



Inżynieria powierzchni we współczesnej technice

Karta opisu przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Nanoinżynieria Materiałów Specjalność Wszystkie Jednostka organizacyjna Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Poziom kształcenia Studia magisterskie inżynierskie II stopnia Forma studiów Stacjonarne Profil studiów Ogólnoakademicki		Cykl dydaktyczny 2023/2024 Kod przedmiotu CNAICS.IIi2.15842.23 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Do wyboru Blok zajęciowy Przedmioty specjalnościowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
Koordynator przedmiotu	Elżbieta Godlewska	
Prowadzący zajęcia	Krzysztof Mars, Marzena Mitoraj-Królikowska	
Okres Semestr 2	Forma zaliczenia Zaliczenie Forma prowadzenia i godziny zajęć Wykład: 15 Ćwiczenia laboratoryjne: 15 Zajęcia seminaryjne: 15	Liczba punktów ECTS 4

Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Zapoznanie studentów z szerokim spektrum zagadnień, jakimi zajmuje się inżynieria powierzchni we współczesnej technice, wskazanie nowych trendów w badaniach podstawowych i aplikacyjnych
C2	Przekazanie wiedzy z zakresu struktury powierzchni ciała stałego, procesów fizycznych i chemicznych zachodzących w wyniku kontaktu ze środowiskiem zewnętrznym
C3	Zapoznanie studentów z wybranymi metodami modyfikacji powierzchni i ich zastosowaniem w przemyśle
C4	Uświadomienie studentom znaczenia inżynierii powierzchni w rozwoju technologii przyjaznych dla środowiska naturalnego

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
W1	Absolwent posiada pogłębioną wiedzę w dziedzinie nauk podstawowych takich jak chemia i fizyka. Dzięki pozyskanej wiedzy posiada zrozumienie efektów i zjawisk powiązanych z nanotechnologią, oraz sposobów badania i możliwych zastosowań nanomateriałów	NAIC2A_W01	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Zaangażowanie w pracę zespołu, Wynik testu zaliczeniowego, Odpowiedź ustna
W2	Absolwent posiada pogłębioną wiedzę o teoretycznej stronie inżynierii materiałowej powiązanej z nanomateriałami oraz posiada poszerzoną wiedzę w dziedzinie projektowania złożonej struktury i właściwości użytkowych nanomateriałów	NAIC2A_W03	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Zaangażowanie w pracę zespołu, Wynik testu zaliczeniowego, Odpowiedź ustna
W3	Absolwent posiada pogłębioną wiedzę w dziedzinie wytwarzania lub kontroli procesów towarzyszących wytwarzaniu nanomateriałów	NAIC2A_W05	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Zaangażowanie w pracę zespołu, Wynik testu zaliczeniowego, Odpowiedź ustna
Umiejętności - Student potrafi:			
U1	Absolwent potrafi korzystać z zasobów istniejącej wiedzy w postaci literaturowej, baz danych lub innych właściwie dobranych źródeł. Potrafi na podstawie uzyskanych informacji dokonać analizy oraz interpretacji, zakończonych uzasadnionymi wnioskami i oceną krytyczną	NAIC2A_U01	Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu, Zaliczenie laboratorium
U2	Absolwent potrafi samodzielnie bądź w grupie dokonać właściwego doboru metod i narzędzi niezbędnych w rozwiązaniu zadań z dziedziny inżynierii materiałowej, opierając się na optymalnym doborze narzędzi informatycznych, materiałów i procesów wytwórczych typowych dla nanotechnologii. Posiada umiejętność krytycznej oceny zaproponowanych lub istniejących rozwiązań biorąc pod uwagę także czynniki pozatechniczne	NAIC2A_U02	Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu, Zaliczenie laboratorium
Kompetencji społecznych - Student jest gotów do:			

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
K1	Absolwent ma świadomość ciągłego doksztalcania się i podnoszenia swoich kwalifikacji zawodowych i społecznych. Jest gotów zrozumiale przekazywać wiedzę i jasno wyrażać opinie w wybranej dziedzinie	NAIC2A_K01	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Zaangażowanie w pracę zespołu
K2	Absolwent jest gotów przestrzegać zasad etyki zawodowej oraz posiada zrozumienie wpływu nanotechnologii na środowisko naturalne, oraz w sposób odpowiedzialny podejmuje decyzje z tym związane	NAIC2A_K03	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Zaangażowanie w pracę zespołu

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Moduł umożliwia zdobycie wiedzy z zakresu struktury i właściwości powierzchni ciała stałego oraz metod modyfikacji powierzchni stosowanych zarówno w skali laboratoryjnej jak i w przemyśle.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	15
Ćwiczenia laboratoryjne	15
Zajęcia seminaryjne	15
Przygotowanie do zajęć	15
Przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	10
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	23
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2
Dodatkowe godziny kontaktowe	5
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 100
Liczba godzin kontaktowych	Liczba godzin 45

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
1.	Wykłady i seminara/warsztaty - program ramowy Struktura powierzchni ciała stałego/Wybrane metody badań powierzchni Adsorpcja - termodynamika, kinetyka, mechanizmy Układ "warstwa na podłożu" - naprężenia i stabilność mechaniczna Fizyczne metody nanoszenia warstw z fazy gazowej (PVD) Chemiczne metody nanoszenia warstw z fazy gazowej (CVD) Nanoszenie powłok metodą natrysku cieplnego (Thermal Spray) Plazmowe utlenianie elektrolityczne (Plasma Electrolytic Oxidation) Chemiczne nanoszenie powłok ze złoża proszkowego (Pack Cementation)	W1, W2, W3, U1, U2, K1, K2	Wykład, Zajęcia seminaryjne
2.	Ćwiczenia laboratoryjne/warsztaty - program ramowy Otrzymywanie warstw metodą rozpylania magnetronowego Charakterystyka właściwości transportowych warstw Otrzymywanie warstw z roztworów Charakterystyka odporności korozyjnej warstw metodami elektrochemicznymi Badania mikroskopowe - morfologia, mikrostruktura, skład chemiczny i fazowy	U2	Ćwiczenia laboratoryjne, Zajęcia seminaryjne

Informacje rozszerzone

Metody i techniki kształcenia :

Praca z materiałem źródłowym, Metoda warsztatowa (ang. workshop), Demonstracja, instruktaż, Praca grupowa, Studium przypadku (ang. case study), Dyskusja

Rodzaj zajęć	Metody zaliczenia	Warunki zaliczenia przedmiotu
Wykład	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Wynik testu zaliczeniowego	Pozytywny wynik testu zaliczeniowego.
Ćwiczenia laboratoryjne	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu, Zaliczenie laboratorium	Poprawne wykonanie eksperymentów, opracowanie wyników oraz sporządzenie sprawozdania.
Zajęcia seminaryjne	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Zaangażowanie w pracę zespołu, Wynik testu zaliczeniowego, Odpowiedź ustna	Pozytywny wynik testu zaliczeniowego.

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu

Warunki są zgodne z regulaminem studiów. Szczegóły są podawane na pierwszych zajęciach.

Sposób obliczania oceny końcowej

ocena końcowa: 0,1 frekwencja + 0,2 laboratorium + 0,2 seminarium/warsztaty + 0,5 test zaliczeniowy

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

Do uzgodnienia z prowadzącym przedmiot.

Wymagania wstępne i dodatkowe

podstawy fizykochemii ciała stałego oraz metod badań

Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa

Wykład i seminarium/warsztaty: Zajęcia mają charakter konwersatorium, studenci poznają kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem. Przygotowują się do kolejnych zajęć, studiując polecane pozycje literaturowe, biorą aktywny udział w dyskusji, na bieżąco wyjaśniają wątpliwości. Rejestracja audiowizualna zajęć wymaga zgody prowadzącego.

Laboratorium/warsztaty: Studenci wykonują ćwiczenia zgodnie z przedstawionym przez prowadzącego harmonogramem. W części warsztatowej pogłębiają wiedzę związaną z tematyką ćwiczeń. Zapoznają się z metodyką, technikami i aparaturą niezbędną do przeprowadzenia badań.

Obecność na zajęciach jest obowiązkowa.

Literatura

Obowiązkowa

1. M. Blicharski, Inżynieria Powierzchni, PWN, 2020
2. Dheerendra Kumar Dwivedi, Surface Engineering, Springer, 2018
3. T. Burakowski, T. Wierzchoń, Inżynieria powierzchni metali, WNT, 1995
4. Z. Sarbak, Adsorpcja i adsorbenty, Wydawnictwo Naukowe UAM, 2000
5. B. Crittenden, W.J. Thoms, Adsorption Theory and Design, Butterworth-Heinemann, 1998
6. A. Klimpel, Napawanie i natryskiwanie cieplne, WNT, 2008
7. T. Hejwowski, Nowoczesne powłoki nakładane cieplnie odporne na zużycie ścierne i erozyjne, PL, Lublin 2013
8. Hugh O. Pierson, Handbook of chemical vapor deposition, Principles, Technology, and Applications, Noyes Publications, 1999
9. J. R. Creighton and P. Ho, Introduction to Chemical Vapor Deposition (CVD), ASM International, 2001
10. C. Vahlasa, B. Caussat, P. Serpc, G. N. Angelopoulos, Principles and applications of CVD powder technology, Materials Science and Engineering R 53, 2006
11. K.L. Choy, Chemical vapour deposition of coatings, Progress in Materials Science 48, 2003
12. F. A. Stevie, and C. L. Donley, Introduction to x-ray photoelectron Spectroscopy, J. Vac. Sci. Technol. A 38, 063204, 2020
13. notatki z wykładów oraz publikacje polecane przez prowadzącego

Dodatkowa

1. M. Mitoraj-Królikowska, E. Godlewska, Oxidation resistance and micromechanical properties of a Ti-46Al-8NbTi-46Al-8Nb (at.%) alloy with Cr-Si magnetron-sputtered coatings, Surface and Coatings Technology, 2018, vol. 350, s. 732-739
2. M. Mitoraj-Królikowska, Silicide coatings on Ti-6Al-1MnTi-6Al-1Mn (at.%) alloy and their oxidation resistance, Surface and Coatings Technology, 2018, vol. 334, s. 491-499

Badania i publikacje

Badania

1. wytwarzanie powłok ochronnych i warstw funkcjonalnych metodami PVD i CVD
2. charakterystyka struktury, składu oraz właściwości powłok ochronnych i warstw funkcjonalnych
3. nowe materiały w formie warstw do zastosowań w układach do przetwarzania energii

Publikacje

1. E. Godlewska, K. Godlewski, Chromaluminizing of Nickel and Its Alloys, *Oxidation of Metals*, 1984, 22, 3-4, 117-131. E. Godlewska, K. Mars, R. Mania, M. Mitoraj, W. Pichór, Nanoszenie warstw metalicznych na mikrosfery glinokrzemianowe, *Elektronika: konstrukcje, technologie, zastosowania* (Warszawa), 2011, 52, 11, 17-18. E. Godlewska, M. Nocuń, K. Majewska-Zawadzka, K. Mars, Sposób wytwarzania powłoki ochronnej na materiałach termoelektrycznych — Opis patentowy ; PL 218147 B1 ; Udziel. 2014-03-07 ; Opubl. 2014-10-31. <http://patenty.bg.agh.edu.pl/pelneteksty/PL218147B1.pdf> R. Mania, E. Godlewska, K. Mars, J. Morgiel, R. Wolański, Sposób wytwarzania ceramicznych warstw na tkaninie, — Opis patentowy ; PL 215960 B1 ; Udziel. 2013-06-25 ; Opubl. 2014-02-28, <http://patenty.bg.agh.edu.pl/pelneteksty/PL215960B1.pdf> R. Mania, E. Godlewska, K. Mars, J. Morgiel, R. Wolański, Warstwy ceramiczne na tkaninach, *Elektronika: konstrukcje, technologie, zastosowania* (Warszawa) 2011, 52 11, 34-36. E. Godlewska, W. Żórawski, K. Mars, Powłoki Mg₂Si natryskiwane zimnym gazem, *Inżynieria Materiałowa*, 2011, 32, 4, 421-424. M. Mitoraj-Królikowska, E. Godlewska, Magnetron-Sputtered Ni-Cr and Ti-Si Layers to Protect Ti-46Al-8Nb (at.%) Substrates Against Gas Absorption, *Journal of Materials Engineering and Performance*, 2019, 28, 6258-6267 K. Rubacha, E. Godlewska, K. Zawadzka, J. Dąbrowa, Formation of silicide layers on a Ti-46Al-8Ta alloy in pack cementation and diffusion couple experiments, *Surface and Coatings Technology*, 2022, 429, 127860.
2. K. Godlewski, E. Godlewska, Effect of Chromium on the Protective Properties of Aluminide Coatings, *Oxidation of Metals*, 1986, 26, 125-138. E. Godlewska, K. Zawadzka, K. Mars, R. Mania, K. Wojciechowski, A. Opoka, Protective properties of magnetron-sputtered Cr – Si layers on CoSb₃, *Oxidation of Metals*, 2010, 74, 3-4, 205-213. K. Wojciechowski, E. Godlewska, K. Mars, R. Mania, G. Karpinski, P. Ziolkowski, Ch. Siewe, E. M. Uller, Characterization of thermoelectric properties of layers obtained by pulsed magnetron sputtering, *Vacuum: Surface Engineering, Surface Instrumentation & Vacuum Technology*, 2008, 82, 10, 1003-1006. M. Mitoraj-Królikowska, E. Godlewska, Silicide coatings on Ti-6Al-1Mn (at.%) alloy and their oxidation resistance, *Surface and Coatings Technology*, 2018, 334, 491-499 M. Mitoraj-Królikowska, E. Godlewska, Oxidation resistance and micromechanical properties of a Ti-46Al-8Nb (at.%) alloy with Cr-Si magnetron-sputtered coatings, *Surface and Coatings Technology*, 2018, 350, 732-739. W. Pichór, K. Mars, E. Godlewska, R. Mania, Mechanical Properties of metal-coated cenospheres, *Kompozyty (Composites)*, 2010 10 (1), 149-153.
3. K. Mars, M. Sałęga – Starzecki, E. Godlewska, Wpływ trybu zasilania magnetronu na właściwości warstw SnSe, *Przegląd elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, 2022, 98, 9, 307-310. Bogusławski, J., Soboń, G., Zybała, R., Mars, K., Mikuła, A., Abramski, K. M., & Sotor, J., Investigation on pulse shaping in fiber laser hybrid mode-locked by Sb₂Te₃ saturable absorber, *Optics Express*, 2015, 23(22), 29014-29023. Kowalczyk, M., Bogusławski, J., Zybała, R., Mars, K., Mikuła, A., Soboń, G., & Sotor, J., Sb₂Te₃-deposited D-shaped fiber as a saturable absorber for mode-locked Yb-doped fiber lasers. *Optical Materials Express*, 2016, 6(7), 2273-2282.

Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
NAIC2A_K01	Absolwent ma świadomość konieczności ciągłego dokształcania się i podnoszenia swoich kwalifikacji zawodowych i społecznych. Jest gotów zrozumiale przekazywać wiedzę i jasno wyrażać opinie w wybranej dziedzinie
NAIC2A_K03	Absolwent jest gotów przestrzegać zasad etyki zawodowej oraz rozumie wpływ nanotechnologii na środowisko naturalne, oraz w sposób odpowiedzialny podejmuje decyzje z tym związane
NAIC2A_U01	Absolwent potrafi korzystać z zasobów istniejącej wiedzy w postaci literaturowej, baz danych lub innych właściwie dobranych źródeł. Potrafi na podstawie uzyskanych informacji dokonać analizy oraz interpretacji, zakończonej uzasadnionymi wnioskami i oceną krytyczną
NAIC2A_U02	Absolwent potrafi samodzielnie bądź w grupie dokonać właściwego doboru metod i narzędzi niezbędnych w rozwiązaniu zadań z dziedziny inżynierii materiałowej, opierając się na optymalnym doborze narzędzi informatycznych, materiałów i procesów wytwórczych typowych dla nanotechnologii. Posiada umiejętność krytycznej oceny zaproponowanych lub istniejących rozwiązań biorąc pod uwagę także czynniki pozatechniczne
NAIC2A_W01	Absolwent posiada pogłębioną wiedzę w dziedzinie nauk podstawowych takich jak chemia i fizyka. Dzięki pozyskanej wiedzy posiada zrozumienie efektów i zjawisk powiązanych z nanotechnologią, oraz sposobów badania i możliwych zastosowań nanomateriałów
NAIC2A_W03	Absolwent posiada pogłębioną wiedzę o teoretycznej stronie inżynierii materiałowej powiązanej z nanomateriałami oraz posiada poszerzoną wiedzę w dziedzinie projektowania złożonej struktury i właściwości użytkowych nanomateriałów
NAIC2A_W05	Absolwent posiada pogłębioną wiedzę w dziedzinie wytwarzania lub kontroli procesów towarzyszących wytwarzaniu nanomateriałów