

## Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych

zaprasza do współpracy w ramach:

Programu T E A M finansowanego przez  
Fundację na Rzecz Nauki Polskiej z funduszy europejskich w ramach  
Działania 1.2 "Wzmocnienie potencjału kadrowego nauki" Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka

### Self-organization approach towards photonics/optoelectronics

**Okres realizacji projektu:** 1 lutego 2009 – 31 stycznia 2013

**Kierownik projektu:** dr Dorota Anna Pawlak

**Oferujemy stypendium w wysokości 3000 PLN dla**

#### Uczestnika studiów doktoranckich

**doktorant z Chemii, Fizyki, Inżynierii Materiałowej oraz dziedzin pokrewnych**

#### **Oczekujemy:**

- ▶ Zainteresowania dziedziną
- ▶ Dobrej znajomości języka angielskiego
- ▶ Zaangażowania
- ▶ Umiejętności pracy zespołowej
- ▶ Doświadczenia w dziedzinach: (a) wzrostu kryształów, (b) samoorganizacji materiałów, (c) struktur eutektycznych, (d) różnicowej analizie termicznej, (e) metodach charakteryzacji materiałów (właściwości strukturalne, dielektryczne, magnetyczne i inne) (f) metamateriałach/kryształach fonicznych/plazmonice. Doceniona zostanie inicjatywa badawcza.

**Oferujemy:** Stypendia, dostęp do nowoczesnej aparatury, pracę w dynamicznym zespole, możliwość rozwoju oraz udział w innowacyjnych badaniach.

**Stypendium:** 3000 PLN/miesiąc.

**Składanie ofert:** Zainteresowanych oraz posiadających odpowiednie kwalifikacje kandydatów prosimy o przesłanie (a) listu motywacyjnego, (b) Curriculum Vitae, (c) kopii dyplomu (d) listy

osiągnąć (publikacji, prezentacji itp.) oraz e) listu polecającego na adres:

[agata.hass@itme.edu.pl](mailto:agata.hass@itme.edu.pl)

Kandydaci, którzy pomyślnie przejdą I etap konkursu zostaną zaproszeni na rozmowę kwalifikacyjną, która odbędzie się w dniu 30 czerwca 2009 w Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych.

Adres pocztowy: Agata Hass, Telefon: +48 22 8349949

Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych

ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

Prosimy o składanie ofert do dnia **24 czerwca 2009** na adres:

**[agata.hass@itme.edu.pl](mailto:agata.hass@itme.edu.pl)**

### Opis projektu:

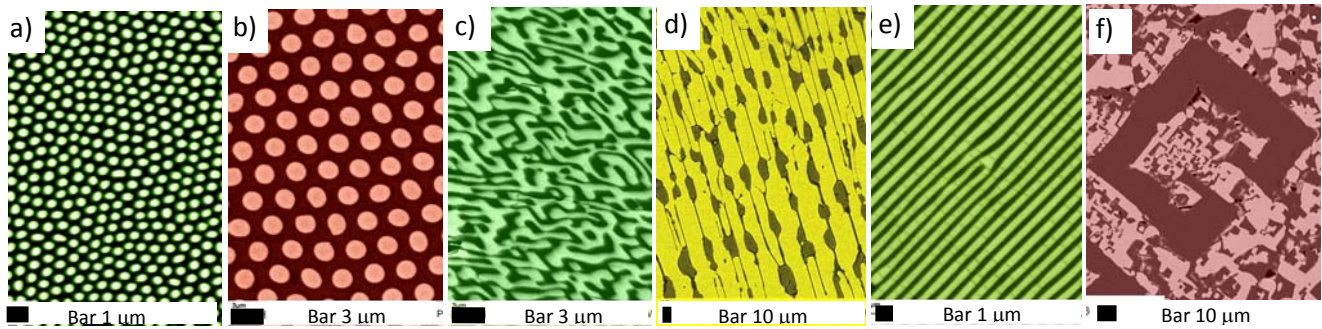
**Idea oraz cele.** Główną ideą projektu jest użycie samo-organizujących się struktur eutektycznych do uzyskania wieloskładnikowych i wielowymiarowych ustrukturyzowanych materiałów, o kontrolowanych fizykochemicznych i strukturalnych właściwościach, zdolnych do generowania nowych właściwości elektromagnetycznych, i o potencjalnych zastosowaniach w optoelektronice, fotonice (kryształy fotoniczne, metamateriały). Wykonywane badania będą uzupełniać badania prowadzone w ramach projektów europejskich, w których nasza grupa uczestniczy.

**Istniejący stan wiedzy.** W ostatnich latach w ramach fotoniki rozwijają się dwa nowe kierunki: kryształy fotoniczne i metamateriały. Kryształy fotoniczne są materiałami wykazującymi fotoniczną przerwę wzbronioną. Metamateriały to materiały kompozytowe, wykazujące szczególne właściwości elektromagnetyczne, nieobserwowane w materiałach składowych oraz w naturze. Metamateriały mogą wykazywać tak szczególne właściwości, jak: sztuczny magnetyzm, ujemny wsp. załamania, gigantyczna stała dielektryczna, możliwość ukrywania obiektów, obrazowanie z rozdzielczością podfalową, i inne.

**Nowość projektu.** W chwili obecnej metamateriały są wytwarzane głównie przy pomocy drogich i skomplikowanych metod. Rezultatem takiego podejścia jest uzyskanie materiałów o bardzo wąskim zakresie działania. Jednym z możliwych rozwiązań jest użycie mechanizmu samo-organizacji do wytwarzania tego typu materiałów.

**Badane materiały:** Wzrost eutektyków to przykład samo-organizującego się układu. W trakcie wzrostu eutektyku formują się samo-organizujące mikro/nano struktury na skutek dyfuzji chemicznej i zjawisk kapilarnych. Eutektyki są jednocześnie materiałami monolitycznymi oraz wielofazowymi. Eutektyki mogą charakteryzować się różnymi funkcjonalnościami pochodzącymi z faz składowych eutektyku (właściwości addytywne) oraz funkcjonalnościami wynikającymi z połączenia faz składowych i nadania im specyficznej struktury w skali mikro/nano (właściwości wypadkowe). Szczególnie właściwości wypadkowe są istotne, gdyż wskazują one na możliwość otrzymania właściwości podobnych do tych opisanych w dziedzinie metamateriałów. Eutektyki są dość wszechstronne. W ramach otrzymywania eutektyków można wykorzystać różne materiały składowe (izolatory, półprzewodniki, metale), można otrzymać różne motywy geometryczne struktury (włóknista, spiralna, płytkowa, kulkowa i inne). Mogą być zastosowane materiały składowe o założonych właściwościach (ferroelektryczne, ferromagnetyczne, nadprzewodzące, optycznie

aktywne, nieliniowe, i inne). Wielkość ustrukturyzowania eutektyków może być kontrolowana, poprzez prędkość wzrostu, w skali od mikro do nano. Przykłady mikrostruktur eutektycznych, otrzymanych w ITME są zaprezentowane na Rys. 1.



Rys. 1. Przykłady mikrostruktur eutektycznych otrzymanych w ITME: a) i b) włóknista, c) perkolowana, d) podobna do metamateriałowej struktury fish-net, e) płytkowa, f) przypominająca rozwartą rezonator pierścieniowy (ang.: SRR-split ring rezonator) .

**Planowane badania:** Doktorant będzie brał udział w badaniach uzupełniających badania wykonywane w ramach projektów europejskich, w których uczestniczy grupa ITME zajmująca się opisaną tematyką. Główne planowane badania dla nowego członka TEAM to:

1. Badanie samo-organizującej się struktur eutektycznych mogących mieć potencjalne zastosowanie w fotonice.
2. Badanie eutektyków o nowych składach (takich, jak metal – tlenek metalu) za pomocą analizy termogravimetrycznej
3. Badanie systemów eutektycznych domieszkowanych nanocząsteczkami metali/półprzewodników, w poszukiwaniu szczególnych właściwości elektromagnetycznych (metamateriały)
4. Badanie zależności mikrostruktury eutektyków metal/półprzewodnik – tlenek od składu, prędkości wyciągania, układu cieplnego.
5. Badanie otrzymanych eutektyków metodami takimi jak: skaningowy mikroskop elektronowy, mikroskop sił atomowych, analiza ilościowa mikrostruktury i inne.

Kierunkowo krystalizowane eutektyki będą otrzymywane za pomocą metody mikro-wyciągania (ang.: micro-pulling down metod). W tej metodzie materiały wyjściowe topione są w tyglu. W dnie tygla znajduje się kształtka z kapilarą w środku. Roztop przedostaje się poprzez kapilarę na dno kształtki – jest dotykany krystalicznym zarodkiem a następnie zarodek ciągnięty jest w dół. W ten sposób formują się eutektyki o zewnętrznej średnicy od 150 μm do kilku milimetrów.

**Współpraca międzynarodowa.** Kierownik projektu gwarantuje uczestnikowi projektu TEAM szeroką współpracę międzynarodową. Grupa ITME ogłaszająca nabór w szerokim zakresie współpracuje ze światowej renomy naukowcami w swojej dziedzinie między innymi w ramach projektów UE, w których uczestniczy.



INNOVATIVE ECONOMY  
NATIONAL COHESION STRATEGY



Foundation for Polish Science



## Institute of Electronic Materials Technology

invites for the cooperation within:

Programme T E A M funded by  
Foundation for Polish Science operated within  
the Innovative Economy Operational Programme 2007-2013

### Self-organization approach towards photonics/optoelectronics

**Project duration:** 1 February 2009 – 31 January 2013

**Project leader:** Dr. Dorota Anna Pawlak

**We offer stipend in the amount of 3000 PLN for:**

- PhD student

#### Requirements:

- ▶ Interest in the subject
  - ▶ Good level of English
  - ▶ Engagement at work
  - ▶ Team working ability
  - ▶ Experience in some of the following fields will be welcomed: (a) crystal growth, (b) self-organization of materials, (c) eutectics, (d) differential thermogravimetric analysis, (e) characterization methods of materials (structural properties, dielectric properties, magnetic properties and others), (f) metamaterials/photonic crystals/plasmonics
- Your research initiatives will be strongly appreciated.

**We offer:** Work in team of energetic scientists, access to modern labs and participation in novel

research programme.

**Payment:** A stipend of 3000 PLN/month will be provided.

**Application:** Interested and field related candidates with relevant expertise are welcomed to send, preferably by e-mail: (a) an application letter, (b) Curriculum Vitae, (c) a scanned copy of University diploma, (d) record of achievements (papers, presentations etc), and (e) a reference letter\* to the following e-mail address: [Agata.Hass@itme.edu.pl](mailto:Agata.Hass@itme.edu.pl) Applicants who receive a recommendation in the first stage will be invited to an interview which will be held on June 30<sup>th</sup> in Institute of Electronic Materials Technology. Foreign applicants will be interviewed via teleconference.

Please send your CVs, and application letters to  
**[agata.hass@itme.edu.pl](mailto:agata.hass@itme.edu.pl) until J u n e 2 4 <sup>t h</sup> 2 0 0 9**

Postal address:

Agata Hass

Institute of Electronic Materials Technology

ul. Wólczyńska 133

01-919 Warszawa

POLAND

Phone: +48 22 8349949

## Project description

**Concept and objectives.** The fundamentally novel CONCEPT of our group is to utilize eutectic self-organisation for the preparation of multi-component and multi-scale structured materials with controlled physicochemical and structural properties, with geometrical motifs capable of generating novel, predictable and controllable electromagnetic functionalities, which could find application in photonics/optoelectronics (metamaterials, photonic crystals). The team will work on the research complementary to an EC project the ITME group is involved in.

**State-of-the-art.** In recent years, two different types of materials are being developed in the area of photonics: photonic crystals and metamaterials. **Photonic crystals** are materials that exhibit a photonic bandgap effect. **Metamaterials** are engineered composites that exhibit superior electromagnetic properties not observed in the constituent materials or in nature. They can exhibit novel and extreme properties and capabilities such as: artificial magnetism; negative refraction; giant dielectric constant; subwavelength resolution imaging; cloaking ability, and others. There are many sophisticated methods for obtaining these two types of materials. But they could be also obtained by self-organization.

**Progress beyond the state-of-the-art.** Until now metamaterials are mostly made as periodic structures by top-down approach with sophisticated methods. The result of such approach is resulting eg. in metamaterial behaviour in a very narrow wavelength/energy region. One of the possible solutions for this and also for lowering the costs of manufacturing would be using the self-organization mechanism and the chemical methods/technologies.

**Materials to be investigated:** Growth of eutectics is recognized as a paradigm for pattern-forming or 'self-organising systems'. Self-organised structures on size scales reaching down to the submicron and nanoscale regime emerge due to the interplay of chemical diffusion and capillarity. Eutectics exhibit the unusual characteristics of being both monolith and multicomponent/multiphase in nature. Eutectic composites may have multiple functionalities arising from the constituent phases of the eutectic (additive properties) as well as new functionalities which do not exist in the component phases but which uniquely derive from their combination and appropriate structuring on the nano- or micro-scale (product properties). The product properties are particularly important, as they promise metamaterial-like behaviour. The great advantage of eutectics is that they are quite versatile: different component materials pertinent to photonics (isolators, semiconductors, metals), different geometries (rod-like, spiral, lammellar, globular, percolated and others) can be obtained. Component materials with

demanded properties can be applied (eg. ferroelectric, ferromagnetic, superconducting, active, nonlinear and others). The characteristic wavelength of eutectic pattern formation can be controlled by varying growth over a wide range of velocities; this in turn will control scaling of the systems from submicron to nanosizes. The structuring can be also controlled by such growth factors as temperature gradients and hot-zone design. Examples of eutectic microstructures grown in our laboratory are shown in Fig. 1.

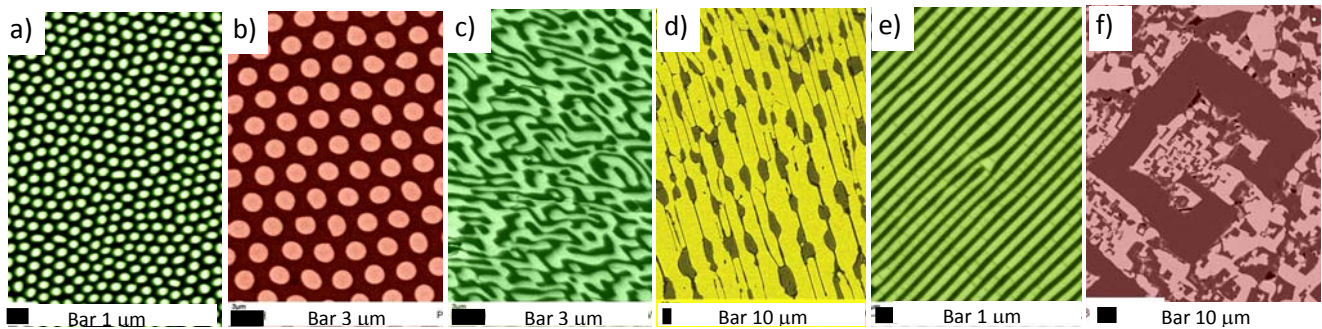


Fig. 1. Examples of eutectic microstructures obtained in ITME: a) and b) rod-like, c) percolated-like, d) fishnet-like, e) lamellar, f) split ring resonator-like.

**Planned topics:** The TEAM member will take part in complementary to the EC projects research. Main planned topics of the research for the young scientists joining the project are as follows:

1. Investigation on self-organized eutectic structures for potential applications in photonics.
2. Investigation of new eutectic compositions (such as metal-metal oxide) by Differential Thermo-Gravimetric Analysis
3. Investigation of eutectic systems doped with metal/semiconductor nanoparticles, looking for metamaterial like properties
4. Investigation of the dependence of the microstructure of metal/semiconductor-oxide eutectics on such conditions as: composition, growth rate, thermal setup.
5. Investigation of obtained eutectics microstructure by such methods as scanning electron microscope, atomic force microscope, quantitative analysis of the microstructure and others.

Directionally solidified eutectic will be obtained by the micro-pulling down method. In this technique we have a crucible with a die at the bottom in which there is a centrally-placed nozzle. The raw materials are melted in the crucible by the RF and/or resistive heating. The melt passes through the nozzle; is touched with the seed crystal, and the crystal is pulled down. Samples in the form of fibres down to 150  $\mu\text{m}$  and up to few mm in diameter are available.

**International Cooperation.** Project leader guarantees a wide international cooperation for the young member of the TEAM. The strong interconnection will be maintained with world-wide recognized scientists in the field thanks to the EC projects the group is involved in.