

# 窒化物半導体を用いた水素センサの研究

Keywords: 窒化物半導体、水素、界面

電気・電子機能分野 ワイドギャップ半導体グループ

色川 芳宏

IROKAWA.Yoshihiro@nims.go.jp | [https://samurai.nims.go.jp/profiles/irokawa\\_yoshihiro](https://samurai.nims.go.jp/profiles/irokawa_yoshihiro)



## 研究の背景

- 水素が材料に及ぼす影響については古くから研究されており、例えば、鋼材の水素脆化や半導体中ドーパントの不活性化等がよく知られている。
- 一方、半導体デバイスの動作特性も水素に影響されることが報告されており、その現象を利用した水素センサの研究開発が行われている。

## 研究の狙い

- 水素と半導体デバイスの相互作用については、次のようなモデルが提案されている。PdやPt等の電極金属に吸着した気相中の水素が乖離した後に、電極金属中を拡散して半導体界面に到達して電気二重層を形成した結果、デバイスの電気的特性が変化する。しかしながら、このモデルでは説明しにくい現象も報告されており、より厳密な相互作用機構の解析が求められている。

## 最先端研究トピックス

電極と半導体界面間に形成される電気二重層の存在を確認するために実験的・理論的手法の両面から取り組んだ。図1にそれぞれ窒素および水素雰囲気中において、Pt-AlGaN/GaNショットキーダイオードをインピーダンス測定した結果得られたナイキストプロットを示す。図1より、水素導入後においても、電気二重層の存在に伴うRC成分を示す新たな半円が現れないことがわかる。また、図2に第一原理計算によって得られたPd-SiO<sub>2</sub>界面の面内平均ポテンシャルの深さ方向分布を示す。図2より、水素吸着前後で面内平均ポテンシャルに大きな変化が見られない。以上の結果より、界面において水素が電気二重層を形成することは考えにくい。次に、Pt-GaNショットキーダイオードの電極と半導体界面に様々な絶縁膜を挿入して水素応答を調べた。その結果を表1に示す。表1より、挿入する絶縁膜の種類によって、水素応答が大きく変化することがわかる。さらに、Pt-SiO<sub>2</sub>-GaNダイオードの電流輸送機構を解析した結果、窒素中ではFowler-Nordheim tunnelingであったが、水素中ではPool-Frenkel emissionに変化した。この結果より、水素による絶縁膜の物性変化が本質的であることが予想される。

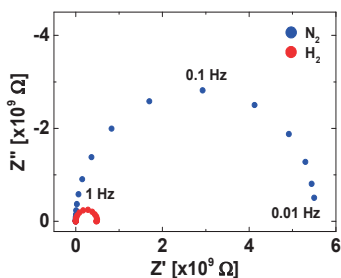


図1. Pt-AlGaN/GaN SBDのナイキストプロット

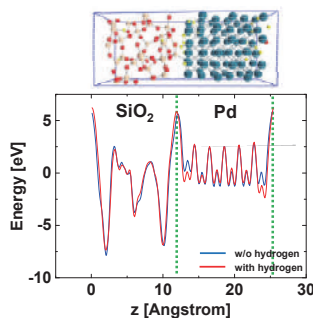


表1. 様々な素子の水素に対する感度

	Sensitivity (V)
Schottky diode	0.30
MIS diode (SiO <sub>2</sub> )	0.59
MIS diode (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> )	0.00

図2. 第一原理計算によって得られたPd-SiO<sub>2</sub>界面の面内平均ポテンシャルの深さ方向分布

## 文献

- ・Y. Irokawa et al., Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 128004 (2017).
- ・Y. Irokawa et al., Sensors **15**, 14757 (2015).
- ・Y. Irokawa, ECS Electrochem. Lett. **3**, B17 (2014).

## 応用分野と今後の展開

- 水素センサ
- 半導体デバイスの信頼性等

## 実用化へ向けた課題

- 提案するメカニズムの詳細な検討等