

InGaN 光陽極を用いた光水分解における光電気化学特性の In 組成依存性

In Composition Dependence of Photoelectrochemical Properties on Solar Water

Splitting using InGaN Photoanodes

日本電信電話(株) NTT 物性科学基礎研究所, °西中 淳一, 熊倉 一英

NTT Basic Research Laboratories, NTT Corporation, °Junichi Nishinaka and Kazuhide Kumakura

E-mail: junichi.nishinaka.dh@hco.ntt.co.jp

【はじめに】GaN の伝導帯・価電子帯は水の酸化・還元準位をまたぐように位置し、InGaN や AlGaIn を用いてバンドギャップや分極を制御できるため、窒化物半導体は光水分解や CO_2 の還元に適した光電極材料である[1]。これまで我々は、より長波長の光を吸収できる InGaN 光陽極を用いた光水分解の高効率・長寿命化の検討を行ってきたが、In 組成は 10% までであった[2]。そこで今回は、さらなる高効率化を目指して、In 組成 7–20% の InGaN 光陽極の光電気化学特性を調べた。

【実験方法】InGaN 光陽極を用いた水分解セルの構造を図 1 に示す。有機金属気相成長法により、サファイア基板上にアンドープ $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 100 nm / Si ドープ GaN 2 μm のヘテロ構造を成長した。その表面に MOD 材料を用いて NiO 助触媒を担持した。これを光陽極とし、陰極には白金線を用いた。電解液として、陽極側に 1 mol/L の NaOH 水溶液、陰極側に 1 mol/L の NaOH 水溶液または 0.5 mol/L の KHCO_3 水溶液を用いた。光源にはキセノンランプを用い、フィルタにより波長 600 nm 以上の光をカットし、特に 450 nm 以下の波長領域を AM1.5G のスペクトルに近づけた。このような光を光陽極に照射し、開放端電圧(OCV)を測定した。

【実験結果】光照射下における OCV の In 組成依存性を図 2 に示す。両極の電解液に NaOH 水溶液を用いた場合は、In 組成が増加するにつれて OCV が減少し、In 組成約 13% 以上で水分解可能な電圧 1.23 V を下回った。OCV の変化がバンドギャップの In 組成依存性と概ね同じ傾きであることから、OCV は伝導帯ポテンシャルの変化と相関があると考えられる。また、OCV が 1.23 V 以下になると InGaN のエッチングが顕著となった。そこで、pH の異なる電解液の化学ポテンシャル差を利用して OCV を増大させるため、陰極側の電解液に KHCO_3 0.5 mol/L を用いた。白金電極を用いて測定した両電解液の電位差は 0.27 V であり、pH 差から予想される電位差 0.30 V と概ね一致した。このように OCV を増大させることで、1.23 V を上回る In 組成を約 18% まで拡大することが可能で、外部電源フリーでの光水分解の高効率化に向けた指針を得ることができた。

[1] K. Fujii, T. Karasawa, and K. Ohkawa, *Jpn. J. Appl. Phys.* **44**, L543 (2005).

[2] 熊倉ほか、2019 年第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 18a-PB3-47 (2019).

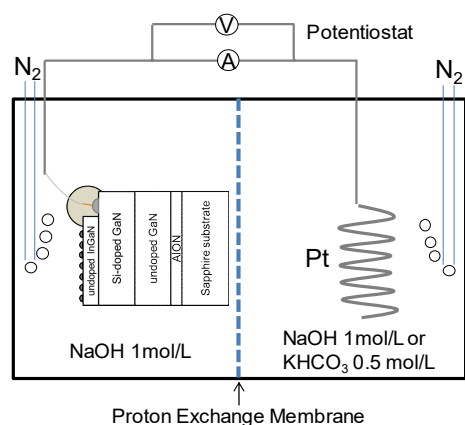


Fig. 1. Schematic image of photoelectrochemical cell using NiO/InGaN/GaN photoanode.

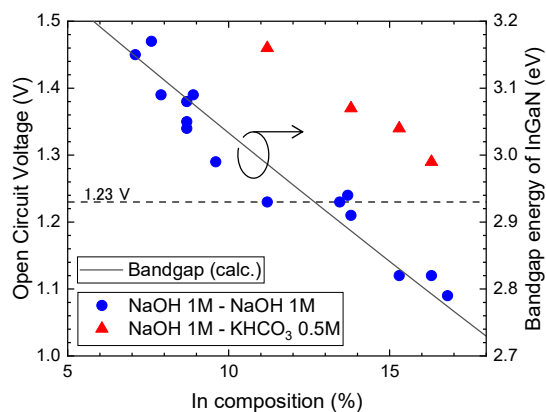


Fig. 2. In composition dependence of OCV using NaOH-NaOH (●) and NaOH-KHCO₃ (▲) as electrolytes. Solid line shows In composition dependence of calculated bandgap energy.