

# 【新学術領域研究（研究領域提案型）】 理工系



## 研究領域名 特異構造の結晶科学： 完全性と不完全性の協奏で拓く新機能エレクトロニクス

東京大学・生産技術研究所・教授 藤岡 洋

研究課題番号：16H06413 研究者番号：50282570

### 【本領域の目的】

結晶は規則的に周期配列した原子から構成されており、その周期性を乱す領域は、従来欠陥として結晶中から無条件で排除されるべきものと考えられてきた。実際、20世紀後半以降の情報化社会の爆発的発展を支えたエレクトロニクスは欠陥のない完全結晶の結晶学・物理学の上に成り立っていた。一方、本領域では欠陥を含む不完全な結晶の特異な性質に焦点をあてる。つまり、本領域では、完全結晶が最も優れた材料であるという先入観を捨て、完全性を乱す領域を意図的に導入した欠陥を含む結晶構造（特異構造）の物性を詳細に解析・理解することを目指す。また、この研究成果を基に、完全結晶と結晶欠陥が共存する特異構造の結晶科学を構築する。さらに一步先に進んで、積極的に特異構造を利用することによって、Ⅲ族窒化物をはじめとするさまざまな半導体結晶を用いて現在のエレクトロニクス技術では達成し得ない高い性能を持った新機能エレクトロニクスの創出もあわせて狙う。

### 着眼点

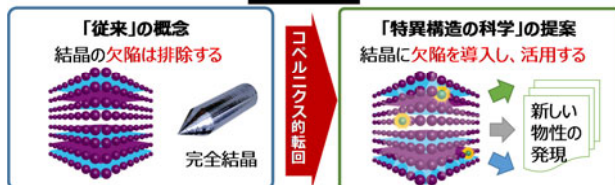


図1 提案の概要

### 【本領域の内容】

本領域の研究実施内容は、特異構造の作製方法、評価・解析手法、素子作製技術、理論構築など広範なテーマを含む。従って、異分野の研究者間の協力体制の構築が重要となる。電子工学、反応化学、理論固体物理、実験物性物理、材料工学などの分野の研究者で構成される以下の研究グループを設置して、特異結晶の科学の開拓と構築、さらには新規エレクトロニクスへの応用展開を目指している。

本提案のメンバーは、

A01：特異構造の作製と拡張結晶学の構築

A02：特異構造の作製と新規エレクトロニクス展開

B01：特異構造の局所結晶評価と欠陥物性

B02：特異構造の光物性解明と機能性探索

という4つの研究グループのいずれかに属し、連携しながら研究を進めていく。A01 および A02 はともに特異構造作製を行うが、A01 は結晶成長を中心に、A02 は素子作製プロセス技術の開発を中心に研究を進める。B01 は特異構造結晶の構造評価を B02 は物性評価とその理論解析を担当し、評価結果を

A01 と A02 にフィードバックするとともに、特異構造により発現する機能を見出し、新規の学術分野を開拓する。また同時に、構造作製やデバイス開発の指針を A01 や A02 に提供する。

さらに一層の領域の発展のために若手研究者の斬新なアイデアを本領域にとり入れる目的で、当初よりの計画研究テーマに加え特異構造の作製技術・評価解析技術・素子応用技術、また、特異構造の基礎科学に関する理論構築などの分野で新しい研究テーマを公募する。



図2 研究組織の構成

### 【期待される成果と意義】

本領域の研究成果によって、完全結晶が最も優れた材料であるという考えがコペルニクス的に転回され、完全性を乱す領域を意図的に導入した欠陥を含む特異構造が新機能物性の宝庫であるとの新しい認識が広まると期待される。この欠陥構造を含む特異構造の科学を系統的に整理・理解することによって、新しい学術分野の発展が期待できる。応用技術への展開としては、従来から知られている照明、通信、情報処理、電力制御、創エネルギーといった応用に加えて、農学、医学、薬学、合成化学など様々な分野へ波及効果を及ぼす新しい工学を創出するものと期待される。

### 【キーワード】

**完全結晶**：原子が乱れなく完全に周期的に配列した結晶

**特異構造**：意図的に導入した結晶欠陥を含有し、完全結晶にはない特異で有用な物性を示す結晶構造

### 【研究期間と研究経費】

平成28年度～32年度

1,103,800千円

### 【ホームページ等】

<http://tokui.org/>

[hfujioaka@iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:hfujioka@iis.u-tokyo.ac.jp)



**Title of Project : Materials Science and Advanced Electronics  
 Created by Singularity**

Hiroshi Fujioka  
 (The University of Tokyo, Institute of Industrial Science,  
 Professor)

Research Project Number : 16H06413 Researcher Number : 50282570

**【Purpose of the Research Project】**

Crystalline materials comprise periodically arranged atoms. Traditionally, any disorders found in crystals have been regarded as structural defects that ought to be eliminated from the materials. Recent progress in solid-state electronics, which has led to the explosive development of the information society, is in fact based on the crystallography and physics of these perfect crystals. However, our “singularity-structure project” is trying to introduce a Copernican revolution in this notion: it aims to focus on imperfect crystals which contain intentionally introduced defects. We are trying to understand the basic characteristics of the defects embedded in perfect crystals, which we define as “singularity structures.” We would like to lay the foundations for a new discipline within crystallography and for the physics related to crystals with imperfection. Furthermore, we will try to fabricate functional electronic devices—that cannot be achieved with conventional perfect crystals—by having these devices take advantage of the versatile physical properties of singularity structures.

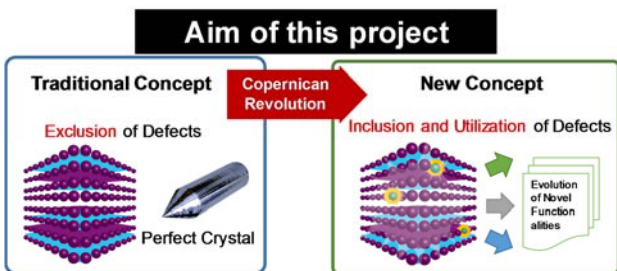


Figure 1 Basic concept of this project.

**【Content of the Research Project】**

This project covers various research topics such as the preparation/characterization of singularity structures, device fabrication with singularity structures, and theory for new crystallography and physics for singularity structures. This study will necessitate close collaboration among scientists from various fields, such as electrical engineering, chemistry, and theoretical/experimental physics. The work on the project will be divided into four areas:

A01: Crystal growth and construction of extended crystallography,

A02: Processing and application for novel electronics,

B01: Structural characterization of defects and their properties,

B02: Optical characterization of defects and their properties.

In addition to our own research plans, we intend to incorporate innovative ideas from young researchers by collecting their plans on all topics related to singularity structures.

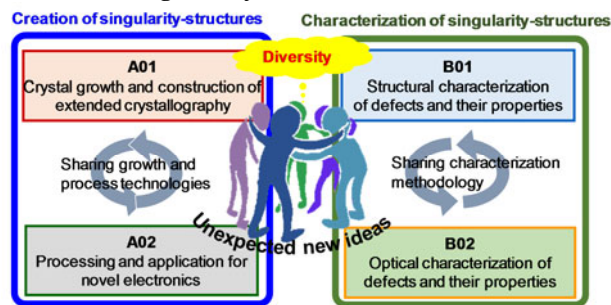


Figure 2 Organization chart of this project.

**【Expected Research Achievements and Scientific Significance】**

At the end of this project, our achievements will make obsolete the notion that perfect crystals are the best materials for crystallography; furthermore, we will explain that crystals with defects are the treasure houses of new functionalities. We expect singularity structures to not only be applied to conventional applications, such as lighting, communication, data processing, power control, and energy generation, but also to new fields such as agriculture, medicine, pharmacy, and chemical synthesis.

**【Key Words】**

**Perfect crystal** : Crystals that comprise in perfectly periodically-aligned atoms.

**Singularity crystal** : Imperfect crystals which contain intentionally introduced defects.

**【Term of Project】** FY2016-2020

**【Budget Allocation】** 1,103,800 Thousand Yen

**【Homepage Address and Other Contact Information】**

<http://tokui.org/>  
[hfujioka@iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:hfujioka@iis.u-tokyo.ac.jp)