

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Elektronika spinowa

Rok akademicki: 2014/2015 Kod: IET-1-709-s Punkty ECTS: 3

Wydział: Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji

Kierunek: Elektronika i Telekomunikacja Specjalność: —

Poziom studiów: Studia I stopnia Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 7

Strona www: —

Osoba odpowiedzialna: Stobiecki Tomasz (stobieck@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: Stobiecki Tomasz (stobieck@agh.edu.pl)
dr inż. Skowroński Witold (skowron@agh.edu.pl)

Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W001	Student ma podstawową wiedzę w zakresie fizyki i inżynierii materiałowej potrzebną do projektowania i wytwarzania nanourządzeń: elektroniki spinowej.	ET1A_W02, ET1A_W05	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Zaliczenie laboratorium
M_W002	Student zna podstawy metod projektowania, wytwarzania, charakteryzowania i testowania nanourządzeń: spintronicznych (zawory spinowe), pamięci MRAM, oscylatory mikrofalowe.	ET1A_W02, ET1A_W01	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Zaliczenie laboratorium
M_W003	Student zna i rozumie podstawy zjawisk fizycznych, na których opierają się metody stosowane w nanotechnologiach systemów cienkowarstwowych dla urządzeń elektroniki spinowej.	ET1A_W21, ET1A_W25, ET1A_W01	
Umiejętności			
M_U001	Student umie integrować odpowiednie prawa i zasady poznane na wykładzie oraz pozyskane z literatury, potrafi dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski.	ET1A_U01	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

M_U002	Student potrafi zaplanować i przeprowadzić eksperyment, symulację oraz pomiary charakterystyk elektrycznych, magnetycznych i optycznych. Potrafi również w oparciu o nabytą wiedzę zaprojektować analogowe i cyfrowe układy elektroniczne współpracujące z nanourządzeniem cienkowarstwowym.	ET1A_U03, ET1A_U04	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U003	Student potrafi pracować indywidualnie i w zespole, opracować szczegółową dokumentację wyników z realizacji eksperymentu, zawierającą ich analizę i wnioski.	ET1A_U02, ET1A_U01	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
Kompetencje społeczne			
M_K001	Student ma świadomość odpowiedzialności za pracę własną oraz gotowość podporządkowania się zasadom pracy w zespole i ponoszenia odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania.	ET1A_K04	Aktywność na zajęciach
M_K002	Student ma świadomość ważności zachowywania się w sposób profesjonalny, przestrzegania zasad etyki zawodowej i poszanowania różnorodności poglądów i kultur.	ET1A_K03	Aktywność na zajęciach
M_K003	Student rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego dokształcania się oraz podnoszenia swoich kompetencji zawodowych.	ET1A_K02	Aktywność na zajęciach
M_K004	Student rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego dokształcania się oraz podnoszenia swoich kompetencji zawodowych.	ET1A_K01	Aktywność na zajęciach

Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W001	Student ma podstawową wiedzę w zakresie fizyki i inżynierii materiałowej potrzebną do projektowania i wytwarzania nanourządzeń: elektroniki spinowej.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student zna podstawy metod projektowania, wytwarzania, charakteryzowania i testowania nanourządzeń: spintronicznych (zawory spinowe), pamięci MRAM, oscylatory mikrofalowe.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

M_W003	Student zna i rozumie podstawy zjawisk fizycznych, na których opierają się metody stosowane w nanotechnologiach systemów cienkowarstwowych dla urządzeń elektroniki spinowej.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												
M_U001	Student umie integrować odpowiednie prawa i zasady poznane na wykładzie oraz pozyskane z literatury, potrafi dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi zaplanować i przeprowadzić eksperyment, symulację oraz pomiary charakterystyk elektrycznych, magnetycznych i optycznych. Potrafi również w oparciu o nabytą wiedzę zaprojektować analogowe i cyfrowe układy elektroniczne współpracujące z nanourządzeniem cienkowarstwowym.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Student potrafi pracować indywidualnie i w zespole, opracować szczegółową dokumentację wyników z realizacji eksperymentu, zawierającą ich analizę i wnioski.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	Student ma świadomość odpowiedzialności za pracę własną oraz gotowość podporządkowania się zasadom pracy w zespole i ponoszenia odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K002	Student ma świadomość ważności zachowywania się w sposób profesjonalny, przestrzegania zasad etyki zawodowej i poszanowania różnorodności poglądów i kultur.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K003	Student rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego doskonalenia się oraz podnoszenia swoich kompetencji zawodowych.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K004	Student rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego doskonalenia się oraz podnoszenia swoich kompetencji zawodowych.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

Wykład

Celem przedmiotu jest przekazanie wiedzy, wykształcenie teoretycznych i praktycznych umiejętności z nanotechnologii cienkowarstwowej w zakresie: elektroniki spinowej. Student potrafi w laboratorium zaprojektować nanourządzenia spintroniczne oraz zmierzyć i przeanalizować ich podstawowe charakterystyki.

Zajęcia w ramach modułu prowadzone są w formie wykładu (14 godzin) oraz ćwiczeń laboratoryjnych (28 godzin). Tematyka wykładu podzielona jest na następujące sekcje:

1. Podstawy fizyczne nanoelektroniki cienkowarstwowej. Technologie wytwarzania i nanostrukturyzacji systemów wielowarstwowych (litografia optyczna, elektronowa, FIB).
2. Elektronika spinowa podstawowe zjawiska:
 - proces przemagnesowywania cienkiej warstwy ferromagnetycznej,
 - międzywarstwowe magnetyczne sprzężenia wymienne w układach wielowarstwowych,
 - zjawiska magnetorezystancyjne w cienkich warstwach: anizotropowy efekt magnetorezystancyjny (AMR), gigantyczna magnetorezystancja (GMR), tunelowa magnetorezystancja (TMR), anomalny efekt Halla.
3. Podstawowe charakterystyki polowe i prądowo-napięciowe: zaworów spinowych GMR i TMR, magnetycznych złącz tunelowych (MTJ).
4. Charakteryzacja magnetyczna i strukturalna układów wielowarstwowych stosowanych w elementach AMR i GMR:
 - pomiary pętli histerezy magnetycznej: magnetoptyczny efekt Kerra (MOKE), magnetometr wibracyjny (VSM),
 - dyfrakcja rentgenowska XRD, transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM).
5. Urządzenia elektroniki spinowej: czujniki magnetorezystancyjne, dyski i głowice (HDD), pamięci operacyjne (MRAM i STTRAM), oscylatory mikrofalowe (STO), nanoukłady magnetyczne sterowane polem elektrycznym.
6. Aparatura technologiczna do nanoszenia nanostruktur magnetycznych.
7. Aparatura i metody mikro - i nanostrukturyzacji.

Ćwiczenia laboratoryjne

1. Wprowadzenie do LabVIEW oraz do systemów pomiarowych.
2. Badania elementów elektroniki spinowej na przykładzie zaworu spinowego GMR i złącza tunelowego TMR - pomiar podstawowych charakterystyk elektrycznych i magnetycznych.
3. Komercyjne czujniki magnetorezystancyjne typu: AMR, GMR i TMR - pomiary charakterystyk.
4. Pomiary pola magnetycznego z użyciem czujnika AMR/GMR.
5. Pomiary natężenia prądu elektrycznego z użyciem czujnika GMR.
6. Pomiary prędkości kątowej z wykorzystaniem czujników AMR/Halla.
7. Pomiar kąta z użyciem czujnika TMR.

Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena końcowa obliczana jest zgodnie z regulaminem studiów, jako średnia ważona ocen: testu z wykładu i oceny końcowej ćwiczeń laboratoryjnych.

Wymagania wstępne i dodatkowe

- Znajomość: elektromagnetyzmu, optyki i podstaw fizyki ciała stałego (półprzewodniki, magnetyzm)
- Teoria obwodów, podstawy elektroniki analogowej i cyfrowej.
- Znajomość zagadnień z miernictwa elektronicznego
- Podstawowa znajomość środowiska LabVIEW

Zalecana literatura i pomoce naukowe

- 1.Rainer Waser, Nanoelectronics and Information Technology (Advanced Electronic Materials and Novel Devices), Wiley-VCH 2003
- 2.S. Tumański, Thin Film Magnetoresistive Sensors, IOP Publ., Bristol, 2001
- 3.T. Stobiecki, Urządzenia elektroniki spinowej, Wydawnictwa AGH (2012)
- 4.R. Sroka, Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych dla specjalności pomiary technologiczne i biomedyczne, Wydawnictwa AGH (2010)

Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu

Nie podano dodatkowych publikacji

Informacje dodatkowe

Brak

Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w wykładach	14 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	12 godz
Udział w ćwiczeniach laboratoryjnych	28 godz
Przygotowanie do zajęć	14 godz
Przygotowanie sprawozdania, pracy pisemnej, prezentacji, itp.	14 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	82 godz
Punkty ECTS za moduł	3 ECTS