

半導体デバイス型水素センサの動作機構の研究

Investigation of the sensing mechanism in hydrogen sensors using semiconductor devices

○色川 芳宏¹ (1. 物材機構)

○Yoshihiro Irokawa¹ (1. National Institute for Materials Science)

E-mail: IROKAWA.Yoshihiro@nims.go.jp

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。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。

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-AlGa_{0.5}N/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[1]。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-SiO₂ 界面の面内平均ポテンシャルの深さ方向分布を示す[2]。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[3]。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-SiO₂-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。本研究の一部は、JSPS 科研費 26420286 の支援を受けた。

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 ₂)	0.59
MIS diode (Si ₃ N ₄)	0.00

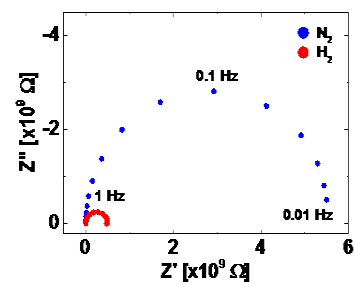


図 1. Pt-AlGa_{0.5}N/GaN SBD のナイキストプロット

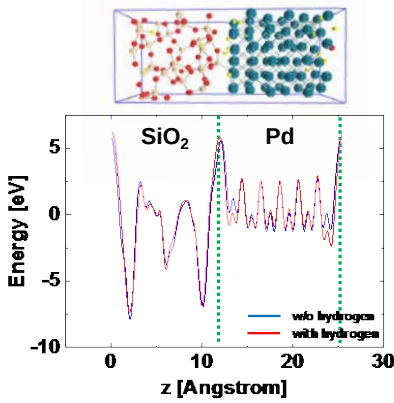


図 2. 第一原理計算によって得られた Pd-SiO₂ 界面の面内平均ポテンシャルの深さ方向分布

[1] Y. Irokawa, ECS Electrochem. Lett. **3**, B17 (2014).
[2] Y. Irokawa *et al.*, Sensors **15**, 14757 (2015).
[3] Y. Irokawa, J. Appl. Phys. **108**, 094501 (2010).