

1. 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究プロジェクトには、本学理工学部の教員 7 名が参加した。各教員は本プロジェクトにおいて研究課題を持ち、そしてプロジェクトにおける役割分担を担って研究を実施した。それぞれの研究課題、役割を表に示す。

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
下村和彦	理工学部・教授	InAs量子ドット・ナノワイヤ	広帯域量子ドット発光デバイス開拓
和保孝夫	理工学部・教授	ナノワイヤ/CMOS 異種技術集積化	ナノワイヤ/CMOS 集積型環境センサ LSI
中岡俊裕	理工学部・准教授	単電子・単一光子 電子光融合デバイス	電子光融合ナノデバイス開拓
菊池昭彦	理工学部・教授	GaNナノウォール光・電子デバイス	ナノ光・電子デバイス開拓
岸野克巳	理工学部・教授	GaN ナノコラム光デバイス	ナノコラム発光デバイス/フォトニック回路
野村一郎	理工学部・教授	II-VI 族ナノ構造	サブバンド間遷移
江馬一弘	理工学部・教授	ナノ光物性・非線形光学	新規光物性現象の解明

2. 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

独自に提案した一次元ナノ構造(ナノコラム、ナノウォール)、InGaAs ナノ構造の結晶成長を行って、高品質化を進め、これらのナノ構造の光電子・量子物性を解明して、ナノ物性新現象の発現の探索を行う。さらに、これらの新規ナノ構造によって革新的な光・電子デバイス、電子-光融合デバイスの研究を推進し、21世紀の低消費電力、高機能システム構築のための光・電子ナノデバイスの基盤技術を開拓する。ここでは GaN 系ナノコラム/ナノウォール、InGaAs 系ナノワイヤ/ドットの結晶成長や有機/無機複合ナノ構造の形成を行って、ナノ結晶/構造効果を検討する。それに基づいて広帯域量子ドット光源、三原色集積型ナノコラム LED、緑色域ナノコラムレーザ、光-光制御型・サブバンド間遷移超高速光デバイスの研究を行い、さらに電子デバイスの側面で、GaN 系ナノウォール・電子デバイス、ナノワイヤ/CMOS 融合型 LSI、単電子・単一光子型電子-光融合ナノ

デバイスを探索する。

本研究拠点によって、ナノ構造・ナノデバイス研究室間の共同関係を促進し、それぞれが保有するナノテクノロジー関連装置を維持管理することで、競争力のある研究体制を構築する。一次元ナノ構造を横糸として、研究室間の関係強化を図り、共通した視点で議論しながら、一次元ナノ結晶の成長、新規ナノデバイスへの研究展開を推進する。さらにナノ結晶を活用して新規ナノデバイスを狙う研究室群とナノ物性評価を担当する研究室を加えて、世界水準のナノ研究拠点を構築する。

3. 研究組織

・研究代表者の役割

研究代表者は研究全体の進捗状況を把握し、研究チーム間の連携状況、研究支援体制を適切に判断し、研究拠点形成を円滑に進展させるよう研究総括した。また研究内容についての外部発信を指示し、内部評価、外部評価体制を構築し、実施した。

・各研究者の役割分担や責任体制の明確さ

各研究者は「1. 研究プロジェクトに参加する主な研究者」で示したようにプロジェクト内においてそれぞれ研究課題を持ち、そのテーマを元にプロジェクト研究者間、大学理工部内、さらに学外共同研究を進展するための役割を持って研究拠点形成を行った。

・研究プロジェクトに参加する研究者の人数

理工学部専任教員 7 名および以下の大学院生、PD,RA が研究プロジェクトに参加して研究を行った。

大学院生・PD 及び RA の人数・活用状況

	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度
大学院生	41	52	47	31+ema	33+ema
PD	4	5	3	3	3
RA	3	2	4	2	2

・研究チーム間の連携状況

研究者の連携によって論文等の研究成果が着実に蓄積されている。岸野—江馬—菊池ではナノコラムの結晶成長、物性研究、デバイス作製において雑誌論文、学会発表が報告されている。岸野—野村では II-VI 族半導体デバイスに関して雑誌論文、学会発表が報告されている。下村—和保ではナノワイヤに関して雑誌論文、学会発表が報告されている。このように研究チーム間の研究連携は定期的な研究打ち合わせを行うと共に研究成果も出ている状況であり、研究拠点の形成は着実に進行している。

また購入した研究設備「高速多元蒸着装置」は 6 名の研究者が使用し、「光学測定用クライオスタット」は江馬が管理し、各研究者の物性測定を行っている。さらに岸野—中岡は「電子ビーム描画(EBL)装置」を共有し、研究が順調に進展している。研究チーム間では共通で使用する装置の共同使用が進展し、研究拠点の形成が進行中である。

・研究支援体制

理工学部長を研究所長とする「半導体研究所」は 2013 年 3 月末にインフラストラクチャ(ダクト、給排水、エアバランス)の整備が終了し、本研究プロジェクトの目的である「ナノデバイス・物性研究の拠点形成」として半導体プロセスに適した環境が整備され、理工学部の共同利用施設に移行していく体制が整えられた。またこれまで各研究室で個々に所有、管理してきた半導体プロセスに必要な共通装置は順次この「半導体研究所」に移設しており、この移設により「ナノデバイス・物性研究の拠点形成」の本来の趣旨が完遂することになる。本研究プロジェクトにて購入した「高速多元蒸着装置」はすでに「半導体研究所」に移設され、研究プロジェクトの研究者、大学院生等がいつでも使用可能な状況となっている。

・共同研究機関等との連携状況

本学大学院博士課程を修了し、ポスドクとして上智大に在任した豊橋技術科学大学関口寛人准教授、静岡大学光野徹也助教、山梨大学酒井優准教授は、新職務後も継続して上智大学共同研究員の身分で研究を行い、本プロジェクトメンバーとの共著研究成果として雑誌論文、学会発表が出ており、本学で教育された若手研究者が順調に育成されていることがわかる。岸野を中心とするナノコラム研究では、学部内において物理系研究室(江馬研、関根研、中岡研、大槻研)と密接な共同研究が行われるとともに、学外では京都大学(川上研)、豊橋技科大(若原研)と共同研究を進め、雑誌論文、学会発表を得ている。江馬は情報通信研究機構(NICT)との共同研究を継続中であり、研究成果が本年度報道された。下村はシュルンベルジェ株との間で量子ドット光源を石油探査に使用することを目的とした共同研究を行った。和保は、Duisburg-Essen 大学 Tegude 教授のグループと、ナノワイヤとその回路応用に関する共同研究を行い、その成果の一部は雑誌論文、国際会議の招待講演及び一般講演として公表した。中岡は東京大学荒川研究室と共同研究を継続して行っており、研究成果も順調に発表されている。

このように本プロジェクトで育成された若手研究者が外部機関において活躍し、そして共同研究によって研究が継続されている。また他大学、研究機関、企業など外部機関との共同研究は積極的に行われており、本プロジェクトを拠点とする研究体制が機能し、一部では外部資金の獲得にも繋がっている状況である。

4. 研究施設・設備等

・研究施設の面積及び利用者数

上智大学四谷キャンパス 3 号館、4 号館に各研究者が管理する研究室・実験室があり、そこを中心として研究を行っている。2013 年 9 月以降、大学によって、理工学部が管理する「半導体研究所」(研究所長:理工学部長)が整備され、クリーンルーム内での半導体プロセスが可能となり、研究プロジェクトで購入した「高速多元蒸着装置」を移設し、本研究プロジェクトメンバー、大学院生、学部学生、RA、PD が主に使用している。さらにナノ研究装置群を移設して、理工学部の共同利用施設として、ナノデバイス・物性研究の拠点として機能している。

施設 の 名 称	研究施設面積	研究室等数	利用者数
3 号館	416 m ²	16	66
4 号館	478 m ²	12	70
ナノテクセンター (4 号館に含まれる)	80 m ²	4	30
半導体研究所(クリーン ルーム)	122 m ²	5	30

・主な研究装置、設備の名称及びその利用時間数

本研究プロジェクトにて整備した研究設備は「高速多元蒸着装置」と「光学測定用クライオスタット」である。「高速多元蒸着装置」はデバイスの最終工程である電極蒸着に使用している。この装置では、現有の抵抗加熱式蒸着装置では得られない高融点金属の蒸着ができ、蒸着所要時間の短縮化を達成するため、ロードロックチェンバー付構造を有し、多数の研究室の利用に適した装置構成に設計されている。デバイスプロセスを行う研究プロジェクトメンバー6名の研究者および大学院生等が使用している。この蒸着装置を利用することによって従来に比べて電極と半導体デバイス間の抵抗が大幅に低減され、デバイスの特性向上に効果をもたらした。「光学測定用クライオスタット」は江馬が管理し、研究プロジェクトメンバーが作製した結晶、デバイスの低温光学特性評価に使用されている。また、既設の時間分解発光測定装置や波長可変フェムト秒光源を用いたポンプ・プローブ法などと組み合わせて、結晶内キャリアのダイナミクスの研究やデバイスの応答速度評価に利用されている。

装置・設備の名称	整備年度	型番	台数	稼働時間数	
(研究装置)					
電子ビーム描画(EBL)装置	18	ELS-7500	1	14700	h
集束イオンビーム(FIB)装置	18	SMI3050SE	1	7400	h
ドライエッチング装置	19	L-210H-WS(中古)	1	5900	h
多元 UHV スパッタ装置	18	USP-240	1	3700	h
窒化物半導体用分子線エピタキシー(MBE)装置	9	RC2100-GNRT	1	7400	h
II-VI族半導体用分子線エピタキシー装置	S61	SVP1120	1	3700	h
顕微ホトルミネッセンス評価装置	17	BX51 ベース+DU971N-UVB	1	7400	h
可視および赤外波長可変極短パルス光源	18	コヒレント・Mira-OPO	1	25000	h
(研究設備)					
高速多元蒸着装置	23	電子ビーム(6連 6kW)および抵抗加熱(3連)式	1	250	h
光学測定用クライオスタット	23	岩谷・CRT-HE05	1	10000	h
有機金属気相成長(MOVPE)装置	8	特別仕様	1	1700	h
CMOS 設計 CAD ツール	20	特注品	1	25000	h
低温共焦点顕微鏡用冷凍機システム	22	ds.cs210-x19	1	1700	h

5. 施設・装置・設備・研究費の支出状況

年度・区分		支出額	内 訳						
			法人負担	私学助成	共同研究機関負担	受託研究等	寄付金	その他()	備考
平成 23 年度	施設	0							
	装置	0							
	設備	41,985	13,995	27,990					
	研究費	17,000	8,500	8,500					
平成 24 年度	施設	0							
	装置	0							

(千円)

	設備	0							
	研究費	17,000	8,500	8,500					
平成 25 年 度	施設	0							
	装置	0							
	設備	0							
	研究費	17,000	8,500	8,500					
平成 26 年 度	施設	0							
	装置	0							
	設備	0							
	研究費	17,000	8,500	8,500					
平成 27 年 度	施設	0							
	装置	0							
	設備	0							
	研究費	17,000	8,500	8,500					
総額	施設	0	0	0	0	0	0	0	
	装置	0	0	0	0	0	0	0	
	設備	41,985	13,995	27,990	0	0	0	0	
	研究費	85,000	42,500	42,500	0	0	0	0	
総計		126,985	56,495	70,490	0	0	0	0	

6. 研究費の支出状況

年 度	平成 23 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	9,826	TBP	1,530	有機金属気相成長用材料
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費	4	運送費	4	運送費
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費	508	国外出張旅費	508	国際学会 ISSCC 参加

報酬・委託料	423	調査作業	88	SMI3050SE 調査作業
機器備品修繕	1,965	機器備品修繕	201	RF Generator 修理
()	240			
計	12,966			
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0			
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	4,034	中古蒸着装置	594	蒸着装置
図 書				
計	4,034			
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			
年 度	平成 24 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	5,929	InP 基板 n 型	1,063	結晶成長用基板
光 熱 水 費				
通信運搬費	7	運送費	2	ターボ分子ポンプ運送料
印刷製本費				
旅費交通費	812	出張旅費	310	国際学会参加
報酬・委託料	35	保守委託費	7	走査電子顕微鏡年間保守
機器備品修繕	4,023	機器備品修繕費	334	レーザー調整・修理
(その他)	221			
計	11,027			
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0			
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				

教育研究用機器備品	5,973	ターボ分子ポンプ	824	MBE 装置用
計	5,973			
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			
年 度	平成 25 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	9,370	TBP	1,619	結晶成長用材料
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費				
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費	1,062	国内、国外出張旅費	415	国際会議出張旅費
報 酬 ・ 委 託 料	1,973	保守委託費	315	TEM 観察
(そ の 他)	3,115	機器備品修繕費	1,000	レーザ修理
計	15,520			
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0			
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	1,480	チラー	966	MBE 装置用
計	1,480			
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			
年 度	平成 26 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容

教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	8,876	GaN テンプレート	1,036	結晶成長用基板
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費	4	レーザ電源運搬	3	機器運搬費
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費	1,365	国内、国外学会出張	532	国際会議出張旅費
報 酬 ・ 委 託 料	553	委託費	553	評価基板作成
(そ の 他)	3,085	機器備品修繕費	1,304	チャンバーリーク修理
計	13,883			
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0			
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	3,117	複合装置チルト機構	1,288	MBE 装置用
計	3,117			
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			
年 度	平成 27 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	7,295	TBA	985	結晶成長用有機金属材料
光 熱 水 費				
通 信 運 搬 費	2	運搬費	2	機器運搬費
印 刷 製 本 費				
旅 費 交 通 費	1,737	国内、国外学会出張	376	国際会議出張旅費
報 酬 ・ 委 託 料	600	委託費	600	チップレイアウト設計
(そ の 他)	3,486	機器備品修繕費	352	デジタルオシロスコープ修理
計	13,120			
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				

教育研究経費支出				
計	0			
設備関係支出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	3,880	超音波洗浄器	853	結晶成長基板洗浄
計	3,880			
研究スタッフ関係支出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			