

日本—スイス 国際共同研究「分野」 2019 年度 年次報告書	
<b>研究課題名（和文）</b>	光電気化学および太陽電池駆動水分解による水素燃料製造
<b>研究課題名（英文）</b>	Hydrogen fuel generation via photoelectrochemical and photovoltaic driven water splitting
<b>日本側研究代表者氏名</b>	杉山 正和
<b>所属・役職</b>	国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 教授
<b>研究期間</b>	平成30年5月1日～平成33年6月30日

## 1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
杉山 正和	国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 教授	研究総括・太陽電池開発
佐藤 正寛	国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 助教	電解液／半導体界面のモデリング
今関 裕貴	国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 博士課程学生	半導体光電極の解析

## 2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

スイス側で作製した単結晶  $\text{Cu}_2\text{O}$  光カソードを高効率化するための GaN 表面保護層形成検討を進めるとともに、昨年度解析手法を精緻化した光 OCP 法による性能評価を並行して進め、高効率光カソードの実現をスイス側との密接な協力のもとに目指す。また、太陽電池と水電解の組み合わせによる水素製造における光起電力生成を担う InGaP/GaAs<sub>2</sub> 接合太陽電池の高効率化を進める。

## 3. 日本側研究チームの実施概要

$\text{Cu}_2\text{O}$  光カソードの高効率化に関して、スイス側で電気化学堆積法による  $\text{Cu}_2\text{O}$  光カソードの高品位化を進め、0 V vs. RHE にて光カソード電流  $6.4 \text{ mA cm}^{-2}$  を得ることに成功した。さらに基板との間に CuSCN 導電層を導入することで、光カソード電流-電圧特性の曲線因子を改善することに成功した。また、 $\text{Cu}_2\text{O}$  表面に製膜する GaN 保護層の低温製膜条件を検討した。

光電極の評価法として検討を進めてきた光誘起 OCP 法について、溶液の溶存酸素制御など安定した測定を可能にする手法を確立し、光アノードとしてヘテロエピタキシャル成長による GaN、単結晶基板である  $\text{TiO}_2$  および  $\text{SrTiO}_3$  について、光誘起 OCP の振る舞いを相互比較した。OCP の照射光強度の対数に対する傾きから、光電極の半導体材料が電解液との間で形成するダイオードの理想係数  $n$  が得られ、単結晶の STO に関しては  $n=1.1$ 、同じく単結晶の  $\text{TiO}_2$  に関しては照射光強度の増大につれて、ピニングが解けて  $n=2$  を経由して  $n=1.1$  への遷移が観察された。一方、結晶欠陥の多い GaN では OCP のピニングを解くのにかなりの光強度が必要であった。以上のように、本手法で光電極の結晶品位を評価することが可能になったので、現在  $\text{Cu}_2\text{O}$  光カソードの評価を進めている。

水電解に最適化された太陽電池の開発に関して、InGaP トップセルを高効率化するための成長温度検討を進め、InGaP 高温成長により開放電圧の向上に成功した。この成果を用いて、InGaP/GaAs<sub>2</sub> 接合太陽電池の効率 22.3%（無反射コーティングをつけると約 30%に相当）を達成した。一方、この太陽電池は水電解の駆動には電圧が過剰なので、GaAs ボトムセルによる電流律速の改善と合わせて量子井戸挿入 GaAs ボトムセルによる吸収端の長波長化に取り組んだ。微傾斜基板への成長で得られる波状量子井戸が、従来用いられてきた平坦量子井戸に比べて光励起キャリアの移動度を損ねずにバンドギャップの調整を可能にすることが判明し、今後の最適構造設計により水電解に適した 2 接合太陽電池の構築が可能になると見込まれる。