



Module name: Thermoelectric materials

Academic year: 2019/2020 Code: CTCH-2-413-AK-s ECTS credits: 3

Faculty of: Materials Science and Ceramics

Field of study: Chemical Technology Specialty: —

Study level: Second-cycle studies Form and type of study: Full-time studies

Lecture language: English Profile of education: Academic (A) Semester: 4

Course homepage: —

Responsible teacher: prof. dr hab. inż. Wojciechowski Krzysztof (wojciech@agh.edu.pl)

## Description of learning outcomes for module

MLO code	Student after module completion has the knowledge/ knows how to/is able to	Connections with FLO	Method of learning outcomes verification (form of completion)
Knowledge: he knows and understands			
M_W001	Zna podstawowe efekty termoelektryczne		Test
M_W002	Zna zaawansowane metody pomiarów właściwości cieplnych		Test
M_W003	Zna metody charakterystyki właściwości elektrycznych		Test
M_W004	Zna zależność na współczynnik efektywności termoelektrycznej		Test

## Number of hours for each form of classes

Suma	Form of classes										
	Lectures	Auditorium classes	Laboratory classes	Project classes	Conversation seminar	Seminar classes	Practical classes	Fieldwork classes	Workshops	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
30	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0

## FLO matrix in relation to forms of classes

MLO code	Student after module completion has the knowledge/ knows how to/is able to	Form of classes										
		Lectures	Auditorium classes	Laboratory classes	Project classes	Conversation seminar	Seminar classes	Practical classes	Fieldwork classes	Workshops	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Knowledge: he knows and understands												
M_W001	Zna podstawowe efekty termoelektryczne	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
M_W002	Zna zaawansowane metody pomiarów właściwości cieplnych	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
M_W003	Zna metody charakterystyki właściwości elektrycznych	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
M_W004	Zna zależność na współczynnik efektywności termoelektrycznej	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-

## Student workload (ECTS credits balance)

Student activity form	Student workload
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	30 h
Preparation for classes	40 h
Examination or Final test	2 h
Contact hours	5 h
Summary student workload	77 h
Module ECTS credits	3 ECTS

## Additional information

### Module content

#### Seminar classes

##### Thermoelectric materials

Fenomenological description of thermoelectric phenomena (Seebeck, Peltier, Thomson effects). basis of non-equilibrium thermodynamics, Onsager's equations, relation between kinetic parameters and transport parameters, generalized Ohm's and Fourier equations, mechanisms of creation of thermoelectric power, diffusive mechanism, phonon drag, magnon drag, phonon and electron equilibrium, influence of external magnetic field, Thermoelectric devices (generators, cooling systems and heat pumps, thermoelectric actuators (thermocouples, heat-flux actuator)s; efficiency of thermoelectric devices, thermoelectric figure of merit  $ZT$ , optimisation of materials parameters, optimal band structure, Fermi level, band gap, optimal concentration of current carriers,

Thermoelectric materials; Preparation methods of polycrystalline materials and single

crystals, optimization of structural and microstructural parameters – doping, alloying, superlattices, quantum dots; technologies of single-crystals and thermoelectric layers, measurements of thermal parameters: (thermal conductivity: hot plate, guard plate, Lees, Angstrom's, 3-omega, laser-flash methods, specific heat cp measurements) measurements of electrical parameters: (electrical conductivity of layers and bulk materials, Hall carrier concentration, Seebeck coefficient, Peltier coefficient, thermoelectric figure of merit ZT)

### **Teaching methods and techniques:**

Seminar classes: Na zajęciach seminaryjnych podstawą jest prezentacja multimedialna oraz ustna prowadzona przez studentów. Kolejnym ważnym elementem kształcenia są odpowiedzi na powstałe pytania, a także dyskusja studentów nad prezentowanymi treściami.

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

Nie określono

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

Seminar classes:

- Attendance is mandatory: Yes
- Participation rules in classes: Studenci prezentują na forum grupy temat wskazany przez prowadzącego oraz uczestniczą w dyskusji nad tym tematem. Ocenie podlega zarówno wartość merytoryczna prezentacji, jak i tzw. kompetencje miękkie.

### **Method of calculating the final grade**

Średnia ocena z prezentacji i kolokwium

### **Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:**

Nie określono

### **Prerequisites and additional requirements**

Prerequisites and additional requirements not specified

### **Recommended literature and teaching resources**

- 1.A.F. Ioffe, Physics of Semiconductors, Infosearch, London 1960
- 2.B.R. Nag, Electron Transport in Compound Semiconductors, Springer, Berlin 1980
- 3.D.M. Rowe, Thermoelectrics Handbook – Macro to Nano, CRC Taylor & Francis, 2005
- 4.D.M. Rowe, CRC Handbook of Thermoelectrics, CRC Press LLC, London, 1995
- 5.G.S. Nolas, J. Sharp, H.J. Goldsmid, Thermoelectrics – Basic Principles and new Materials Developments, Springer-Verlag, Berlin, 2001
- 6.M.G. Kanatzidis, Chemistry Physics and Materials Science of Thermoelectric Materials, Kluwer Academic, Michigan, 2003
- 7.J. Przyłuski, Materiały termoelektryczne, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1983
- 8.S. Filin S. Termoelektryczne urządzenia chłodzące, IPPU Masta, Gdańsk, 2002

### **Scientific publications of module course instructors related to the topic of the module**

Additional scientific publications not specified

**Additional information**

None