

# 静岡大学電子工学研究所

平成 20 年度－平成 24 年度  
( 2008 年 4 月 — 2012 年 5 月 )

## 研究教育活動に対する自己評価報告書

平成 24 年 ( 2012 年 ) 5 月 31 日

## 目次

はじめに.....

### 1. 組織と概要

- 1.1 設置目的
- 1.2 理念
- 1.3 目標
- 1.4 研究の特徴
- 1.5 組織の特徴
- 1.6 教員の異動状況
- 1.7 研究支援体制
- 1.8 外部評価及び自己評価の実施状況
- 1.9 財務
- 1.10 資源配分
- 1.11 施設・設備の活用と整備
- 1.12 管理運営
- 1.13 出版・広報活動

### 2. 研究活動

- 2.1 主な研究成果
- 2.2 論文発表
- 2.3 学会発表
- 2.4 特許
- 2.5 受賞
- 2.6 科学研究費補助金
- 2.7 外部資金
- 2.8 博士研究員(ポスト・ドクター)の受入状況
- 2.9 文部科学省知的クラスター創成事業(第II期)「浜松オプトロニクスクラスター」
- 2.10 特別教育研究経費「異分野技術の融合による革新的画像工学創成事業」

### 3. 教育活動

- 3.1 学生の受入
- 3.2 大学院との連携
- 3.3 博士号の取得
- 3.4 論文・学会発表
- 3.5 学生の受賞

## 4. 社会連携

- 4.1 産業界・地域への貢献
- 4.2 教育への貢献

## 5. 国際交流

- 5.1 国際会議の開催
- 5.2 国際共同研究の実施
- 5.3 学術国際交流協定
- 5.4 外国人客員教授の受入
- 5.5 外国人研究者の受入
- 5.6 国際教育プログラム

## 静岡大学電子工学研究所の研究教育活動に対する外部評価

### はじめに

本研究所の発祥は、大正 13 年（1924 年）、静岡大学工学部の前身である浜松高等工業学校において、高柳健次郎のテレビジョン研究が行われたテレビ研究室にさかのぼります。当時はテレビジョンを「電視」と言い、日本での開催が予定されていたオリンピックの「電視」放送に向けて、国と一丸となって開発が進められました。しかし、第二次世界大戦により、「電視」放送は実現されず、テレビジョンの研究もストップすることになります。しかし、戦後昭和 24 年（1949 年）、この研究が礎となって、テレビ研究室は新制静岡大学工学部附属の電子工学研究施設となり再スタートすることになりました。その後昭和 40 年（1965 年）新制大学で唯一の理工系附置研究所「電子工学研究所」になりました。

当研究所は、当初 6 部門で発足し、その後部門増により 9 部門となり、さらに平成元年（1989 年）には 3 大部門 12 分野に拡充していきました。当時より研究所は研究の柱として「イメージングとセンシング」を標榜し、「画像科学の研究拠点」なることを目的としてきました。そのために、常に研究成果の検討と研究体制の改革とを図る必要があります、今日までに 5 回に及ぶ外部委員による評価・提言を頂いてきました。

2004 年、法人化によって国立大学法人静岡大学 電子工学研究所として発足した当研究所は、「感性豊かな光・画像コミュニケーションの実現」を 21 世紀の研究課題として位置づけ、これを実現するために、旧来の電子・光子の集団的取り扱いとは異なり、個々の電子・光子を取り扱う新しい「画像科学」、すなわち「ナノビジョンサイエンス」を提案しました。2004 年度には文部科学省 21 世紀 COE プログラム「ナノビジョンサイエンスの拠点創成」が採択され最高ランクの事後評価を得ました。2007 年度には、最高ランクの事後評価を得た文部科学省知的クラスター創成事業（第 I 期）に引き続き、知的クラスター創成事業（第 II 期）「浜松オプトロニクスクラスター」が採択され、「オプトロニクス技術の高度化による安全・安心・快適で持続可能なイノベーション社会の構築」を基本理念として、事業を推進しました。これも、A ランク（6 地域中 2 位）の中間評価を得ています。2009 年度には、歴史的な偉業に対して与えられる国際電気電子学会（IEEE）マイルストーンが「電子式テレビジョンの開発」に対して認定されました。さらに、文部科学省特別教育研究経費として 2005-2006 年度「画像エレクトロニクスの研究創成事業」、2009-2013 年度「異分野技術の融合による革新的画像工学創成事業」が採択されています。

現在、研究所は、静岡大学が設定しました重点研究 4 分野の 1 つである「極限画像科学 (advanced nanovision science) の研究」を進めることにより、「光・画像科学分野の世界研究拠点」となることを目的としております。

この実現のために、研究所の研究活動を再度評価し、今後の研究所の活動や運営に反映させることが重要です。外部評価委員の先生方には、ご多忙中にも拘わらず、突然の申し出を快くお引き受け頂きました。まことにありがとうございます。研究所の教職員を代表しましてお礼申し上げます。

評価項目が研究所の組織、研究活動、教育活動、社会・国際活動および将来構想、と非常に広範囲に亙り、ご苦勞をお掛けするのは心苦しい限りですが、これも研究所の意気込みの現われとお察し下さり、是非とも忌憚のないご意見・ご提言をお願い申し上げます。

平成 24 年 5 月 31 日

静岡大学電子工学研究所 所長

三 村 秀 典

## 1. 組織と概要

### 1. 組織と概要

#### 1.1 設置目的

電子工学に関する学理及びその応用の研究

#### 1.2 理念

静岡大学電子工学研究所は、「創造」と「学術は先覚を尊ぶ」を信条とし、今後の高度情報化社会における人類の幸福を希求するために、光・電子工学領域の先端科学技術の研究開発を通して科学技術の進展及び産業振興に貢献すると共に、その成果を高度専門研究者・技術者の養成に資する。

#### 1.3 目標

##### (研究)

感性豊かな光・画像技術の実現を 21 世紀の課題として位置づけ、国や地域の科学技術政策における重点項目に深く係る光・画像科学分野において、

- (1) イメージテクノロジー領域、ナノテクノロジー領域、学際領域に関する先導的研究の展開
- (2) 技術移転・特許化による産業の振興への貢献
- (3) 国際研究拠点の形成

を研究目的とする。

##### (教育)

主体性、自律性を持つ独創性豊かな研究者・技術者を育成するために、光・電子工学の研究活動を通じて創造科学技術大学院（博士課程 3 年）、工学研究科（修士課程 2 年）、情報学研究科（修士課程 2 年）、工学部、情報学部における教育を支える。

##### (社会・地域・国際化)

共同研究や研究連携を通じて産業発展や新しい産業創出に寄与する。特に光・電子関連の地域産業の発展に貢献する。また、外国籍の客員研究員、訪問研究者及び大学院留学生を積極的に受け入れると共に、国際的連携の基に諸外国との共同研究を推進する。

#### 1.4 研究の特徴

上記の研究目的を達成するため、本研究所は、以下の特徴的な研究活動を行っている。

##### {I} イメージングデバイス

新機能イメージセンサーの開発とシステム化、高度情報抽出放射線イメージセンサーの開発、電界放出電子源の開発、ナノカーボン系デバイスの開発、ナノ材料、MEMS・真空ナノサイエンスを用いたイメージングデバイスの開発、身の回りの物体や環境とユーザとのインタラクションの拡張

##### {II} 単電子応用デバイス

ドーパント原子デバイスと単一フォトン検出、ナノデバイスを用いた高感度センシングと低消費電力情報処理

## 1. 組織と概要

### {III} 新規発光材料と光機能デバイス

新規蛍光体の開発、ディスプレイ・光源応用発光材料、酸化物光半導体デバイス、光増感化合物を用いた光機能素子、応力発光薄膜用材料

### {IV} エネルギー変換機能材料

色素増感太陽電池の開発、シリコン系太陽電池の開発、窒化炭素系太陽電池の開発、熱光起電デバイスの開発、熱電変換デバイスの開発、アルカリイオン含有熱酸化膜によるエレクトレットデバイスの開発

### {V} 生体・バイオ領域

脳内深部温度無侵襲計測とストレス反応、DNA 分子の電気計測、トラッピング技術、生体情報の画像処理

### {VI} 基礎・学際領域

ナノ材料を用いた MEMS・真空ナノデバイスの開発、表面・界面における原子スケールでの構造制御、クローバーリーフパターンの起源究明

(資料別冊 教員研究概要(2 ページ)、教員活動概要(10 ページ以内))

## 1.5 組織の特徴

### (1) 組織の構成

研究所は、上記の研究目的の下、3 領域の研究を相互に関連づけて効率良く推進するため、研究部門として「国際ナノビジョン研究推進センター」、「ナノデバイス材料部門」、「新領域創成部門」を置いている。また、附属施設として、ナノデバイス作製・評価装置を集中管理し、広く国内外の研究者に開放することを目的に、「ナノデバイス作製・評価センター」を置いている。

(資料 1 - 2 組織及び職員)

### (2) 教員の構成と配置

研究所は 28 名の教員（教授 11 名、准教授 9 名、助教 7 名、特任助教 1 名）で構成されている。「国際ナノビジョン研究推進センター」には教授 7 名、准教授 5 名、助教 5 名、特任助教 1 名、「ナノデバイス材料部門」には教授 2 名、准教授 4 名、助教 1 名、「新領域創成部門」には教授 2 名、助教 1 名が所属している。うち、教員 2 名を「ナノデバイス作製・評価センター」に配置している（1 名はセンター長を併任）。また、「国際研究拠点」を形成するため、外国人客員教授 1 ポストを用意し、年 3 名を招聘している。また、特別教育研究経費を利用し、多数の客員教授を招聘し、国際共同研究を推進している。

(資料 1 - 2 組織及び職員、資料 5 - 3 外国人客員教授の受入状況)

### (3) 任期制の採用

新しい知見・技術を導入し、他分野他組織との人的交流を積極的に促進する目的で、2002 年度新規採用の教員から任期制を導入した。2012 年 5 月 31 日現在における任期は、教授「5 年任期、2 回再任可」、准教授「5 年任期、1 回再任可」、助教「5 年任期、1 回再任可」である。再任は、学内外の有識者からなる「再任委員会」の評価結果を基にし、研究・教育実績を詳細に評価して決定している。現在までに再任審査を受け、再任された教員は教授 7 人、准教授 4 人、助教 5 人である。(資料 1 - 3 教員の任期制導入状況)(資料 1 - 4 教員の再任審査)

## 1. 組織と概要

### (4) テニュアトラック制度の推進

(a) 科学技術振興調整費若手研究者の自立的な研究環境整備促進事業「若手グローバル研究リーダー育成プログラム」(2008-2012年度)

静岡大学が重点的に取り組む研究領域であり、ビジョンサイエンスと直接関連する光・電子・情報分野及び生命・環境科学において、教員の質向上の観点から、テニュアトラック制度を中心とする人材システム改革を行い、若手研究者が自立的に研究に集中できる研究環境(資源の優先配分、研究支援体制の充実、十分な研究スペースの確保、研究以外の負担軽減等)を整備し、高い見地からの指導・支援の下、優れた研究成果を上げつつ研究能力の向上を図っている。同時に、将来の指導者として必要な、リーダーシップ、マネジメント能力、教育能力等の涵養を図っている。

上記プログラムで静岡大学が新たに採用した10名のうち3名(特任准教授1名、特任助教2名)に対しては研究所がプログラム終了後のポストや研究スペースを用意しており、研究所の教員がメンター(助言者)となって積極的に支援している。これにより研究所全体の研究力向上を図るとともに、大学全体の人事改革にも協力している。

(b) 2011年度科学技術人材育成費補助事業「テニュアトラック普及・定着事業(機関選抜型)」(2011-2015年度)

上記「若手グローバル研究リーダー育成プログラム」への取り組みが文部科学省に認められ、2011年度には「テニュアトラック普及・定着事業」に工学部及び電子工学研究所が選定された。電子工学研究所においては、平成23年12月1日に助教1名が着任し、研究所のメンター教員の支援の下、静岡大学の重点4研究分野のひとつである「極限画像科学」に貢献すべく積極的な研究活動を行っている。

### 1.6 教員の異動状況

2008年度以降では、転入(配置換を含む)の教員は8名、転出(定年退職を含む)の教員は4名であり、年度平均の教員の流動数は3人程度である。

(資料1-5 教員の転入転出に関わる異動状況)

### 1.7 研究支援体制

2012年4月から技術部が組織され、8名の技術職員が共同研究支援部門に所属している。この中で4名が「ナノデバイス作製・評価センター」に配置し、大型機器や特殊機器の保守・点検・操作、教員の研究補助、特殊技術作業など、研究支援に関わる全ての業務を担当している。大型装置や特殊装置には装置毎に教員と技術職員からなる委員会を設け、研究活動の円滑化に結び付けている。クリーンルームには高精度の電子描画装置を始め、ナノデバイス作製のための各種装置を設置しており、研究所教員と技術職員が中心となり、クリーンルームの管理保守に携わっている。また、ガラス細工室には、ガラス細工を専門とする技術職員を配置しており、電子工学研究所のみではなく、工学部、農学部、理学部や外部から特殊なガラス細工の委託に対応している。

学内外の各種講習会等に参加することを奨励して技術職員の技術向上を図ると共に、各種資格の取得を通じて研究所の安全衛生管理体制の補強を進めている。さらに学内の技術報告会におい



## 1. 組織と概要

て、研究支援業務や技術開発などによって得られた成果、創意工夫を報告している。

事務系の組織として、事務長が事務を掌握し、総務係 2 名、大学院係 3 名を配置し教員の研究教育を支援している。また、所長をサポートするために、3 名の特任教授を配置している。この中で、特別教育研究経費「異分野技術の融合による革新的画像工学創成事業」活動を推進・支援のために、特任教授 1 名と事務員 1 名が担当している。

(資料 1 - 2 組織及び職員) (資料 1 - 6 技術職員の研修・講習会等参加状況)

### 1.8 外部評価及び自己評価の実施状況

1995 年に、植之原道行氏（日本電気（株）特別顧問、元大学審議会委員）を委員長とする国内学識者 8 名により、研究活動、社会貢献、国際交流、教育活動、将来計画について評価・提言をいただき（第 1 回外部評価）、翌 1996 年に経過 1 年における評価委員会の提言の実行を点検した（第 2 回外部評価）。1998 年及び 1999 年には、ミチャエル・ミラー氏（カナダ国ビクトリア大学工学部長）他国外研究者による第 3 回外部評価を、2002 年には、濱川圭弘氏（立命館大学 総合情報センター長、前副総長・前副学長）を委員長とする国内学識者による第 4 回外部評価を行い、研究所の評価・提言をいただいた。また、2006 年度には 2002 年度から 2006 年度における中期目標・中期計画に対する達成度の自己点検を行い、自己評価書を発行した。平木昭夫氏（大阪大学大学院工学研究科附属フロンティア研究センター特任教授、大阪大学名誉教授）他国内学識者により、研究活動、教育活動、社会連携、国際交流、将来計画について評価・提言をいただいた。

(資料 1 - 7 外部評価の実施状況)

### 1.9 財務

2008 年度から 2011 年度までの経費は、次の表の通りである。年度により科学研究費補助金及び外部資金（共同研究費、受託研究費、奨学寄附金）に変動はあるが、人件費を含めた運営費交付金も加えると、過去 4 年間ににおける総経費の平均額は約 9 億 2 千万円である。内訳は、人件費が約 4 億 5 千万円、物件費約 1 億 1 千 5 百万円、科学研究費約 9 千万円、共同研究費約 2 千 5 百万円、受託研究費約 2 億 3 千万円、寄附金約 9 百万円である。2008 年度と比べ、2011 年度の科学研究費が 2 倍になっているのは、基盤研究(S)の採択による。また、後述するように 2007 年度から文部科学省知的クラスター創成事業（第 II 期）「浜松オプトロニクスクラスター」、2009 年度から特別教育研究経費「異分野技術の融合による革新的画像工学創成事業」といった大型プロジェクトを獲得しており、毎年約 2 億 3 千万円の受託研究費を獲得している。

## 1. 組織と概要

表1-1 研究所の財務内容 (単位；千円)

科目	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	合計
人件費	436,000	421,000	477,000	478,000	1,812,000
物件費	83,000	93,000	123,000	163,000	462,000
科学研究費	95,010	67,270	65,280	132,910	360,470
共同研究費	33,421	20,073	26,363	21,285	101,142
受託研究費	248,715	227,416	224,459	220,642	921,232
寄附金	8,000	10,200	10,300	6,500	35,000
計	904,146	838,959	926,402	1,022,337	3,691,844

(科学研究費は間接経費を含む)

### 1.10 資源配分

教員の研究基盤を確保するために、全教員に校費を分配しており、その配分比は教授：准教授：助教に対し、3:3:1である。学外から採用された教授に対しては、初年度研究立ち上げ経費を配分している。また、若手研究者への研究支援と分野横断的研究プロジェクトの遂行を支援するために、学長特別裁量経費(I)を原資として配分している。

(資料1-8 学長特別裁量経費(I)を原資とした分野横断的プロジェクト)

### 1.11 施設・設備の活用と整備

2007年度にナノデバイス作製・評価センターを設置し、所内の汎用性の高い作製、評価装置を集約することにより、学内外の共同利用に供している。走査透過型電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、分析走査型電子顕微鏡、収束イオンビーム加工装置、X線回折装置等の装置は、学内外から利用者があり、ほぼ100%の稼働状態にある。クリーンルームには、特別教育研究経費(創造科学技術大学院)により電子描画のスペックとしては現状では最高レベル(最小描画ライン幅が7nm)の電子描画装置や反応性イオンエッチング装置、ECRスパッター装置など各種装置を設置し、共同利用を図っている。これらの装置は、電子工学研究所および工学部合わせて25以上の研究室が利用している。

### 1.12 管理運営

学校教育法及び国立大学法人法に基づき、教授会を設置するとともに、所長のリーダーシップの下、研究所運営の重要なテーマを立案する所長補佐室を設置し、様々な課題に対応している。

また、教授会に参加していない助教や技術職員の意見を反映させるため、所長と助教および所長と技術職員との懇談会を適宜開催し、教授会の審議状況を伝えるとともに意見交換をおこなっており、教職員のニーズの把握を積極的に行っている。

## 1. 組織と概要

### 1.13 出版・広報活動

#### (1) 出版物

電子工学研究所パンフレットと研究ダイジェストを発行し、研究所の研究内容、組織、部門分野研究課題などを紹介している。

#### (2) インターネットによる広報

本研究所のホームページ (<http://www.rie.shizuoka.ac.jp/index.html>) は、静岡大学のホームページ (<http://www.shizuoka.ac.jp/>) にリンクしている。研究所の概要、各部門紹介、共同研究、大学院教育、施設・設備、お知らせなどを掲載している。部門紹介からは各研究室のホームページにリンクし、分野の研究活動など、研究室毎に特徴を持たせた内容で研究活動などを案内している。ホームページの内容は適時更新している。海外の研究者や学生、国内企業の研究者などがアクセスしている。また、ナノデバイス作製・評価センターに設置してある各種装置の利用法の紹介等を公開している。

#### (3) 報道

研究所で得られた成果や研究所が主催となって行った国際会議・講演会、市民が参加するテクノフェスタ in 浜松や地域の小中学生への理科教室の開催などについて、報道機関を通じて広報活動を行っている。

(資料 1 - 9 新聞報道)

(資料 1 - 10 テレビ放送)

## 2. 研究活動

### 2.1 主な研究成果

2008 年度からの研究所教員の主な研究成果は下記の通りである。

#### {I} イメージングデバイス

##### [A] 新機能イメージセンサーの開発とシステム化 (川人祥二、香川景一郎、安富啓太)

###### (1) スーパーハイビジョン用 33 M 画素 120 fps イメージセンサーの開発

NHK 放送技術研究所との共同研究により、次世代超高臨場感映像システム(スーパーハイビジョン)への応用を目指し、33 M 画素において 120 fps での撮像が可能なイメージセンサーを開発した。

###### (2) 極微弱蛍光の寿命を画像化するイメージセンサーの開発

完全空乏化したフォトダイオード内の電界制御を用いた極短時間での微弱発光を捉える時間分解型撮像素子として、Draining Only Modulation 方式を提案・試作した。数 ns の寿命をもつ 2 種類の蛍光プローブで染色した細胞に対して、両者の減衰過程を区別して撮像できることを示した。

###### (3) 極低雑音・広ダイナミックレンジイメージセンサーの開発

フォールディング積分型 A/D 変換と巡回型 A/D 変換を連続して行う新しいデジタル信号読み出し方式により、1 電子未満のノイズレベル、82 dB のダイナミックレンジ、18 ビットの階調を実現した超高感度イメージセンサーの試作に成功した。また、30 fps 以上のフレームレートの実現と低ノイズ(1.2 電子)を両立し、ダイナミックレンジも 85 dB まで高めることに成功した。

###### (4) 低ノイズグローバルシャッタと高速度イメージセンサーへの応用

2 段電荷転送方式の新しい低ノイズグローバル電子シャッタの開発に成功した。CMOS 撮像素子のグローバルシャッタとしては、最も低いノイズ性能 (2.7 電子)を実証した。これを応用した高速高感度イメージセンサーの開発を大学発ベンチャー企業に技術移転、科学技術振興機構 (JST) の 研究成果最適展開支援事業(A-STEP)「本格研究開発ステージ 実用化挑戦タイプ」の採択を経て、製品化され、1.3 M 画素において 2000 pfs と 5 電子未満のノイズレベルを得た。現在、サンプル品の販売を開始している。

###### (5) 空間光通信 2 次元アレイレシーバ・画像センサーの開発

高速 LED を用いて自由空間を使って長距離 (100 m 以上)、高速 (10 Mbps 以上)での光通信を行う新機能イメージングデバイスを開発した。光源のトラッキング機能とアドレッシング機能を確認するとともに、170 m の距離で 10 Mbps での空間光通信が可能であることを示した。前方を走行する車で撮像した画像を後方車がモニタし、前方の車の 2 つのテールランプの距離の情報から後方車が車間距離をリアルタイムに計測する車載実験に成功した。

###### (6) 画角可変拡張被写界深度偏光複眼内視鏡システムの開発

1 つのイメージセンサーにレンズアレイを組み合わせた最小のマルチカメラシステムの内視鏡応用を進めた。複眼カメラに可動ミラーを組み合わせることで、平行視と交差視を切り替え、広角撮像・近接多視点撮像・3 次元撮像を可能とした。さらに、偏光照明とレンズ偏光フ

## 2. 研究活動

イルタを利用した生体の観察深度制御、球面収差を利用した拡張被写界深度技術および小型レンズアレイ製造技術などを併用し、高機能な次世代内視鏡の実現を目指している。

### (7) マルチアパーチャ低ノイズ・高感度カメラシステムの開発

低ノイズ CMOS イメージセンサと撮像レンズのセットを 2 次元状に密に配置したマルチアパーチャシステムにおいて、ノイズが最小となるように画素単位でアパーチャの組み合わせを選択することで、極微弱光環境下で高感度・低ノイズ・高ダイナミックレンジの撮像を可能とする技術を開発している。

### (8) 小型マルチビーム共焦点顕微鏡システムの開発

イメージセンサ自身にピンホールアレイの効果をもたせた新規 CMOS イメージセンサを用い、正方格子状に配列したマルチビームにより観察試料を 2 次元的に走査することで、従来必要とされてきたマイクロレンズアレイ円板を必要しない小型マルチビーム共焦点顕微鏡を開発している。

### (9) 多点同時計測蛍光相関顕微鏡システムの開発

蛍光相関顕微鏡は、蛍光分子の大きさや数を識別可能である。これを多点同時に観察可能な CMOS イメージセンサを開発している。これにより、細胞内外の分子の動きを観察できる。

### (10) 超高速複眼撮像システムの開発

計算機処理を前提とした、ナノ秒以下の時間分解能で高速現象を観察できる新しい高速イメージセンサを開発している。任意の時系列パターンでナノ秒オーダーの高速シャッターが切れるサブイメージセンサを 2 次元状に配列し、それぞれのサブイメージセンサを互いに独立なシャッターパターンで駆動する。逆問題を解くことで、ナノ秒以下の時間分解能の時系列画像を復元する技術の実現を目指している。

## [B] 高度情報抽出放射線イメージセンサーの開発（青木徹、三村秀典）

### (1) 高計数率フォトンカウンティング X 線検出器の開発

フォトンカウンティング法は X 線・ガンマ線のフォトン 1 個ずつのエネルギーを判別でき、高い検出感度を持つ方法として放射線スペクトル測定に用いられてきた。しかし、非破壊検査等のイメージングのためにはダイナミックレンジの上限が小さいため、撮像に非常に長い時間をかける必要があった。極低ノイズ CdTe センサーユニットと超低ノイズアナログ回路、高速デジタル化及びデジタルフィルターによる立ち上がり波形を利用したフルデジタル検出器を完成させ、実使用条件で従来の 10 倍以上の高速処理を実現した。また、フォトンカウンティング検出器で得られるエネルギー情報を用いて CT を撮像することにより、材料識別についても原子番号、電子密度の CT マッピングが可能であることを示した。

これらの成果の一部を元に、成果の実用化に向け平成 23 年 4 月に静岡大学発ベンチャー企業（株）ANSeeN 起業ベンチャー企業を設立した。

### (2) 高空間分解能 X 線イメージングデバイスの開発

X 線イメージセンサーにおいて 10  $\mu\text{m}$  以下の空間分解能を実現する為に、電子ビーム読み取りによる撮像管の開発を行った。X 線受光素子である CdTe ダイオードの極性と電子照射膜の 2 次電子放射効率のエネルギー依存性を利用する事で、電子/ホール読み取りの原理検証実験に成功した。また 200  $\mu\text{m}$  のステンレスワイヤーの画像化に成功した。

## 2. 研究活動

### [C] 電界放出電子源の開発 (三村秀典、根尾陽一郎、青木徹、木下治久)

#### (1) 多段ゲート静電レンズ一体型電界放出微小電子源の開発

超高精細用イメージングデバイス (撮像、表示)、超小型電子顕微鏡、マルチカラム電子線リソグラフィの実現を可能にする電子ビームを集束できる多段ゲート静電レンズ一体型電界放出微小電子源を開発している。現在までに、2段、4段、5段の多段ゲート静電レンズ一体型電界放出微小電子源を世界で初めて試作した。また、電子ビーム径の評価方法として、独自のナイフエッジ法を開発した。5段ゲート電界放出微小電子源において、電界放出微小電子源では世界初の電子ビームのクロスオーバ (焦点) の形成に成功した。

微小電子源の新光源への応用として、微小電子源を用いた小型X線管、真空紫外小型エキシマ光源、スミスパーセル放射を用いた赤外光源を提案し、原理検証を行った。

#### (2) 新規なフォトカソードの開発

テラヘルツ帯自由電子レーザ用の高速電子ビームパルスを放出できる電子源の実現を目指して、表面プラズモン共鳴を用いた新規なフォトカソードを提案し試作した。その結果、プラズモン共鳴による光電子放出を観測した。

#### (3) 平面状アモルファス炭素膜を用いた電界放出用面電子源の開発

スーパーマグネトロンスパッタ法を用いて、面状電子放出用非晶質窒化炭素膜を作製した。Ar/N<sub>2</sub>ガス圧を30-100 mTorrと大きく変化させ、下電極に高周波電力を印加しながらガス圧を下げると光学的バンドギャップは0.5eV程度まで大幅に低下した。硬度は28GPa以上に増大し、石英ガラスの硬度22 GPaを大幅に上回った。この窒化炭素膜を面電子源として電界電子放出用素子に応用したところ、30 mTorrにて作製した膜が最も低い電界電子放出特性を示し、11 V/ $\mu$ mの低閾値電界特性が得られた。

### [D] ナノカーボン系デバイスの開発 (天明二郎、中村篤志、三村秀典)

#### (1) 大面積グラフェン合成の研究

2次元カーボンナノチューブ(CNT)の電子光エレメントの可能性が指摘されているが、制御の困難さがあった。Cu, Ni等の金属触媒なしでアルコールCVD直接成法を用いて酸化物結晶基板上に均一・大面積グラフェンの合成の可能性を検討した。グラフェンFETの基本動作にも成功し、透明導電膜への展開も念頭に、シート抵抗値と光透過率の関係を明らかにした。また、 $\pi$ 電子系特有の化学ドーピングによる抵抗低減の可能性を検討しており、実際の透明ショットキー電極への展開を進めている。ドメインサイズの大きなグラフェン層合成の可能性を、成長温度、雰囲気ガス、基板等各種成長条件を見直し追求している。

#### (2) カーボンナノチューブの合成

0.1 mm/min以上の成長速度を持ち、かつファイバー化が容易なCNT成長技術を開発している。このCNTを用いたCNT超音波スピーカーを提案し原理検証を行った。

### [E] ナノ材料、MEMS・真空ナノサイエンスを用いたイメージングデバイスの開発

(中本正幸、ムン ジョンヒョン)

#### (1) 3次元超高精細ディスプレイ用世界最小/世界最高安定度ナノ構造エミッタの開発

独自考案の転写モールド法を用いて世界で初めて任意にナノオーダーで先鋭度、駆動電圧を制御し、世界最小の基底部長さ36 nm (従来最小は2001年米国MITが試作した100 nmであるが不均一形状のため不成功)、先端曲率半径が2.6 nm、大面積可能なナノ構造エミッタを試作し、従来、抵抗バラスト層形成したエミッタで5-100%、抵抗バラスト層無しのエミッタでは100%以上にも達した電流変動を、抵抗バラスト層無しで世界最小の $\pm 1.6\%$ に低減させ、世界最小/世界最高安定度ナノ構造エミッタの開発に成功した。国際ディスプレイ学会 (SID) に次

## 2. 研究活動

ぐ、採択論文数 534 件参加者 1800 人の IDW'11 の最優秀論文賞を受賞し、真空ナノデバイス実現の大きな一歩を得た。

### (2) 大面積ディスプレイ用超低仕事関数耐環境性ナノ構造エミッタの開発

従来、全く研究されていない、単体金属中で最も低い不安定な Cs (1.9 eV) よりも低い仕事関数 1.6 eV を有し、安定な導電性セラミック材料を発見した。エミッタ先端曲率半径を 1~数 nm にまで先鋭化し、基底部長さを 220 nm まで微小化することで、Turn-on field を 40 V/ $\mu\text{m}$  から 22 V/ $\mu\text{m}$  まで減少させ、世界初の超低仕事関数ナノ構造エミッタの作製に成功した。

### (3) 独自提唱の未来照明フィールドエミッションランプ(FEL)及び FEL/FED 用蛍光体の開発

水銀を用いず環境負荷の無い、面光源、異形光源作製可能な新コンセプトの Field Emission Lamp (FEL) を提唱し、半世紀近く用いられてきた ZnS 系緑色蛍光体の輝度を約 30 % も上回る新規希土類蛍光体を開発した。また、新規ナノカーボンフィールドエミッタと組み合わせ、既存の水銀使用蛍光ランプと同等以上の実効発光効率のフィールドエミッションランプの試作に成功した。世界最大で最も権威ある国際ディスプレイ学会 (SID2008、参加者約 1 万人、ロサンゼルス、米国、論文数 840 件) で最優秀論文賞を受賞した。

### (4) MEMS/NEMS 技術を用いた次世代ディスプレイ、次世代光通信用デバイスの開発

駆動力が大きく高速動作も可能な圧電回折型 MEMS ディスプレイ・光通信用ライトバルブデバイスの研究に着手し、PZT を用いた幅 100  $\mu\text{m}$ 、高さ 100  $\mu\text{m}$  等の圧電アクチュエータを試作した。100 kHz, 100 V 以下の低電圧で必要な変化量 145 nm 以上、0.1  $\mu\text{sec}$  の高速応答が得られ、圧電駆動回折型 MEMS ディスプレイの基本要素技術を確立した。

### (5) 量子ドットを用いた低電圧駆動、低消費電力、広色度領域発光デバイスの開発

量子ドットを用いた発光デバイス研究を開始した。転写モールド型構造の発光デバイスは、単純に平面基板上に形成した従来の平面型構造に比較し、207 倍もの高輝度が得られることが判明し、量子ドット発光デバイスの可能性が拓けた。

## [F] 身の回りの物体や環境とユーザとのインタラクションの拡張 (カネフ カメン)

身の回りの物体や環境とユーザとのインタラクションを拡張する新しい位置トラッキング手法に基づき、自然で自己説明的なインタフェースを実現することを目指した。(1) 物体表面に情報を埋め込む技術であるデジタル情報担体、(2) その応用である印刷媒体における紙面位置に応じたフィードバック、(3) 動的デジタル・コンテンツを提供するインタフェース、(4) 情報交換や教育等のためのデジタル技術により拡張された文書、(5) 視覚障害者のサポートやロボットの空間認識のための環境に対する情報埋め込み、(6) 協調学習のためのフレームワーク、(7) テーブル型タッチスクリーン・コンピュータを使ったセマンティック・サーフェス並びに音楽セラピーのための音響インタラクションを設計した。

## {II} 単電子応用デバイス

### [A] ドーパント原子デバイスと単一フォトン検出 (田部道晴、ダニエル モラル)

- (1) ドーパント原子 (P ドナー) を量子井戸として利用した単一ドーパント原子デバイス群 (トランジスタ、メモリ、単電子転送、フォトン検出) の原理実証を行った。特に重要なトランジスタについては、Si チャンネル中に P ドナーが多数存在する状態でもチャンネル形状を最適化すれば、1 個のドナー原子が電流の立ち上がり特性を決めることを発見した。また、メモリデバイスの基礎となる現象として、チャンネル中の 2 個のドナー原子の間で電子が行き来することに伴う I-V 特性のヒステリシスを観測した。
- (2) ゲート電圧の周期振動によって、複数のドナー原子を順次トンネルさせる単電子転送機能を明らかにした。また、Si チャンネル中の P ドナー原子 3 個が立ち上がり特性を決めているデバイスを選別し、単電子転送機能を実証した。
- (3) フォトン 1 個の吸収が、ドナー原子を介した単電子トンネル電流のランダムテレグラフシグナルを発生させる機構を明らかにした。光誘起電子が近傍のドナー原子に捕獲されること、および一度捕獲された電子は小さな障壁を超えて自発的に放電されることがわかった。
- (4) 極低温 KFM という素電荷観察法を立ち上げ、チャンネル内の P および B の原子レベルの検出に成功した。また、チャンネル中のリンドナーに電子がトラップされていくようすを統計的に詳しく調べ、単一ドナーの場合は電子 1 個の注入で段階的に電位が平坦化することを明らかにした。また、極低温と室温におけるリンドナー原子への電子のトラップの様子を比較検討し、その結果、極低温では電子が局在化しているが、室温では伝導帯の電子が空間的に広がっている効果が観測された。
- (5) 国際半導体ロードマップ 2011 版で、新規技術としてドーパント原子デバイス・プロセスが初めて紹介された。これはドーパントの配置揺らぎに伴うデバイス特性のばらつきが従来型の SiMOSFET の微細化を阻むようになってきたため、革新的なデバイス・プロセスの誕生が待たれていることを反映している。

### [B] ナノデバイスを用いた高感度センシングと低消費電力情報処理 (猪川洋、佐藤弘明)

- (1) SOI MOSFET による単一フォトン検出の検討  
ゲート長 70 nm, チャンネル幅 110 nm 程度の SOI MOSFET が単一フォトン検出器として動作し、ドレイン電流のヒストグラムは光励起されゲート下に捕獲されたホール数に対応してピーク分離することを見出した。入射フォトン数を変えた時のピーク高分布の変化は、ホール数に依存したホール再結合寿命を仮定したレート方程式を用いて説明できることがわかった。
- (2) 表面プラズモン(SP)アンテナ付き SOI フォトダイオードの検討  
Au, Ag, Al などの材料からなるライン・アンド・スペース(L/S)状 SP アンテナを SOI 横型 pn 接合フォトダイオードに適用し、100 nm 程度の薄い Si 層に対しても可視域で 1 桁以上の感度向上が得られることを実証した。本アンテナの利用により、様々な波長フィルタ特性や偏光フィルタ特性を持ったフォトダイオードを一つのチップ上に作製できることを示した。動作機構についても詳細な検討を加え、フォトダイオードの Si 層から成るスラブ導波路中の伝播波長が L/S のピッチに一致する場合に鋭い光吸収(感度向上)が生じることが明らかになった。



## 2. 研究活動

また、類似の感度向上効果が SOI フォトダイオード表面に分散させた Au 微粒子によって得られることも確認した。

### (3) 単電子転送デバイスにおける電流ノイズの解析

2 個の MOSFET が直列接続された形式の単電子転送デバイスの室温および低温における低周波ノイズを解析し、ノイズレベルは電流ではなく転送パルス周波数に比例すること、転送動作時のノイズは DC 動作時より少ないこと、低温でノイズは大幅に増えることなど興味深い結果を得た。界面電荷の変動と転送電流ノイズを結びつける式を提案し、実験結果が説明できることを示した。

### (4) RF 反射法による MOSFET 単電子検出器高速化の検討

単一フォトン検出や単電子転送による情報処理の高速化を目指して、RF 反射信号を観測する手法を検討した。ゲート長 70 nm の MOSFET を用いて室温にて 3 MHz の電荷信号を  $1.7 \times 10^{-3}$  e/√Hz の感度で検出できることを見出した。

## {III} 新規発光材料と光機能デバイス

### [A] 新規蛍光体の開発 (原和彦、小南裕子、光野徹也、三村秀典、根尾陽一郎)

#### (1) ナノ構造埋込型蛍光体粒子の提案と作製プロセスの開発

従来の均質な材料からなる蛍光体粒子に対し、粒子の一つ一つにナノサイズの単一量子井戸や多数の量子ドットを埋め込んだナノ構造埋込型蛍光体粒子を提案した。この新しい蛍光体の概念は、量子構造へのキャリア局在による非発光過程の抑制および発光効率の向上、量子閉じ込め効果による遷移確率の向上など、これまでの蛍光体とは異なる高い機能を有する発光粒子の開発手段をもたらす。GaN 系半導体を材料として採り上げ、化学気相法をベースとした作製プロセスの開発を進め、単結晶 AlN コアの生成およびその表面への GaN 層の堆積を達成した。

#### (2) 紫外光源開発に向けた六方晶 BN 粒子の作製と発光制御

深紫外を含む紫外発光材料として優れた特性をもつことが知られている六方晶窒化ホウ素 (h-BN) の粉末に、酸素雰囲気中での熱処理を施すことにより、320 nm を中心とする不純物発光が大幅に増大することを見出した。この試料と、カーボンナノチューブ電子源を組み合わせた Hg フリーの紫外ランプを試作した。さらに、215 nm 帯のバンド端発光の高効率化のために、高い結晶性と純度の h-BN 粒子を合成するための化学気相プロセスの開発を進めている。

#### (3) 広色域ディスプレイ用 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Mn}$ 緑色蛍光体の高輝度化

$\text{ZnAl}_2\text{O}_4:\text{Mn}$  は、511 nm をピークとするバンド幅の狭い発光を示すことから、広色域ディスプレイ用の緑色蛍光体に適した蛍光体である。この蛍光体について、発光特性が Zn と Al の原料混合比に大きく依存することを見出し、この知見を基に従来報告値を大幅に超える高輝度化を達成した。また、合成条件による Mn 発光中心の価数と局所構造の変化、およびそれらと発光特性との関係、バックライト用白色 LED への応用の可能性についても詳細に調べた。

## 2. 研究活動

### (4) 蛍光体の薄膜化プロセスの確立

SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu 薄膜の高輝度化に向け、高温アニールにより薄膜蛍光体としては世界最高の 58,000 cd/m<sup>2</sup> を達成した。次いで、作製プロセスの低温化を図るため、ガラス基板に適応可能な 500 °C 以下での熱処理にレーザー処理を組み合わせる方法を試みた。KrF レーザー、Nd:YAG レーザーなどを用い、アニール効果の照射条件依存性を調べた結果、Nd:YAG レーザー照射による結晶化と発光の増大が顕著に認められた。アニール過程のシミュレーションの結果、KrF レーザーでは表面～数 100 nm の領域において、Nd:YAG レーザーでは概ね膜全体が熱アニールと同程度の熱処理がされることを示した。

### (5) レアメタル・レアアースフリー蛍光体の開発

一般に蛍光体では、希土類元素（レアアース）やレアメタルと呼ばれる稀少元素が多く用いられているが、近年の原料価格の高騰のため、安価かつ資源豊富な原料を用いた蛍光体合成が求められている。このような背景から、酸化亜鉛系材料を用いる蛍光体開発を進め、約 200～300 nm の高効率な深紫外発光を示す蛍光体の合成を達成した。

### (6) 蛍光体への低速電子線侵入深さの解析

電子線励起における蛍光体への電子の侵入深さの実験的、理論的解析を行っている。これまで、低速領域においては、その実験的な解明が困難なことから、高速電子線の侵入深さから推察するに留まっていたが、積層構造に形成した蛍光体薄膜を用い、表面電位の測定を併行して行うことにより、低速電子線の蛍光体への侵入深さを定量的に求めることができることを初めて示した。

### (7) 微小共振器構造をもつ蛍光体の開発

コヒーレント光ディスプレイや方向性ディスプレイなど新概念のディスプレイの実現を目指して微小共振器を持つ蛍光体を開発している。微小共振器構造を持つ TiO<sub>2</sub> や ZnO 蛍光体において、光や電子線励起において、ウィスパリングギャラリモードによる光閉じ込め効果を見出した。

## [B] 酸化物光半導体デバイス（天明二郎、中村篤志）

### (1) 酸化物光半導体を用いた高効率発光・受光・光電変換デバイスの研究

酸化亜鉛 ZnO は室温でバンドギャップ：3.3eV を示し、発光材料のポテンシャルを示す励起子結合エネルギーが 60 meV と非常に大きい特長があり、素子応用として非常に有望である。しかし、バンドギャップエンジニアリング、p 伝導制御並びにデバイスクオリティに問題があるなどの克服すべき課題があった。非平衡度の高いリモートプラズマ励起・有機金属化学気相堆積法 RPE-MOCVD)を開発し検討を進めた結果、ウルツ鉱型 Zn(Cd, Mg)O 系薄膜で Mg 組成 25 %から Cd 組成 60 %まで組成制御 (E<sub>g</sub>=3.7-1.9 eV)を可能とし、紫外から可視域のバンドギャップエンジニアリングに内外で初めて成功した。さらに、実際のデバイス構造として ZnCdO/MgZnO の 3 重量子構造作製に成功し、p-4H-SiC 基板を用いてヘテロ接合を作製し、R、G、B の EL 発光 LED を実現した。

受光デバイスに関しては、スペイン・マドリード工科大学(UPM) E. Muñoz 教授研究グループとの共同研究で Au-MgZnO ショットキーダイオードを作製、フォトルスポンズ特性の評価を行い、そのフィージビリティを示した。また、PV デバイス展開を目指して、高 Cd 組成 ZnCdO

## 2. 研究活動

混晶で、可視から近赤外  $E_g=1.6$  eV まで  $E_g$  の低減に成功し、酸化物で太陽光スペクトル吸収に最適な半導体を実現した。実際のセル適用を念頭に、 $Zn(Cd, Mg)O: N, In, Cu$  等を含む新しい混晶系で p 型導電性  $10^{15} \text{ cm}^{-3}$  台のキャリア密度を追求している。

### [C] 光増感化合物を用いた光機能素子 (川井秀記)

#### (1) 三重項-三重項消滅を用いたアップコンバージョン発光と応用

低いエネルギー（長波長）の光を、高いエネルギー（短波長）の光に変換することをアップコンバージョンと呼ばれるが、三重項-三重項消滅を利用することにより、高出力のレーザーを用いなくてもこの過程を達成することができる。この過程では、ある波長により増感剤が励起され、項間交差により三重項へ遷移して、発光剤へエネルギー移動が起こる。エネルギーを受け取った発光剤は発光剤同士による衝突により、三重項-三重項消滅によって、高いエネルギーが生まれる。具体的な成果として、パラジウムを配位させたポルフィリン誘導体（増感剤）とジフェニルアントラセン（発光剤）を混合させることにより、Nd:YAG レーザー(第二高調波 532 nm、CW)による光励起から、励起波長より短波長の青色発光が生じることを示した。さらに、これらを長鎖アルキルアンモニウム塩で置換した疎水化 DNA に分散することにより、薄膜中でもアップコンバージョン光の発生を達成した。

#### (2) 強発光希土類錯体の開発と発光素子への応用

希土類イオンは優れた発光特性を有しているが、吸収係数が小さいため光励起することが難しい。この希土類イオンに光捕集機能を有する有機分子を配位させ、励起エネルギーを希土類イオンに移動させることにより、優れた発光材料となると期待される。このような観点から、Eu(III)イオンに異なった有機分子を配位させることにより、その発光特性(発光スペクトル、発光量子収率、発光寿命)の制御が可能であることを見出した。また、高分子中に分散した媒体においても、光励起によりレーザー発振を生じさせることに成功した。

### [D] 応力発光薄膜用材料の開発 (村上健司)

応力発光材料の一つである単斜晶  $SrAl_2O_4$  の低温合成法に関する研究を行った。その結果、共沈法で調整した前駆体を  $150$  °C で 24 時間水熱合成し、 $800$  °C 程度で焼結することにより  $SrAl_2O_4$  を合成できることを明らかにした。さらに、焼結過程においては、低温での  $SrCO_3$  の生成が阻害要因となり、これが  $700$  °C 以上で分解することにより、六方晶  $SrAl_2O_4$ 、 $Sr_3Al_2O_6$ 、単斜晶  $SrAl_2O_4$  の順で生成されていくことを明らかにした。

## {IV} エネルギー変換機能材料

### [A] 色素増感太陽電池の開発 (村上健司、下村勝、早川泰弘、ムカンナン アリバンナドハン)

#### (1) 色素増感太陽電池用光半導体層の高効率化

$TiO_2$  光半導体層の性能を向上させるために、半導体層上に球状の  $TiO_2$  を塗布し、球径と太陽電池性能の関係を調べた結果、エネルギー変換効率が最大となる球径が存在することを見出した。変換効率の向上には、球状  $TiO_2$  の光散乱効果が大きく寄与していることを明らかにした。

## 2. 研究活動

### (2) 色素増感太陽電池用省白金対向電極の開発

スプレー熱分解 (SPD) 法を利用して塩化白金酸をスプレーすることにより、200 °C 以上に加熱した FTO ガラス基板上にナノスケールの白金粒子を堆積することができることを明らかにした。また、400 °C に加熱した基板上にスプレーした場合、直径 10 nm 以下の白金粒子が均一に分布し、スパッタ法で形成した白金対向電極と同等の性能を有することが判明した。

### (3) 色素増感太陽電池用新規光半導体層の開発

通常利用されるアナターゼ相  $\text{TiO}_2$  に対して高温で安定で電子易動度の高いルチル相の利用を検討した。その結果、水熱合成法を利用することにより、ルチル相のナノロッドやナノフラワーなどのナノ構造の形成を制御できることが明らかとなった。また、色素の吸着量を増加させるには、ナノロッド上にナノフラワーを形成することが有効であることを明らかにし、色素吸着量をアナターゼ相の場合より少なくできる可能性を見出した。

### (4) 有機被膜剤が ZnO ナノ結晶の合成と色素増感太陽電池特性に及ぼす効果

4 種類の有機皮膜剤 (ヘキサメチレンテトラアミン、N メチルアニリン、エチレンジアミン四酢酸、トリエチルアミン) が酸化亜鉛ナノ結晶特性と色素増感太陽電池特性へ及ぼす効果を調べた。エチレンジアミン四酢酸と酢酸亜鉛濃度を制御し、分散の高いナノ結晶合成に成功した。ZnO を光半導体電極とした色素増感太陽電池を作製し、変換効率 5.1 % を得た。

### (5) 色素増感太陽電池に関する研究

色素増感太陽電池では、色素分子と無機半導体の界面構造が重要な役割を担っており、界面構造に関する研究を進めている。また、酸化スズを酸化亜鉛で覆った微結晶による太陽電池の特性についても調べている。

## [B] シリコン系太陽電池の開発 (ムカンナン アリバナンドハン、早川泰弘)

### (1) シリコンへの Ga、Ge 添加効果

市販されているシリコン(Si)太陽電池の変換効率は約 20 % であり、変換効率のさらなる向上が求められている。太陽電池の変換効率を高くするためには、結晶欠陥発生を抑制することが必要である。Si 結晶に Ga ドープ濃度を増加させると、少数キャリア寿命が増加すること、Ge 組成が高い程、欠陥密度と格子間酸素濃度が減少すること等を明らかとした。Ge-空孔の複合体が不均一核形成センターとして働くことで、酸素析出物を形成し、その結果として格子間酸素濃度が減少することを示した。

## [C] 窒化炭素系太陽電池の開発 (木下治久)

### (1) スーパーマグネトロン CVD による Au/a-CN<sub>x</sub>:H/p-Si 太陽電池作製

スーパーマグネトロン RF プラズマをパルス変調駆動して a-CN<sub>x</sub>:H 膜を堆積し、膜物性の評価と伴に太陽電池の透明電子輸送膜に応用する実験を行った。p-Si 基板上に 25 nm の極薄 a-CN<sub>x</sub>:H 膜を堆積したところ、(UPRF/LORF) が (200/800W) の時最も急峻なダイオード電流特性が得られた。短絡電流が最大値を示し、エネルギー変換効率 0.81% が得られた。

### (2) 環境に優しい太陽電池用の硬質窒化炭素膜の連続放電プラズマ CVD

硬質窒化炭素膜をプラズマ CVD 法により作製した。堆積した炭素膜の光学的バンドギャップは 0.5-0.8 eV、200 mV 以上の開放電圧が得られ、極薄の窒化炭素膜を用いて太陽電池を作

## 2. 研究活動

製できることを示した。発電の機構を解明し、半透明の Au/i-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> 膜經由にて Si 基板に光を照射して光電子を発生させ、その光電子を 25 nm 厚の極薄窒化炭素膜で選択的に取り出している事を明らかにした。

### [D] 熱光起電デバイス材料の開発 (早川泰弘、ムカンナン アリバナンドハン)

#### (1) 均一組成混晶半導体バルク単結晶成長技術の開発

熱光発電システムは、熱源により加熱されたエミッターからの放射エネルギーを光電変換セルで受けて電力を得るシステムである。エミッターと光電変換素子の距離が数 cm と近いため太陽の 100 倍の入射エネルギー密度が得られるが、エミッターからの放射光波長と光電変換セルの受光波長の整合性を取ることが課題である。混晶半導体は組成比の制御により、受光波長を制御できる特徴を有しているが、結晶成長につれて結晶と溶液の組成が変化するため、均一組成の高品質の結晶成長が困難であった。温度勾配徐冷法と熱パルス法を組み合わせた新方法を用いて、均一組成の InGaSb バルク結晶を成長させた。

#### (2) 国際宇宙ステーションにおける混晶半導体結晶成長

混晶半導体バルク結晶に及ぼす溶液対流と結晶面方位の効果を調べるために、宇宙航空研究開発機構との共同研究課題として、国際宇宙ステーション内の微小重力環境下実験提案が採択された。宇宙実験アンプルの作製、InGaSb の蒸発率、粘性、濡れ性などの特性測定、安全性試験や様々な地上予備実験を実施した。宇宙実験試料はロシアのロケットにより、国際宇宙ステーション内に輸送されている。

#### (3) 混晶半導体結晶の溶解・成長過程のその場観察

半導体溶液は光が透過しないため、通常の光学測定法が適用できず、溶液中の濃度分布測定は困難であった。当研究所で開発した X 線検出器を利用し、温度勾配下に設置した GaSb 種結晶/InSb/GaSb 供給原料試料の溶解・成長過程と溶液中の濃度分布変化をその場観察した。その結果、下側に配置した低温の GaSb が上側に配置した高温の GaSb よりも InSb 融液に溶解しやすいことが示された。流れ分布、濃度分布の重力レベルに関する数値解析により、上記の現象が重力に起因した密度差対流によって引き起こされることを明らかにした。

### [E] 熱電変換素子の開発 (池田浩也、早川泰弘、ムカンナン アリバナンドハン)

#### (1) シリコンゲルマニウム系材料を用いた熱電変換素子の開発

SiGe と Mg<sub>2</sub>SiGe から構成されるタンデム型熱電素子の開発を目指し、(1)均一組成 SiGe 及び Mg<sub>2</sub>SiGe 結晶成長条件の確立及び(2)組成比と熱電特性との関係を調べた。結晶成長時の温度勾配を低くすることで、均一組成の SiGe 結晶を成長させ、これを Mg 蒸気下で熱処理することで均一組成の Mg<sub>2</sub>SiGe 結晶成長に成功した。Si<sub>0.5</sub>Ge<sub>0.5</sub> のゼーベック係数は Si や Ge の値よりも高いこと、また高温側では Si<sub>0.5</sub>Ge<sub>0.5</sub> の値が高く、低温側では Mg<sub>2</sub>Si<sub>0.5</sub>Ge<sub>0.5</sub> の値が高いことやゼーベック係数の値に組成依存性があることなどを明らかにした。

#### (2) シリコンナノ構造による熱電変換特性の高効率化

シリコンナノ構造におけるゼーベック係数の変化を調べるために、膜厚 6~100 nm まで SOI 層を薄層化した n 型 SOI 基板を作製し、温度差により発生する熱起電力を測定した。リン原子のドーピング量によりキャリア濃度を調整し、それによるゼーベック係数の変化をプロットしたと

## 2. 研究活動

ころ、キャリア濃度に対するユニバーサルカーブを得た。このカーブはバルクシリコンの結果と一致しており、極薄 SOI 構造に由来する効果は観察されなかった。試料面内の膜厚揺らぎが原因と考えられる。また、 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$  以上の高不純物濃度領域において、不純物バンドの形成に起因するゼーベック係数の増加を見出した。

### (3) ナノ構造材料のための熱電特性評価技術の開発

ナノスケールに加工された試料の熱電変換特性を評価する新しい技術を構築するために、表面電位顕微鏡 (KFM) を用いて、温度差を与えたシリコン基板および SOI 基板の表面電位を測定し、ゼーベック係数を評価する研究を進めている。新システムの導入や試料ホルダの改良、測定条件の最適化を行うことにより、測定精度の向上と測定時間の短縮を実現した。SOI 層の熱起電力測定から得られたゼーベック係数はおよそ  $-2.7 \text{ mV/K}$  であり、従来の手法で得られたゼーベック係数の 2 倍程度の値が得られている。

### (4) シリコン単電子冷却デバイスの創製

シリコン単電子冷却デバイスの実現のために、単電子ポンプ回路を応用したデバイス構造を提案し、その動作について調べている。等価回路についてクーロンブロッケード条件を計算したところ、三重点を含むハチの巣状の安定状態図が得られた。さらにモンテカルロシミュレーションにより動作解析を行った結果、動作温度で  $2 \text{ K}$ 、外部制御電圧で  $6 \text{ mV}$  までの範囲において、半導体ドット中の電子を、伝導帯から価電子帯に 1 個ずつ転送できる可能性を示した。

## [F] アルカリイオン含有熱酸化膜によるエレクトレットデバイスの開発 (橋口原)

エネルギーハーベスティングや自己発電型のセンサの開発を目的として、カリウムイオンを熱酸化時に混入させ、その後バイアス・温度処理 (BT 処理) を行って帯電させる手法を提案してきた。今年度は実際に楯歯型シリコン振動子を上記手法でエレクトレット化し、 $40 \text{ V}$  の帯電を素子特性から実証した。また外部振動により発電が起こることも確認した。

## {V} 生体・バイオ領域

### [A] 脳内深部温度無侵襲計測とストレス反応 (杉浦敏文)

#### (1) 脳深部温度無侵襲計測用 5 周波マイクロ波ラジオメータの開発

出産時に低酸素虚血状態に陥った新生児は脳機能に障害を被るか重篤な場合は死に至る。これらを回避するために低体温療法が提唱されているが、治療効果を向上させる為には脳深部温度の的確な計測、管理が重要となる。しかしながら脳深部温度を妥当な精度で無侵襲且つ連続的に計測する技術は確立されていない。本装置は新生児の脳深部 ( $5 \text{ cm}$ ) 温度を精度、分解能共に  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  以内で長期にわたって計測する事を目標に開発を進めている。温度分布ファントムによる計測結果ではあるが、現在までに仮想頭部表面から  $5 \text{ cm}$  の位置で、誤差  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ 、温度分解能  $0.7 \text{ }^\circ\text{C}$  を実現することが出来た。ラジオメータによる脳深部温度の無侵襲計測としては世界で初めての実測結果である。

## 2. 研究活動

### (2) 事象関連電位を用いたニオイ刺激に対する生体反応評価

ニオイを感知する能力は動物として最も基本的な機能であるとともに感情の基礎となる原始的な情動に直結することが分かっているが、ニオイ刺激に対する身体の反応、特に脳の反応は良く分かっていない。本研究では一般に悪いニオイと感ずる刺激(ペンタン)とバラの香料で使われる(ゲラニオール)を嗅いでいる時の聴覚オドボール課題時の P300 成分(高次の認知処理を反映すると考えられている脳波成分)を調べた。その結果、悪いニオイの時は P300 頂点潜時(音が聞こえてから P300 が表れるまでの時間)が短縮すると共にその振幅が減少することが分かった。潜時の短縮は悪臭によって脳の警戒心が高まること、振幅の減少は音の処理に関わる脳資源が他の処理に振り分けられることが原因ではないかと推察された。

### (3) 運動方向識別処理課題中の脳内情報処理過程

動くものを注視し、その方向を判断するときの脳内処理過程をランダムドットパターン(RDP)を用いて検討した結果、RDP が動いてから 200-300 msec で速度の違いが、300-400 msec で方向の違いによる差が最も大きく観察できた。我々の視覚情報処理は方向よりも速度を優先して行っているのではないかと推察できた。また、これらの処理は後頭部から頭頂、右側頭から右前頭葉へかけて行われていると推察できた。

### (4) 脳波を用いた心理評価

脳波による心理状態推定法の吉田法の信頼性を確認することを目的として、ニオイ刺激と音刺激による心理反応を計測・推定した。その結果、刺激前に積極的な状態にあると快の刺激に対してより快の方向へ、刺激前に消極的な状態にあると不快な刺激に対してより不快な方向へ変化し易いことが分かった。積極的かどうかを前頭葉非対称性モデル(AAEモデル)によって判断し、これと吉田法を組み合わせることでより信頼性の高い推定ができる。

## [B] DNA 分子の電気計測、トラッピング技術 (橋口原)

### (1) 機能化 DNA ピンセットによる DNA 分子の電気伝導特性の解明

DNA 分子を溶液中においてプローブ間に伸張・固定するためのデバイスが DNA ピンセットである。DNA ピンセットに MEMS アクチュエータを集積し、DNA 分子を引っ張りながら電気計測できるデバイスを作製した。これを用いて DNA 分子の電気計測を測定し、DNA 分子の電気伝導特性を明らかにした。

### (2) 単一 DNA 分子の分離とトラッピング技術

DNA 分子を生化学的に解析するためには、バンドル状の DNA 分子ではなく、単一の DNA 分子であることが必要である。単一の DNA 分子を分離するためのチャンネル構造と、電極構造を一体化したマイクロ流路デバイスを開発し、DNA 一分子を分離して所望の電極間にトラップすることが可能になった。

## [C] 生体情報の画像処理 (柳田拓人、三村秀典)

### (1) 人間とコンピュータの接点 (ユーザ・インタフェース: UI) と人工知能によるヒューマン・コンピュータ・インタラクションの実現

UI の観点から、生体情報の自動解析と医師による未病診断を容易にすることを旨とした生体情報のビジュアルライゼーションに関する研究を行なった。生体情報として健常者から取得

## 2. 研究活動

した心電図 (ECG) 並びに容積脈波 (PTG) を取り扱い、それらの特徴点を検出するアルゴリズムを開発した。その効果的な可視化ツールの開発を行ない、長時間に渡る取得データから異常データを発見する際の、医師の負担軽減を目指している。

アート・デザインにおいて、色覚障害者 (色覚特性の少数派) にとっても弁別しやすくなるように、かつ既存の印象を大きく変えないように配色を自動的に調整するシステムを開発した。

UI 開発のコスト低減、並びにユーザ (とその利用環境) への適応を目指して、AI の一分野であるファジィ制約充足問題 (FCSP) を応用したグラフィカル・ユーザ・インタフェース (GUI) における柔軟なレイアウト・システムを構築した。

### {VI} 基礎・学際領域

#### [A] ナノ材料を用いた MEMS・真空ナノデバイスの開発 (中本正幸、ムン ジョンヒョン)

##### (1) 惑星探査・衛星 (はやぶさ II/III) 用電気推進エンジンの開発

新規の宇宙用電気推進エンジンシステムおよび、はやぶさ II/III 等の惑星探査・衛星用 MEMS デバイスを考案・提唱し、低仕事関数を有し、エミッタ先端曲率半径を 1~数 nm にまで先鋭化し、約 20V/ $\mu$ m 駆動の世界最小レベルの低電圧駆動で、過酷環境耐性のアモルファスカーボン及び Pt ナノ構造エミッタ試作に成功、宇宙用ナノデバイス実現の大きな一歩を得た。

##### (2) スマートグリッド用真空ナノパワースイッチングデバイスの開発

サハラ砂漠に太陽光発電所を建設し超伝導ケーブルで日本まで伝送するサハラソーラーブリーダー計画が提唱されている。電力変換設備のサイズを 1/100 に、電力損失を 1/10 に低減するスマートグリッド用真空ナノパワースイッチングデバイス実現のため、導電性セラミック材料などを用いた耐環境性の高い真空ナノパワースイッチングエミッタの試作に成功した。

#### [B] 表面・界面における原子スケールでの構造制御 (下村勝)

##### (1) 半導体表面上への有機分子の吸着構造の解明

無機材料表面を利用した有機-無機ハイブリッドデバイスにおいては、有機分子の吸着構造を解明することが重要である。半導体表面上への有機分子吸着構造について、走査トンネル顕微鏡 (STM)、シンクロトロン放射光電子回折 (SRPED)、第一原理計算等を用いて原子スケールで詳細に調べた。Si(001)表面上において有機分子ピラジンがステップ端に吸着しやすいことを発見し、微傾斜 Si 基板を利用することで等間隔に配列するピラジンの 1 次元構造形成が形成されることを見いだした。また基板温度を制御すると 2 次元分子配列が形成されることも分かった。また、ピラジンとインジウムが混在するシリコン表面において分子とインジウムの相関関係について原子スケールで解明し、インジウムによってピラジンの 1 次元構造形成が促進されることを見いだした。カルボキシル基と半導体の界面構造は、バイオエレクトロニクスや色素増感太陽電池など、様々なデバイスにおいて重要な役割を担っている。本研究では STM と第一原理計算を用いてシリコンと酢酸の吸着構造について調べ、シリコン表面のシリコン 2 量体とカルボキシル基が環状に結合したモデルを提案した。



## 2. 研究活動

### [C] クローバリーフパターンの起源究明（根尾陽一郎、三村秀典）

ある有機分子を経由した電子放射パターンに特性して表れる放射パターンがある。これは発見から 60 年間その起源が解明されていない現象である。この起源を解明する為に、Field Emission/Ion Microscope を駆使した結果、タングステン表面に形成された電子分布の実像である可能性を見出した。

### 2.2 論文発表

発表した論文（原著論文、プロシーディング、著書、解説・総説）数を、表 2-1 とグラフに示す。2012 年度は 4 月と 5 月のデータである。2008 年度から 2011 年度のジャーナルへの原著論文は年平均 110 編、教員 1 名あたり 4 編発表している。発表論文の内訳としては、学術雑誌の中でも採択基準の高い論文誌 Physical Review Letters、Applied Physics Letters、Nano Research Letters、J.Applied Physics、Materials Letters、Materials Chemistry and Physics 及び集積回路のオリンピックと呼ばれる最高峰の国際固体回路会議論文などがある。国際会議プロシーディングも年平均 130 編、教員 1 名あたり 4.5 編発表している。著書は年平均 8 編、解説・総説は年平均 15 編である。

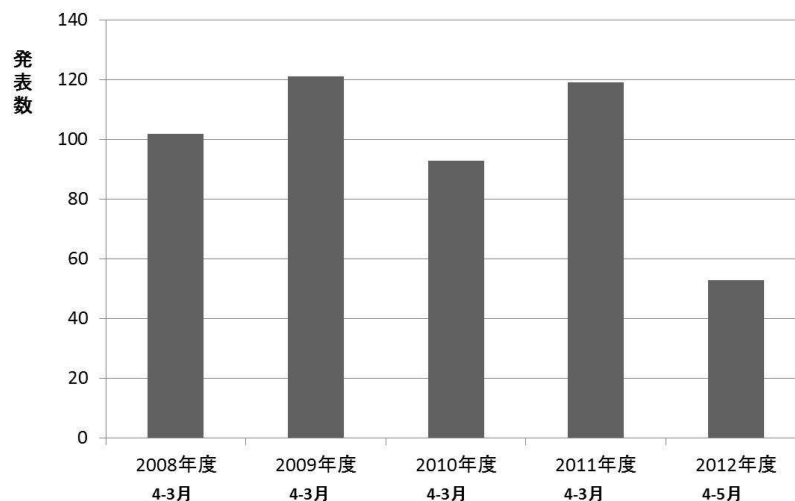
（資料別冊 教員研究概要(2 ページ)、教員活動概要(10 ページ以内)）

表 2-1 論文発表数

	2008 年度	2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度	合計
原著論文	102	121	93	119	53	488
プロシーディング	116	143	119	144	14	536
著書	10	8	8	7	3	36
解説・総説	15	17	13	15	10	70
計	243	289	233	285	80	1130

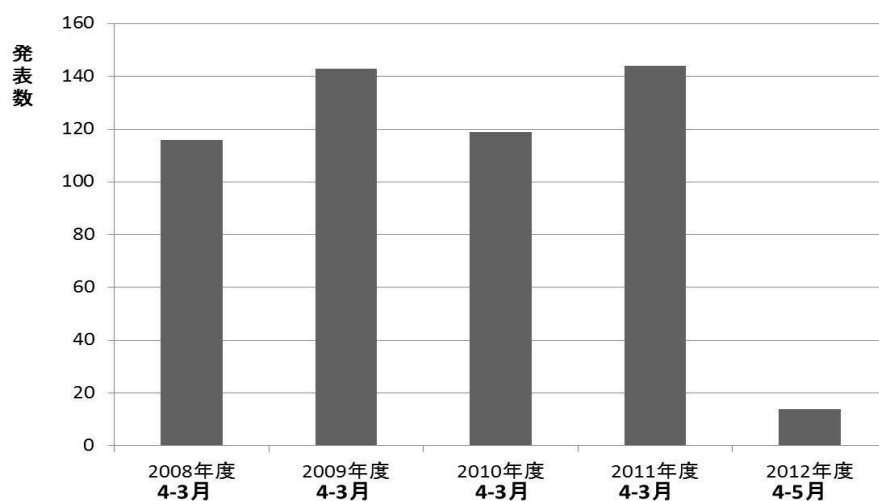
図 2-1 論文発表数

#### 原著論文

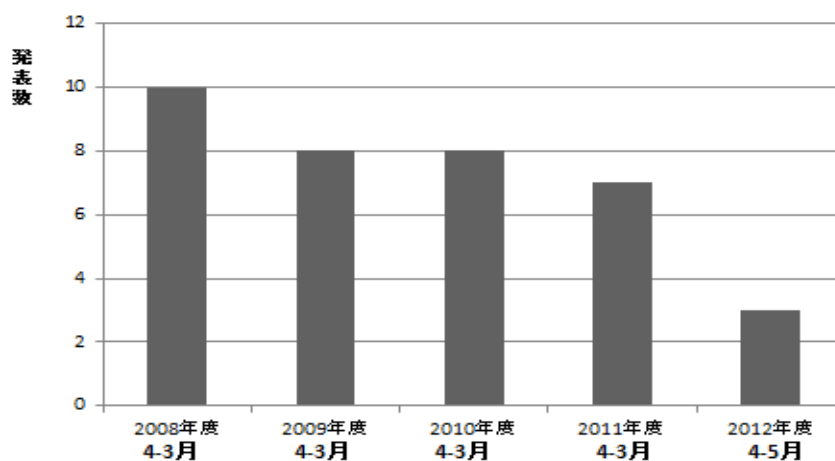


## 2. 研究活動

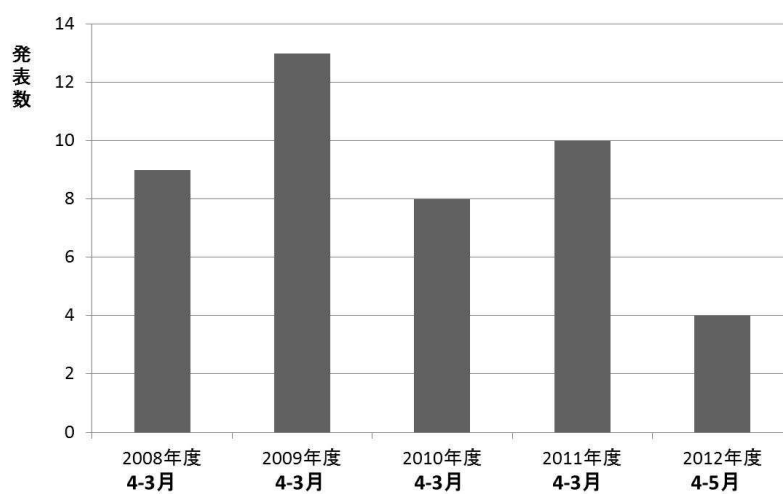
### プロシーディング



### 著書



### 解説・総説



## 2. 研究活動

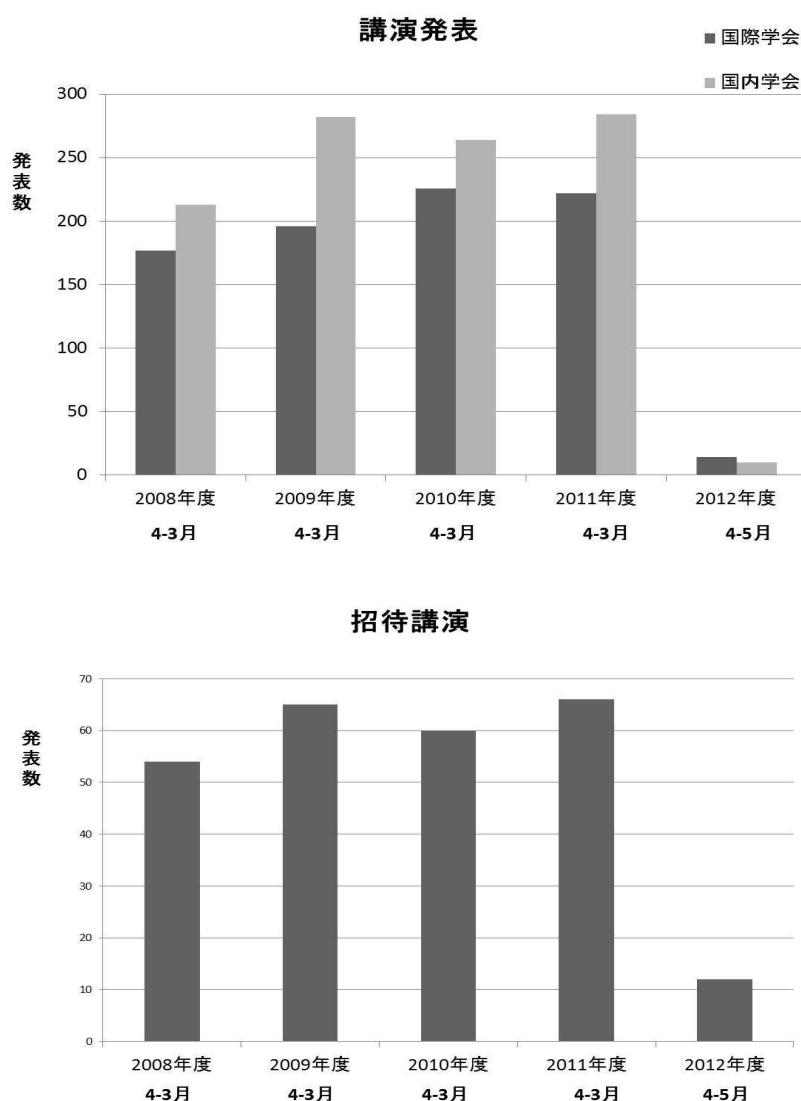
### 2.3 学会発表

国内学会及び国際学会での発表（招待講演を含む）数を、表2-2とグラフに示す。国内学会発表数、国際学会発表数はそれぞれ年平均260件、200件であり、教員1名あたりそれぞれ9件、7件発表している。国内・国際会議における招待講演数も60件程度となっている。

表2-2 講演発表

	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	合計
国内学会発表	213	282	264	284	10	1053
国際学会発表	177	196	226	222	14	835
招待講演	54	65	60	66	12	257

図2-2 講演発表数



## 2. 研究活動

### 2.4 特許

特許数を、表 2-3 に示す。年度により、出願数、取得数とも変動しているが、出願は年平均 23 件、取得特許は年平均 16 件である。

表 2-3 特許

	2008 年度	2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度	合計
出 願	21	39	19	16	1	96
取 得	9	17	24	14	3	67

### 2.5 教員の受賞

受賞数を、表 2-4 に示す。教員は、文部科学大臣表彰科学技術賞（研究部門）、応用物理学会フェロー賞、映像情報メディア学会フェロー賞、高柳記念賞、エレクトロニクスソサイエティ賞、Society for Information Display(SID2008)最優秀論文賞、中小企業優秀新技術・新製品賞（中小企業長官賞）をはじめ、毎年賞を受賞している。2011 年には静岡大学の卓越研究者として、三村秀典教授、田部道晴教授、川人祥二教授が選出されている。

（資料 2-1 受賞）

表 2-4 受賞

	2008 年度	2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度	合 計
件 数	6	4	5	6	4	25

### 2.6 科学研究費補助金

科学研究費補助金の獲得状況を表 2-5 に示す。2008 年度、2009 年度、2010 年度における科学研究費補助金の獲得額はそれぞれ 95,010 千円、67,270 千円、65,280 千円であったが、2011 年度と 2012 年度は 132,910 千円と 125,840 千円と大きく増えている。これは、田部教授が代表を務める基盤研究(S)と基盤研究(A)、三村教授と川人教授の基盤研究(A)の採択が大きく寄与している。若手研究者も若手研究(A)、(B)を獲得している。

（資料 2-2 科学研究費補助金の採択状況）

（資料 2-3 科学研究費補助金採択課題）

## 2. 研究活動

表2-5 科学研究費補助金の獲得状況（間接経費を含む）

	2008年度		2009年度		2010年度		2011年度		2012年度		合計	
	件数	金額 (千円)	件数	金額 (千円)	件数	金額 (千円)	件数	金額 (千円)	件数	金額 (千円)	件数	金額 (千円)
特定領域研究	1	11,900	1	11,900	0	0	0	0	0	0	2	23,800
基盤研究(S)	0	0	0	0	0	0	1	73,580	1	63,050	2	136,630
基盤研究(A)	2	25,870	2	23,790	2	18,850	2	27,300	2	30,680	10	126,490
基盤研究(B)	6	44,200	6	24,050	5	32,370	3	19,630	2	6,370	22	126,620
基盤研究(C)	3	5,330	4	4,420	5	7,670	6	7,930	4	7,540	22	32,890
萌芽研究	2	2,400	0	0	2	3,400	2	3,770	4	10,140	10	19,710
若手研究(A)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5,200	1	5,200
若手研究(B)	3	4,160	1	1,950	1	2,990	2	0	1	2,860	8	11,960
若手研究 (スタートアップ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
奨励研究	1	550	1	560	0	0	0	0	0	0	2	1,110
特別研究員奨励	1	600	1	600	0		1	700	1	600	4	2,500
合計	19	95,010	16	67,270	15	65,280	17	132,910	15	125,840	82	486,310

### 2.7 外部資金

外部資金の受入状況を表2-6に示す。奨学寄付金・共同研究・受託研究数は、毎年合計で約40件行っている。共同研究費、受託研究費、奨学寄附金の総額は、年約2億5千万円となっている。知的クラスター創成事業（第II期）「浜松オプトロニクスクラスター」事業に関して、川人教授、猪川教授、原教授、青木准教授が、財団法人浜松地域テクノポリス推進機構から多額の受託研究費を得ている。また、共同研究・受託研究を円滑に推進するために研究員を受け入れている。研究員の受入状況は、表2-7の通りである。

（資料2-4 民間との共同研究、資料2-5 受託研究、資料2-6 奨学寄附金）

表2-6 外部資金の受入状況

	2008年度		2009年度		2010年度		2011年度		合計	
	件数	金額 (千円)	件数	金額 (千円)	件数	金額 (千円)	件数	金額 (千円)	件数	金額 (千円)
共同研究	18	33,421	17	20,073	18	26,363	17	21,285	70	101,142
受託研究	15	248,715	11	227,416	12	224,459	14	218,371	52	918,961
寄附金	10	8,000	8	10,200	12	10,300	10	7,000	40	35,500
合計	43	290,136	36	257,689	42	261,122	41	246,656	160	1,055,603

## 2. 研究活動

表2-7 研究員の受入人数

	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度 (8月末時点)	合計
共同研究員	9	7	5	2	2	25
受託研究員	1	1	0	0	0	2
計	10	8	5	2	2	27

### 2.8 博士研究員（ポスト・ドクター）の受入状況

研究活動を推進するために、日本学術振興会特別研究員、COE 特別研究員などの各種制度により、博士研究員を幅広く受け入れている。

表2-8 博士研究員の受入人数

区分	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	合計
日本学術振興会特別研究員	1	1	0	1	1	4
その他	7	7	10	10	13	47
合計	8	8	10	11	14	51

### 2.9 文部科学省知的クラスター創成事業（第Ⅱ期）「浜松オプトロニクスクラスター」

研究所が中核となって立ち上げた知的クラスター第Ⅰ期事業（2002年度－2006年度）の成果を受けて採択された第Ⅱ期（2007年度－2011年度）の事業では、「オプトロニクス技術の高度化による安全・安心・快適で持続可能なイノベーション社会の構築」を基本理念として、第Ⅰ期に醸成された基盤技術をさらに高度化し国内外に波及させるとともに、新分野においても技術革新を図ることを目指して研究開発を推進し順調に成果を上げた。「超高感度・広ダイナミックレンジ CMOS イメージセンサ」は、川人教授が代表取締役社長を務める大学発ベンチャー企業によって製品化され中小企業庁長官賞を受賞するなど高い評価を得た。また「エネルギー弁別型放射線検知器」は、青木准教授が2011年に創業した大学発ベンチャー（JST 独創的シーズ展開事業に採択）で製品化された。第Ⅱ期事業全体としても中間評価において「A」の高評価を受けた。

資料2-7 文部科学省知的クラスター創成事業（第Ⅱ期）「浜松オプトロニクスクラスター」

## 2. 研究活動

### 2.10 特別教育研究経費「異分野技術の融合による革新的画像工学創成事業」

静岡大学は、テレビジョン発祥の地であるという浜松キャンパスの伝統の下に、唯一の画像工学に特化した研究所である電子工学研究所を中心に、画像工学と光と電子のナノテクノロジーを融合させた「ナノビジョンサイエンス」という新学術分野を提案し、21世紀COE等を通して、教育・研究を推進し、国際拠点化へと発展させてきた。本事業は、現在は積極的に画像応用向けに研究されていない学際技術を取り込むことにより革新的な画像工学を創成できるナノマシーニング、単電子、バイオ、ナノホトニクス、スピントロニクス、福祉、人間工学、量子情報処理などを画像工学に融合することを目的としている。関連学際領域の研究者と国際的共同研究を推進し、高臨場感、高感度・広ダイナミックレンジ撮像、モバイル性能、不可視光可視化、安全・暗号画像などにおいて極限性能の実現を目指している。

本事業の一環として行っているNHK放送技術研究所および東北大学・電気通信研究所とのスーパーハイビジョン(SHV)実現のための要素技術の開発研究において、最も中核となるSHVカメラ用イメージセンサの開発において、当研究所が動きの速い被写体でも鮮明に撮影できるイメージセンサを開発することに成功した。

学内外との共同研究により、分子・原子種識別X線イメージングの開発に向けて、500 cps（従来は20 cps）と高速カウントレイトのX線検出器の原理検証を行った。エネルギー弁別を用いた実効原子番号および電子密度測定の高精度化を進展させた。東日本大震災に伴う原子力発電所の事故を受けて、携帯電話での放射能測定を可能にする内蔵モジュールの開発に取り組んでいる。

シリコンMOSFETにおいてドナー原子1個だけが特性を決定づける現象を発見した。2011年版半導体国際ロードマップ(ITRS2011)(2012年1月公開)において、新規技術として「シングルドーパントプロセス・デバイス」が初めて取り上げられ、当研究所の田部教授の論文4篇が引用されている。このことは世界的に見て欧米のいくつかのグループと競合しつつ、顕著な成果を上げていることを示している。

色覚異常者にとっても、画像の色彩を弁別しやすいよう人工知能を応用した自動配色支援ツールの開発などの異分野技術を融合した画像工学の研究を推進することができた。

資料2-8 特別教育研究経費「異分野技術の融合による革新的画像工学創成事業」

### 3. 教育活動

## 3. 教育活動

### 3.1 大学院との連携

研究所所属の教員は、博士課程の創造技術科学大学院、修士課程の工学研究科と情報学研究科に所属し、博士課程・修士課程の学生の教育・研究を担っている。博士課程における教員の所属は研究部であり、学生の所属は大学院自然科学系教育部となっている。大学院自然科学系教育部には5つの専攻があり、この中で研究所の教員は、ナノビジョン工学専攻に教授9名、准教授2名、光・ナノ物質機能専攻に教授1名、准教授3名、情報科学専攻に教授1名、准教授2名が所属している。工学研究科（修士課程）の中では機械工学専攻に教授1名、電気電子工学専攻に教授8名、准教授6名、物質工学専攻に教授1名、准教授2名がおり、情報学研究科（修士課程）には教授1名、准教授1名、助教1名が所属している。また、工学部と情報学部の教育にも一部関わっており、卒業研究生の指導をしている。

#### (資料3-1 協力講座の実施状況)

### 3.2 学生の受入

2008年度から2012年度における大学院博士課程、大学院修士課程、学部生の受入状況を、表3-1に示す。年度によって受入数に変動があるが、博士課程、修士課程、学部生の受け入れはそれぞれ年平均35名、50名、25名であり、学部生の数よりも修士課程、博士課程の学生数が多くなっている。平成18年度に採択の国費留学生優先配置特別プログラム(5名定員)を利用し、研究所教員も国費留学生を受け入れている。また、国際共同研究を基盤とした繋がりを通じ、私費留学生を積極性に受け入れている。そのため、博士課程には留学生が多く在籍しており、約半数が留学生である。

表3-1 学生の受入状況：内数（ ）は、留学生で内数

	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	合計
博士課程	28(12)	30(14)	31(21)	40(27)	39(27)	168(101)
修士課程	57(4)	50(7)	54(10)	49(8)	36(6)	246(35)
学部生	33(3)	23(3)	16(0)	22(2)	24(1)	118(9)
計	118(19)	103(24)	101(31)	111(37)	99(34)	532(145)

### 3.3 博士号の取得

2008年度から2011年度の4年間に、創造科学技術大学院において研究所の教員が指導し、博士号を取得した学生は29名である。また、中東欧(12校9か国)とアジア(4校4か国)の大学と大学間協定を締結しており、この中でワルシャワ工科大学(ポーランド)、アレクサンドル・イアン・クザ大学(ルーマニア)、ゴメルステート大学(ベラルーシ)、インドネシア大学(インドネシア)、中国科学院プラズマ物理研究所(中国)、プサン大学(韓国)とはダブルディグリー特別プログラム(DDP)覚書を締結し、大学院全体ですでに11名のDDP学生を受け入れている。研



### 3. 教育活動

研究所教員も DDP 学生を受け入れるとともに、他大学学生や外国の大学からの審査依頼にも積極的に対応している。

(資料 3-2 博士学位取得状況)

#### 3.4 論文・学会・研究会発表

ナノビジョン工学専攻を中心とした教員・学生・ポスドクが参加し、Monday Morning Forum (MMF)を実施している。これは、博士課程学生・若手研究者の発表の場として2004年度の国費留学生優先配置採択と21世紀COE採択をきっかけにスタートしたもので、毎週月曜日の朝に1時間実施している。2005年度より開始し、これまでの開催は244回となり、研究交流、FDの場としても定着している。原則として、英語による発表と討論で鍛えるとともに、2ページの英文アブストラクトの事前提出を義務付けており、科学技術論文作成の基礎を学ぶ。博士課程学生には、1年経過ごとに進捗状況を把握するための中間報告会をMMFの一環として義務付けている。光・ナノ物質機能専攻でも、定期的ではないが学生フォーラムを開催し、学生の研究進捗状況を把握している。

卒業研究、修士・博士論文の研究を、学会・シンポジウムなどを通して積極的に発表を行うように指導を行っている。

#### 3.5 学生の受賞

学術講演会において、映像情報メディア学会・学生優秀発表賞、第21回国際真空ナノエレクトロニクス会議若手研究者最優秀研究賞、集積回路研究会優秀若手講演賞、IEEE 学生奨励賞など、多くの賞を学生が受賞している。また、2005年度から、研究所所属教員の指導学生を対象とした「堀井賞」を設け、研究教育活動を奨励している。

(資料 2-1 受賞)

表 3-2 学生の受賞

	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	合計
件数	4	9	6	4	23

## 4. 社会連携

### 4. 社会連携

#### 4.1 産業界・地域への貢献

当研究所が中心となり、学内の他部局等と共に文部科学省知的クラスター創成事業（第Ⅱ期）「浜松オプトロニクスクラスター」を獲得し、推進している。また、2010年度から特別教育研究経費「異分野技術の融合による革新的画像工学創成事業」が採択され、現在は積極的に画像応用向けに研究されていない学際技術を取り込むことにより革新的な画像工学を創成できるナノマシーニング、単電子、バイオ、ナノフォトニクス、スピントロニクス、福祉、人間工学、量子情報処理などを画像工学に融合することを目的としている。現在、NHK 放送技術研究所および東北大学・電気通信研究所をはじめ、国内外の研究機関との連携を進めている。

地域産業界から広く共同研究員・受託研究員を受け入れるとともに、研究成果の共有化を行っている。2005年度より、浜松ホトニクス株式会社との研究交流会を継続して開催し、研究開発における連携を図っている。

また、高柳健次郎記念シンポジウム、ナノビジョンサイエンス国際シンポジウム、ならびに International Nanotechnology/MEMS Seminar (INMS)を、電子工学研究所が主体となってそれぞれ年1回開催し、最先端の専門知識を提供している。

資料2-7 文部科学省知的クラスター創成事業（第Ⅱ期）

「浜松オプトロニクスクラスター」

資料2-8 特別教育研究経費「異分野技術の融合による革新的画像工学創成事業」

資料4-1 研究成果が一般社会に還元(応用)されている事例

#### 4.2 社会教育への貢献

市民が参加するテクノフェスタ in 浜松、小中学校の先生や生徒を対象とした応用物理学会主催の「リフレッシュ理科教室」、表面科学会主催の「市民講座ーやさしい表面科学ー」など、電子工学研究所の教員が学会員として企画・運営に参加し、研究の最先端の成果を若手研究者や一般の方々にわかりやすく解説するイベントを開催している。

また、2007年11月に、開館した高柳記念未来技術創造館は広く一般市民に開放されており、その運営及び展示説明など電子工学研究所の教員が担っている。

(資料1-9 新聞報道)

(資料1-10 テレビ放送)

## 5. 国際交流

### 5. 国際交流

#### 5.1 国際会議の開催

研究所（あるいは所属の教員）が主催・運営した国際会議・シンポジウムを表5-1に示す。毎年、高柳健次郎記念シンポジウムを主催している。1999年度に第1回目のシンポジウムを開催して以来、2012年度は14回目の開催となる。毎年著名な講師を招くとともに、若手研究者や学生のポスターセッションも設け、研究者交流の場としている。また、海外から著名な研究者を招き、International Workshop on Advanced Nanovision Science を主催している。毎年、ナノデバイス、MEMS、カーボンナノチューブ、ディスプレイ等の研究で著名なアメリカ、イギリス、フランス、韓国などの外国人研究者約10名、東大、東北大などの国内研究者3-4名を招待し、International Nanotechnology/MEMS Seminar (INMS)を開催、最先端の研究知識を提供し、2012年度は6回目の開催となる。中東欧協定校（12校9か国）と国際会議インターアカデミアを実施しており、10年以上の交流実績がある。インドネシア大学とは毎年国際セミナーを、またプサン大学とも学生の研究発表ワークショップを毎年開催している。

表5-1 国際会議・シンポジウムの開催

開催年月	主催・運営した国際会議
2008年9月	Interacademia 2008
2008年10月	第10回高柳健次郎記念シンポジウム・ 21世紀COEプログラム主催第5回ナノビジョンサイエンス国際シンポジウム
2008年10月	4 <sup>th</sup> Korean-Japanese Student Workshop
2008年12月	The 2 <sup>nd</sup> International Nanotechnology/MEMS Seminar (INMS2008)
2009年7月	22 <sup>nd</sup> International Vacuum Nanoelectronics Conference
2009年9月	Interacademia 2009
2009年10月	6 <sup>th</sup> Korean-Japanese Student Workshop
2009年11月	第11回高柳健次郎記念シンポジウム
2009年12月	The 3 <sup>rd</sup> International Nanotechnology/MEMS Seminar (INMS2009)
2010年1月	International Workshop on Field Emitter and Semiconductor Materials and Devices
2010年8月	Interacademia 2010
2010年11月	第12回高柳健次郎記念シンポジウム
2010年11月	8 <sup>th</sup> Korean-Japanese Student Workshop
2010年12月	The 4 <sup>th</sup> International Nanotechnology/MEMS Seminar (INMS2010)
2011年1月	2011 International Workshop on Advanced Nanovision Science
2011年9月	Interacademia 2011
2011年11月	第13回高柳健次郎記念シンポジウム

## 5. 国際交流

2011年11月	2011 Korean-Japanese Student Workshop
2011年12月	The 5 <sup>th</sup> International Nanotechnology/MEMS Seminar (INMS2011)
2012年1月	2012 International Workshop on Advanced Nanovision Science
2012年3月	Joint Int. Conf. on Human-Centered Computer Environments HCCE 2012.

### 5.2 国際共同研究の実施

研究所の目指す「光・画像科学分野」における国際研究拠点の形成のために、数多くの国々と共同研究を遂行しており、イメージセンサー、発光・受光デバイス及び材料、微小電子源などの開発を行っている。共同研究相手国はアメリカ、カナダ、イギリス、ドイツ、フランス、スペイン、イタリア、オランダ、チェコ共和国、ポーランド、ベルギー、アイルランド、ウクライナ、モルドバ、ラトビア、ブルガリア、中国、韓国、インド、インドネシア、スリランカ、マレーシア、タイと広範囲にわたっている。また、多くの大学・研究機関とシンポジウム・セミナーを開催し、学生間においても交流を深めている。

(資料5-1 国際共同研究の状況)

### 5.3 学術国際交流協定

電子工学研究所が協定を結んでいる海外の大学・研究機関の一覧を表5-2に示す。また、電子工学研究所教員が関わった大学間交流協定の一覧を表5-3に示す。関連する学術国際交流協定に基づく学生の派遣・受入数については、それぞれ毎年2~8名の実績があり、教育面における国際交流活動を活発に行っている。

(資料5-2 学術国際交流協定に基づく交流状況)

表5-2 電子工学研究所との学術国際交流協定

締結年月	相手国機関名	協定名	研究分野
1993年6月	ドイツ国マックス・プランク 固体研究所	学術交流に関する協定	工 学
2002年7月	ドイツ国ブッペルターール大学	学術・学生交流に関する協定	工 学
2002年7月	中国科学院上海技術物理研究所 紅外物理国家重点実験室	学術交流に関する協定	工 学
2007年1月	ウクライナ国立アカデミー V.E.ラシュカリョフ 半導体物理研究所	学術交流に関する協定	工 学
2007年3月	スペイン国マドリード工科大学 マイクロエレクトロニクス研究所	学術交流に関する協定	工 学
2009年9月	ロシア連邦サンクトペテルブルグ 国立工業大学	学術交流に関する協定	工 学

## 5. 国際交流

2010年12月	ドイツ国ルール大学ボッフム校	学術・学生交流に関する協定	工 学
2011年10月	ブルガリア王国 国立図書館研究・情報技術大学	学術・学生交流に関する協定	情報学

表5-3 電子工学研究所教員が関わった大学間交流協定

締結年月	相手国機関名	協定名	研究分野
1999年3月	ポーランド国ワルシャワ工科大学	学術・学生交流に関する協定	工 学
1999年9月	中国浙江大学	学術・学生交流に関する協定	工 学
2002年7月	ドイツ国ブッパタール大学	学術・学生交流に関する協定	工 学
2004年3月	ルーマニア国アレクサンドル・イ アン・クザ大学	学術・学生交流に関する協定	工 学
2007年5月	ベラルーシ国ゴメルステート大学	学術・学生交流に関する協定	工 学
2007年7月	インド国アンナ大学	学術・学生交流に関する協定	工 学
2008年6月	チェコ国マサリク大学	学術・学生に関する協定	工 学
2009年3月	ラトビア国リガ工科大学	学術・学生に関する協定	工 学
2010年5月	インドネシア国インドネシア大学	学術・学生交流に関する協定	工 学
2010年1月	大韓民国プサン大学	学術・学生交流に関する協定	工 学
2010年8月	ドイツ国 ブラウンシュバイク工科大学	学術・学生交流に関する協定	工 学
2011年6月	ブルガリア国ソフィア大学	学術・学生交流に関する協定	工 学
2012年1月	ハンガリー国オブダ大学	学術・学生に関する協定	工 学

### 5.4 外国人客員教授の受入

当研究所では、外国人客員教授籍を1ポスト分確保しており、毎年のべ人数として3名招聘している。また、特別教育研究経費「異分野技術の融合による革新的画像工学創成事業」により、多くの外国人客員教授を受け入れている。

(資料5-3 外国人客員教授の受入状況)

### 5.5 外国人研究者の受入

表5-4に外国人研究者の受入状況を示す。前述の外国人客員教授、学術国際交流協定校の研究者の他にも、多くの国から外国人研究者を招聘している。アメリカ、カナダ、イギリス、ドイツ、フランス、スペイン、イタリア、オランダ、ポーランド、ベルギー、韓国、インド、インドネシア、スリランカ、マレーシア、タイと広範囲にわたっている。

