

# プロジェクト事後評価報告書

評価委員会日時：平成18年2月21日14時—16時55分

評価委員会委員長及び委員名：

佐々木孝友 大阪大学大学院工学研究科教授・  
先端科学イノベーションセンター副センター長（委員長）

上江洲由晃 早稲田大学理工学部物理学教授

鶴見敬章 東京工業大学大学院理工学研究科教授

一ノ瀬昇 早稲田大学理工学部・大学院理工学研究科教授

記入年月日：平成18年3月15日

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| プロジェクト名                           | 欠陥制御ダイナミクスによる光機能化に関する研究の推進   |
| プロジェクト責任者名及び所属・役職                 | 北村健二<br>物質研究所 光学単結晶グループ ディレクター   |
| ①【実施期間、使用予算、参加人数】（研究責任者記入）        | 実施期間：平成12年度～平成16年度<br>使用予算（期間合計）：運営費交付金；429.8百万円<br>外部資金；257百万円<br>参加人数：13人（平成16年度）<br>（専任職員3人、ポスドク3人、外来研究員4人、技術補助2人、事務補助1人）   |
| ②【研究（プロジェクト全体）の目的、目標、概要】（研究責任者記入） | <p>研究目的及び具体的な研究目標：</p> <p>本プロジェクトでは、21世紀のキーマテリアルである誘電体光機能単結晶材料の開発を目標とし、研究機構の本来的な研究姿勢である、材料の高純度化を通じた材料開発、単結晶育成技術の開発、光機能特性評価の標準化を行う。さらに開発された材料を用いて、外部研究機関との共同研究を通して、デバイス、システム開発の問題点を材料開発にフィードバックする。ここにおいて主たる研究項目は以下のように設定する。</p> <p>I. <u>外因性欠陥制御に関する研究</u>：外因性欠陥（不純物等）の制御は、るつぼ材の高純度化、充填原料、供給用粉末原料の高純度化、高純度結晶質顆粒粉末の作成等に関する研究を行い、るつぼ材メーカー、原料メーカーとの連携による高純度化技術開発を推進する。</p> <p>II. <u>単結晶育成技術の開発および高度化</u>：原料供給システムを用いた二重るつぼ単結晶育成法の開発を行い、これを利用した精密組成制御により真性欠陥発生ダイナミクスと欠陥構造、密度制御に関する研究を行う。さらに、原料供給を備えた二重るつぼ法における熱および物質移動の解析を通し、二重るつぼ構造の最適化を目指す。</p> <p>III. <u>材料特性・機能特性評価法の確立および標準化</u>：光機能材料としての基本特性、機能としての性能特性等の評価法を検討し、標準化した評価法を確立する。また、評価した結果は単結晶育成へフィードバックする。</p> <p>IV. <u>光機能素子、システムの応用開発と実用化に向けた企業との連携</u>：上記の基礎研究成果として得られる材料を、光波長変換、光変調、光メモリーとしてデバイス化、システム化を図り、材料へのフィードバックをかけながら民間企業への技術移転を推進する。</p> <p>研究計画概要：</p> <p>当研究機構は、独自に蓄積した単結晶育成技術に基づき、結晶中の欠陥を精密に制御することにより、非常に特性の優れた強誘電体単結晶材料を合成できる端緒を発見するに至った。このようなシーズ的成果をさらに発展させ、緊急に実用化につなげるためには、複数分野の専門家の連携協力が不可欠であり、本研究では多数の民間企業等と緊密な協力関係を構築してその人材を結集する。この目的</p> |

|   |   |
|---|---|
|   | <p>の元に、高品質光機能酸化物単結晶（特に高機能ニオブ酸リチウム(LN)、タンタル酸リチウム結晶(LT)を主対象として）の実用化に向けた研究開発を、Ⅰ. 外因性欠陥制御に関する研究、Ⅱ. 単結晶育成技術の開発および高度化、Ⅲ. 材料特性・機能特性評価法の確立および標準化、Ⅳ. 光機能素子、システムの応用開発と実用化に向けた企業との連携の項目別に研究を推進する。</p>  |
| <p>③【全研究期間の成果等（プロジェクト全体）】<br/>（成果、効果、波及効果は、研究責任者記入）</p>       | <p>研究成果（アウトプット）、社会・経済等への効果（アウトカム）、波及効果（インパクト）：<br/>本プロジェクトの成果まとめ</p> <p>Ⅰ. <u>外因性欠陥制御に関する研究</u>では、るつぼ材、耐熱材等からの不純物混入を制御し、鉄で0.2ppm以下に抑えた。またるつぼ構造の最適化を、数値解析を通して行った。さらに、長年達成できなかったタンタル酸リチウムの欠陥構造解析を、SPring-8 施設を利用して行うことができた。</p> <p>Ⅱ. <u>単結晶育成技術の開発と高度化</u>では、二重るつぼ法を用いた不定比欠陥制御単結晶育成法を発展させ、育成の全プログラム化、歪みと温度分布の数値解析から、現在の商業化に必須である4インチ径単結晶の高品質化を果たした。ほぼ無歪み、無欠陥化を達成し、不定比欠陥密度も最大2桁低減できた。</p> <p>Ⅲ. <u>光材料機能特性の評価法と標準化</u>では、特に分極反転特性や電気光学特性の測定法において、試料厚、電極種、電界印加法による測定値の依存性を明確にした。さらに拡散、熱伝導率という欠陥に鋭敏な特性評価を成し遂げた。これらの評価は、材料の高品質化を果たせたことにより可能となり、実際のデバイス加工において基盤的知見となっている。</p> <p>Ⅳ. <u>応用開発と企業との連携</u>では、機構から起業されたオキサイド、SWINGを中心に特許が実施許諾され、商業化への道を切り開いた。また、本プロジェクトは、デバイスへの応用において世界的に注目されてきている中で、先導的に材料開発を行えたことは、今後の知的財産化においても大きく貢献できると考える。</p> <p>論文：23+29.3件*、プロシーディングス：17+4.8件*、総説・解説：5+4.5件*、招待講演数：16+10.8件*<br/>特許出願：40件、登録：22件、実施許諾：12件（それぞれ平成12年度～16年度の期間合計、国内と国外は別件扱い）<br/>*：+の前の数値は平成12年度+13年度のプロジェクト関連値、+の後ろの数値は平成14年度～16年度の寄与率を考慮した値。</p> |
| <p>【評価の観点】{評価項目}</p>  | <p>コメントと評価結果<br/>（各評価の観点（研究の必要性、効率性、有効性）において、コメントを記入の後、4段階評価を記入してください。最後にプロジェクト全体のコメントを記入し、総合評価基準を4段階で記入してください。）</p>  |
| <p>④【研究の必要性】<br/>{科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、国費を用いた研究開発としての意義など}</p> | <p>本プロジェクトは、将来の光・電子応用分野で重要となる、汎用性のある酸化物誘電体結晶のニオブ酸リチウム(LN)およびタンタル酸リチウム(LT)について、独自に蓄積した結晶技術を用いて欠陥を大幅に減らし、光デバイスとして実用レベルの大きさに育成する技術を開発したものであり、科学的・技術的意義が大きい。また、国際的にも評価されている研究であり、国費を投じて行う研究開発として十分意義があると考えられる。</p> <p>具体的には、欠陥がクラック等の物性に及ぼす影響などの基礎的な研究から、独創的な工夫をこらした引き上げ方法、数値解析法、自動単結晶育成などの育成技術の高度化により良質の単結晶を作製し、単結晶やデバイスを作製・販売するベンチャー企業まで展開しており、科学的・技術的インパクトが大きい。また、企業との連携やベンチャー企業立ち上げにおいては社会的・経済的効果が認められる。</p>  |

|   |   |           |          |          |
|---|---|-----------|----------|----------|
| 評価基準  | S：特に優れている。  | ○A：優れている。 | B：普通である。 | F：劣っている。 |
| ⑤【研究の効率性】<br>〔研究計画及び実施体制の妥当性、研究資源の配分、費用対効果など〕   | プロジェクト全体で4つの研究項目に分かれているが、各々の研究項目の研究計画、実施体制等は十分であった。外部資金も潤沢であり、研究成果に活かされている。また、費用対効果も十分であると考えられる。プロジェクト実施に当たっては、企業との連携、外国機関との共同研究、ベンチャー企業の設立などを積極的に進めている。特に産学独連携による応用研究を推進した点は高く評価できる。オキサイドやSWINGというベンチャー企業の立ち上げの成功は、製造業ベンチャーのモデルになるものと思われる。   |           |          |          |
| 評価基準  | ○S：特に優れている。   | A：優れている。  | B：普通である。 | F：劣っている。 |
| ⑥【研究の有効性】<br>〔直接の成果（アウトプット）、新しい知の創出への貢献、研究開発の質の向上への貢献、社会・経済等への効果（アウトカム）や波及効果（インパクト）、実用化・事業化の見通し、知的基盤の整備への貢献、目標の達成度など〕 | <p>論文発表数、特許出願数などは多数あり申し分ない。その中で、2重るつぼ法の開発、これを用いたLN、LT結晶の育成や育成した単結晶の評価技術の開発、ストイキオメトリー結晶における諸物性の向上と特に分極反転電界の低減の発見など、多くの貴重な成果が得られている。</p> <p>今回開発した育成技術は、良質な結晶の低コスト化に不可欠であり、また他の工業用大型結晶育成にも適用可能な汎用性を持つものであり、有用性が高い。</p> <p>本プロジェクトのアウトプットは、単結晶やデバイスを扱うベンチャー企業による製品化であり、目標は達成されている。技術開発の内容が、ベンチャー企業で即活用できるのもメリットである。単結晶育成のベンチャー企業オキサイドで、第2期以降に利益が出るようになったことは評価される。しかし、この分野の産業は発展途上なので、大きなアウトプットはこれからに期待したい。ただ波及性に関して、大きくは望めない。</p>  |           |          |          |
| 評価基準  | S：特に優れている。  | ○A：優れている。 | B：普通である。 | F：劣っている。 |
| ⑦【総合評価】<br>プロジェクトに対する総合的な所見をご記入下さい。   | <p>本プロジェクトは、次世代の光・電子応用分野で重要となるLN、LTについて、単結晶育成技術の高度化、結晶評価技術の開発、さらには応用まで、プロジェクトリーダーのリーダーシップのもと強力に推進したもので、国際的にも高く評価されている多くの貴重な研究成果が得られている。論文数、特許出願数、産学独連携、事業化への取り組みなども申し分なく、今後の公的研究機関の研究のあり方を示した点でも、優れていると評価できる。中間評価で指摘された点の改善も見られ、さらに成果を上乗せしている。</p> <p>本プロジェクトは、ストイキオメトリーのLN、LTの解明により単結晶を作製し、特性を評価し、4インチ単結晶の実用化および事業化を達成しており、単結晶の作製・評価・実用化という、3つの目的を非常にバランス良く推進しており、プロジェクトとして成功している。</p> <p>オキサイドというベンチャー企業を立ち上げ、利益も出せる状態にあることは、今後のベンチャー企業のモデルになるものと思われる。また、研究機構内インキュベーションによりベンチャー企業 SWING を立ち上げ、基礎研究から実用化開発という新しい方向性を示したことも評価される。さらなる発展を期待している。総合評価はSとAの中間のA+とする。</p> |           |          |          |
| 総合評価基準  | S：特に優れている。  | A：優れている。  | B：普通である。 | F：劣っている。 |