



Silesian  
University  
of Technology

# DOCTORAL THESIS

**Anna KULIŚ-KAPUŚCIŃSKA**

*Characterization of surface properties of low dimensional zinc  
oxide ZnO nanostructures for potential microelectronics  
application*

**FACULTY:**

**AUTOMATIC CONTROL, ELECTRONICS AND COMPUTER SCIENCE**

**FIELD:**

**ENGINEERING AND TECHNICAL SCIENCES**

**DISCIPLINE:**

**AUTOMATION, ELECTRONIC, ELECTRICAL ENGINEERING  
AND SPACE TECHNOLOGIES**

**SUPERVISOR:**

**dr hab. inż. Monika Kwoka, prof. PŚ**

**Gliwice 2023**

## Streszczenie pracy doktorskiej

*“Characterization of surface properties of low dimensional zinc oxide ZnO nanostructures for potential microelectronics application”*

*“Charakteryzacja właściwości powierzchniowych niskowymiarowych nanostruktur ZnO do potencjalnego zastosowania w mikroelektronice”*

mgr inż. Anna KULIŚ-KAPUŚCIŃSKA

Promotor: dr hab. inż. Monika Kwoka, prof. PŚ

Przedmiotem pracy doktorskiej było określenie podstawowych właściwości powierzchniowych wybranych nanostruktur tlenku cynku (ZnO) w aspekcie ich potencjalnego zastosowania w mikroelektronice.

Obiektem badań były niskowymiarowe: dwuwymiarowe nanostruktury ZnO w formie nanowarstw osadzonych na podłożu krzemowym (Si) metodą stałoprądowego reaktywnego rozpylania jonowego (DCMS), oraz jednowymiarowe nanostruktury ZnO w formie nanodrutów, wytworzonych na podłożu krzemowym (Si) metodą fizycznego osadzania z fazy pary (VPD).

Podstawowym celem przeprowadzonych badań była charakteryzacja właściwości powierzchniowych w/w nanostruktur tlenku cynku (ZnO) w aspekcie ich potencjalnego zastosowania w mikroelektronice, w tym zwłaszcza w aspekcie ochrony środowiska naturalnego, zdrowia, a nawet życia ludzkiego, przy czym nanowarstwy ZnO sprawdzono jako materiał czynny w procesie fotokatalitycznego oczyszczania wód, natomiast nanodrutu ZnO wykorzystano jako materiał sensorowy w czujniku gazów toksycznych na bazie efektu fotonapięcia powierzchniowego (SPV).

Do realizacji zamierzonego celu wykonano szereg badań doświadczalnych właściwości powierzchniowych w/w nanostruktur tlenku cynku (ZnO), z wykorzystaniem komplementarnych metod badawczych w ściśle określonej sekwencji kolejności. Przez wykorzystanie metod Mikroskopii Sił Atomowych (AFM) oraz Skaningowej Mikroskopii Elektronowej (SEM) udało się uzyskać kluczowe informacje dotyczące powierzchniowej morfologii badanych obiektów, w tym struktury próbek, wielkości ziaren, zmian występujących na ich powierzchni przed i po kolejnych eksperymentach aplikacyjnych. Z kolei metodą Rentgenowskiej Spektroskopii Fotoelektronowej (XPS) udało się uzyskać kluczowe informacje o powierzchniowych właściwościach chemicznych badanych obiektów, w tym o ich powierzchniowej niestechiometrii, oraz rodzaju wiązań chemicznych, a także obecności zanieczyszczeń powierzchniowych głównie węglowych (C), będących wynikiem niekontrolowanego kontaktu wykorzystywanych wybranych nanostruktur ZnO z zanieczyszczeniami obecnymi w atmosferze lub w wodzie. Ponadto, w przypadku nanodrutów ZnO, udało określić zachowanie się powierzchniowych zanieczyszczeń węglowych, w tym zwłaszcza możliwość ich usunięcia w procesie desorpcji termicznej w bardzo wysokiej próżni, przez zastosowanie kombinacji metody Spektroskopii Desorpcji Termicznej (TDS), w połączeniu z badaniami metodą XPS.

Zgodnie z celem i przedmiotem pracy, sprawdzono możliwości wykorzystania nanowarstw DCMS ZnO jako materiału fotokatalitycznego do rozkładu zanieczyszczeń (wodnego roztworu błękitu metylenowego) w wodzie w procesie jej uzdatniania, a nanodrutów ZnO jako materiału sensorowego w czujniku gazów toksycznych na bazie efektu fotonapięcia powierzchniowego (SPV) do detekcji groźnego gazu toksycznego - dwutlenku azotu NO<sub>2</sub>.

Uzyskane w ramach realizacji pracy doktorskiej informacje są kluczowe, gdyż z jednej strony udało się określić podstawowe właściwości powierzchniowe wybranych nanostruktur tlenku cynku (ZnO), co ma znaczenie poznawcze, a z drugiej – udało się potwierdzić możliwości aplikacyjne tych obiektów w mikroelektronice, w tym ich potencjalne zastosowanie do uzdatniania wody w procesie fotokatalitycznym (nanowarstwy ZnO) oraz do detekcji gazów toksycznych (nanodrutu ZnO).