

CREST「次世代エレクトロニクスデバイスの創出に関する革新材料・プロセス研究」 研究領域事後評価報告書

総合所見

研究総括は、日本の半導体産業の再興を目指すという崇高なビジョンの下、基礎、応用、実用化に亘る本人の経験に基づいた高い見識を活かして、研究総括の思い、意図や期待をより具体的で分かり易い形で研究代表者に直接伝え、強力なリーダーシップを発揮し、本研究領域をマネジメントした。その結果として、国際的にも優れた多くの研究成果に結びつけた。

論文発表数は 886 件、口頭発表数は 2,339 件であり、その中には国際的に主要な論文誌や国際学会への発表も十分にある。また、国内外での顕彰・受賞も多い。以上の研究実績は本研究領域の成果が国際的に十分に高いレベルにあることの証左である。

本研究領域の研究成果から将来起こりうる科学技術イノベーションの可能性を判断することは難しいが、基本発明に基づく国際出願が多い事実は科学技術イノベーションに資することが期待される重要な成果が数多く得られていることを裏付けている。

本研究領域で優れた成果を挙げた研究課題の多くは次に続く大型研究資金を獲得しており、実用化へ向けての発展が期待される。

シリコン CMOS(相補型金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ)デバイスの微細化限界が近づいている状況で、この限界を越える可能性に果敢に挑戦するテーマが選定されたことは、時宜にかなったものであった。また、研究総括は研究チーム内のグループ再編や研究者の目的意識付けなど本研究領域のマネジメントに大変な手腕を発揮した。

以上を総括し、本研究領域は総合的に優れていると評価できる。

I. 研究領域としての成果について

1. 研究領域としての研究マネジメントの状況

次世代のデバイス創生を目標とし、将来の技術動向を踏まえた上で、革新的な研究課題とそれを遂行する優秀な研究代表者が数多く採択された。また、最先端半導体技術全般をカバーするために、領域アドバイザーとして、異なる専門分野から発言力のある有識者を選任することで、各研究チームに的確なアドバイスができる体制が構築された。

研究総括が基礎、応用の何れにも長けているため、実用化を目指しつつも基礎研究を怠らないマネジメントが強力なリーダーシップの下で推進された。

特筆すべき事例として、研究の目標やフェーズの違いにより、3つのカテゴリー(Discovery Science/DS型、Disruptive Technology/DT型、Fusion Devise/FD型)に研究課題を分類した研究マネジメントを挙げることができる。これにより、研究総括の思い、意図や期待(DS型：特性の達成だけでなく普遍的原理を追求する、DT型：漸次の性能向上ではなく従来技術を完全に置き換える革新技术を追求する、FD型：シリコン CMOS と新技术を融合し飛躍的性能向上を目指す)が的確に伝わり研究代表者が目的意識付けされ、その結果

として、優れた成果に繋がった。

また、合計 80 回に亘るサイトビジットと個別面談、実用化シナリオの明確化、加速資金の付与、チーム内のグループ構成の再編、ベンチマークによる各研究課題の優位性判定等は、十分なマネジメントの証左である。

さらに、本研究領域に続く研究資金の獲得に向けて尽力し ACCEL、CREST、ERATO、NexTEP、ImPACT、START、IT イノベーションプログラム、科研費特別推進研究等の研究資金獲得や企業との共同研究等、本研究領域終了後の展開への道筋を作った。

以上により、本研究領域の研究マネジメントは特に優れていたと評価できる。

2. 研究領域としての戦略目標の達成に資する成果

(1) 得られた研究成果の科学技術への貢献

論文発表数は 886 件(内国際論文発表 869 件)、口頭発表数は 2,339 件(内国際学会口頭発表 1,168 件)であり、その中には Nature、Physical Review Letters、Journal of Applied Physics 等、あるいは IEDM (International Electron Devices Meeting)、SSDM (International Conference on Solid State Devices and Materials)等に代表される国際的に主要な論文誌や国際学会への発表も十分にある。また、国内外での顕彰・受賞も 23 件に及ぶ。以上の研究実績は本研究領域の成果が国際的に高いレベルにあることの証左であり、十分に高く評価される。

具体的には、鳥海チームの高品質ゲルマニウム界面実現のための理論解析と世界トップの移動度実現という事実裏付けられた指導原理の提示、大毛利チームのナノデバイスのピコ秒物理の解析におけるナノサイズ・ピコ秒領域の雑音解析という新しい研究領域の創出、前川チームのスピン트로ニクス理論構築とシミュレーションによる機能・材料探索における世界を先導する基礎的な取り組み、また湯浅チームの金属/機能性酸化物複合デバイス研究におけるサブナノ秒のパルス電界を用いた双方向磁化反転の成功などを例示することができる。

以上により、研究成果の科学技術への貢献については、高い水準にあると評価できる。

(2) 研究成果の科学技術イノベーション創出への貢献

本研究領域の研究成果から将来起こりうる科学技術イノベーションの可能性を判断することは難しい。しかし、特許出願数が 166 件あり、その中に基本発明に基づく国際出願が 66 件もあるという事実は、将来科学技術イノベーションに資することが期待される重要な成果が数多く得られていることを裏付けている。

具体的には、佐々木チームのレーザー光源結晶の開発において、産業界から要請される数値目標を大きく超える品質を達成しただけでなく、出口シナリオを考えて企業と連携し、最終的にマスク検査装置への実装までこぎつけた事例、木下チームの EUV 光源の発生システムにおいて、当初目標の 1000 倍の出力が得られた事例、また神谷チームが実現した評価ステーションにおいて、ナノ領域の集積デバイスにおける多層配線構造の破壊リスク定量化を可能にした事例などを挙げる事ができる。

これらに代表される研究開発成果を産業として実用化するためには、引き続き実用化研究を続ける必要があるが、イノベーションの起点となるアイデアを提案、実証した点は高く評価される。

以上により、研究成果の科学技術イノベーション創出への貢献については、高い水準にあると評価できる。

II. 研究領域の活動・成果を踏まえた今後の展開等についての提言

1. 本研究領域の活動や成果を、科学技術の進歩へと展開させるための方策

半導体の微細化、高集積化に技術的限界が見えつつある昨今、ムーアの法則の終焉が指摘されている。このような状況において、ポスト シリコン CMOS に繋がっていく革新的な材料、プロセスおよびデバイスへの期待は決して失われるものではない。また、スマートフォンの次に来る革新的なデバイス、システムおよびサービスの創出に資する革新技術開発に向けて国際的競争は益々激化するものと思われる。

よって、本研究領域で得られた優れた研究成果については、さらに研究資金を投入し実用化に向けて尽力する必要がある。同時に、全く新しい発見、発明のために本研究領域と同様な実用化を目指した基盤研究領域を継続的に運営する必要がある。

2. 本研究領域の活動や成果を、社会還元や産業化・実用化に向けて実現させるための方策

日本の半導体産業を継続的に発展させるためには知財戦略は重要である。本研究領域で得られた知財についても出願戦略、特に海外への出願戦略を慎重に検討し、将来日本の半導体産業が世界と戦うための強力な経営資源となるように努める必要がある。

本研究領域の成果を実用化につなげるためには、本研究課題で使った研究費の数十倍規模の研究開発投資を行う必要がある。そのためにはベンチマークをさらに進め、既存のデバイス技術、プロセス技術に対して本研究成果の優位性がどの程度なのかを客観的に判断できるようにする必要がある。

3. その他の提言

次世代エレクトロニクスデバイスの創出に資する革新材料・プロセスについては、米国、欧州をはじめとして世界的にも活発な研究開発が進められており、今後もこの傾向は続くと考えられる。本研究領域の成果の一つとして、一流の研究者が一堂に会し研究ネットワークが形成されたことが挙げられる。本研究ネットワークを今後も維持し研究に活かす仕組み、方法を考える必要がある。

産業界の大きな変化を受け、半導体産業への国としてのかかわり方に関して、再考すべき時になっていることも事実である。よって、日本の産業活性化のための半導体関連技術の位置づけやその研究開発の必要性について検討し、日本の科学技術政策として提案することが重要である。

以上