

(1) 元素戦略研究拠点紹介

東工大電子材料拠点

02

Tokodai Institute for Element Strategy (TIES)

細野 秀雄 hosono@mces.titech.ac.jp

東京工業大学 元素戦略研究センター

・当拠点の方針

電子材料領域は、過去および現在まで数多くの国プロがなされてきている。よって、これまでの電子材料の研究で定式化されたアプローチを意識的に避け、新しい切り口で新物質・新材料の探索と設計を試みる。地理的に近く、得意とするテーマや手法が相補的であることが、日常的に連携をして研究を進めるためには重要との考えから、東工大を拠点として、物質・材料研究機構、高エネルギー研究所を主な連携機関としている。また、PI は殆どが 40 歳台(発足時)として気鋭の研究者からなるチームとした。

・これまでの主な成果

A. 誘電体:

非ペロブスカイト系で高自発分極と高キュリー温度を有する $\text{HfO}_2\text{:Y}$ エピタキシャル薄膜を実現。また、室温から 400°C まで温度変化が小さい高誘電物質 ($\text{Bi}_x\text{La}_{1-x}\text{SiO}_5$) を見出した。その性能は自動車用のコンデンサーの工業規格を満たすものである。自動車用の圧電体として有望視されている CTAS ($\text{Ca}_3\text{TaAl}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}$) の 2 インチサイズの単結晶を育成し、実用に耐える特性を示すことを実証した。

B. 半導体:

- 1) 両極性ワイドギャップ半導体 ZrOS (前周期遷移金属系)、
- 2) 透明アモルファス酸化物半導体 $\text{ZnO-SiO}_2(\text{ZSO})$ 。仕事関数が 3.5eV と ZnO よりも 1eV も小さく、しかも殆どの物質とオーミック接触がとれる。電子注入層として高効率の逆構造 (IGZO のような n チャンネル TFT で駆動する際に有利) の有機 EL 素子を実現。また、超ワイドギャップアモルファス酸化物半導体とそれを用いた青色光の下でも安定な TFT の実現、
- 3) ヨウ素系透明半導体と発光材料 日本はヨウ素の世界第 2 の産出国であることに注目。塗布で作製できる高移動度 p 型透明アモルファス半導体 Cu-Sn-I (移動度 $\sim 10\text{cm}^2/\text{Vs}$)、毒性元素フリー高効率な青色蛍光体 $\text{Cs}_3\text{Cu}_2\text{I}_5$ 、一段の塗布で薄膜形成できる次元性を制御した白色蛍光体 Cs-Cu-I 、
- 3) 計算科学と実験により実現した新半導体 赤色発光する窒化物半導体 CaZn_2N_2 、 Cu_3N の両極性ドーピングと C-MOS デバイス
- 4) ナノギャップ電極と新系分子で単分子共鳴トンネルトランジスタを実現

C. 超伝導:

LnFeAsO で高濃度電子ドーピング実現し、複数の量子ビームを活用で、2 つの反強磁性母相に挟まれて超伝導領域が存在するという電子相図を明らかにした。また、 SmFeAsO_{1-x}

$\text{H}_x(\text{T}_c=48\text{K})$ のエピタキシャル薄膜の合成に成功した。

D. 電子化物(電子がアニオンとして働く物質):

アニオン電子が層間に存在する 2 次元物質 Ca_2N をはじめ、Materials Informatics の活用で多くの類似物質を報告。さらに 1 次元物質やアモルファス物質を見出した。層間にアニオン電子が閉じ込められていることを、SR 光 ARPES 測定よりバンド構造を実測し計算と比較することで実証した。また、2 D 電子化物はフェルミレベルを挟んでバンドの性格が反転しやすいのでトポロジカル物質になりやすいことを見出した。

E. 電子材料中の水素の状態と物性への影響:

殆どの材料には水素が不純物として含まれているが、その電荷を含め存在状態の解明はこれまで殆どなされていない。本 PJ ではそれを正面から取り上げた。すなわち、電荷の NMR による判定、微量の水素を検出する装置の開発、そして電子ドナーとしてのヒドリドイオンの利用、ディスプレイのバックプレーンとして応用されている当拠点が開発した IGZO-TFT の光劣化の原因と水素の関係などを明らかにした。ミュオンは水素の同位体と見做すことができるので、ミュオンスピン回転法が有力なプローブとして活用した。

・出口戦略

国際連携として本拠点が中心となって JSPS 研究拠点形成プログラムで University College London (UK), McGill Univ (Canada) と相補的な共同研究を開始した。また、元素戦略研究は東工大の 3 つの重点分野に筆頭に位置づけられ、今後とも大学として強力に推進することが決まっている。



図 1. 企業向け公開シンポジウム(2017)と新設された元素戦略研究センター棟(2016)

[拠点 WEB] <https://www.ties.titech.ac.jp/>