)(今回配分された金額)とそれ以外の資金(学内経費、外部資金)とし、それ以外の資金で充当させる場合は「配分経費以外(b)」の欄に金額を記入してください。

・研究計画の事項ごとに設備品、旅費、人件費、消耗品費などに分けて、それぞれの明細を出来るだけ具体的に記入してください。

・単品の設備品は配分経費(a)と配分経費以外(b)を合算して購入することはできませんのでご注意ください。

事項(品名)	(対応する研究項目番号)	配分経費(a)	配分経費以外(b)	合計(a+b)
設備品				
遊星型ボールミル (フリッチュ社製 P-7)	A-1	1,300		1,300
簡易ドラフト	A-1	242		242
生体増幅器 (ダイアメディカル DEN-751S)	A-3	180		180
薄膜X線回折装置用平板コリメータ	A, C	640		640
エレクトロニクス材料製造用真空装置製作費	C	700		700
小計		3,062	0	3,062
旅費				
外国旅費 国際会議出席(成果発表)(7件)	A, B, C	1,500	300	1,800
国内旅費 学会等出席(成果発表, 調査等)(20件)	A, B, C, D	800	600	1,400
展示会出展(4件)	A, B, C, D	400	200	600
小計		2,700	1,100	3,800
消耗品費				
薬品・ガス	A, B, C, D	900	900	1,800
原材料	A, B, C, D	400	600	1,000
実験動物(ラット)	A-3	100		100
分析外注	A, C, D	500		500
配管・真空部品・ガラス器器具	A, B, C, D	400	800	1,200
試料作製用消耗品	A, B, C, D	638	800	1,438
試料評価装置維持費	A, B, C, D	1,000	1,000	2,000
単結晶製造装置維持費	B	400		400
純水製造装置1次フィルター	A	700		700
展示会出展経費(2件)	A, B, C, D	200		200
小計		5,238	4,100	9,338
合 計		11,000	5,200	16,200