

Nazwa w języku polskim: Powierzchniowo czułe metody badawcze w nanotechnologii i inżynierii materiałowej

Nazwa w jęz. angielskim: Surface-Sensitive Diagnostic Methods in Nanotechnology and Materials Science

Dane dotyczące zajęć:

Information on course:

Jednostka oferująca: Instytut Fizyki – CND // prowadzący dr hab. Inż. Maciej Krzywiecki, prof PŚ

Course offered by: Institute of Physics – CSE // Maciej Krzywiecki, DSc, PhD, assoc. prof.

Język wykładowy:
polski
Language:
Polish
Strona WWW: Course homepage:
Skrócony opis:
<p>Przedmiot poświęcony jest nowoczesnym metodom analizy powierzchni, które stanowią fundament współczesnej nanotechnologii, przemysłu elektronicznego oraz procesów syntezy i projektowania nowych materiałów funkcjonalnych. Kurs łączy szczegółową wiedzę teoretyczną z praktycznymi umiejętnościami prowadzenia eksperymentów oraz interpretacji danych, ze szczególnym naciskiem na spektroskopię fotoelektronów (XPS/UPS) i spektroskopię Augera (AES) jak również elektronowe i mikroskopowe metody pochodne.</p> <p>Uczestnicy poznają metody pozwalające na analizę struktury, chemii i elektronowej natury powierzchni na poziomie mikro-, nano- oraz subnanometrowym, kluczowe m.in. dla:</p> <ul style="list-style-type: none">• projektowania i badania nanomateriałów,• wytwarzania urządzeń elektronicznych nowej generacji,• kontrolowanej syntezy cienkich warstw, powłok ochronnych, katalizatorów, biomateriałów i funkcjonalnych powierzchni. <p>Równolegle rozwijane są umiejętności planowania eksperymentu, przygotowania próbek oraz świadomego korzystania z technik opartych na wiązkach fotonów (w tym w zakresie X i UV), elektronów i jonów wysokoenergetycznych.</p>
Short description:
<p>The course is devoted to modern surface analysis methods, which form the foundation of contemporary nanotechnology, the electronic industry, and the processes of synthesizing and designing new functional materials. It combines detailed theoretical knowledge with practical skills in conducting experiments and interpreting data, with particular emphasis on photoelectron spectroscopy (XPS/UPS) and Auger electron spectroscopy (AES), as well as related electron-based and microscopy techniques.</p> <p>Participants will learn methods that enable the analysis of the structure, chemistry, and electronic nature of surfaces at the micro-, nano-, and sub-nanometer scale, which is essential for:</p> <ul style="list-style-type: none">• designing and studying nanomaterials,• developing next-generation electronic devices,• controlled synthesis of thin films, protective coatings, catalysts, biomaterials, and functional surfaces. <p>In parallel, the course develops skills in experiment planning, sample preparation, and the informed use of techniques based on high-energy photon beams (including X-ray and UV), electrons, and ions.</p>
Opis:
Treści programowe Wykład 1) Wprowadzenie do spektroskopii fotoelektronowych i analiz powierzchni w nanotechnologii <ul style="list-style-type: none">• Zjawiska kluczowe przy analizie materiałów o rozmiarach nanometrycznych.• Rola XPS, UPS i AES w charakteryzacji struktury chemicznej, stopnia utlenienia, funkcjonalizacji oraz modyfikacji powierzchni nanomateriałów. 2) Instrumentarium – od klasycznych układów do zaawansowanych systemów do badań nanostruktur

- Omówienie aparatury projektowanej do analizy cienkich warstw, heterostruktur, nanopowłok i układów 2D.
- Specjalne konfiguracje do badań materiałów dla mikro- i nanoelektroniki.

3) Techniki pomiarowe spektroskopii elektronowej w analizie materiałów zaawansowanych

- Procedury akwizycji widm przydatne do badań nanostruktur, powierzchni aktywnych i interfejsów.
- Metody zwiększające rozdzielczość przestrzenną i energetyczną przy analizie materiałów elektronicznych.

4) Opracowanie danych (XPS i AES) z ukierunkowaniem na badania materiałów nowej generacji

- Identyfikacja stanów chemicznych w materiałach funkcyjnych, katalizatorach, warstwach dielektrycznych, półprzewodnikach i powłokach metalicznych.
- Modelowanie profili głębokościowych oraz analiza interfejsów kluczowych dla elektroniki i nanotechnologii.

5) Interakcja wiązek z materiałami niskowymiarowymi

- Oddziaływanie fotonów i elektronów z nanostrukturami, materiałami o dużej powierzchni właściwej oraz układami wrażliwymi na uszkodzenia.
- Zagadnienia istotne w analizie cienkich warstw, kompozytów i struktur wielowarstwowych.

6) Przykłady analiz – przypadki z nanotechnologii, elektroniki i syntezy nowych materiałów

- Badania warstw tlenkowych i barierowych w nowoczesnych tranzystorach.
- Analiza chemii powierzchni nanocząstek, materiałów katalizacyjnych, biomateriałów i powłok funkcjonalnych.
- Charakterystyka interfaz i złącz istotnych w mikro- i nanoelektronice.

7) Techniki komplementarne w badaniach materiałów nowej generacji i nanostruktur

- Synchrotronowe metody wysokiej rozdzielczości (NEXAFS, HRPES, 2PPE) stosowane w analizie elektronowej struktur 2D, materiałów perowskitowych czy funkcjonalizowanych powierzchni.
- SEM/EDS/EBSO oraz AFM/STM/STS w korelacji z XPS/AES – pełna charakterystyka topografii, chemii i własności elektronicznych w skali nano.

Wymiar zajęć:

- stacjonarne: 30 h

30 h wykład (hybrydowy: wykład on-line i demonstracje on-line lub w Instytucie Fizyki)

Liczba punktów ECTS: 2

Description:

Lecture

1) Introduction to photoelectron spectroscopy and surface analysis in nanotechnology

- Key phenomena relevant to the analysis of materials at the nanometer scale.
- The role of XPS, UPS, and AES in the characterization of chemical structure, oxidation states, functionalization, and surface modification of nanomaterials.

2) Instrumentation – from classical setups to advanced systems for nanostructure research

- Overview of equipment designed for the analysis of thin films, heterostructures, nanocoatings, and 2D materials.
- Specialized configurations for studying materials used in micro- and nanoelectronics.

3) Electron spectroscopy measurement techniques for advanced materials

- Spectral acquisition procedures suitable for investigating nanostructures, active surfaces, and interfaces.
- Methods enhancing spatial and energy resolution in the analysis of electronic materials.

4) Data processing (XPS and AES) with a focus on next-generation materials

- Identification of chemical states in functional materials, catalysts, dielectric layers, semiconductors, and metallic coatings.
- Modeling of depth profiles and analysis of interfaces essential for electronics and nanotechnology.

5) Interaction of probing beams with low-dimensional materials

- Interaction of photons and electrons with nanostructures, high-surface-area materials, and systems sensitive to damage.
- Issues relevant to the analysis of thin films, composites, and multilayer structures.

6) Example analyses – case studies in nanotechnology, electronics, and new material synthesis

- Investigation of oxide and barrier layers in modern transistors.
- Surface chemistry analysis of nanoparticles, catalytic materials, biomaterials, and functional coatings.
- Characterization of interfaces and junctions essential for micro- and nanoelectronics.

7) Complementary techniques in the study of next-generation materials and nanostructures

- High-resolution synchrotron techniques (NEXAFS, HRPES, 2PPE) used in the electronic analysis of

- 2D structures, perovskite materials, and functionalized surfaces.
- SEM/EDS/EBSA and AFM/STM/STS correlated with XPS/AES for comprehensive characterization of topography, chemistry, and electronic properties at the nanoscale.

Class hours:

In total (full-time studies): 30 hours

- **30 hours of lectures (hybrid: on-line lectures; online or in presence demonstrations at Institute of Physics)**

Number of ECTS credits: 2

Literatura:

1. Surface Analysis by Electron Spectroscopy, Graham C. Smith, Springer, 1994
2. Auger- and X-Ray Photoelectron Spectroscopy in Materials Science, Siegfried Hofmann, Springer, 2013
3. New Horizons of Applied Scanning Electron Microscopy, Shimizu, Kenichi, Mitani, Tomoaki, Springer, 2010
4. Applications of Synchrotron Radiation, High-Resolution Studies of Molecules and Molecular Adsorbates on Surfaces, Editor Wolfgang Eberhardt, Springer, 1995

Bibliography:

1. Surface Analysis by Electron Spectroscopy, Graham C. Smith, Springer, 1994
2. Auger- and X-Ray Photoelectron Spectroscopy in Materials Science, Siegfried Hofmann, Springer, 2013
3. New Horizons of Applied Scanning Electron Microscopy, Shimizu, Kenichi, Mitani, Tomoaki, Springer, 2010
4. Applications of Synchrotron Radiation, High-Resolution Studies of Molecules and Molecular Adsorbates on Surfaces, Editor Wolfgang Eberhardt, Springer, 1995

Efekty uczenia się:

Wiedza: zna i rozumie podstawowe problemy współczesnej cywilizacji w odniesieniu do osiągnięć nauki i Techniki.

Umiejętności: potrafi samodzielnie planować i realizować własne uczenie się przez całe życie. Kompetencje społeczne: jest gotów do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści, uznawania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz zasięgania opinii ekspertów w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu.

Learning outcomes:

Knowledge: knows and understands the basic problems of modern civilization in relation to the achievements of science and technology

Skills: is able to independently plan and implement his own lifelong learning

Social competence: is ready to critically evaluate the knowledge he possesses and the content he receives, to recognize the importance of knowledge in solving cognitive and practical problems, and to consult experts in case of difficulties in solving the problem independently.

Metody i kryteria oceniania:

Zaliczenie w formie:

- kontaktowo lub zdalnie;
- kolokwium ustne – dyskusja nad wcześniej zadanymi zagadnieniami;

Na końcu kursu odbędzie się test końcowy obejmujący pytania teoretyczne i praktyczne, za który można uzyskać maksymalnie 30 punktów. Do zaliczenia wymagane jest zdobycie co najmniej 50%.

Assessment methods and assessment criteria:

Assessment format:

- in person or on-line;
- oral examination – a discussion based on previously assigned topics.

At the end of the course, there will be a final test covering theoretical and practical questions, worth up to 30 points. A passing score of 50% is required.

Dodatkowe informacje
Element of course groups in various terms:

Opis zajęć Course group description	
zajęcia z bazy UBZO studia stacjonarne stopień studiów – dowolny kierunek studiów – dowolny, semestr dowolny elective courses full-time studies degree - any field of study - any semester - any	
cykl	