

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2019/2020

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki

Kierunek studiów: Fizyka Techniczna

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: FT

Stopień studiów: II

Specjalności: Nowoczesne materiały i nanotechnologie

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                              |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Nanoinżynieria cienkich warstw i powierzchni |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM |                                              |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIMiF FT oIIS F5 19/20                       |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty wybieralne                        |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 3.00                                         |
| SEMESTRY                                | 2                                            |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | SEMINARIUM | PROJEKT |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|------------|---------|
| 2       | 15     | 15        | 0            | 0                                | 15         | 0       |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Opanowanie wiedzy z zakresu nanotechnologii. Podstawy technik nanoszenia nanoukładów oraz technik diagnostycznych do badania nanoukładów. Opanowanie umiejętności wykonywania prostych obliczeń parametrów stosowanych podczas przygotowywania nanoukładów i analizy danych.

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

1 Wymagana znajomość podstaw fizyki ciała stałego.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Wiedza z zakresu fizyki powierzchni, fizyki technicznej dotyczącej metod próżniowych i litograficznych.

**EK2 Umiejętności** Rozumienie zasad działania przyrządów i aparatury wykorzystującej próżnię. Umiejętność oszacowania parametrów technologicznych dla urządzeń próżniowych.

**EK3 Kompetencje społeczne** Umiejętność pracy w zespołach projektowych.

**EK4 Umiejętności** Umiejętność prezentacji informacji.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | 1.Wprowadzenie. Definicje nanotechnologia, nanoskala, jednostki. Cztery przyczyny dla których nanomateriały różnią się od makromateriałów. Rodzaje nanostruktur. Sposoby wytwarzania top-down, bottom-up. Prawa skalowania. Własności fizyczne nanomateriałów.                                                                                                                                                                                             | 2                |
| <b>W2</b> | 2.Sposoby otrzymywania nanoukładów - fizyczne metody depozycji. Wprowadzenie - próżnia, jednostki ciśnienia. Pompy i próżniowe przyrządy pomiarowe. Przygotowanie podłoża.                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2                |
| <b>W3</b> | 3.Fizyczne sposoby otrzymywania nanoukładów parowanie, rozpylanie, wiązki molekularne, wiązki jonowe, metody plazmowe. Istotne czynniki i parametry procesu naporowania. Źródła par grzanie oporowe. Wyrzutnia elektronowa. Zasada działania monitora kwarcowego do pomiaru grubości. Optyczny monitor grubości cienkich warstw. Systemy rozpylenia. Wsadowa linia technologiczna do jonowego rozpylenia. Podstawy fizyki plazmy. Wyrzutnie/działa jonowe. | 2                |
| <b>W4</b> | 4.Fizyczne sposoby otrzymywania nanoukładów. Metody epitaksjalne. Epitaksja z fazy ciekłej, z par, z wiązek molekularnych. Czynniki wpływające na typ wzrostu warstwy epitaksjalnej.                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1                |
| <b>W5</b> | 5.Chemiczne sposoby otrzymywania nanoukładów. Metody chemicznego osadzania nanoukładów z fazy lotnej.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1                |
| <b>W6</b> | 6.Powierzchnia jako czynnik determinujący własności fizyczne układów niskowymiarowych. Spektroskopowe metody badania własności powierzchni. Struktura krystalograficzna powierzchni. Metody badania powierzchni. Spektroskopia elektronów Auger (AES). Dyfrakcja elektronów niskoenergetycznych (LEED). Reflektometria i dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego (XRR, XRD).                                                                              | 2                |
| <b>W7</b> | 7.Mikroskopowe metody badania własności powierzchni (STM, AFM, SEM, TEM).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1                |

| WYKŁAD     |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP         | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W8</b>  | 9.Własności elektryczne, optyczne i mechaniczne cienkich warstw.                                                                                                                                                                                                      | 1                |
| <b>W9</b>  | 10.Rodzaje litografii. Litografia optyczna (fotolitografia). Interferencyjna litografia laserowa. Litografia elektronowa (elektronolitografia). Litografia rentgenowska (rentgenolitografia). Litografia jonowa (jonolitografia). Metoda mikrodruku.                  | 2                |
| <b>W10</b> | 12.Zastosowanie nanostruktur w spintronice, efekt gigantycznego magnetooporu, zawory spinowe, nanostruktury o prostopadłej anizotropii magnetycznej. Zastosowanie nanostruktur w medycynie, biosensory, syntetyczny diament jako materiał biogodny i biokompatybilny. | 1                |

| SEMINARIUM |                                                        |                  |
|------------|--------------------------------------------------------|------------------|
| LP         | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>S1</b>  | Prezentacje studentów.                                 | 15               |

| ĆWICZENIA |                                                                                          |                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                   | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C1</b> | Ćwiczenia rachunkowe - obliczenia krystalograficzne nanostruktur                         | 2                |
| <b>C2</b> | Ćwiczenia rachunkowe - obliczenia parametrów procesów technologicznych w próżni          | 2                |
| <b>C3</b> | Ćwiczenia rachunkowe - analiza danych dyfrakcyjnych i mikroskopowych                     | 4                |
| <b>C4</b> | Ćwiczenia laboratoryjne - depozycja układów cienkowarstwowych                            | 4                |
| <b>C5</b> | Ćwiczenia laboratoryjne - obrazowanie mikroskopowe powierzchni układów cienkowarstwowych | 3                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Ćwiczenia projektowe

**N3** Ćwiczenia laboratoryjne

**N4** Praca w grupach

**N5** Prezentacje multimedialne

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 45                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 10                                                      |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 5                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 15                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 5                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 10                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>90</b>                                               |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 3.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Ćwiczenie praktyczne

F3 Projekt indywidualny

F4 Zadanie tablicowe

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                 |
|---------------------|-----------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Poniżej 55 pkt. |
| NA OCENĘ 3.0        | 55-64 pkt.      |
| NA OCENĘ 3.5        | 64-74 pkt.      |
| NA OCENĘ 4.0        | 75-85 pkt.      |

|                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| NA OCENĘ 4.5        | 85-89 pkt.      |
| NA OCENĘ 5.0        | min. 90 pkt.    |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                 |
| NA OCENĘ 2.0        | Poniżej 55 pkt. |
| NA OCENĘ 3.0        | 55-64 pkt.      |
| NA OCENĘ 3.5        | 64-74 pkt.      |
| NA OCENĘ 4.0        | 75-85 pkt.      |
| NA OCENĘ 4.5        | 85-89 pkt.      |
| NA OCENĘ 5.0        | min. 90 pkt.    |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                 |
| NA OCENĘ 2.0        | Poniżej 55 pkt. |
| NA OCENĘ 3.0        | 55-64 pkt.      |
| NA OCENĘ 3.5        | 64-74 pkt.      |
| NA OCENĘ 4.0        | 75-85 pkt.      |
| NA OCENĘ 4.5        | 85-89 pkt.      |
| NA OCENĘ 5.0        | min. 90 pkt.    |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                 |
| NA OCENĘ 2.0        | Poniżej 55 pkt. |
| NA OCENĘ 3.0        | 55-64 pkt.      |
| NA OCENĘ 3.5        | 64-74 pkt.      |
| NA OCENĘ 4.0        | 75-85 pkt.      |
| NA OCENĘ 4.5        | 85-89 pkt.      |
| NA OCENĘ 5.0        | min. 90 pkt.    |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE                                         | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY  |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|
| EK1               |                                                                                | Cel 1           | W1 W2 W3 W4<br>W5 W7 W8 W9<br>W10                         | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK2               |                                                                                | Cel 1           | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 W7 W8<br>W9 W10 S1 C1<br>C2 C3 C4 C5 | N2 N3 N4 N5           | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK3               |                                                                                | Cel 1           | S1 C1 C2 C3 C4<br>C5                                      | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 F2 F3 F4 P1 |
| EK4               |                                                                                | Cel 1           | S1                                                        | N5                    | F1 F2 F3 F4 P1 |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] Hari Singh Nalwa — *Handbook of Nanostructured Materials and Nanotechnology*, New York, 2000, Academic Press

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. Marta Wolny-Marszałek (kontakt: Marta.Marszalek@ifj.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 Dr hab. Marta Wolny-Marszałek (kontakt: Marta.Marszalek@ifj.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....