

高性能紫外線センサー

東北大とロームが共同開発

酸化物と有機物の界面機能を利用

バンドギャップが大きく、可視光領域で透明な性質を持つ酸化物半導体である酸化亜鉛(ZnO)を利用することで、紫外線のみに応答する光センサーを実現することができた。また、様々なタイプの光センサーの中で、金属/半導体ショットキー接合を利用した光起電力型のセンサーは、高い検出感度、高い応答速度、低消費電力などの観点から、応用上非常に重要である。しかし、酸化物半導体を用いる場合、欠陥の少ない良質なショットキー接合界面を実現することが困難だったため、従来の半導体を利用した可視光に応答する接合に比べて開発が大きく遅れている。

今回、PEDOT:PSSがZnOに対して、極めて良質なショットキー接合界面を形成することを利用して、PEDOT:PSS/ZnOショットキー接合型の紫外線センサーを開発した。PEDOT:PSSをZnO単結晶基板の上にピンコト法で塗布しただけの単純な構造であるにもかかわらず、波長250nmから400nmの紫外線領域で、ほぼ100%の光電変換率を持つという、理想的なショットキー特性が再現性良く得られた。

ショットキー接合を光センサーに適用する場合、できるだけ微弱な光にも応答できるようにするため、光が当たっていない状態での逆方向(暗)電圧印加時の電流(暗電流)を抑えることが非常に重要になる。接合界面に欠陥があると暗電流が大きくなるため、高性能な光センサーを実現するために、欠陥の少ない高品質なショットキー接合界面を実現する必要がある。

ショットキー接合の品質は、デバイスに順方向(正)電圧を印可した際の電流の挙動を理論式と比較することで評価することができる。今回開発したデバイスでは理論式と極めて近い挙動を示し、両層の間には高品質なショットキー接合界面が形成されていることが証明できた。また、暗電流の抑制については、ZnOを用いたショットキー接合でこれまでで最高の値を記録した。

ショットキー接合に光を照射すると、電圧0の時に電流が流れ(短絡電流)、電流0の時に電圧が発生する(開放端電圧)。入射光強度に対する短絡電流の大きさ(受光感度)を入射光の波長に対して評価することで、ショットキー接合型光センサーの波長選択性と光電変換効率が評価できる。作製したデバイスは、波長250nmから400nmの紫外光領域では大きな感度を示すが、波長400nmから800nmの可視光領域では検出限界以下の低感度であり、紫外線のみに応答する光センサーが実現できた。実際、250nmから400nmの領域における量子効率(光子・電子変換効率)はほぼ100%であり、理論上の限界値を実現している。

今回開発した高性能紫外線センサーは、通常の半導体デバイス作製に用いられる真空プロセスを使わず、簡便な短い工程で作製することができる。また、構成する材料が無害であるため、早期の実用化が期待できる。さらに、これまで独立に発展してきた有機エレクトロニクスと酸化物エレクトロニクスの融合を具現化したデバイスでもあり、学術的な意義も大きい。

バンドギャップが大きく、可視光領域で透明な性質を持つ酸化物半導体である酸化亜鉛(ZnO)を利用することで、紫外線のみに応答する光センサーを実現することができた。また、様々なタイプの光センサーの中で、金属/半導体ショットキー接合を利用した光起電力型のセンサーは、高い検出感度、高い応答速度、低消費電力などの観点から、応用上非常に重要である。しかし、酸化物半導体を用いる場合、欠陥の少ない良質なショットキー接合界面を実現することが困難だったため、従来の半導体を利用した可視光に応答する接合に比べて開発が大きく遅れている。

今回、PEDOT:PSSがZnOに対して、極めて良質なショットキー接合界面を形成することを利用して、PEDOT:PSS/ZnOショットキー接合型の紫外線センサーを開発した。PEDOT:PSSをZnO単結晶基板の上にピンコト法で塗布しただけの単純な構造であるにもかかわらず、波長250nmから400nmの紫外線領域で、ほぼ100%の光電変換率を持つという、理想的なショットキー特性が再現性良く得られた。

ショットキー接合を光センサーに適用する場合、できるだけ微弱な光にも応答できるようにするため、光が当たっていない状態での逆方向(暗)電圧印加時の電流(暗電流)を抑えることが非常に重要になる。接合界面に欠陥があると暗電流が大きくなるため、高性能な光センサーを実現するために、欠陥の少ない高品質なショットキー接合界面を実現する必要がある。

ショットキー接合の品質は、デバイスに順方向(正)電圧を印可した際の電流の挙動を理論式と比較することで評価することができる。今回開発したデバイスでは理論式と極めて近い挙動を示し、両層の間には高品質なショットキー接合界面が形成されていることが証明できた。また、暗電流の抑制については、ZnOを用いたショットキー接合でこれまでで最高の値を記録した。

ショットキー接合に光を照射すると、電圧0の時に電流が流れ(短絡電流)、電流0の時に電圧が発生する(開放端電圧)。入射光強度に対する短絡電流の大きさ(受光感度)を入射光の波長に対して評価することで、ショットキー接合型光センサーの波長選択性と光電変換効率が評価できる。作製したデバイスは、波長250nmから400nmの紫外光領域では大きな感度を示すが、波長400nmから800nmの可視光領域では検出限界以下の低感度であり、紫外線のみに応答する光センサーが実現できた。実際、250nmから400nmの領域における量子効率(光子・電子変換効率)はほぼ100%であり、理論上の限界値を実現している。

今回開発した高性能紫外線センサーは、通常の半導体デバイス作製に用いられる真空プロセスを使わず、簡便な短い工程で作製することができる。また、構成する材料が無害であるため、早期の実用化が期待できる。さらに、これまで独立に発展してきた有機エレクトロニクスと酸化物エレクトロニクスの融合を具現化したデバイスでもあり、学術的な意義も大きい。

東北大学原子分子材料科学高等研究機構の川崎雅司教授らは、ロームと共同で、酸化物と有機物で構成される界面の機能を利用した高性能紫外線センサーの開発に成功した。真空プロセスを使わず、簡便な工程で作製できる上、構成材料も安価で無害であるため、実用化は近いとみている。米国Applied Physics Lettersに掲載された。