慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	電界によるガス応答変調を利用した超低消費電力ガスセンサの実現
Sub Title	Low power consumption gas sensing based on modulation of sensor response by electric field
Author	田中, 貴久(Tanaka, Takahisa)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2024
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2023.)
JaLC DOI	
Abstract	本研究では，電界印加によって触媒金属表面のガス分解を変調することで低消費電力ガスセンサの実現を目指した．一般に触媒金属を用いたガスセンサでは，触媒作用を活性化させるため，高い温度が必要になる．センサを高温に維持するためには外部ヒーターが必要となり消費電力が増大する．そこで，電界印加によって触媒作用を活性化させることで，高温を必要としない低消費電力ガスセンサの創出を試みた． センサ材料としては，Ptナノ粒子が修飾されたグラフェンとPdナノ粒子が修飾されたグラフェンを用いた．電界の印加はセンサ上に滴下したイオン液体を介して行った．イオン液体の電気二重層を用いてナノ粒子表面に巨大な電界を印加し，水素ガスへの応答を検証した． Pdナノ粒子・ Ptナノ粒子のどちらもイオン液体滴下によって室温で水素へのセンサ応答が増大していることを確認した．ガスセンシングの電界強度依存性を調査した結果，Pdナノ粒子では電界効果移動度が強く電界に依存することがセンサ応答変調に寄与していることが明らかになった．この効果は，触媒作用の変調ではなく，グラフェンとイオン液体の相互作用から発現するものであるため，当初予想していたメカニズムとは異なる．一方，Ptナノ粒子では，電界印加により電界効果移動度の電界依存性だけでは説明できない変調効果が表れていた．これはPtナノ粒子については電界による触媒作用変調が有効であることを示唆している．Pdナノ粒子とPtナノ粒子で電界の効果が異なっていたのは，水素ガスとの相互作用の違いに起因すると考えられる．Pdナノ粒子では，水素ガスは表面で水素原子に分解された後，内部に吸蔵される．そのため，電界が金属内部へ侵入せず，電界による変調効果が確認できていない．一方Ptナノ粒子では金属内部への水素の吸蔵は発生しない．そのため電界による触媒作用の変調が確認できた． This study aims to realize a low power consumption gas sensor by modulating gas decomposition on catalytic metal surface via electric field application. In general, gas sensors using catalytic metals require high temperatures to activate the catalytic reaction. External heaters are required to maintain sensors at high temperature, leading to increase of power consumption. Therefore, we attempted to create a low power consumption gas sensor by activating catalytic reaction via electric field application. Graphene functionalized by Pt nanoparticles or Pd nanoparticles were used as gas sensors. The electric field was applied via an ionic liquid dropped on the sensor. The modulation of sensor response to hydrogen gas was investigated by applying electric field. For both Pd and Pt nanoparticle functionalized graphene, it was confirmed that the sensor response to hydrogen gas at room temperature increased with adding the ionic liquid. Investigation of the electric field dependence of sensor response revealed that the field effect mobility strongly influences the sensor response modulation of Pd nanoparticles functionalized graphene. The influence of field effect mobility, originating from the interaction between graphene and ion liquid, is different from the initially expected catalytic reaction modulation. On the other hand, in Pt nanoparticles functionalized graphene, modulation effects were observed that cannot be explained solely by the influence of field effect mobility. This suggests that modulation of catalytic reaction by the electric field is effective for Pt nanoparticles functionalized graphene. The difference in the effects of the electric field between Pd nanoparticles and Pt nanoparticles functionalized graphene is due to differences in their interaction with hydrogen gas. For Pd nanoparticles, hydrogen gas is decomposed into hydrogen atoms on the surface and then absorbed in bulk Pd. Electric field does not penetrate into the metallic bulk Pd, and modulation effects by the electric field cannot be observed. On the other hand, hydrogen is not absorbed into the bulk part of Pt nanoparticles, allowing observation of modulation of catalytic action by the electric field.
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2023000010-20230238

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

2024年12月18日

2023年度　学事振興資金（個人研究）研究成果実績報告書

研究代表者	所属	理工学部	職名	専任講師	補助額	1,000千円（特Ａ）
	氏名	田中 貴久	氏名（英語）	Takahisa Tanaka		

研究課題（日本語）

電界によるガス応答変調を利用した超低消費電力ガスセンサの実現

研究課題（英訳）

Low power consumption gas sensing based on modulation of sensor response by electric field

１．研究成果実績の概要

本研究では，電界印加によって触媒金属表面のガス分解を変調することで低消費電力ガスセンサの実現を目指した．一般に触媒金属を用いたガスセンサでは，触媒作用を活性化させるため，高い温度が必要になる．センサを高温に維持するためには外部ヒーターが必要となり消費電力が増大する．そこで，電界印加によって触媒作用を活性化させることで，高温を必要としない低消費電力ガスセンサの創出を試みた．

センサ材料としては，Ptナノ粒子が修飾されたグラフェンとPdナノ粒子が修飾されたグラフェンを用いた．電界の印加はセンサ上に滴下したイオン液体を介して行った．イオン液体の電気二重層を用いてナノ粒子表面に巨大な電界を印加し，水素ガスへの応答を検証した．

Pdナノ粒子・Ptナノ粒子のどちらもイオン液体滴下によって室温で水素へのセンサ応答が増大していることを確認した．ガスセンシングの電界強度依存性を調査した結果，Pdナノ粒子では電界効果移動度が強く電界に依存することがセンサ応答変調に寄与していることが明らかになった．この効果は，触媒作用の変調ではなく，グラフェンとイオン液体の相互作用から発現するものであるため，当初予想していたメカニズムとは異なる．一方，Ptナノ粒子では，電界印加により電界効果移動度の電界依存性だけでは説明できない変調効果が表れていた．これはPtナノ粒子については電界による触媒作用変調が有効であることを示唆している．Pdナノ粒子とPtナノ粒子で電界の効果が異なっていたのは，水素ガスとの相互作用の違いに起因すると考えられる．Pdナノ粒子では，水素ガスは表面で水素原子に分解された後，内部に吸蔵される．そのため，電界が金属内部へ侵入せず，電界による変調効果が確認できていない．一方Ptナノ粒子では金属内部への水素の吸蔵は発生しない．そのため電界による触媒作用の変調が確認できた．

２．研究成果実績の概要（英訳）

This study aims to realize a low power consumption gas sensor by modulating gas decomposition on catalytic metal surface via electric field application. In general, gas sensors using catalytic metals require high temperatures to activate the catalytic reaction. External heaters are required to maintain sensors at high temperature, leading to increase of power consumption. Therefore, we attempted to create a low power consumption gas sensor by activating catalytic reaction via electric field application.

Graphene functionalized by Pt nanoparticles or Pd nanoparticles were used as gas sensors. The electric field was applied via an ionic liquid dropped on the sensor. The modulation of sensor response to hydrogen gas was investigated by applying electric field.

For both Pd and Pt nanoparticle functionalized graphene, it was confirmed that the sensor response to hydrogen gas at room temperature increased with adding the ionic liquid. Investigation of the electric field dependence of sensor response revealed that the field effect mobility strongly influences the sensor response modulation of Pd nanoparticles functionalized graphene. The influence of field effect mobility, originating from the interaction between graphene and ion liquid, is different from the initially expected catalytic reaction modulation.

On the other hand, in Pt nanoparticles functionalized graphene, modulation effects were observed that cannot be explained solely by the influence of field effect mobility. This suggests that modulation of catalytic reaction by the electric field is effective for Pt nanoparticles functionalized graphene. The difference in the effects of the electric field between Pd nanoparticles and Pt nanoparticles functionalized graphene is due to differences in their interaction with hydrogen gas. For Pd nanoparticles, hydrogen gas is decomposed into hydrogen atoms on the surface and then absorbed in bulk Pd. Electric field does not penetrate into the metallic bulk Pd, and modulation effects by the electric field cannot be observed. On the other hand, hydrogen is not absorbed into the bulk part of Pt nanoparticles, allowing observation of modulation of catalytic action by the electric field.

３．本研究課題に関する発表

発表者氏名（著者・講演者）	発表課題名（著書名・演題）	発表学術誌名（著書発行所・講演学会）	学術誌発行年月（著書発行年月・講演年月）
田中 貴久, 内田 建	イオン液体被覆によるグラフェン水素センサの室温動作	第84回応用物理学会秋季学術講演会	2023年9月