

Nazwa w języku polskim: Mikroskopia elektronowa dla materiałoznawców
Nazwa w jęz. angielskim: Electron Microscopy for Materials Scientists

Dane dotyczące zajęć:
Information on course:

Jednostka oferująca: Wydział Mechaniczny Technologiczny // dr hab. inż. Mirosława Pawłyta, Prof. PŚ / dr inż. Dariusz Łukowiec
Course offered by: Faculty of Mechanical Engineering // dr hab. inż. Mirosława Pawłyta, Prof. PŚ / dr inż. Dariusz Łukowiec

Język wykładowy:
polski
Language:
Polish
Strona WWW: Course homepage:
Skrócony opis:
Celem kursu jest zapoznanie studentów z teoretycznymi podstawami i praktycznymi aspektami mikroskopii elektronowej (SEM, TEM) oraz powiązanych z nią technik analitycznych. Kurs ma na celu wykształcenie umiejętności rozumienia zasad działania tych technik, doboru odpowiedniej metody do charakterystyki materiałów inżynierskich oraz interpretacji uzyskanych wyników (obrazów, widm, dyfraktogramów) w kontekście inżynierii materiałowej. Po ukończeniu kursu student powinien rozumieć zasady działania podstawowych technik mikroskopii elektronowej i technik analitycznych, potrafić wskazać odpowiednią metodę do rozwiązywania danego problemu z zakresu inżynierii materiałowej oraz posiadać umiejętność podstawowej interpretacji uzyskanych danych w kontekście składu chemicznego, struktury i morfologii badanych próbek.
Short description:
The aim of the course is to familiarize students with the theoretical foundations and practical aspects of electron microscopy (SEM, TEM) and related analytical techniques. The course aims to develop skills in understanding the principles of operation of these techniques, selecting the appropriate method for characterizing engineering materials and interpreting the obtained results (images, spectra, diffraction patterns) in the context of materials engineering. After completing the course, the student should understand the principles of operation of basic electron microscopy and analytical techniques, be able to indicate the appropriate method to solve a given problem in the field of materials engineering and have the ability to basic interpretation of the obtained data in the context of the chemical composition, structure and morphology of the tested samples.
Opis:
Treści programowe Wykład Wprowadzenie do Mikroskopii Elektronowej w Inżynierii Materiałowej: Ograniczenia mikroskopii świetlnej, przewaga elektronów (zdolność rozdzielcza, głębia ostrości). Przegląd technik SEM, TEM, STEM i ich znaczenie w badaniach materiałowych. Budowa mikroskopu: źródła elektronów, próżnia, podstawy optyki elektronowej. Oddziaływanie Elektronów z Materiałami i Generowane Sygnały: Oddziaływania sprężyste i niesprężyste, objętość oddziaływania. Sygnały kluczowe dla inżynierii materiałowej: elektrony wtórne (SE – topografia), wstecznie rozproszone (BSE – kontrast składu), transmitowane, charakterystyczne promieniowanie X (skład chemiczny), elektrony dyfrakcyjne (krystalografia). Skaningowa Mikroskopia Elektronowa (SEM): Obrazowanie Mikrostruktury i Powierzchni: Zasada działania i budowa SEM. Obrazowanie SE i BSE – interpretacja kontrastu. Parametry wpływające na obraz. Podstawy preparatyki materiałów inżynierskich (metale, ceramika, polimery) do badań SEM. Transmisyjna Mikroskopia Elektronowa (TEM): Wgląd w Nanostrukturę i Defekty: Zasada działania i budowa TEM. Obrazowanie w jasnym (BF) i ciemnym polu (DF) – kontrast masowo-grubościowy i dyfrakcyjny. Obrazowanie wysokorozdzielcze (HRTEM). Konieczność i metody przygotowania cienkich folii z materiałów inżynierskich.

5. **Podstawy Analitycznej Mikroskopii Elektronowej:** Mikroanaliza rentgenowska (EDS/WDS) – zasady, analiza jakościowa i ilościowa składu chemicznego, mapowanie. Dyfrakcja elektronów (SAED) – identyfikacja faz krystalicznych, analiza orientacji. Podstawy EELS.
6. **ME w Badaniu Metali i Stopów I: Mikrostruktura i Fazy:** Obserwacja wielkości i kształtu ziaren, granic ziaren, wydzielań, różnych faz metalicznych za pomocą SEM (BSE) i TEM (BF/DF). Ilościowa analiza mikrostruktury.
6. **ME w Badaniu Metali i Stopów II: Krystalografia i Defekty:** Identyfikacja faz i analiza tekstury za pomocą dyfrakcji elektronów (SAED, EBSD - Electron Backscatter Diffraction). Badanie defektów sieci krystalicznej (dyslokacje, błędy ułożenia) za pomocą TEM.
7. **ME w Charakterystyce Materiałów Ceramicznych i Szkła:** Analiza morfologii proszków (SEM), badanie mikrostruktury spieków (ziaren, porowatości, faz na granicach ziaren – SEM), identyfikacja faz krystalicznych i amorficznych (TEM, SAED, EDS).
8. **ME w Badaniu Polimerów i Kompozytów:** Obserwacja morfologii materiałów polimerowych, mieszanin, kopolimerów (SEM, czasami TEM ze specjalną preparatyką). Analiza dyspersji napelnaczy i wzmacniaczy w kompozytach, badanie adhezji i interfejsów (SEM, TEM).
9. **ME w Analizie Cienkich Warstw, Powłok i Obróbki Powierzchniowej:** Badanie morfologii powierzchni, pomiar grubości warstw (SEM na przekroju), analiza składu chemicznego i struktury warstw i powłok ochronnych lub funkcjonalnych (SEM, TEM, EDS, SAED).
10. **ME w Inżynierii Materiałowej Nanoskali:** Charakterystyka nanomateriałów (nanocząstki, nanodruty, nanorurki, grafen) pod kątem rozmiaru, kształtu, struktury krystalicznej i defektów (TEM, HRTEM, SAED), analiza składu w nanoskali (STEM-EDS/EELS).
11. **ME w Analizie Zniszczenia i Degradacji Materiałów:** Badanie mechanizmów pękania na podstawie morfologii przełomów (SEM - fraktografia). Identyfikacja przyczyn zniszczenia (wady materiałowe, karby). Analiza produktów korozji, utleniania i zużycia ściernego (SEM, EDS).
12. **Zaawansowane Techniki ME i Preparatyka Specjalna:** Wprowadzenie do STEM-HAADF (obrazowanie Z-kontrastowe wysokiej rozdzielczości), EBSD (mapowanie orientacji krystalograficznej), FIB (preparatyka precyzyjna, obrazowanie przekrojów, nanomanipulacja), ESEM (badanie próbek w zmiennych warunkach ciśnienia/wilgotności). Podsumowanie doboru technik.

Wykład

- stacjonarne: 30 h

Liczba punktów ECTS: 2

Description:

Lecture

1. Introduction to Electron Microscopy in Materials Engineering: Limitations of light microscopy, electron dominance (resolution, depth of focus). Review of SEM, TEM, STEM techniques and their importance in materials research. Microscope structure: electron sources, vacuum, basics of electron optics.
2. Interaction of Electrons with Materials and Generated Signals: Elastic and inelastic interactions, interaction volume. Key signals for materials engineering: secondary electrons (SE - topography), backscattered (BSE - composition contrast), transmitted, characteristic X-rays (chemical composition), diffracted electrons (crystallography).
3. Scanning Electron Microscopy (SEM): Imaging of Microstructure and Surfaces: Principle of operation and structure of SEM. SE and BSE imaging - contrast interpretation. Parameters influencing the image. Basics of preparation of engineering materials (metals, ceramics, polymers) for SEM studies.
4. Transmission Electron Microscopy (TEM): Insight into Nanostructure and Defects: Principle of operation and structure of TEM. Bright Field (BF) and Dark Field (DF) imaging – mass-thickness and diffraction contrast. High Resolution Imaging (HRTEM). Necessity and methods of preparing thin films from engineering materials.
5. Basics of Analytical Electron Microscopy: X-ray Microanalysis (EDS/WDS) – principles, qualitative and quantitative analysis of chemical composition, mapping. Electron Diffraction (SAED) – identification of crystalline phases, orientation analysis. Basics of EELS.
6. ME in Metals and Alloys Research I: Microstructure and Phases: Observation of grain size and shape, grain boundaries, precipitates, different metallic phases using SEM (BSE) and TEM (BF/DF). Quantitative analysis of microstructure.
7. ME in Metals and Alloys Research II: Crystallography and Defects: Phase identification and texture analysis using electron diffraction (SAED, EBSD - Electron Backscatter Diffraction). Study of crystal lattice defects (dislocations, alignment errors) using TEM.
8. ME in Characterization of Ceramic Materials and Glasses: Analysis of powder morphology (SEM), study of the microstructure of sinters (grains, porosity, phases at grain boundaries - SEM),

identification of crystalline and amorphous phases (TEM, SAED, EDS).

9. ME in Polymers and Composites Research: Observation of the morphology of polymer materials, mixtures, copolymers (SEM, sometimes TEM with special preparation). Analysis of dispersion of fillers and reinforcements in composites, study of adhesion and interfaces (SEM, TEM).
10. ME in Analysis of Thin Films, Coatings and Surface Treatment: Study of surface morphology, measurement of layer thickness (SEM on cross-section), analysis of chemical composition and structure of protective or functional layers and coatings (SEM, TEM, EDS, SAED).
11. ME in Nanoscale Materials Engineering: Characterization of nanomaterials (nanoparticles, nanowires, nanotubes, graphene) in terms of size, shape, crystal structure and defects (TEM, HRTEM, SAED), analysis of composition at the nanoscale (STEM-EDS/EELS).
12. ME in Analysis of Materials Destruction and Degradation: Study of fracture mechanisms based on fracture morphology (SEM - fractography). Identification of causes of destruction (material defects, notches). Analysis of corrosion, oxidation and abrasive wear products (SEM, EDS).
13. Advanced ME Techniques and Special Preparation: Introduction to STEM-HAADF (high resolution Z-contrast imaging), EBSD (crystallographic orientation mapping), FIB (precision preparation, cross-section imaging, nanomanipulation), ESEM (examination of samples under variable pressure/humidity conditions). Summary of technique selection.

Lecture:

- full-time studies: 30 h

Number of ECTS credits: 2

Literatura:

1. Carter, C. B., & Williams, D. B. (Eds.). (2016). *Transmission electron microscopy: Diffraction, imaging, and spectrometry*. Springer.
2. Zuo, J. M., & Spence, J. C. (2017). *Advanced transmission electron microscopy*. New York: Springer Science+ Business Media.
3. De Graef, M. (2003). *Introduction to conventional transmission electron microscopy*. Cambridge university press.
4. Zou, X., Hovmöller, S., & Oleynikov, P. (2011). *Electron crystallography: electron microscopy and electron diffraction* (Vol. 16). Oxford University Press.
5. Egerton, R. F. (2005). *Physical principles of electron microscopy* (Vol. 56). New York: Springer.

Bibliography:

1. Carter, C. B., & Williams, D. B. (Eds.). (2016). *Transmission electron microscopy: Diffraction, imaging, and spectrometry*. Springer.
2. Zuo, J. M., & Spence, J. C. (2017). *Advanced transmission electron microscopy*. New York: Springer Science+ Business Media.
3. De Graef, M. (2003). *Introduction to conventional transmission electron microscopy*. Cambridge university press.
4. Zou, X., Hovmöller, S., & Oleynikov, P. (2011). *Electron crystallography: electron microscopy and electron diffraction* (Vol. 16). Oxford University Press.
5. Egerton, R. F. (2005). *Physical principles of electron microscopy* (Vol. 56). New York: Springer.

Efekty uczenia się:

Zna wymagania stawiane nowym materiałom w najbardziej rozwijających się dziedzinach gospodarki
Zna podstawowe właściwości, zastosowanie oraz technologie wytwarzania wybranych materiałów
Zna podstawowe zjawiska fizyczne odpowiedzialne za wyjątkowe właściwości materiałów
Potrafi wskazać kierunki rozwoju wybranych materiałów oraz potencjalne obszary ich zastosowania
Potrafi samodzielnie planować i realizować własne uczenie się przez całe życie

Learning outcomes:

The student knows and understand:

requirements for new materials in the most developing areas of the industry
basic properties, applications and production technologies of selected materials
basic physical phenomena responsible for the unique properties of materials
Skills

The student is able to indicate the directions of development of selected materials and potential areas of their application

Social competence

The student is ready to independently plan and implement his/her own lifelong learning

Metody i kryteria oceniania:

Wykład
Zaliczenie pisemne w formie testu zawierającego pytania otwarte lub wielokrotnego wyboru. Kryterium zaliczenia: minimum 50% poprawnych odpowiedzi.

Assessment methods and assessment criteria:

Lecture
Written test with open or multiple choice questions. Passing criterion: minimum 50% correct answers.

**Przynależność do grup przedmiotów w cyklach:
Element of course groups in various terms:**

Opis grupy przedmiotów Course group description	Cykl pocz. First term	Cykl kon. Last term
przedmioty obieralne studia stacjonarne stopień studiów – dowolny kierunek studiów – dowolny, semestr dowolny elective courses full-time degree - any field of study - any semester - any	2025/2026	