**Nazwa przedmiotu:**

Nanotechnologie

**Koordynator przedmiotu:**

Aleksander Werbowy

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Elektronika

**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:**

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

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

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

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

**Wymagania wstępne:**

Zalecane jest wcześniejsze zaliczenie przedmiotów:
Podstawy technologii układów i systemów
Podstawy nanoelektroniki i nanofotoniki

**Limit liczby studentów:**

45

**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:**

Treść wykładu

Wprowadzenie (1h)

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 (1h)

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 (2h)

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 (5h)

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 (5h)

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) (5h)

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) (5h)

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 (4h)

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).

Dwa jednogodzinne kolokwia (2h).

Zakres projektu
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:**

brak

**Uwagi:**

brak

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka NAN\_W01:**

Zna stan obecny oraz perspektywy rozwoju nanotechnologii

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NAN\_W02:**

Zna technologie wytwarzania ultracienkich warstw

Weryfikacja:

kolokwia

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04, K\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka NAN\_U01:**

Umie odwzorowywać kształty w skali nanometrowe

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka NAN\_U02:**

Zna alternatywne techniki odwzorowywania kształtów w nan

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka NAN\_K01:**

Potrafi pracować w zespole

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**