

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2021/2022

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki

Kierunek studiów: Fizyka Techniczna - New

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: FT new

Stopień studiów: II

Specjalności: Nowoczesne materiały i nanotechnologie - New

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Fizyka powierzchni i cienkich warstw
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	
KOD PRZEDMIOTU	WIMiF FT NEW oIIS D3 21/22
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty specjalnościowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	4.00
SEMESTRY	1

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	SEMINARIUM	PROJEKT
1	30	0	0	0	0	30

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zapoznanie studentów z pojęciem cienkiej warstwy i znaczeniem cienkich warstw w elektronice

**Cel 2** Zapoznanie studentów z metodami otrzymywania cienkich warstw

**Cel 3** Zapoznanie studentów z procesami i etapami wzrostu cienkich warstw

**Cel 4** Zapoznanie studentów z metodami badania morfologii i struktury powierzchni i cienkich warstw

**Cel 5** Zapoznanie studentów z różnorodnymi właściwościami powierzchni i cienkich warstw

**Cel 6** Zapoznanie studentów z różnorodnymi zastosowaniami cienkich warstw, w tym warstw organicznych

**Cel 7** Nabycie umiejętności charakteryzowania powierzchni i cienkich warstw poprzez opanowanie metod wizualizacji różnorodnych danych, ich analizy i modelowania cienkich warstw w oparciu o odpowiednie programy graficzne i obliczeniowe

## 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Zaliczenie studiów I stopnia

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Student objaśnia istotę pojęcia cienkiej warstwy i znaczenia warstw w elektronice

**EK2 Wiedza** Student opisuje metody różnorodne otrzymywania cienkich warstw

**EK3 Wiedza** Student opisuje procesy i etapy wzrostu cienkich warstw

**EK4 Wiedza** Student opisuje metody badania morfologii powierzchni i struktury cienkich warstw

**EK5 Wiedza** Student opisuje różnorodne właściwości powierzchni i cienkich warstw

**EK6 Wiedza** Student opisuje różnorodne zastosowania cienkich warstw, w tym warstw organicznych

**EK7 Umiejętności** Student potrafi przygotować projekt dotyczący wizualizacji danych doświadczalnych, analizy tych danych i modelowania wybranych właściwości powierzchni i cienkich warstw

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W1</b>	Wstęp; definicja cienkiej warstwy, znaczenie cienkich warstw w elektronice.	2
<b>W2</b>	Metody otrzymywania cienkich warstw; parowanie termiczne stadia procesu, znaczenie niskiego ciśnienia, zjawiska adsorpcji i kondensacji, metody parowania; epitaksja z wiązek molekularnych. Rozpylanie katodowe, metody chemiczne, w tym chemiczne osadzanie z par i metody elektrochemiczne.	5
<b>W3</b>	Proces i etapy wzrostu cienkich warstw; zarodkowanie i wzrost zarodków, tworzenie się wysp, wzrost i koalescencja wysp, tworzenie się warstwy ciągłej. Rola podłoża w procesie powstawania cienkiej warstwy	4
<b>W4</b>	Morfologia powierzchni i struktura cienkich warstw; warstwy krystaliczne i amorficzne. Metody rentgenowskie, funkcja rozkładu radialnego. Dyfrakcja elektronów i mikroskopia elektronowa; rodzaje mikroskopów elektronowych (transmisyjny, odbiciowy, skaningowy). Efekt tunelowy; skaningowy mikroskop tunelowy. Mikroskopia sił atomowych.	6

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W5</b>	Właściwości powierzchni i cienkich warstw; właściwości mechaniczne (naprężenia w cienkich warstwach, zależność odkształcenia od naprężenia, adhezja cienkich warstw do podłoża), elektryczne (oporność cienkich warstw i jej zależność od temperatury, rozpraszanie elektronów w cienkiej warstwie) optyczne (zjawiska odbicia, załamania i absorpcji, elipsometria, przejścia optyczne w półprzewodnikach krystalicznych i amorficznych), właściwości magnetyczne.	7
<b>W6</b>	Zastosowania cienkich warstw; zastosowania optyczne, zastosowania w elektronice - elementy bierne i czynne, zastosowania w optoelektronice; warstwy tlenkowe jako materiały na przezroczyste elektrody. Cienkie warstwy organiczne; materiały molekularne i polimerowe; organiczne diody świecące (OLED) i organiczne ogniwa słoneczne.	6

PROJEKT		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>P1</b>	Projekt zespołowy: Wprowadzanie danych i sporządzanie wykresów w programie graficzno-obliczeniowym ORIGIN; import i eksport danych	4
<b>P2</b>	Projekt zespołowy: Digitalizacja danych w postaci wykresów	2
<b>P3</b>	Projekt zespołowy: Interpolacja danych	2
<b>P4</b>	Projekt zespołowy: Dopasowanie funkcji liniowej do różnych danych doświadczalnych dla cienkich warstw w programie ORIGIN	4
<b>P5</b>	Projekt zespołowy: Użycie funkcji wbudowanych w ORIGIN do dopasowania nieliniowego do różnych danych doświadczalnych dla cienkich warstw	4
<b>P6</b>	Projekt zespołowy: Zaimplementowanie własnych funkcji do dopasowania nieliniowego i przeprowadzenie procedury dopasowania do różnych danych doświadczalnych dla cienkich warstw	10
<b>P7</b>	Projekt indywidualny: Zaimplementowanie własnej funkcji do dopasowania nieliniowego i przeprowadzenie procedury dopasowania do wybranych danych doświadczalnych dla cienkich warstw	4

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Prezentacje multimedialne

N3 Dyskusja

N4 Konsultacje

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
<b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>	
Godziny wynikające z planu studiów	60
Konsultacje przedmiotowe	0
Egzaminy i zaliczenia w sesji	0
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	20
Opracowanie wyników	20
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	20
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>120</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	4.00

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Test

F2 Projekt indywidualny

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

### KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna definicji cienkiej warstwy
NA OCENĘ 3.0	Student zna definicję cienkiej warstwy
NA OCENĘ 3.5	Student zna definicję cienkiej warstwy i w miarę potrafi opisać znaczenie cienkich warstw w elektronice
NA OCENĘ 4.0	Student zna definicję cienkiej warstwy i dobrze potrafi opisać znaczenie cienkich warstw w elektronice
NA OCENĘ 4.5	Student zna definicję cienkiej warstwy i potrafi opisać znaczenie cienkich warstw w elektronice i podać ponad 1-2 przykłady.

NA OCENĘ 5.0	Student zna definicję cienkiej warstwy i potrafi opisać znaczenie cienkich warstw w elektronice i podać ponad 2 przykłady
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi podać żadnego sposobu otrzymywania cienkich warstw
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi podać przynajmniej jeden sposób otrzymywania cienkich warstw
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi podać 2 sposoby otrzymywania cienkich warstw
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi podać 3 sposoby otrzymywania cienkich warstw
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi podać 4 sposoby otrzymywania cienkich warstw
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi podać 5 lub więcej sposobów otrzymywania cienkich warstw
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wie nic na temat procesu wzrostu cienkich warstw
NA OCENĘ 3.0	Student zna przynajmniej jeden z etapów wzrostu cienkich warstw
NA OCENĘ 3.5	Student zna 2 etapy wzrostu cienkich warstw
NA OCENĘ 4.0	Student zna 3 etapy wzrostu cienkich warstw
NA OCENĘ 4.5	Student zna 4 etapy wzrostu cienkich warstw
NA OCENĘ 5.0	Student zna 4 lub więcej etapów wzrostu cienkich warstw i zna rolę podłoża w procesie powstawania cienkiej warstwy
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wie nic na temat struktury cienkich warstw
NA OCENĘ 3.0	Student zna różnicę między warstwami krystalicznymi i amorficznymi
NA OCENĘ 3.5	Student zna różnicę między warstwami krystalicznymi i amorficznymi i zna jedną z metod badania powierzchni i cienkich warstw
NA OCENĘ 4.0	Student zna różnicę między warstwami krystalicznymi i amorficznymi i zna 2 metody badania powierzchni i cienkich warstw
NA OCENĘ 4.5	Student zna różnicę między warstwami krystalicznymi i amorficznymi i zna 3 metody badania powierzchni i cienkich warstw
NA OCENĘ 5.0	Student zna różnicę między warstwami krystalicznymi i amorficznymi i zna 4 lub więcej metod badania powierzchni i cienkich warstw
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	Student nie wie nic nt. właściwości powierzchni i cienkich warstw

NA OCENĘ 3.0	Student opisuje przynajmniej jeden rodzaj właściwości powierzchni i cienkich warstw, spośród właściwości mechanicznych, elektrycznych, optycznych i magnetycznych
NA OCENĘ 3.5	Student opisuje 2 rodzaje właściwości powierzchni i cienkich warstw
NA OCENĘ 4.0	Student opisuje 3 rodzaje właściwości powierzchni i cienkich warstw
NA OCENĘ 4.5	Student opisuje 4 rodzaje właściwości powierzchni i cienkich warstw
NA OCENĘ 5.0	Student opisuje 5 lub więcej rodzajów właściwości powierzchni i cienkich warstw
EFEKT KSZTAŁCENIA 6	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi podać ani jednego przykładu zastosowania cienkich warstw
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi podać przynajmniej jeden przykład zastosowania cienkich warstw
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi podać 2 przykłady zastosowania cienkich warstw
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi podać 3 przykłady zastosowania cienkich warstw
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi podać 4 przykłady zastosowania cienkich warstw
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi podać 4 lub więcej przykładów zastosowania cienkich warstw, w tym warstw organicznych
EFEKT KSZTAŁCENIA 7	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi przygotować projektu nt. jednej z wybranych właściwości powierzchni i cienkich warstw
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi przygotować prosty projekt nt. jednej z wybranych właściwości powierzchni i cienkich warstw
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi przygotować projekt nt. jednej z wybranych właściwości powierzchni i cienkich warstw
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi przygotować interesujący projekt nt. jednej z wybranych właściwości powierzchni i cienkich warstw
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi przygotować bardzo interesujący projekt nt. jednej z wybranych właściwości powierzchni i cienkich warstw
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi przygotować bardzo interesujący projekt nt. jednej z wybranych właściwości powierzchni i cienkich warstw. Student potrafi przekonująco uzasadnić metodykę zastosowaną w swoim projekcie

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K_W04b	Cel 1	W1	N1 N2 N4	F1 P1
EK2	K_W05	Cel 2	W2	N1 N2 N4	F1 P1
EK3	K_W05	Cel 3	W3	N1 N2 N4	F1 P1
EK4	K_W05	Cel 4	W4	N1 N2 N4	F1 P1
EK5	K_W05	Cel 5	W5	N1 N2 N4	F1 P1
EK6	K_W05	Cel 6	W6	N1 N2 N4	F1 P1
EK7	K_U03b K_U07b	Cel 7	P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7	N3	F2 P1

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Eds. J.L. Vossen and W. Kern — *Thin Film Processes*, New York, 1978, Academic Press
- [2] | Autor L. Eckertova — *Physics of Thin Films*, Prague, 1977, SNTL Publishers of Technical Literature

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | O.S. Heavens — *Thin Film Physics*, London, 1970, Methuen
- [2] | K.L. Chopra — *Thin Film Phenomena*, New York, 1969, McGraw-Hill Book Company
- [3] | E. Leja — *Otrzymywanie i właściwości elektryczne przezroczystych warstw tlenkowych typu SnO<sub>2</sub> i In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*, Kraków, 1982, Zeszyty nauk. AGH, nr 901, Mat.-Fiz.-Chem., zeszyt 55
- [4] | S. Ignatowicz, A. Kobendza — *Cienkie warstwy związków półprzewodnikowych AIBVI*, Warszawa, 1981, PWN
- [5] | Praca zb. pod red. W. Romanowskiego — *Cienkie warstwy metaliczne*, Warszawa, 1974, PWN

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr inż. Bożena Burtan-Gwizdała (kontakt: [bburtan@pk.edu.pl](mailto:bburtan@pk.edu.pl))



## OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 prof. dr hab. Jan Cisowski (kontakt: Jan.Cisowski@if.pk.edu.pl)

2 dr inż. Natalia Nosidlak (kontakt: nnosidlak@pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....

.....