**Nazwa przedmiotu:**

Nanotechnologie

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Aleksander Werbowy

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Inżynieria Biomedyczna

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

NAN

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

30 godz wykład,
10 godz przygotowanie do wykładu,
10 godz konsultacje,
30 godz przygotowanie projektu,
10 godz przygotowania do kolokwiów,
Razem 90 godz - 4ECTS

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

30 godz wykład,
10 godz konsultacje,
10 godz ocena projektów
Razem 50 godz - 2ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

30 godz przygotowanie projektu
10 godz konsultacje projektowe
Razem 40 godz 2 ECTS

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 15h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

fizyka na poziomie inżynierskim

**Limit liczby studentów:**

40

**Cel przedmiotu:**

Celem wykładu jest zaprezentowanie stanu obecnego i perspektyw rozwoju nanotechnologii oraz związanych z tym problemów i ograniczeń, szczególnie w kontekście realizacji struktur przetwarzających informację. Dyskutowane będą uwarunkowania fizyczne i technologiczne procesów umożliwiających wytwarzanie i obróbkę materiałów, struktur, przyrządów i układów w skali nanometrowej, tj. specyfika środowisk "clean-room", próżni oraz plazmy. Omówione zostaną również klasyczne (wraz z modyfikacjami) i alternatywne metody wytwarzania nanostruktur niskowymiarowych. W ramach projektu studenci będą pogłębiać swoją wiedzę przygotowując krótkie prezentacje dotyczące szeroko pojmowanych nanotechnologii.

**Treści kształcenia:**

 Wprowadzenie
Definicje nanotechnologii oraz wybranych dziedzin przez nie realizowanych (nanoelektroniki, elektroniki molekularnej, spintroniki i nanobiotechnologii). Dwie filozofie realizacji nanostruktur: "top-down" i "bottom-up".
 Stan obecny oraz perspektywy rozwoju nanotechnologii
Rys historyczny, przykłady już istniejących i przewidywanych zastosowań; główne trendy rozwojowe. Uwarunkowania ekonomiczno-społeczne.
 Problemy i ograniczenia związane z redukcją rozmiarów struktur elektronicznych a przetwarzanie informacji
Ograniczenia klasyczne (technologiczno-konstrukcyjne) oraz fundamentalne (ziarnistość materii, termodynamika, efekty mezoskopowe i kwantowe, fundamentalne oddziaływania w przyrodzie).
 Środowisko clean-room i środowisko próżni w technologiach elektronicznych i nanotechnologiach
Definicje, parametry i wielkości podstawowe. Elementy kinetycznej teorii gazów. Sposoby wytwarzania próżni i próżniomierze - klasyfikacja urządzeń, zasada działania oraz podstawowe parametry.
 Środowisko plazmy w technologiach wytwarzania nanomateriałów, nanostruktur i kształtowaniu nanoobszarów
Stany skupienia materii. Plazma - definicje, parametry, charakterystyczne zjawiska. Korzyści wynikające z zastosowań plazmy w nanotechnologiach. Wybrane procesy nano-technologiczne realizowane w środowisku plazmy (synteza i trawienie materiałów, płytka implantacja) i ich specyfika.
 Technologie wytwarzania ultracienkich warstw (nanostruktury 1-wymiarowe)
Epitaksja - definicja, odmiany, specyfika. Wybrane zagadnienia związane ze wzrostem epitaksjalnym. Technologie fizycznego (PVD) a chemicznego (CVD) osadzania z fazy lotnej na przykładzie technik epitaksji z wiązek molekularnych (MBE) i chemicznego osadzania z fazy lotnej przy użyciu związków metalo-organicznych MO CVD (oraz organo-metalicznych (OM CVD))- definicje, cechy charakterystyczne, specyfika, wybrane zagadnienia konstrukcyjno-technologiczne, kontrolowanie i przebieg procesów, wybrane modyfikacje. Wady i zalety technik MBE i MO (oraz OM) CVD - porównanie.
 Sposoby odwzorowywania kształtów w skali nanometrowej (nanostruktury 2 i 3-wymiarowe)
Idea, możliwości i ograniczenia. Problemy związane z redukcją rozmiarów przy użyciu układów projekcyjnych ? maksymalna rozdzielczość, zjawisko dyfrakcji, kryteria Rayleigha i Abbego. Techniki litograficzne - fotolitografia klasyczna i jej modyfikacje: litografia z korekcją efektów bliskości (OPC), litografia z przesunięciem fazowym (PSM), litografia pozaosiowa (OAI), litografia immersyjna. Fotolitografia w głębokim i bardzo głębokim ultrafiolecie (DUV i EUV). Litografia elektronowa, rentgenowska i wiązką jonów.
 Alternatywne techniki odwzorowywania kształtów w nanoskali
Techniki "miękkiej" litografii: druk mikrokontaktowy (?CP), nanowdrukowywanie, odciskanie, druk nanotransferowy (nTP) - idee, możliwości i ograniczenia. Techniki nanolitograficzne i nanomanipulacji wykorzystujące mikroskopię bliskich oddziaływań: naświetlanie rezystu i utlenianie indukowane sondą skaningową, nanolitografia zwilżanym ostrzem, manipulacja atomami. Inne egzotyczne technologie wytwarzania nanostruktur (np. atomowa litografia optyczna, techniki wykorzystujące zjawiska samoorganizacji materii).

 W trakcie zajęć projektowych studenci przygotowywać będą krótkie (~15 min.) referaty na zadane bądź samodzielnie zaproponowane, leżące w obszarze ich zainteresowań tematy, dotyczące szeroko rozumianych nanotechnologii, nanoinżynierii nanomateriałów i nanostruktur

**Metody oceny:**

W trakcie semestru zostaną przeprowadzone dwa 1-godzinne kolokwia, każde oceniane w skali 0-10 punktów. W takiej samej skali (0-10 punktów) oceniany będzie poziom przygotowania projektu. Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest równoczesne uzyskanie z kolokwiów i projektu minimum 50% + 1 (czyli 16) punktów.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

 "Springer Handbook of Nanotechnology (3rd rev. & ext. ed.)", B. Bhushan (ed.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (2010).
 "Introduction to Nanoscience and Nanotechnology", Ch. Binns, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey (2010).
 "Nanoscience. Nanotechnologies and Nanophysics", C. Dupas, P. Houdy, M. Lahmani (eds.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (2007).
 "Nanotechnology for Electronic Materials and Devices", A. Korkin, J. Labanowski, E. Gusev, S. Luryi (eds.), Springer (2007).
 "Podstawy chemii fizycznej", P.W. Atkins, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa (2009)
 "Mechanika kwantowa dla chemików", D.O. Hayward, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa (2007).

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

przedmiot dla kierunku Elektronika i Inżynieria Biomedyczna

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka w01:**

Zna stan obecny oraz perspektywy rozwoju nanotechnologii

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W09, K\_W11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka W02:**

Zna technologie wytwarzania ultracienkich warstw

Weryfikacja:

kolokwia

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W02, K\_W09, K\_W11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U01:**

Umie odwzorowywać kształty w skali nanometrowej

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U03, K\_U05, K\_U12, K\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka U02:**

Zna alternatywne techniki odwzorowywania kształtów w nanoskali

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U03, K\_U05, K\_U11, K\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K01:**

potrafi pracować w zespole

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K03, K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**