

Artykuł pracownika GUM w czasopiśmie Ultramicroscopy

Opublikowane przez : Adam Żeberkiewicz

Badania mikroskopii sił atomowych w pomiarach mechanicznych pojedynczych nanodrutów stanowią temat artykułu opublikowanego w czasopiśmie naukowym "Ultramicroscopy" w maju 2024 roku.

Artykuł zatytułowany "[Atomic force microscopy in mechanical measurements of single nanowires](https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2024.113985)" ukazał się w międzynarodowym czasopiśmie

"Ultramicroscopy" (IF = 2.2, 140 punktów ministerialnych).

<https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2024.113985>

Obok Janusza Fidelusa z zakładu Czasu i Długości GUM autorami artykułu są Bartosz Pruchnik, Ewelina Gacka, Krystyna Mika, Leszek Zaraska, Grzegorz Sulka oraz Teodor Gotszalk.



Atomic force microscopy in mechanical measurements of single nanowires

Bartosz C. Pruchnik^a, Janusz D. Fidelus^{b,*}, Ewelina Gacka^a, Krystyna Mika^c, Leszek Zaraska^c, Gizegorz D. Sulka^c, Teodor P. Gotszalk^a

^a Department of Nanometrology, Wrocław University of Science and Technology, Janiszewskiego 11/17, Wrocław 50-370, Poland

^b Time and Length Department, Central Office of Measures, Elektoralna 2, Warsaw 00-139, Poland

^c Department of Physical Chemistry and Electrochemistry Department, Faculty of Chemistry, Jagiellonian University, Gronostajowa 2, Kraków 30-387, Poland

ARTICLE INFO

Keywords:

AFM
Nanowires
Nanomechanics
Nanomaniipulation
ZnO

ABSTRACT

In this paper, we present the results of mechanical measurement of single nanowires (NWs) in a repeatable manner. Substrates with specifically designed mechanical features were used for NW placement and localization for measurements of properties such as Young's modulus or tensile strength of NW with an atomic force microscopy (AFM) system. Dense arrays of zinc oxide (ZnO) nanowires were obtained by one-step anodic oxidation of metallic Zn foil in a sodium bicarbonate electrolyte and thermal post-treatment. ZnO NWs with a hexagonal wurtzite structure were fixed to the substrates using focused electron beam-induced deposition (FEBID) and were annealed at different temperatures *in situ*. We show a 10-fold change in the properties of annealed materials as well as a difference in the properties of the NW materials from their bulk values with pre-annealed Young modulus at the level of 20 GPa and annealed reaching 200 GPa. We found the newly developed method to be much more versatile, allowing for *in situ* operations of NWs, including measurements with different methods of scanning probe microscopy.

Artykuł przedstawia wyniki pomiarów mechanicznych dla pojedynczych nanodrutów (NWs) w sposób powtarzalny. Pomiary przeprowadzono na nanodrutach tlenku cynku (ZnO) wyprodukowanych metodą elektrochemiczną. Wymiary takich nanoprzewodów to średnica ok. $\frac{1}{4}$ ludzkiego włosa oraz długość do kilku mikrometrów (milionowa część metra). Takie drobinki zostały umieszczone na znakowanych specjalistycznych podłożach, umożliwiającymi pomiary ich właściwości mechanicznych, takich jak moduł Younga lub wytrzymałość na rozciąganie za pomocą mikroskopii sił atomowych (AFM). Umieszczone na podłożu nanoprzewody ZnO przytwierdzono za pomocą indukowanej depozycji z gazu prekursora metaloorganicznego przy pomocy skupionej wiązki elektronowej (Focused Electron Beam-Induced Deposition - FEBID) i poddano wygrzewaniu na miejscu (*in situ*) w różnych temperaturach.

Wyniki badań pokazały 10-krotną zmianę właściwości mechanicznych nanodrutów ZnO: moduł sztywności niewygrzanego nanodrutu ZnO wyniósł 20 GPa, natomiast wygrzany nanodrut ZnO charakteryzował się modułem sztywności na poziomie 200 GPa.

Nowo opracowana metoda pomiarowa jest znacznie bardziej wszechstronna od obecnie istniejących, pozwala na prowadzenie pomiarów pojedynczych

nanoprzewodów in situ, w tym umożliwia pomiary przy użyciu różnych metod mikroskopii z sondą skanującą (*Scanning Probe Microscope - SPM*).

Artykuł powstał w wyniku realizacji europejskiego projektu [19ENG05 NanoWires](#), którego przedmiotem badań jest określenie spójności pomiarowej i charakteryzacja urządzeń do pozyskiwania energii na bazie wertykalnych nanoprzewodów.

Projekt [19ENG05 NanoWires](#) jest finansowany w ramach Europejskiego Programu na rzecz Innowacji i Badań w dziedzinie Metrologii (EMPIR).



The EMPIR initiative is co-funded by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and the EMPIR Participating States