

Doping Aluminium pada Zinc Oxide Nanorod untuk Deteksi Gas CO Menggunakan Mikrokantilever Mode Dinamis = Al Doping in ZnO-nanorods for CO Gas Detection Using Dynamic-based Microcantilever

Lia Aprilia, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20482411&lokasi=lokal>

Abstrak

Mikrokantilever (MC) telah banyak dipelajari untuk aplikasi sensor gas karena respon yang cepat, sensitivitas tinggi dan dapat dioperasikan pada suhu kamar. Agar dapat mendeteksi molekul gas karbon monoksida (CO) secara selektif, Al-doped ZnO nanorod (AZNR) dilapiskan pada permukaan MC (AZNMC). Pada disertasi ini, respon mikrokantilever yang dilapisi oleh ZnO nanorod terdoping Al terhadap gas CO diinvestigasi melalui perubahan frekuensi resonansi AZNMC. Selain itu, efek uap air terhadap adsorpsi CO dan sensitivitas sensor juga dipelajari.

Pada penumbuhan ZnO nanorod, seed (benih) ZnO dilapiskan pada permukaan mikrokantilever dengan teknik pelapisan dip-coating dan RF sputtering, lalu ZnO rod ditumbuhkan dengan teknik hidrotermal. Dengan menggunakan teknik dip-coating, ZnO rod tumbuh dengan kerapatan sangat rendah (sekitar 16 rod/mm^2) di permukaan MC. Di sisi lain, dengan teknik RF sputtering, ZnO nanorod tumbuh secara vertikal dengan kerapatan tinggi (sekitar 333 rod/mm^2) di permukaan MC pada kondisi pertumbuhan hidrotermal 60°C selama 2 jam.

Pada percobaan awal uji efek gas, ZnO mikrorod (ZMR) dilapiskan pada MC (ZMRMC) untuk mempelajari respon terhadap CO pada udara lembab. Pengukuran frekuensi resonansi ZMRMC ketika diberikan gas CO dilakukan dalam dua kondisi, yaitu, dengan air flushing (kaya uap air) dan tanpa air flushing (lebih sedikit uap air) yang memompa udara ke dalam chamber eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pergeseran frekuensi resonansi ZMRMC pada dua kondisi tersebut. Pada kondisi dengan air flushing, frekuensi resonansi menurun dan pada kondisi tanpa air flushing, frekuensi resonansi meningkat dengan adanya paparan gas CO. Sensitivitas didapatkan sekitar 9 fg/Hz . Selanjutnya, sebuah model berbasis kombinasi molekul air-CO diusulkan untuk menjelaskan hasil ini.

Untuk meningkatkan respon terhadap gas CO, aluminium (Al) atom di-doping pada ZnO nanorods dengan metode sputtering. Hasilnya, deteksi CO dengan AZNMC pada suhu kamar telah sukses dilakukan untuk pertama kali dengan peningkatan sensitivitas sekitar 7 fg/Hz . Meskipun AZNMC juga dapat mendeteksi gas senyawa karbon lainnya, seperti CO_2 dan CH_4 . Sensitivitas tertinggi didapatkan untuk gas CO. Adanya atom doping Al pada ZnO mungkin menjadi penyebab interaksi yang kuat antara ZnO nanorods dan CO, sehingga sensitivitas terhadap CO meningkat.

Karena deteksi gas dengan menggunakan oksida logam dipengaruhi oleh kelembaban dalam kondisi ambien, maka efek uap air terhadap deteksi CO dan sensitivitas sensor dipelajari pada berbagai kondisi kelembaban relatif. Diketahui bahwa energi adsorpsi memainkan peran yang sangat penting pada adsorpsi CO, sehingga menyebabkan peningkatan sensitivitas sensor. Selain itu, model untuk deteksi CO pada permukaan AZNR juga diusulkan untuk menjelaskan fenomena adsorpsi CO. Pada observasi Signal-to-noise ratio (SNR), didapatkan puncak sinyal dengan intensitas yang sangat tinggi dengan $\text{SNR} \sim 10^3$ yang menunjukkan sinyal yang sangat bagus dan dapat dipercaya.

Hasil riset ini mengindikasikan bahwa mikrokantilever yang dilapisi ZnO nanorod terdoping Al memiliki

kontribusi di masa depan untuk pengembangan detektor CO yang sangat sensitif dengan respon cepat dan dapat beroperasi suhu kamar.

A microcantilever (MC) is a promising tool for gas sensors due to its rapid response, high sensitivity and operation at room temperature. For sensor application, a sensitive layer is generally coated to effectively detect a target molecule. To selectively detect carbon monoxide (CO) detection, Al-doped ZnO nanorod (AZNR) was coated on the MC surface (AZNMC). In this research, response of the AZNMC toward the gas was investigated by its resonant frequency shift. Moreover, effect of water vapor to CO adsorption and sensor sensitivity was studied.

In the Zinc Oxide (ZNR) growth process, a seed layer was grown by hydrothermal method with dip-coating and RF sputtering coating technique. For the dipped seed layer, micro-sized rods with very low density (around 16 rod/mm^2) grew on the MC surface. On the other hand, vertically-aligned ZnO nanorods with high density (around 333 rod/mm^2) grew on the MC surface for the sputtered-seed layer at the growth condition of 60°C for 2 hours.

At initial performance test of gas effect, ZnO microrod (ZMR) was coated on the MC surface (ZMRMC) to study the MC response due to CO insertion in humid air. The measurement of resonant frequency of ZMRMC vibrations due to the CO gas was carried out in two conditions, that is, gas flow with (rich water vapor) and without (poor water vapor) air pumping into an experiment chamber. The results showed that the tendency for resonant frequency shift of ZMRMC due to CO in rich and poor water vapor conditions was different. At the first condition with air pumping, the resonant frequency decreased and at the second condition, the resonant frequency increased to CO exposures. The sensor sensitivity was about 9 fg/Hz . A water molecule-CO combination-based model was proposed to explain those results.

To increase the response toward CO, aluminium (Al) atom was doped on the ZnO nanorods (AZNR) by sputtering method. We firstly succeeded to detect CO by using AZNMC at room temperature. A remarkable improvement of the CO gas sensing response of around 7 fg/Hz was observed. The MC with AZNR also detected other carbon compound gases, i.e., CO_2 and CH_4 gases. However, the highest sensitivity was observed for CO gas compared to CO_2 and CH_4 gases. The presence of Al atoms in ZnO is likely to be responsible for strong interaction between CO and Al-doped ZnO nanorods, enhancing the sensitivity to CO.

Since the gas detection using a metal oxide was found to be influenced by humidity in the ambient condition. In this work, the effect of water vapor on CO detection and sensor sensitivity was investigated at varied relative humidity conditions. It was found that the surface energy plays a very important role on CO adsorption and causes the increase of sensor sensitivity. A model for CO detection through the AZNRs surface has been proposed to explain the CO adsorbing phenomenon. In Signal-to-noise ratio (SNR) observation, the very high intensity signal peaks with SNR of the order of 10^3 indicated that the signal was excellent and trusted.

These findings may contribute to future developments of highly sensitive toxic-CO-gas detectors with a fast response and room temperature operations without a device heating.