

## SYLABUS

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA ..2025-2029...

(skrajne daty)

Rok akademicki 2027/2028

### 1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                                       |                                                                        |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Nazwa przedmiotu                                      | Technologie wytwarzania nanowarstw                                     |
| Kod przedmiotu*                                       |                                                                        |
| nazwa jednostki prowadzącej kierunek                  | Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych                                   |
| Nazwa jednostki realizującej przedmiot                | Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Instytut Inżynierii materiałowej |
| Kierunek studiów                                      | Nanotechnologia                                                        |
| Poziom studiów                                        | studia pierwszego stopnia                                              |
| Profil                                                | ogólnoakademicki                                                       |
| Forma studiów                                         | studia stacjonarne                                                     |
| Rok i semestr/y studiów                               | III rok/ V semestr                                                     |
| Rodzaj przedmiotu                                     | Ścieżka kształcenia w zakresie: Materiały dla ekoenergetyki            |
| Język wykładowy                                       | Język polski                                                           |
| Koordinator                                           | Dr hab. Grzegorz Wisz prof. UR                                         |
| Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących | Dr hab. Grzegorz Wisz prof. UR                                         |

\* -opcjonalnie, zgodnie z ustaleniami w Jednostce

#### 1.1. Formy zajęć dydaktycznych, wymiar godzin i punktów ECTS

| Semestr (nr) | Wykł. | Ćw. | Konw. | Lab. | Sem. | ZP | Prakt. | Inne (jakie?) | Liczba pkt. ECTS |
|--------------|-------|-----|-------|------|------|----|--------|---------------|------------------|
| V            | 15    |     |       | 15   |      | 15 |        |               | 4                |

#### 1.2. Sposób realizacji zajęć

- ☒ zajęcia w formie tradycyjnej
- ☒ zajęcia realizowane z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość

#### 1.3 Forma zaliczenia przedmiotu (z toku) (egzamin, zaliczenie z oceną, zaliczenie bez oceny)

Egzamin

### 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Znajomość podstaw fizyki technicznej i materiałoznawstwa. Znajomość angielskiego na poziomie podstawowym. Umiejętność czytania ze zrozumieniem tekstu i streszczenie go własnymi słowami.

### 3. CELE, EFEKTY UCZENIA SIĘ, TREŚCI PROGRAMOWE I STOSOWANE METODY DYDAKTYCZNE

#### 3.1 Cele przedmiotu

|                |                                                                                                                                                                         |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C <sub>1</sub> | Uświadamianie studentom możliwości modyfikacji własności materiałów poprzez zastosowanie nanowarstw funkcjonalnych.                                                     |
| C <sub>2</sub> | Przekazanie wiedzy o najważniejszych metodach i technikach wytwarzania nanowarstw, o ich zaletach, ograniczeniach oraz sposobach przygotowania powierzchni do pokrycia. |
| C <sub>3</sub> | Dostarczenie wiedzy z zakresu wybranych technik charakteryzacji cienkich warstw.                                                                                        |
| C <sub>4</sub> | Kształtowanie umiejętności doboru optymalnego materiału i technologii do wybranej aplikacji.                                                                            |

#### 3.2 Efekty uczenia się dla przedmiotu

| EK (efekt uczenia się) | Treść efektu uczenia się zdefiniowanego dla przedmiotu                                                                                                                                                                            | Odniesienie do efektów kierunkowych <sup>1</sup> |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| EK_01                  | Student zna wybrane zagadnienia z zakresu nanotechnologii, w tym fizycznych i chemicznych metod otrzymywania nanomateriałów, jak również posiada wiedzę na temat odpowiednich metod badawczych stosowanych do ich charakteryzacji | K_W05                                            |
| EK_02                  | Student zna metody oceny własności fizyko-chemicznych i mechanicznych, a także ma wiedzę o materiałach, produktach i procesach stosowanych w przemyśle wytwarzania materiałów lub nanomateriałów                                  | K_W010                                           |
| EK_03                  | Student potrafi dokonać doboru metod, technik i narzędzi oraz metod eksperymentalnych do badań materiałów lub nanomateriałów                                                                                                      | K_U07                                            |
| EK_04                  | Student ma motywację i jest gotowy do podnoszenia swoich kwalifikacji w zakresie nowoczesnych technologii, w szczególności nanotechnologii oraz rozumie potrzebę ciągłego kształcenia w tym zakresie.                             | K_K01                                            |

#### 3.3 Treści programowe

##### A. Problematyka wykładu

<sup>1</sup> W przypadku ścieżki kształcenia prowadzącej do uzyskania kwalifikacji nauczycielskich uwzględnić również efekty uczenia się ze standardów kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu nauczyciela.

|                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Treści merytoryczne                                                                    |
| Powierzchnia idealna i realna, sieć i struktura powierzchni ciał stałych               |
| Procesy na powierzchni i stany powierzchniowe                                          |
| Podstawowe technologie osadzania – parametry wpływające na strukturę osadzanych warstw |
| Ogólna charakterystyka technologii z grupy PVD-Physical Vapour Deposition              |
| Epitaksja warstw z wiązek molekularnych (Molecular Beam Epitaxy)                       |
| Osadzanie warstw techniką rozpylania jonowego (Ion Sputtering)                         |
| Osadzanie warstw techniką rozpylania magnetronowego (Magnetron Sputtering)             |
| Osadzanie warstw metodą próżniowego naparowania termicznego (Thermal Evaporation)      |
| Nanoszenie warstw metodą impulsowego osadzania laserowego (Pulse Laser Deposition)     |
| Osadzanie warstw ze związków chemicznych (Chemical Vapour Deposition)                  |

#### B. Problematyka ćwiczeń, konwersatoriów, laboratoriów, zajęć praktycznych

|                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Treści merytoryczne                                                                                                                            |
| Identyfikacja problemu materiałowego wybranej branży dającego rozwiązać się poprzez zastosowanie nanowarstwy lub układu funkcjonalnego warstw. |
| Analiza problemu na podstawie dostępnej literatury – praca z materiałami źródłowymi                                                            |
| Wskazanie i wybór optymalnego pokrycia dla wybranego problemu.                                                                                 |
| Analiza dostępnych technologii wytworzenia danego pokrycia.                                                                                    |
| Opis technologii oraz dobór parametrów technologicznych dla wybranego optymalnego sposobu nanoszenia pokrycia.                                 |
| Opis metod charakteryzacji i oceny parametrów naniesionego pokrycia.                                                                           |

### 3.4 Metody dydaktyczne

*Wykład: wykład problemowy, wykład z prezentacją multimedialną, metody kształcenia na odległość*

*Ćwiczenia: analiza tekstów z dyskusją, metoda projektów -realizacja etapów projektu badawczego, praca w grupach*

*Laboratorium: wykonywanie doświadczeń, projektowanie doświadczeń*

## 4. METODY I KRYTERIA OCENY

### 4.1 Sposoby weryfikacji efektów uczenia się

| Symbol efektu | Metody oceny efektów uczenia się<br>(np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć) | Forma zajęć dydaktycznych<br>(w, ćw, ...) |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|

|       |                           |          |
|-------|---------------------------|----------|
| EK_01 | odpowiedzi ustne, projekt | LAB. ZP. |
| EK_02 | odpowiedzi ustne, projekt | LAB. ZP. |
| EK_03 | odpowiedzi ustne, projekt | LAB. ZP. |
| EK_04 | odpowiedzi ustne, projekt | LAB. ZP. |

#### 4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

Zaliczenie przedmiotu potwierdzi stopień osiągnięcia przez studenta zakładanych efektów kształcenia. Weryfikacja osiąganych efektów kształcenia kontrolowana jest na bieżąco w trakcie realizacji zajęć. Ocena uzyskana z zaliczenia przedmiotu pozwoli ocenić stopień osiągniętych efektów. Weryfikacja efektów kształcenia z wiedzy i umiejętności przekazanej przez nauczyciela odbywać się poprzez indywidualne odpowiedzi, sprawozdania, aktywność na zajęciach i udział w dyskusji. Weryfikacja kompetencji społecznych odbywać się będzie poprzez aktywność na zajęciach i udział w dyskusji. Laboratorium: po każdej części materiału student prezentuje zrealizowane zadania, które są oceniane przez prowadzącego laboratorium. Projekt – opracowanie końcowe i prezentacja.

Ocena końcowa jest średnią arytmetyczną z ocen cząstkowych, przy czym student musi pozytywnie zaliczyć każdą część materiału

dost. (51 - 60)% pkt,

+dost. (61 - 70)% pkt,

dobry (71 - 80)% pkt,

+dobry (81 - 90)% pkt,

bardzo dobry (91 - 100)% pkt,

#### 5. CAŁKOWITY NAKŁAD PRACY STUDENTA POTRZEBNY DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW W GODZINACH ORAZ PUNKTACH ECTS

| Forma aktywności                                                                                          | Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Godziny z harmonogramu studiów                                                                            | 45                                                |
| Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie)                             | 2                                                 |
| Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.) | 53                                                |
| SUMA GODZIN                                                                                               | 100                                               |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS</b>                                                                     | <b>4</b>                                          |

*\* Należy uwzględnić, że 1 pkt ECTS odpowiada 25-30 godzin całkowitego nakładu pracy studenta.*

#### 6. PRAKTYKI ZAWODOWE W RAMACH PRZEDMIOTU

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| wymiar godzinowy                 |  |
| zasady i formy odbywania praktyk |  |

## 7. LITERATURA

### Literatura podstawowa:

1. Anna Szaynok, Stanisław Kuźmiński, Podstawy fizyki powierzchni półprzewodników, WNT, Warszawa 2000, • J. Łaskawiec, „Fizykochemia powierzchni ciała stałego”, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000
2. J.Bujak.: Właściwości niskotarciowych powłok węglowych typu a-C osadzanych metodą PLD, Tribologia, (2009)
3. K. Bewilogua, R. Wittorf, H. Thomsen, M. Weber.: DLC based coatings prepared by reactive dc magnetron sputtering. Thin Solid Films, (2004),
4. M. Biel-Gołaska.: Zastosowanie warstw diamentowych oraz powłok diamentopodobnych na narzędziach medycznych i implantach. Prace instytutu odlewnictwa, (2008), p.5-18.
5. M. Hajduga, M.Hajduga, S. Węgrzynkiewicz, J. Waś-Solipiwo.: Ocena bakteriologiczna powłok DLC COMP a-C:H, presscomp CrN I multicom TiN. Aktualne Problemy Biomechaniki, nr 9/2015 p.41-46.
6. M. PANCIELEJKO, A. CZYŻNIEWSKI, V. ZAVALEYEV, A. PANDER, K. WOJTALIK. OPTIMIZATION OF THE DEPOSITION PARAMETERS OF DLC COATINGS WITH THE MCVA METHOD, ARCHIVES OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING 54/2, (2012

### Literatura uzupełniająca:

1. K.Chronowska, Analiza właściwości nowych grup powłok stosowanych na wysoko obciążone elementy maszyn, Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej, 2014.
2. K. Czechowski, D. Toboła, I. Wronska, R. Jarosz, M. Bąk Modyfikacja warstwy wierzchniej części roboczych narzędzi
3. P. Holubář, R. Janků, Nanokompozytowe powłoki PVD, Magazyn Przemysłowy 3 (115)/2012.
4. M.Michalak, R. Michalczewski, M. Szarek, Wysokotemperaturowe charakterystyki tribologiczne elementów z powłoką AlTiN i TiAlN, 2014.
5. A. Kaźmierczak, Analiza możliwości osadzenia powłoki z azotku tytanu na powierzchni roboczej uszczelniającego pierścienia tłokowego silnika spalinowego, 2012.
6. M. W. Richert, P. Zawadzka, Powłoki użytkowe na narzędziach i częściach maszyn dla przemysłu metali nieżelaznych, 2014.
7. Yufang Ren, Wenting Li ,Zhenhao Cao, Yapei Jiao, Jingjing Xu, Peng Liu, Sen Li, Xue Li, Robust TiO<sub>2</sub> nanorods-SiO<sub>2</sub> core-shell coating with high-performance self-cleaning properties under visible light;

8. D.R. Sahu, Jow-Lay Huang, „High quality transparent conductive ZnO/Ag/ZnO multilayer films deposited at room temperature”, Thin Solid Films, Volume 515, Issue 3, 2006
9. Prace dyplomowe oraz materiały udostępnione przez prowadzącego zajęcia

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej

