

Zespół Autorski:

Dr inż. Aleksander Werbowy

**Nanotechnologie (NAN)
(Nanotechnologies)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): -

Minimalny numer semestru: *(1)*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: -

Limit liczby studentów: *60*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

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. Prezentowane są produkty branży nanotechnologicznej. Dyskutowane są 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. Omawiane są również wybrane metody wytwarzania nanostruktur niskowymiarowych (np. techniki plazmowe, MBE, MOCVD, fotolitografia i jej modyfikacje, jak OPC, OAI, MPL, PSM, litografia immersyjna, EUV). Zadaniem projektu jest umożliwienie studentom pogłębienia wiedzy w zakresie szeroko pojmowanych nanotechnologii i nanonauk poprzez przygotowanie krótkiej prezentacji multimedialnej.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne: W trakcie semestru zostaną przeprowadzone dwa 45-minutowe kolokwia, każde oceniane w skali 0-10 punktów. W takiej samej skali (0-10 punktów) oceniany będzie projekt. Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie z kolokwiów i projektu łącznie minimum 50% + 1 (czyli 16) punktów.

Opis wykładu:

- Wprowadzenie

Definicje nanotechnologii oraz wybranych dziedzin przez nie realizowanych (m.in. nanoelektroniki, elektroniki molekularnej, spintroniki i nanobiotechnologii). Dwie filozofie realizacji nanostruktur: "top-down" i "bottom-up".

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

- Historia, 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 (m.in. 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 nanotechnologiczne realizowane w środowisku plazmy (np. 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 wybranych technik, np. 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 omawianych technik - 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 i interferencji, kryteria Rayleigha i Abbego. Techniki litograficzne - fotolitografia klasyczna i jej modyfikacje, jak np.: litografia z korekcją efektów bliskości (OPC), litografia pozaosiowa (OAI), litografia z przesunięciem fazowym (PSM), litografia z wielokrotnym odwzorowywaniem (MPL), litografia immersyjna. Fotolitografia w dalekim ultrafiolecie (EUV). Litografia elektronowa.

Laboratorium: (-)

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

Projekt: 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 i nanonauk.

Terminy zajęć zostaną ustalone w porozumieniu ze słuchaczami wykładu po rozpoczęciu semestru.

Egzamin: („nie”)

Literatura:

1. Materiały z wykładu i bieżąca literatura naukowa (*Nature, Science* itp.).
2. "Springer Handbook of Nanotechnology (3rd rev. & ext. ed.)", B. Bhushan (ed.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (2010).
3. "Introduction to Nanoscience and Nanotechnology", Ch. Binns, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey (2010).
4. "Nanoscience. Nanotechnologies and Nanophysics", C. Dupas, P. Houdy, M. Lahmani (eds.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (2007).
5. "Nanotechnology for Electronic Materials and Devices", A. Korkin, J. Labanowski, E. Gusev, S. Luryi (eds.), Springer (2007).
6. "Mechanika kwantowa dla chemików", D.O. Hayward, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa (2007).

Oprogramowanie: (-)

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P
	2(30h)	-	-	1(15h) (45h)

Wymiar w jednostkach ECTS: (4)

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 52 godz., w tym
 - obecność na wykładach 30 godz.,
 - obecność na ćwiczeniach audytoryjnych 0 godz.,
 - obecność na laboratorium 0 godz.,
 - udział w konsultacjach 22 godz.
2. praca własna studenta – 49 godz., w tym
 - przygotowanie do wykładu 14 godz.,
 - przygotowanie do ćwiczeń 0 godz.,
 - przygotowanie do laboratoriów 0 godz.,
 - przygotowanie do kolokwii 8 godz.,
 - wykonywania zadań projektowych 15 godz.,
 - przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) 12 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 101 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,06 pkt ECTS, co odpowiada 52 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1,07 pkt ECTS, co odpowiada 0 godz. ćwiczeń laboratoryjnych i 27 godz. zadań projektowych.

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	Wykład/projekt	Kolokwium /ocena z projektu	W02
Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia w zakresie zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki.	Wykład/projekt	Kolokwium /ocena z projektu	W03
Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu materiałów i nanotechnologii.	Wykład/projekt	Kolokwium /ocena z projektu	W04
Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	Wykład/projekt	Kolokwium /ocena z projektu	W05
UMIĘJĘTNOŚCI			
Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.	Wykład/projekt	Ocena z projektu	U01
Potrafi przygotować i przedstawić w języku polskim i języku angielskim prezentację ustną, dotyczącą szczegółowych zagadnień z zakresu elektroniki.	Wykład/projekt	Ocena z projektu	U04
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej, a zwłaszcza rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu, w szczególności poprzez środki masowego przekazu, informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby	Wykład/projekt	Kolokwium /ocena z projektu	K02

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, z uzasadnieniem różnych punktów widzenia.			
--	--	--	--