



## 二次元結晶を用いた水分解光触媒の開発

研究者所属・職名：大学院先端科学研究部（工）  
・教授

ふりがな いだ しんたろう  
氏名：伊田 進太郎

主な採択課題：

- [基盤研究\(A\)「二次元半導体ナノ結晶を用いた光エネルギー変換材料の創製」\(2015-2017\)](#)
- [新学術領域研究\(研究領域提案型\)「酸窒化物ナノシート光触媒の合成と光電気化学水蒸気電解」\(2019-2020\)](#)

分野：光触媒、ナノ材料化学

キーワード：半導体ナノシート、pn接合、反応サイト、水分解、水素生成

### 課題

●なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

水素は燃えても水になるだけで二酸化炭素を排出しないため、クリーンなエネルギーキャリアとして、研究・開発が長年進められている。しかしながら、現状では殆どの水素が天然ガスの水蒸気改質により製造されており、大量の二酸化炭素を排出する化石燃料に依存する社会の延長線上にいる状況である。このような中、水を水素源に用いる水分解光触媒等の人工光合成技術が期待されているが、依然としてその効率は低いという課題がある。

●研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

光触媒反応の効率が低い原因の一つは、再結合が支配的であるためである。半導体にバンドギャップ以上の光が照射されると、内部に電子と正孔が生成するが欠陥等があると水と反応する前に両者は再結合してしまう。再結合を抑制するためには、結晶性が高くキャリアが直ちに表面まで到達できる構造が良い。本研究では、厚さ1nm程度の二次元半導体結晶材料を用いて、再結合を抑制できる光触媒の開発に取り組んだ。

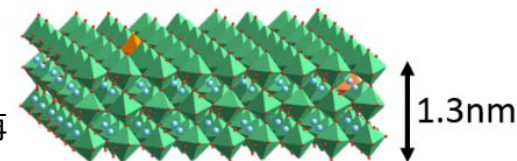


図1 ナノシートのイメージ図

## 二次元結晶を用いた水分解光触媒の開発

## 研究成果

## ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

水分解光触媒の分野では、半導体の光吸収で励起された電子と正孔の再結合を抑える理想的な構造の一つとして、p型半導体とn型半導体を接合したpn接合型の光触媒が検討されてきた。pn接合を形成すると半導体内部に電位勾配が形成されるため、生成した電子や正孔はその電位勾配を利用して空間的に分離されるため電荷分離が促進し再結合を抑制できる。しかしながら、通常の半導体粒子でpn接合型の光触媒を形成しようとすると、その界面で結晶性が低下したり、接合が点と点になるため、その効果を十分に発揮できない状況や、ナノ粒子を接合させても、空乏層を形成するだけの空間的スペースがないため、超薄膜pn接合は再結合抑制に寄与しないという指摘もあった。本研究では、このような課題に対して、二次元構造を持つ半導体ナノシートを利用すると面と面の接合をもつpn接合型光触媒を開発できると考え、p型、n型半導体特性をもつ半導体単結晶ナノシートの張り合わせにより、1nm程度の膜厚を持つpn接合型の光触媒の開発に取り組んだ。その結果、n型-チタニアナノシートとp型-酸化ニッケルナノシートの接合により厚さ1.3nmのpn接合の開発に成功した。さらに接合間で電位勾配が生じ、光酸化・還元反応が明確に分離され、表面再結合が接合により抑制されていることも実証した。その他、ナノシートを利用することで、原子レベルの分解能で光触媒の水素生成サイトの観察にも成功している。

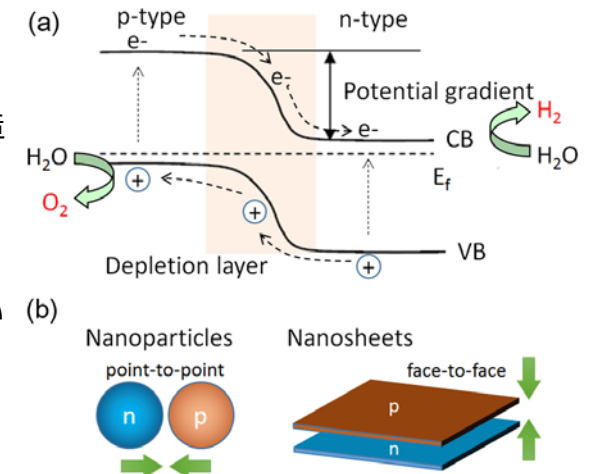


図2 (a) pn接合における電荷分離のモデル、(b) 粒子-粒子接合、シート-シート接合のモデル図。

## 今後の展望

## ●今後の展望・期待される効果

二次元半導体ナノシートを用いることで面接合のpn接合型光触媒の合成や原子レベルで反応サイトの解析ができるようになったため、水分解光触媒の分野で曖昧であった反応機構等の理解がさらに進み、さらに高効率な光触媒の開発が期待できる。ナノシート触媒の課題は、まだ利用できる光の範囲が狭いため、広い範囲の太陽光を吸収できる半導体ナノシートの開発が期待されており、現在は600nm以上の太陽光を利用できるナノシート光触媒の開発に取り組んでいる。