

Wydział Elektryczny

<i>Kierunek studiów</i>	Elektronika i Telekomunikacja					
<i>Forma studiów</i>	stacjonarna	<i>Poziom</i>	drugi			
<i>Tytuł zawodowy absolwenta</i>	magister inżynier					
<i>Obszary studiów</i>	nauki techniczne					
<i>Profil</i>	ogólnoakademicki					
<i>Moduł</i>						
<i>Przedmiot</i>	Technologie mikroelektroniczne					
<i>Kod</i>	ET_S2A_C04					
<i>Specjalność</i>						
<i>Jednostka prowadząca</i>	Instytut Fizyki					
<i>ECTS</i>	4,0	<i>ECTS (formy)</i>	4,0			
<i>Forma zaliczenia</i>	zaliczenie	<i>Język</i>	polski			
<i>Blok obieralny</i>			<i>Grupa obieralna</i>			
<i>Forma dydaktyczna</i>	<i>Kod</i>	<i>Semestr</i>	<i>Godziny</i>	<i>ECTS</i>	<i>Waga</i>	<i>Zaliczenie</i>
wykłady	W	1	30	2,0	1,0	zaliczenie
laboratoria	L	1	15	1,0	0,6	zaliczenie
projekty	P	1	15	1,0	0,8	zaliczenie
<i>Nauczyciel odpowiedzialny</i>	Kaczmarek Sławomir (Slawomir.Kaczmarek@zut.edu.pl)					
<i>Inni nauczyciele</i>						
<i>Wymagania wstępne</i>						
W-1	Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie fizyki, obejmującą podstawy fizyki kwantowej i fizykę ciała stałego, w tym wiedzę niezbędną do zrozumienia zjawisk fizycznych mających istotny wpływ na właściwości nowych materiałów i działanie zaawansowanych elementów elektronicznych i fonicznych.					
W-2	Student ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach w zakresie elektroniki i telekomunikacji oraz - w mniejszym stopniu - teleinformatyki.					
W-3	Student zna zasady działania i jest przygotowany do obsługi urządzeń wysokoenergetycznych, zna urządzenia wykorzystujące prądy indukcyjne, generatory.					
<i>Cele modułu/przedmiotu</i>						
C-1	Celem wykładu jest usystematyzowanie wiedzy w zakresie nowych technik i technologii wytwarzania elementów czy układów elektronicznych.					
C-2	Student ma zapoznać się ze sposobami wytwarzania przyrządów półprzewodnikowych, monolitycznych układów scalonych oraz hybrydowych układów warstwowych - grubo i cienkowarstwowych.					
C-3	Wykład ma na celu przedstawienie wybranych procedur, które pozwalają na świadome i celowe modyfikowanie własności ciała stałego (półprzewodnika) w celu wytworzenia określonych struktur półprzewodnikowych, czy wybranych fragmentów układów elektronicznych realizowanych technikami warstwowymi.					
<i>Treści programowe z podziałem na formy zajęć</i>						<i>Liczba godzin</i>
T-W-1	Wprowadzenie pojęć mikroelektronika, mikrostruktura, podstawowe typy struktur mikroelektronicznych. Wytwarzanie układów mikroelektronicznych. Podstawowe operacje technologiczne w elektronice półprzewodnikowej.					2
T-W-2	Materiały półprzewodnikowe stosowane w produkcji przyrządów półprzewodnikowych i układów scalonych - krzem, arsenek galu, fosforek indu. Wytwarzanie monokryształów. „Wyciąganie” monokryształów krzemu metodą Czochralskiego, wytwarzanie monokryształów arsenku galu pod wysokim ciśnieniem. Wytwarzanie monokryształów metodą „topienia strefowego”. Wytwarzanie krzemowych płytek podłożowych.					5
T-W-3	Cięcie, szlifowanie, polerowanie. Obróbka chemiczna powierzchni płytek. Specjalne metody technologiczne wytwarzania struktur półprzewodnikowych. Epitaksja - rodzaje epitaksji, typy struktur epitaksjalnych. Sposoby realizacji procesu epitaksji - epitaksja z fazy ciekłej, gazowej, epitaksja z wiązek molekularnych. Metody próżniowe wytwarzania warstw epitaksjalnych. Epitaksja z wiązek molekularnych. Epitaksja metodą chemicznego osadzania z par CVD. Wytwarzanie krzemowych warstw epitaksjalnych metodą CVD - reaktory. Epitaksja warstw krzemogermanu. Epitaksja ze związków krzemooorganicznych MOC VD. Epitaksja z fazy ciekłej LPE.					3
T-W-4	Wytwarzanie warstw dielektrycznych. Funkcje warstw dielektrycznych w technologii struktur półprzewodnikowych. Wytwarzanie warstw dwutlenku krzemu. Utlenianie termiczne - opis kinetyki procesu utleniania, metody utleniania, aparatura. Własności warstw dwutlenku krzemu. Wytwarzanie warstw azotku krzemu.					4
T-W-5	Fotolitografia. Etapy procesu fotolitografii, metody naświetlania warstwy kopiowej, wywoływanie, trawienie. Metody suchego trawienia. Ograniczenia metody fotolitografii. Rentgenolitografia - aparatura. Maskowanie w rentgenolitografii. Elektronolitografia, jonolitografia.					2



Wydział Elektryczny

Treści programowe z podziałem na formy zajęć		Liczba godzin
T-W-6	Domieszkowanie półprzewodników. Domieszkowanie dyfuzyjne. Matematyczny opis dyfuzji - prawa Ficka. Sposoby realizacji procesu domieszkowania dyfuzyjnego. Metody domieszkowania krzemu borem, fosforem i arsenem. Implantacja jonów - idea metody. Aparatura - implantator jonów. Oddziaływanie jonów z ciałem stałym - mechanizmy wyhamowania jonów. Wykorzystanie implantacji jonów do realizacji struktur półprzewodnikowych. Efekt „kanałowania”.	4
T-W-7	Metalizacja struktur półprzewodnikowych. Własności złącza metal-półprzewodnik. Aluminium jako podstawowy materiał do wytwarzania warstw kontaktowych na krzemie. Technologie hybrydowych układów warstwowych. Elementy struktur i układów elektronicznych realizowanych technikami warstwowymi. Podłoża układów hybrydowych. Hybrydowe układy cienkowarstwowe. Metody wytwarzania cienkich warstw metalicznych, rezystywnych i dielektrycznych.	2
T-W-8	Technologia grubowarstwowa. Technika druku sitowego, wypalanie past. Rodzaje past - przewodzące, rezystywne, dielektryczne. Układy hybrydowe z wykorzystaniem ceramiki niskotemperaturowej - LTCC . Etapy wytwarzania układów LTCC . Struktury sensorowe wytwarzane techniką LTCC.	2
T-W-9	Wytwarzanie cienkowarstwowych układów scalonych. Podłoża. Warstwy przewodzące. Rezystory. Kondensatory.	2
T-W-10	Wytwarzanie grubowarstwowych układów scalonych. Podłoża. Warstwy przewodzące. Rezystory. Kondensatory.	2
T-W-11	Porównanie technologii otrzymywania układów scalonych bipolarnych, unipolarnych, analogowych i cyfrowych.	2
T-L-1	Laboratorium wzrostu kryształów - krystalizatory i organizacja Laboratorium, projektowanie składu stechiometrycznego monokryształu, przygotowywanie wsadu do tygla, natapianie wsadu, uruchamianie procesu krystalizacji	4
T-L-2	Wytwarzanie monokryształów materiałów tlenkowych o szerokiej przerwie energetycznej, wytwarzanie monokryształów materiałów o różnej prężności par składników - krystalizacja GaAs, wytwarzanie materiałów domieszkowanych pierwiastkami aktywnymi optycznie oraz materiałów półprzewodnikowych donorami i akceptorami	5
T-L-3	Orientacja monokryształów po procesie krystalizacji, cięcie monokryształów, techniki polaryzacji, jakość optyczna powierzchni monokryształów	3
T-L-4	Badania jakości mechanicznej, optycznej monokryształów, badania ich właściwości strukturalnych, optycznych, magnetycznych i dielektrycznych	3
T-P-1	Opracowanie technologii otrzymywania GaAs korzystając z wysokociśnieniowego stanowiska Czochralskiego	5
T-P-2	Opracowanie technologii otrzymywania monokryształów krzemu lub germanu korzystając ze stanowiska niskociśnieniowego	5
T-P-3	Opracowanie technologii otrzymywania monokryształów tlenkowych z wykorzystaniem niskociśnieniowego stanowiska Czochralskiego	5

Obciążenie pracą studenta - formy aktywności		Liczba godzin
A-W-1	Uczestnictwo w wykładach.	30
A-W-2	Przygotowanie do egzaminu.	15
A-W-3	Studiowanie literatury.	10
A-W-4	Udział w konsultacjach.	5
A-L-1	Uczestnictwo w ćwiczeniach laboratoryjnych	15
A-L-2	Przygotowanie teoretyczne do ćwiczeń laboratoryjnych	5
A-L-3	Opracowanie sprawozdania z cwiczen laboratoryjnych	5
A-L-4	Udział w konsultacjach do cwiczen laboratoryjnych	5
A-P-1	Przygotowanie teoretyczne do realizacji projektów	10
A-P-2	Przygotowanie praktyczne do realizacji projektów - udział w próbnym procesach krystalizacji	10
A-P-3	Realizacja projektu	10

Metody nauczania / narzędzia dydaktyczne	
M-1	Wykład uzupełniony prezentacją multimedialną, filmami i symulacjami komputerowymi dotyczącymi procesów technologicznych.
M-2	Praktyczne zapoznanie się z wybranymi operacjami technologicznymi w ramach zajęć laboratoryjnych.
M-3	Praktyczna realizacja określonej technologii otrzymywanie materiałów półprzewodnikowych.

Sposoby oceny (F - formująca, P - podsumowująca)		
S-1	F	Egzamin w formie pisemnej lub ustnej.
S-2	F	Laboratorium - wykazanie się znajomością tematyki dotyczącej realizowanego zakresu prac laboratoryjnych, wykonanie wszystkich zaplanowanych ćwiczeń, opracowanie wyników i przedstawienie ich do oceny w formie sprawozdania.
S-3	P	Projekt - ocena sprawozdania z realizacji projektu technologicznego.

Zamierzone efekty kształcenia	Odniesienie do efektów kształcenia dla kierunku studiów	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla obszaru kształcenia	Odniesienie do efektów kształcenia prowadzących do uzyskania tytułu zawodowego inżyniera	Cel przedmiotu	Treści programowe	Metody nauczania	Sposób oceny
Wiedza							



Wydział Elektryczny

ET_2A_C04_W01 Ma podstawową wiedzę w zakresie zasad projektowania i wytwarzania elektronicznych i fotonicznych układów scalonych	ET_2A_W02	T2A_W01		C-1 C-2 C-3	T-L-1 T-L-2 T-P-1 T-P-2 T-P-3 T-W-5	T-W-6 T-W-7 T-W-8 T-W-9 T-W-10 T-W-11	M-1 M-2 M-3	S-1 S-2 S-3
ET_2A_C04_W02 Ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie fizyki, obejmującą podstawy fizyki kwantowej i fizykę ciała stałego, w tym wiedzę niezbędną do zrozumienia zjawisk fizycznych mających istotny wpływ na właściwości nowych materiałów i działanie zaawansowanych elementów elektronicznych i fotonicznych				C-1 C-2 C-3	T-L-3 T-L-4 T-W-1 T-W-2	T-W-4 T-W-5 T-W-6 T-W-7	M-1 M-2 M-3	S-1 S-2 S-3
ET_2A_C04_W03 Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach w zakresie elektroniki i telekomunikacji oraz - w mniejszym stopniu - teleinformatyki.				C-1 C-2	T-L-1 T-L-2 T-L-4 T-W-1 T-W-2	T-W-8 T-W-9 T-W-10 T-W-11	M-1	S-1 S-2 S-3

Umiejętności

ET_2A_C04_U01 Potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych osiągnięć w zakresie materiałów, elementów, metod projektowania i wytwarzania do projektowania i wytwarzania układów i systemów z zakresu elektroniki i telekomunikacji, zawierających rozwiązania o charakterze innowacyjnym.	ET_2A_U06 ET_2A_U19	T2A_U08 T2A_U11 T2A_U15 T2A_U16 T2A_U18		C-1 C-2 C-3	T-L-1 T-L-2 T-P-1 T-P-2 T-W-2	T-W-4 T-W-5 T-W-6 T-W-7 T-W-11	M-1 M-2 M-3	S-1 S-2 S-3
---	------------------------	---	--	-------------------	---	--	-------------------	-------------------

Inne kompetencje społeczne i personalne

ET_2A_C04_K01 Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	ET_2A_K03	T2A_K03 T2A_K04		C-2 C-3	T-L-2 T-P-1 T-P-2	T-P-3 T-W-9 T-W-10	M-1 M-2 M-3	S-1 S-2 S-3
---	-----------	--------------------	--	------------	-------------------------	--------------------------	-------------------	-------------------

Efekt	Ocena	Kryterium oceny
Wiedza		
ET_2A_C04_W01	2,0	Student nie ma wystarczającej wiedzy z zakresu zasad projektowania i wytwarzania elektronicznych i fotonicznych układów scalonych
	3,0	Student ma wiedzę z zakresu zasad projektowania i wytwarzania elektronicznych i fotonicznych układów scalonych
	3,5	Student ma dostateczną wiedzę z zakresu zasad projektowania i wytwarzania elektronicznych i fotonicznych układów scalonych
	4,0	Student ma dobrą wiedzę z zakresu zasad projektowania i wytwarzania elektronicznych i fotonicznych układów scalonych
	4,5	Wiedza studenta z zakresu zasad projektowania i wytwarzania elektronicznych i fotonicznych układów scalonych jest większa od 80% i sięga 90%
	5,0	Wiedza studenta z zakresu zasad projektowania i wytwarzania elektronicznych i fotonicznych układów scalonych jest większa od 90%
ET_2A_C04_W02	2,0	Student nie ma wystarczającej wiedzy w zakresie fizyki niezbędnej do zrozumienia zasad działania zaawansowanych elementów elektronicznych
	3,0	Student ma wiedzę w zakresie fizyki niezbędnej do zrozumienia zasad działania zaawansowanych elementów elektronicznych
	3,5	Student ma dostateczną wiedzę w zakresie fizyki niezbędnej do zrozumienia zasad działania zaawansowanych elementów elektronicznych
	4,0	Student ma wystarczająco dobrą wiedzę w zakresie fizyki niezbędnej do zrozumienia zasad działania zaawansowanych elementów elektronicznych. Rozumie wpływ zjawisk fizycznych na właściwości materiałów wykorzystywanych w elektronice
	4,5	Student ma wystarczająco dobrą wiedzę w zakresie fizyki niezbędnej do zrozumienia zasad działania zaawansowanych elementów elektronicznych. Rozumie wpływ zjawisk fizycznych na właściwości materiałów wykorzystywanych w elektronice oraz zna zasady działania zaawansowanych elementów elektronicznych
	5,0	Student ma bardzo dobrą wiedzę w zakresie fizyki niezbędnej do zrozumienia zasad działania zaawansowanych elementów elektronicznych. Rozumie wpływ zjawisk fizycznych na właściwości materiałów wykorzystywanych w elektronice oraz zna zasady działania zaawansowanych elementów elektronicznych
ET_2A_C04_W03	2,0	Student nie ma wystarczającej wiedzy o trendach rozwojowych i najnowszych osiągnięciach w dziedzinie elektroniki i telekomunikacji, a także teleinformatyki
	3,0	Student ma wiedzę o trendach rozwojowych i najnowszych osiągnięciach w dziedzinie elektroniki i telekomunikacji, a także teleinformatyki
	3,5	Student ma dostateczną wiedzę o trendach rozwojowych i najnowszych osiągnięciach w dziedzinie elektroniki i telekomunikacji, a także teleinformatyki
	4,0	Student ma wystarczająco dobrą wiedzę o trendach rozwojowych i najnowszych osiągnięciach w dziedzinie elektroniki i telekomunikacji, a także teleinformatyki
	4,5	Student ma dobrą wiedzę o trendach rozwojowych i najnowszych osiągnięciach w dziedzinie elektroniki i telekomunikacji, a także teleinformatyki
	5,0	Student ma bardzo dobrą wiedzę o trendach rozwojowych i najnowszych osiągnięciach w dziedzinie elektroniki i telekomunikacji, a także teleinformatyki
Umiejętności		
ET_2A_C04_U01	2,0	Student nie potrafi ocenić przydatności nowych osiągnięć w zakresie materiałów, elementów, metod projektowania i wytwarzania.
	3,0	Student potrafi ocenić przydatność nowych osiągnięć w zakresie materiałów, elementów, metod projektowania i wytwarzania.
	3,5	Student potrafi dostatecznie ocenić przydatność nowych osiągnięć w zakresie materiałów, elementów, metod projektowania i wytwarzania.
	4,0	Student potrafi dobrze ocenić przydatność nowych osiągnięć w zakresie materiałów, elementów, metod projektowania i wytwarzania.
	4,5	Student potrafi ponad dobrze ocenić przydatność nowych osiągnięć w zakresie materiałów, elementów, metod projektowania i wytwarzania. Potrafi również zaproponować modyfikację istniejących rozwiązań.
	5,0	Student potrafi bardzo dobrze ocenić przydatność nowych osiągnięć w zakresie materiałów, elementów, metod projektowania i wytwarzania. Potrafi również zaproponować modyfikację istniejących rozwiązań.

Wydział Elektryczny*Inne kompetencje społeczne i personalne*

ET_2A_C04_K01	2,0	Student nie ma dostatecznej zdolności myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy
	3,0	Student ma zdolność myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy
	3,5	Student ma dostateczną zdolność myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy
	4,0	Student ma dobrą zdolność myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy
	4,5	Student ma ponad dobrą zdolność myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy
	5,0	Student ma bardzo dobrą zdolność myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy

Literatura podstawowa

1. Waczyński K., Wróbel E., Technologie mikroelektroniczne - metody wytwarzania materiałów i struktur półprzewodnikowych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2006
2. Waczyński K i in., Technologie mikroelektroniczne - laboratorium technologii półprzewodników, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2000, Skrypt nr 2195
3. Praca zbiorowa, Procesy technologiczne w elektronice półprzewodnikowej, WNT, Warszawa, 1980
4. W. Marciniak, Przyrządy półprzewodnikowe i układy scalone, WNT, Warszawa, 1987, Trzecie

Literatura uzupełniająca

1. Campbell S.A., The Science and Engineering of Microfabrication, Oxford University Press, New York, Oxford, 2001
2. Einspruch N. G., VLSI Handbook, Academic Press Inc., Orlando, New York, Tokyo, 1985
3. Runyan W.R., Shaffner T.J., Semiconductor Measurement & Instrumentation, McGraw-Hill, New York, Toronto, 1998

Data aktualizacji: 30-09-2012