

# ИНФОРМАЦИОНЕН БЮЛЕТИН ИНЕРА

## INFORMATION BULLETIN INERA

януари – март 2014 / January-March 2014

### СФОРМИРАНЕ НА РАБОТНИ ГРУПИ ПО ПРОЕКТА ИНЕРА

С цел реализирането на проекта ИНЕРА през първото тримесечие от неговото стартиране в края на месец ноември 2013 г. и началото на месец февруари 2014 г. бяха проведени поредица от семинари за сформирани на Работни групи. Ръководителите на съответните групи представиха пред присъстващите изследователската тематика, предстоящите задачи и условията за включване на нови членове в научните колективи.

Работните групи са:

#### РАБОТНА ГРУПА 1

Графен и въглеродни нанотръбички: изравстване и внедряване

#### РАБОТНА ГРУПА 2

Магнетоелектрични монокристали и магнетронно разпраснени тънки слоеве и тяхното внедряване

#### РАБОТНА ГРУПА 3

Електрохромни прибори: „умни прозорци“ и електрохимично разделяне на водата

#### РАБОТНА ГРУПА 4

Наномембрани и течнокристални наноструктури: изследване и приложение

#### РАБОТНА ГРУПА 5

Лазери и лазерно отлагане на наноструктури  
На този етап в състава на Работните групи са включени между 10 и 15 водещи български специалисти и млади учени от няколко академични звена. Групите са отворени за нови участници. Очаква се в бъдеще към тях да се присъединят и учени от научните организации на страните партньори.

### ESTABLISHMENT OF INERA WORKING GROUPS

A series of seminars were held at the end of November 2013 and the beginning of February 2014 aiming at the establishment of INERA five working groups for the project successful accomplishment. The leaders of the groups introduced the audience to the project topic, upcoming tasks and requirements for participation in the research teams.

The working groups are:

#### WORKING GROUP 1

Graphene and carbon nanotubes: Growth and implementation

#### WORKING GROUP 2

Magnetoelectric single crystals and magnetron-sputtered thin films structures and their implementation

#### WORKING GROUP 3

Smart windows – electrochromic devices and electrochemical splitting of water

#### WORKING GROUP 4

Nanomembrane and liquid crystal nanostructures: Research and applications

#### WORKING GROUP 5

Lasers and laser assisted annealing of nanostructures

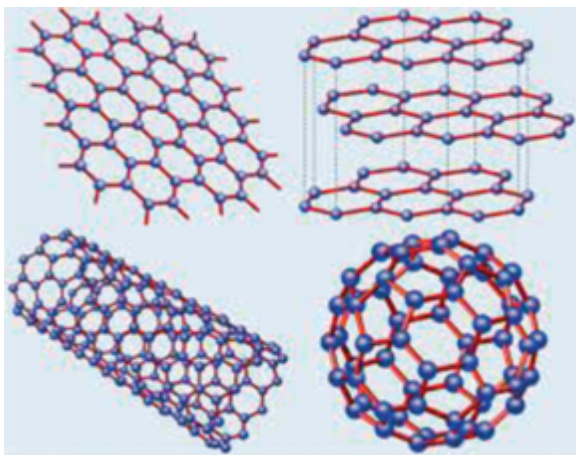
So far, ten to fifteen Bulgarian highly qualified specialists and young motivated scientists are involved in the working groups' staff. The groups are open to new members with interest and expertise in nanoscience and nanotechnology. Scientists from partner organizations are expected to join the research teams in near future.

## РАБОТНА ГРУПА 1 / WORK GROUP 1

### Графен и въглеродни нанотръбички: израстване и внедряване

**Ръководител:** доц. д-р Петър РАФАИЛОВ

**Цели:** Придобиване на технологичен опит и създаване на ноу-хау за възпроизводимо израстване на нискоразмерни структури на основата на графен и въглеродни нанотръбички чрез химическо отлагане в газообразна среда като предпоставка за успешното приложение на тези материали в планарни мултифункционални наноструктури.



Кристална решетка на графен  
*Graphene and its descendants*  
(Physics World 19, 2006, 33)

Графенът е двумерен вариант на тримерния графит, т.е. той е равнинен слой с едноатомна дебелина от хибриднизиран въглеродни атоми, свързани в хексагонална решетка. Графеновата решетка е основният структурен елемент и на други въглеродни алотропни форми като нанотръбички, фулерени и др. Висококачественият графен е здрав, лек и почти прозрачен материал с превъзходна електро- и топлопроводимост. Неговата двумерна природа обуславя уникалните му физични свойства като биполярен транзисторен ефект, балистичен транспорт на заряд, големи квантови осцилации и др.

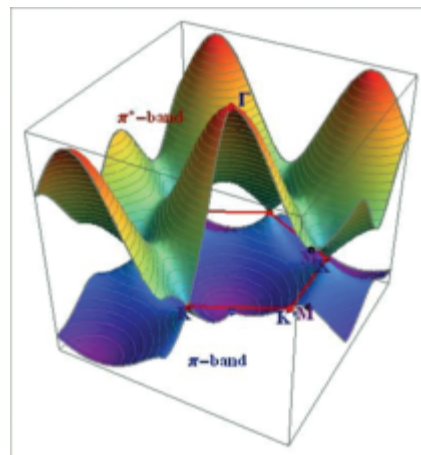
В семинара взеха участие учени от Института по физика на твърдото тяло и специалисти по графен от Института по електроника към БАН и от Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Проведена бе дискусия за бъдещата дейност на работната група и за възможните експерименти на модерната PE CVD апаратура, предвидена за доставяне в ИФТТ по проекта ИНЕРА.

За момента Работната група включва 13 учени. От тях петима са професори, трима са доценти и трима млади специалисти. Тя е отворена за нови членове. В дейността ѝ могат да участват докторанти и млади учени, както и опитни изследователи с интереси в технологията и характеризирани на тънки слоеве и с полезни идеи по тематиката на групата.

### Graphene and carbon nanotubes: Growth and implementation

**Head:** Assoc. Prof. Dr. Peter RAFAILOV

**Main goals:** Gaining expertise in growing reproducibly novel graphene and carbon nanotubes based low-dimensional structures deposited on large area substrates as a prerequisite for successful implementation of these materials in planar multifunctional nanostructures.



Зонна диаграма на графен  
*Band structure of grapheme*  
(Vilnius University, Lithuania)

Graphene is a thick layer of bonded atomic carbon, arranged in a two-dimensional honeycomb lattice. It is the basic structural element of many carbon allotropes, such as graphite, carbon nanotubes and fullerenes. It is the lightest and the strongest material ever known. It is a very good conductor of electricity and heat. Due to its unique electronic and mechanical properties, graphene may be used to enhance the efficiency and performance of other materials to produce novel compounds with great potential in industrial applications: Thermal management, energy storage, biodevices and desalination to name a few.

The session was attended by scientists from the Institute of Solid State Physics (ISSP), Institute of Electronics and the Faculty of Physics at Sofia University.

A discussion on the future activity of Work Group 1 took place concerning shaping the scope of experiments to be conducted with the Plasma Enhanced CVD apparatus which is scheduled to be installed in ISSP in the framework of INERA project.

Up to date thirteen scientists are involved in the group: five professors, three associate professors and three young specialists. Work Group 1 is open for admission of graduate students, young and senior scientists with expertise in thin layer technology and characterization, and useful ideas within the scope of the workgroup.



## РАБОТНА ГРУПА 2 / WORK GROUP 2

### Магнетоелектрични монокристали и магнетронно разпрашени тънки слоеве и тяхното внедряване

**Ръководител:** проф. дфн Марин ГОСПОДИНОВ

**Цели:** Израстване на двумерни и тримерни магнитни тънки слоеве чрез атомно отлагане, на графен посредством метода на химическо отлагане в газообразна среда и на монокристали от сложни оксидни съединения и тяхното характеризиране; изготвяне на спинтронни наноструктури на базата на получените графен и двумерни и тримерни топологични изолатори.

Аудиторията бе запозната с по-важните изследвания върху процесите на израстване, определяне на структурата и на свойствата на магнитни и фероелектрични кристали, на въглеродни нанотръбички и на кристали от топологични изолатори.

Съединенията на бисмута със селен, телур и антимон ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  и  $\text{BiSb}$ ) са тримерни топологични изолатори и представляват голям интерес както за фундаменталната наука, така и за нанотехнологиите, тъй като тези материали дават възможност за изготвяне на елементи за спинтрониката.



На този кристал от  $\text{Bi}_2\text{SiO}_{20}$  може да бъде записано огромно количество информация.

*A vast amount of information can be written on the presented  $\text{Bi}_2\text{SiO}_{20}$  crystal.*

Някои от присъстващите разказаха за сферата, в която работят, за оборудването, с което разполагат и как биха могли да бъдат полезни за работата на Работната група по израстване и характеризиране на тънки магнитни слоеве. На този етап екипът на Работна група 2 включва двама професори, четирима доценти и петима млади учени. Присъединяването на други учени към групата е възможно.

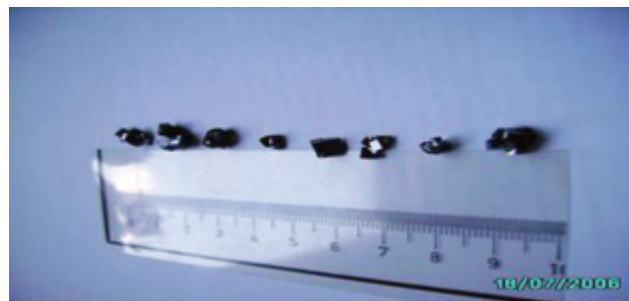
### Magnetoelectric single crystals and magnetron-sputtered thin films structures and their implementation

**Head:** Prof. D.Sc. Marin GOSPODINOV

**Main goals:** Growth and characterization of two-dimensional and three-dimensional magnetic thin films by Atomic Layer Deposition, graphene growth by Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition and tailoring of novel nanostructures for spintronic device applications based on graphene and two-dimensional and three-dimensional topological insulators.

The main studies, concerning the processes of growth, structure characterization and properties of magnetic and ferroelectric crystals, carbon nanotubes and topological insulators were presented to the audience.

Bismuth based magnetic materials (Bismuth Telluride  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , Bismuth Selenide  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ , and Bismuth Antimonide  $\text{BiSb}$ ) are three-dimensional topological insulators and are of growing interest from fundamental, as well as applied point of view. These materials are of potential implementation in new spintronic device applications.



Кристалчета от феромагнитни и фероелектрични материали със структура тип перовскит, синтезирани в ИФТТ – БАН.

*Small ferromagnetic and ferroelectric crystals with perovskite structure, synthesized at ISSP – BAS.*

Some of the attendees presented their area of expertise, as well as the available equipment in their labs that could be used for magnetic thin films growth and characterization. Up to now, two professors, four associate professors and five young specialists are involved in the group. New members wishing to join the group are welcome.



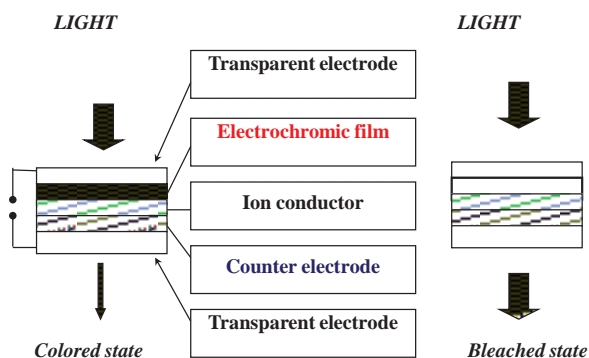
## РАБОТНА ГРУПА 3 / WORK GROUP 3

### Електрохромни прибори: „умни прозорци“ и електрохимично разделяне на водата

**Ръководител:** проф. дфн Костадинка ГЕШЕВА

**Цели:** Прилагане на най-новите технологии за получаване на тънки слоеве на базата на оксиди на преходни метали и модифициране на свойствата им с цел подобряване на параметрите на електрохимични устройства при тяхното промишлено приложение.

Електрохромният ефект представлява промяна на прозрачността на даден слой под влияние на приложено ниско напрежение. Той се наблюдава при някои оксиди на преходни метали, сред които е волфрамовият триоксид ( $WO_3$ ).



„Умните“ прозорци са многослойни структури, състоящи се от две проводящи стъкла, „слепени“ с полимерен електролит, като върху едното от тях е нанесен функционалният слой от оксид на преходен метал и то представлява работен електрод. При подаване на напрежение 1-2 волта между двата електрода започва пренос на заряд, включващ интеркалация на йони от електролита и инжекция на електрони от проводящото стъкло във функционалния слой. В резултат на този процес структурата на функционалния слой временно се променя и той става поглъщащ. При смяна на поляритета на напрежението функционалният слой възобновява първоначалната си структура и прозорецът отново е прозрачен.

Оксидите на преходните метали намират приложение като фотоелектроди в електрохимичните клетки, които служат за разцепване на молекулата на водата и получаване на водород. Водородът като алтернативно гориво вече се използва и ще се използва в автомобилната индустрия.

В рамките на проекта ИНЕРА, в дейността на Работна група 3 се предвижда разработването на нови хетероструктури на оксидни слоеве с цел повишаване на ефективното използване на слънчевата енергия.

Участниците в Работната група са утвърдени специалисти в областта на технологията за атомно-последователно отлагане. Те имат богат опит, знания и умения за създаване и внедряване на тънкослойни оптични покрития. В работния колектив участват трима професори, четирима доценти и двама млади учени.

### Smart window-electrochromic devices and electrochemical splitting of water

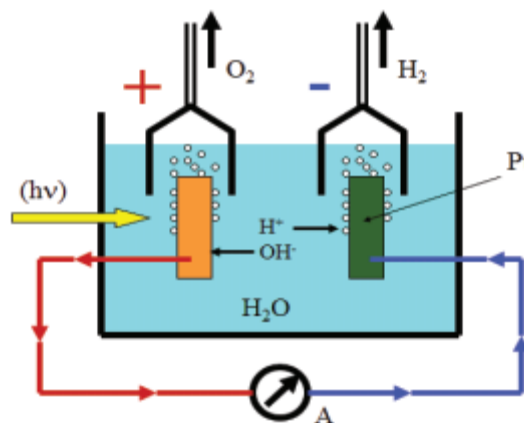
**Head:** Prof. D.Sc. Kostadinka GESHEVA

**Main goals:** Application of novel technologies for the preparation of transition metal oxide films and modification of chromogenic properties towards the improvement of electrochromic device parameters for possible industrial deployment.

The electrochromic effect is a change of the transmittance of a film upon low external voltage application. Such effect has been observed in some oxides of transition metals, including tungsten trioxide ( $WO_3$ ).

“Smart windows” are multi-layer structures, containing two conductive glasses, stacked together by polymeric electrolyte. An electrochromic transition metal oxide film is deposited over one of the glasses and acts as an electrode.

If a voltage in the range of 1 to 3 V is applied, charge transfer starts in the device. Ions from the electrolyte intercalate in the oxide film and corresponding charge balancing counter-flow of electrons from the transparent conductors appears. As a result the newly formed film structure becomes absorptive – absorbs part of the solar light – and the film, respectively the device colours. If the voltage polarity is changed, the electrical charge is transferred to the initial state and the film bleaches back.



Another application of transition metal oxides is their use as photoelectrodes in water splitting devices for hydrogen production as alternative fuel in engine industry.

The activities of Work Group 3 in the framework of INERA project will be focused on the development of novel heterogenic structures of oxide layers in order to increase the efficient use of solar energy.

The members of the group are experts with high qualification and experience in atomic layer deposition technology for production and implementation of thin-film optical coating. The working team consists of three professors, four associate professors and two young scientists.

## РАБОТНА ГРУПА 4 / WORK GROUP 4

### Наномембрани и течнокристални наноструктури: изследване и приложение

### Nanomembrane and liquid crystal nanostructures: Research and applications

**Ръководител:** доц. д-р Йордан МАРИНОВ

**Цели:** Научната проблематика на групата е съсредоточена в областта на физиката на термотропните и лиотропни течнокристални системи, включително биофизика на меката и живата материя.

Основните задачи за изпълнение в рамките на проекта ИНЕРА са:

- разширяване на наличните знания за взаимодействието на меката материя с наноструктури от различен вид и състав с цел получаване и характеризиране на ново поколение комплексни нанокompatитни материали и улесняване на тяхното приложение;
- изучаване на процесите на разделяне и пречистване в режим на диафилтрация с цел производство на малки количества ценни вещества и концентрати от билкови съставки.

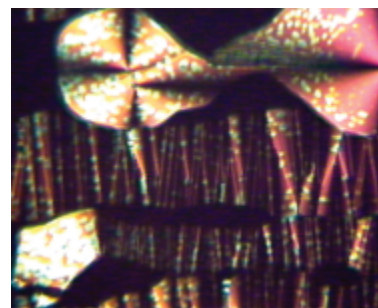
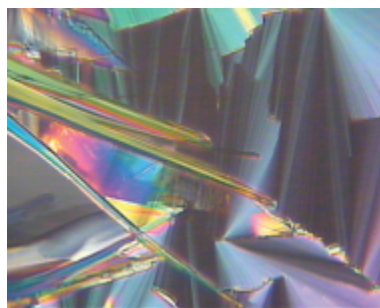
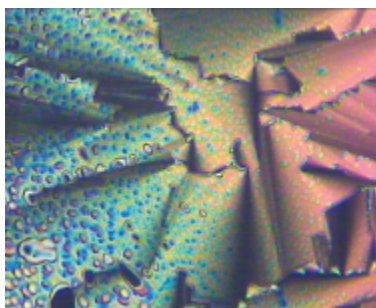
**Head:** Assoc. Prof. Dr. Yordan MARINOV

**Main goals:** The research of the group is focused on topics in the field of physics of thermotropic and lyotropic liquid crystal systems, including biophysics of soft and living matter.

The main objectives in the framework of INERA project are:

- To expand the available data on the interaction of soft matter with nanostructures of different type and composition in order to produce and characterize combined nanocomposite high-level smart materials and facilitate their application;
- To investigate the separation and purification processes under diafiltration mode aiming the production of small quantities of valuable substances and concentrates of herbal constituents.

The scopes of activities of the group were summa-



Поляризационни микрофотографии на лиотропни течни кристали (ИФТТ – БАН).  
Polarizing microscopy images of lyotropic chromonic liquid crystals (ISSP-BAS).

В дейността си Работна група 4 ще се фокусира върху флексоелектричност и фотофлексоелектричност в лиотропни системи от биологично активни молекули; механоелектрични и фотомеханоелектрични биологични механизми; биосензори и наномембранни машини, влияние на наночастици върху повърхностните и обемните свойства на комплексни биофлуидни системи; нанокompatити на базата на мезогенни/немезогенни смеси (смеси на течен кристал с: CNT, златни наночастици, CdSe, фулерени и т.н.).

На семинара са обсъдени потенциалните приложения на графена за създаване на нанопори. Комбинирането на получените по този метод структури с обекти от меката материя дава възможност за получаване на нови материали с приложение в медицината, като например наномембраните за хемодиализа, които намаляват съществено времето за пречистване на кръвта.

В момента Работната група се състои от 15 учени главно от Института по физика на твърдото тяло. Тя включва един академик, двама професори и петима доценти. Групата е отворена за иновативно мислещи млади и утвърдени учени с интереси във физиката на меката материя и наноматериалите.

rized as follows: flexoelectricity and photoflexoelectricity in lyotropic systems of biologically active molecules, experimental approaches for measurement of flexoelectric coefficients of thermotropic liquid crystals; mechanoelectric and photomechanoelectric biological mechanisms, biosensors and nanomembrane machines; impact of nanoparticles on adsorption layers and bulk properties of complex biofluid systems; nanocomposites based on mesogene/non-mesogene mixtures (liquid crystal mixed with: Carbon Nanotubes, gold particles, CdSe, fullerenes etc.).

The possible usage of graphene for creation of nanopores was discussed on the seminar. The combination of the prepared via this method structures with soft matter will promote the production of new level smart materials with practical application in medicine. As an example, nanomembranes in hemodialysis can strongly reduce the blood processing time.

So far, the Work Group 4 consists of fifteen scientists: one academician, two professors, five associate professors and young specialists mainly from the Institute of Solid State Physics. The group is open to innovative thinking young and senior scientists with an interest in soft matter and nanomaterial physics.

## РАБОТНА ГРУПА 5 / WORK GROUP 5

### Лазери и лазерно отлагане на наноструктури

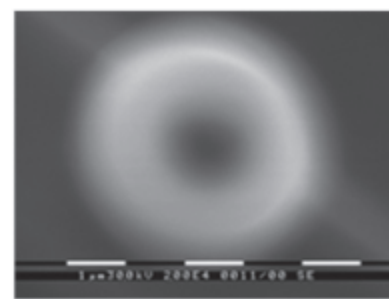
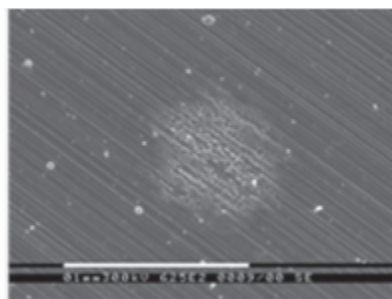
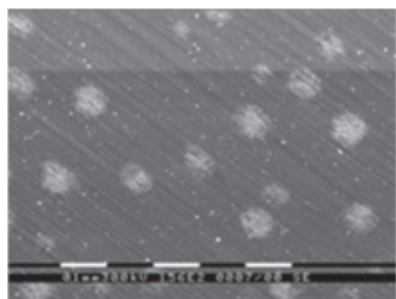
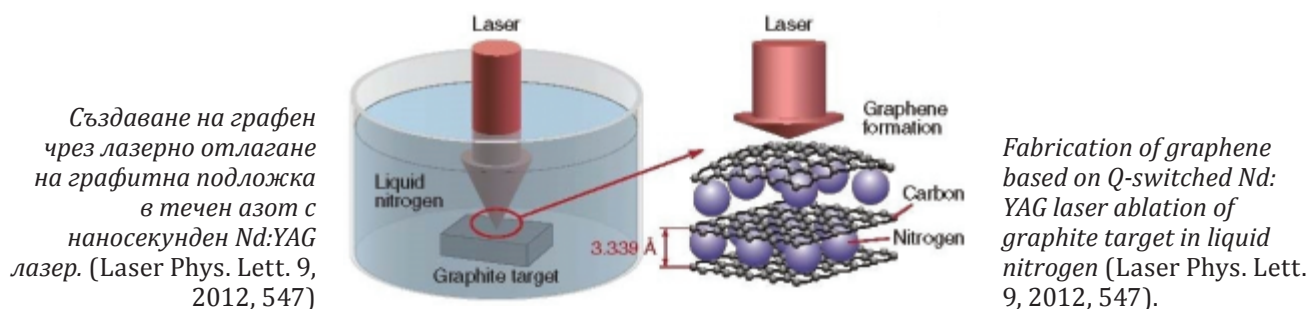
**Ръководител:** доц. д-р Тодор ПЕТРОВ

**Цели:** Изграждане на фемтосекундна лазерна система, която съвместно с наличните в Института по физика на твърдото тяло лазери, регистрираща и спектрална апаратура, ще се използва за лазерна микрообработка на материали и модифициране на повърхности, отлагане на тънки слоеве и формиране на наноструктури, за охарактеризиране и анализ на различни материали.

### Lasers and laser assisted annealing of nanostructures

**Head:** Assoc. Prof. Dr. Todor PETROV

**Main goals:** Construction of a femtosecond laser system, which together with the already available at the Institute lasers and spectral and measuring equipment, will be used for laser micromachining and surface processing of different materials, thin film deposition and production of nanostructures, for laser cleaning, characterization and analysis of various materials.



SEM изображения на микроструктури, получени чрез лазерна аблация на FeS с наносекунден Nd:YAG лазер при отлагане върху медна подложка (ИФТТ-БАН).

SEM images of complex microstructures, generated by ns Nd:YAG laser ablation of FeS on copper substrate (ISSP-BAS).

Нано- и фемтосекундни лазери могат да бъдат използвани за създаване на различни тънки слоеве и наноструктури, включително и за графен, както и за наноструктуриране на слоеве.

На семинара са обсъдени възможностите за приложение на фемтосекундните лазери за оптично охарактеризиране на различни мета- и биоматериали, както и други приложения в областта на нелинейната оптика.

Формулирани са задачите за изпълнение от Работната група в съответствие с целите на проекта ИНЕРА. Планира се в рамките на проекта да бъдат организирани периодично работни семинари с цел обсъждане и обмен на идеи, търсене на иновационни решения и приложение на натрупаните знания и умения.

Първоначалният състав на групата е определен при подготовката на проекта, но сега в него са включени още млади учени и докторанти. Половината от състава на работната група са млади специалисти. Групата е отворена за всички желаещи да работят в областта на лазерната физика, взаимодействието на лазерното излъчване с веществото, нелинейната оптика.

Nano- and femtosecond lasers have numerous applications for production of various thin films and nanostructures, including graphene; periodic nanostructures of different materials; generation of complex micro-patterns; etc.

The possibilities of femtosecond laser for optical characterization of different materials, as well as other applications in the field of nonlinear optics were discussed.

The main tasks of the Work Group 5 were formulated in accordance to the objectives of INERA project. In the frame of the project regular work seminars will be organized, aimed at discussion and exchange of various ideas, as well as search of innovative solutions and application of gained knowledge and skills.

The initial group staff consists of one professor, four associate professors and is now increased by including young scientists and PhD students. At this stage of the project half of the staff members are young people. The group remains open for scientists willing to work in the field of laser physics, laser-matter interaction and nonlinear optics.



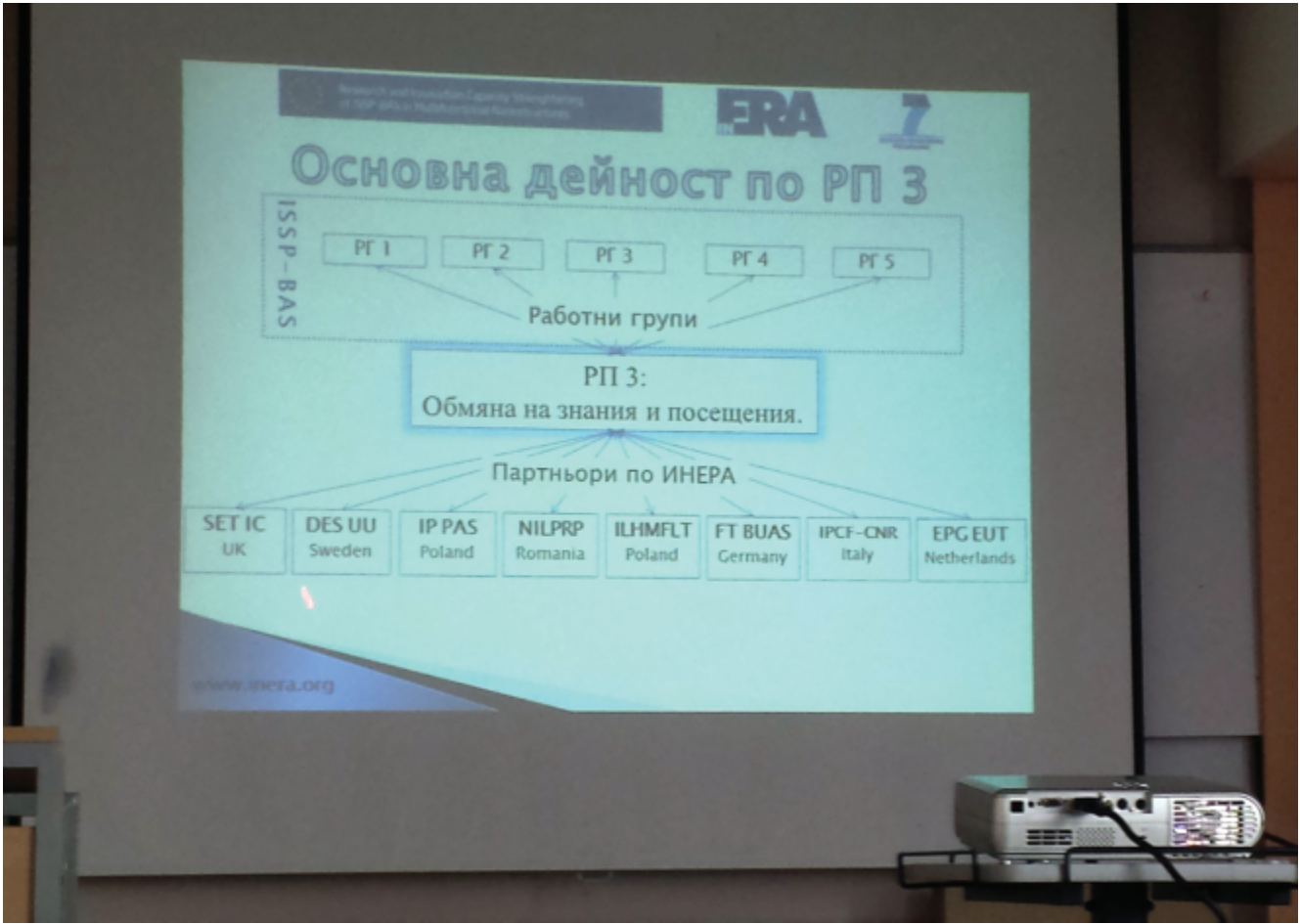
## Семинар за участие в трансфер на знания и обмяна на опит

На 16-ти януари 2014 г. в зала 300 на Института по физика на твърдото тяло (ИФТТ – БАН) се състоя семинар, на който доц. д-р Емилия Димова, ръководител на Работен пакет 3 „Обмен на знания и мобилност“ по проекта ИНЕРА, запозна присъстващите с изискванията за посещения на научните организации от страните партньори и условията за тяхното финансиране.

## Transfer of knowledge and experience exchange seminar

A seminar at the Institute of Solid State Physics (ISSP – BAS) was held on 16<sup>th</sup> of January 2014. Assoc. Prof. E. Dimova, head of work package 3 “Exchange of knowledge and mobility”, presented in front of the audience the scientific requirements for mobility to the partner organizations.

Short-term and long-term visits are available for young and qualified specialists. The mobility pro-



Командировките биват краткосрочни и дългосрочни, за млади учени и утвърдени специалисти. Те са изключително важни за изпълнението на проекта ИНЕРА, тъй като дават възможност на българските участници да се запознаят с научната дейност и да се възползват от опита на чуждите партньори в областите, представляващи взаимен интерес. Това ще позволи да се разшири състава на сформираните пет Работни групи и да се създадат международни колективи, които да послужат като основа за бъдещето активното участие на ИФТТ в изградената Европейска мрежа по нанотехнологии.

grams are of high significance for the successful realisation of INERA project. In the frames of these visits the Bulgarian specialists will have the opportunity to get acquainted to the scientific achievements and to benefit from the experience of foreign partners in the areas of mutual interest. Thus the work groups will gain new members and international scientific collaborations will be formed to act as a basis of future participation of ISSP in the European nanotechnology network.

**„Повишаване на научния и  
иновационния капацитет  
на ИФТТ-БАН в областта  
на многофункционалните  
наноструктури“**

Споразумение № 316309

Начална дата / Продължителност:  
15.10.2013 г. / 36 + 6 месеца

Координатор:  
акад. Александър Г. Петров

Отговорен изпълнител:  
доц. д-р Емил Влахов

Финансово-административен отговорник:  
проф. д-р Кирил Благов

**“Research and Innovation Capacity  
Strengthening of ISSP-BAS  
in Multifunctional Nanostructures”**

Grant agreement no: 316309

Starting date / Duration  
October 15th, 2013 / 36 + 6 months

Coordinator:  
Academician Alexander G. Petrov

Project Manager:  
Assoc. Prof. Emil Vlahov

Financial and Administrative Manager:  
Prof. Kiril Blagoev

**Работни пакети**

**РП 1 – Повишаване на изследователската  
инфраструктура**

Ръководител: доц. Й. Маринов

**РП 2 – Организация на изследванията  
и назначаване на специалисти**

Ръководител: проф. Н. Тончев

**РП 3 – Обмен на знания и мобилност**

Ръководител: доц. Е. Димова

**РП 4 – Изграждане на  
иновационния капацитет**

Ръководител: доц. М. Грозева

**РП 5 – Популяризиране и интегриране на  
ИФТТ-БАН в европейското изследователско  
пространство като ключов участник**

Ръководител: проф. К. Гешева

**РП 6 – Промотиране на проекта**

Ръководител: проф. Х. Шамати

**РП 7 – Управление на проекта**

доц. д-р Емил Влахов

**РП 8 – Оценка на изследователската  
стратегия на ИФТТ-БАН**

акад. Александър Г. Петров

**Work Packages**

**WP 1 – Strengthening research infrastructure**

WP Leader: Assoc. Prof. Y. Marinov

**WP 2 – ISSP-BAS research organisation and re-  
cruitment**

WP Leader: Prof. N. Tonchev

**WP 3 – Exchange of knowledge and mobility**

WP Leader: Assoc. Prof. E. Dimova

**WP 4 – Innovation capacity building**

WP Leader: Assoc. Prof. M. Grozeva

**WP 5 – Strengthening visibility – Integration of  
ISSP-BAS in ERA as a major player**

WP Leader: Prof. K. Gesheva

**WP 6 – Project dissemination**

WP Leader: Prof. H. Chamati

**WP 7 – Project management**

Assoc. Prof. Emil Vlahov

**WP 8 – Evaluation of ISSP-BAS research strategy**

Academician Alexander G. Petrov