

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ЦЕНТРАЛНА ЛАБОРАТОРИЯ ПО ПРИЛОЖНА ФИЗИКА - ПЛОВДИВ

ГОДИШЕН ОТЧЕТ – 2016

1. ПРОБЛЕМАТИКА НА ЗВЕНТО

1.1. Оценка и анализ на постигнатите резултати и на перспективите на звеното в съответствие с неговата мисия и приоритети съобразени с утвърдените през 2016г. научни тематики.

Централна Лаборатория по приложна физика (ЦЛПФ) е академично специализирано звено, което извършва научно-приложни изследвания, разработки и иновативен трансфер в областта на материалите и технологиите, в това число наноматериали, нанотехнологии и енергийна ефективност. По този начин ЦЛПФ самостоятелно, и чрез Регионалния Академичен център на БАН в Пловдив подпомага развитието на промишлеността в Пловдивски регион и страната.

Научно-приложните изследвания в ЦЛПФ са в области, актуални както за националната, така и за европейската наука. Те са съобразени с националните и европейски програми за развитие като: *Националната програма за развитие – България 2020, Европа 2020 и Хоризонт 2020*. Свързани са с *Приоритет 3: Нови материали и технологии* и *Приоритет 1: Енергия, енергийна ефективност и транспорт. Развитие на зелени и екотехнологии* от Стратегията за развитие на науката в България до 2020 г., и са в съответствие със Стратегическите направления и приоритети на БАН. Научно-приложната дейност на ЦЛПФ се отнася към двете приоритетни направления на програма ИСИС: (1) Мехатроника и чисти технологии, и (2) Индустрия за здравословен живот и биотехнологии.

ЦЛПФ има опит в разработката на иновационни технологии и продукти, тяхното приложение и трансфер в индустрията. Програмният план на ЦЛПФ се състои от **две теми**, които се изпълняват самостоятелно, или в сътрудничество със звената на БАН и с други наши и чужди научни организации, както и с иновативни фирми. Те обхващат три приоритетни за ЦЛПФ направления: авангардни материали, вкл. наноматериали; високотехнологични процеси, вкл. нанотехнологии; енергоспестяващи системи и енергийна ефективност. ЦЛПФ има опит в областта на иновациите и трансфера на технологии във фирми от индустрията, работещи за националния и Европейския пазар.

През отчетната 2016 г. колективът на ЦЛПФ работи по следния програмен план:

1 тема: Разработване, изследване и моделиране на наноструктурирани и наноразмерни слоеве с многофункционални приложения.

Темата се състои от **9** задачи, от които: 5 по бюджетна субсидия; 1 по договор с ФНИ-МОН, 1 съвместна с Физико-Технически Институт – НАНБ, Беларус, както и 2 по академично международно сътрудничество (ЕБР) с Аристотел Университет, Солун, Гърция и Физико-технически Институт, НАНБ, Минск, Беларус.

2 тема: Високоэффективни слънчеви елементи, енергоспестяващи светодиодни излъчватели, системи за енергийна ефективност.

Темата се състои от **5** задачи, от които: 2 по бюджетна субсидия; 1 в рамките на международно сътрудничество (ЕБР) с Център за светодиодни и оптоелектронни технологии на НАНБ, Минск, Беларус; 1 по Договор 7ИФ-02-48/06.08.2014г. с Национален Иновационен Фонд, съвместно с фирмата Борима АД-София; 1 по договор с фирма Зелени технологии Индъстри ООД-София.

Изпълнението на включените в тези две теми задачи, доведе до **постигане на следните резултати:**

- В областта на научно-приложните изследвания: Получени и характеризирани са свойствата на нови наноструктурирани слоеве за модифициране на различни повърхности; изследвани са морфологията, съставът и структурата им, които са определящи за механичните, трибологичните и електричните свойства на разработените слоеве; получени и изследвани са наноразмерни слоеве подходящи за влагосензори; получени и изследвани са нови материали за приложение в многопреходни високоефективни слънчеви елементи.

- В областта на разработките: Разработени са технологии за създаване на нови високотемпературни и износоустойчиви нанокомпозитни покрития с подобрени твърдост, износо- и корозионна устойчивост.

- В областта на трансфер на иновативни продукти: разработени и трансферирани са нови високоефективни светодиодни излъчватели и системи за осветление; Разработена и изработена е енергонезависима, земеделска, помпена, телекомуникационна инсталация;

1.2. Изпълнение на Националната стратегия за развитие на научните изследвания 2020. Извършвани дейности и постигнати резултати.

Разработките и изследванията проведени по задачите включени в двете теми от Програмния план на ЦЛПФ за 2016 г., са в рамките на две от приоритетните направления на Националната стратегия за развитие на научните изследвания 2020 в областта на:

- *Нови материали и технологии;*
- *Енергия, енергийна ефективност и екотехнологии.*

Към **първото направление** се отнасят разработените технология за високотемпературни и износоустойчиви нанокомпозитни свръхтвърди покрития чрез катодно-дъгово нанасяне; разработка на технология за екологични многослойни наноструктурирани покрития с многофункционални приложения, получени чрез разбалансирано магнетронно разпрашване; тънки слоеве от TiO_2 за разработка на влагосензори; изследване на механичните и трибологични свойства на морфологията, състава и структурата на нанокомпозитни покрития и наноразмерни проводящи слоеве, както и изграждане на ГРИД система за моделиране с цел оптимизация на технологиите за тяхното получаване.

Към **второто направление** се отнасят високоефективните слънчеви елементи на основата на твърди разтвори от разредени нитриди; високоефективни енергоспестяващи осветителни устройства на основата на свръхярки светодиодни излъчватели; корпуси от структурирана терморезистивна пластмаса, енергонезависима инсталация работеща със слънчева енергия.

По 1 тема: *Разработване, изследване и моделиране на наноструктурирани и наноразмерни слоеве с многофункционални приложения, с ръководители доц. д-р Лиляна Колакчиева и проф. Румен Каканаков* са извършени дейности по следните **9** задачи:

1) Разработка на технология за екологични многослойни наноструктурирани покрития с многофункционални приложения, получени чрез разбалансирано магнетронно разпрашване

През отчетния период дейността по тази задача включва разработване на гама технологии за нанасяне на бинарни, тройни и многослойни покрития чрез разбалансирано магнетронно разпрашване в затворено магнитно поле (РМРЗМП) върху нискотемпературни стомани за специални приложения и материали с температурна стабилност до 200 °С.

Разработени са 4 технологии за нискотемпературно нанасяне (до 200 °С) на монослойните покрития TiN, CrN, TiAlN и многослойното CrN/TiN. За всяко покритие са проведени група експерименти за установяване на влиянието на технологичните параметри - съотношение поток инертен газ/поток реактивен газ, ток на магнетроните, оборотите на въртене на карусела и базово напрежение върху механичните свойства на нанасяното покритие. На база резултатите, получени от изследване на твърдостта, модула на еластичност, адхезията и коефициента на триене е оптимизирана всяка технология. В резултат е установено че за TiN покритие с нанотвърдост 29 GPa и модул на еластичност 297 GPa и добра адхезия към подложката оптималните технологични параметри за нанасяне при температура $T = 170$ °С са $Ar/N_2 = 2.5$, $I_{Ti} = 5$ A, $U_B = -70$ V. Спецификата на материала на таргета е фактор, който влияе върху технологичните параметри. По тази причина за покритието CrN, нанотвърдост 19 GPa и модул на еластичност 306 GPa са постигнати при технологични параметри $Ar/N_2 = 1.5$, $I_{Ti} = 6.5$ A, $U_B = -70$ V и $T = 170$ °С. Освен от вида материал на таргетите, технологичните параметри се определят от броя на използваните катоди и порядъка на работа, едновременно или последователно, в технологичния процес. От това се определя и процентното съдържание на съответния елемент в нанесеното покритие. Тази зависимост е най-силно изразена в технологичните режими, разработени за еднослойното тройно покритие TiAlN и многослойното CrN/TiN при еднакви температури на нанасяне. TiAlN покритие с оптимални механични свойства ($H = 38$ GPa, $E = 418$ GPa) е получено при $Ar/N_2 = 1.6$, $I_{Ti} = 5$ A, $I_{Al} = 3$ A, $U_B = -70$ V и едновременна работа на Ti и Al магнетрони. При покритието CrN/TiN, за да се получи многослойна структура са направени разчети за оборотите на движение на карусела и е подбрана подходяща конфигурация на магнетроните, така, че да се постигне последователно нанасяне на подсловете. Максимална твърдост 33 GPa и кореспондиращ модул на еластичност 411 GPa са постигнати при технологичен режим $Ar/N_2 = 2.5$, $I_{Ti} = 6.5$ A, $I_{Cr} = 5$ A, $U_B = -70$ V. Разработена е технология за магнетронно нанасяне на AlCN слоеве върху HSS подложки и подложки от алуминиева сплав. Предстои оптимизиране на разработените технологии по отношение на базовото напрежение и периодната структура. Ръководител на задачата е проф. д-р Р. Каканакон. Резултатите са представени в 2 публикации и в 3 доклада на конференции.

2) Технология и разработване на високотемпературни и износоустойчиви нанокомпозитни свръхтвърди покрития чрез катодно-дъгово нанасяне.

Получени са многослойни наноразмерни покрития CrN/TiN с различни дебелини на подсловете. Установено е, че твърдостта на слоевете зависи от периода на структурата. Максималната твърдост $H = 33$ GPa е измерена на структура с дебелина на подсловете $d = 8$ nm и надвишава тази на слоевете от TiN ($H = 29$ GPa) и CrN ($H = 26$ GPa), получени по същия метод. Адхезията на покритията към подложки от HSS е много добра в интервал от натоварвания $1 \div 30$ N и не се наблюдават нарушения на покритието. Коефициентът на триене $\mu = 0.12$ е близък до този на CrN.

Разработена е технология за нанасяне на покрития от TiCN с различно съдържание на въглерод. Висока твърдост $H = 40$ GPa, сравнително добра морфология и коефициент на

триене $\mu = 0.13$ са измерени на слоевете с 25% съдържание на въглерод. За подобряване на адхезията е разработена многослойна контактна структура с редуване на слоеве с прогресивно увеличаване съдържанието на въглерод до това на основния слой.

Разработена е технология за катодно-дъгово нанасяне на многослойни покрития от типа TiN/AlTiN и AlTiN/TiN.

Ръководител на задачата е проф. д-р Р. Каканакон, в колектива участва 1 докторант. Резултатите са представени в 3 публикации и в 3 доклада на конференции.

3) Получаване на наноразмерни слоеве TiO₂ и тяхното приложение в сензориката.

Наноразмерни слоеве TiO₂ са получени чрез вакуумно термично изпарение на Ti и триодно-катодно разпръскване на Ti мишена върху силициеви подложки с последващо високотемпературно отгряване на нанесените и по двата метода слоеве до TiO₂ при температури от 450 до 850°C. Данните получени за ширината на забранената зона от спектрите на пропускане и от измерената рентгенова дифракция на образците показват, че с повишаване на температурата на отгряване на Ti, формираният TiO₂ преминава от кристална фаза на анатаз до кристална фаза на рутил, по този начин предварително можем да формираме оптималната за съответния сензор кристална фаза. На базата на получените слоеве са формирани структури за влагосензори с различна конфигурация на чувствителната област, върху които са нанесени In и In-Sn контакти, след което са монтирани на основи. Съпротивлението на получените лабораторни образци е измерено в зависимост от влажността на околната среда. С увеличаване на влажността от 5 до 90 % съпротивлението на образците намалява с 4 порядъка, което ги прави приложими като сензори на влага. Ръководител на задачата е доц. д-р Л. Бедикян.

4) Изследване на механичните и трибологични свойства на морфологията, състава и структурата на наноконкомпозитни покрития и наноразмерни проводящи слоеве.

През изтеклата година бяха изследвани покрития и слоеве разработени в ЦЛПФ и такива от партньорски научни организации. Също така бяха характеризирани покрития, нанасяни за фирми от индустрията. Разработените покрития са нанесени чрез катодно дъгово изпарение (КДИ) при температура 300 °C и разбалансирано магнетронно разпръскване в затворено магнитно поле (РМРЗМП) при температури в интервала 150 – 200 °C. Изследвани са еднослойните бинарни и тройни покрития TiN, CrN, CrC, TiCN, CrCN, градиентното покритие TiAlN и многослойното покритие CrN/TiN. Изследванията бяха фокусирани върху зависимостта на механичните свойства, нанотвърдост и модул на еластичност, на адхезията и коефициента на триене от технологичните параметри на нанасяне. На тяхна база бяха оптимизирани разработените технологии за нискотемпературно отлагане чрез РМРЗМП на покрития със специално предназначение и бяха сравнени параметрите на покрития, получени по двата метода.

За покритията TiN, CrN с дебелина 1 µm, нанесени при 170 °C се характеризират съответно с нанотвърдост 29 GPa и 19 GPa и модул на еластичност 297 GPa и 306 GPa. Въпреки ниската температура на нанасяне покритията имат много добра адхезия към подложките в интервала от натоварване 1-30 N и нисък коефициент на триене $\mu=0.1$. Близки са механичните свойства на покритията CrN ($d=2.15 \mu m$) и CrC ($d=2.24 \mu m$), нанесени при 300 °C чрез КДИ. За тези покрития са получени стойности за механичните параметри $H=26 \text{ GPa}$; $E=318 \text{ GPa}$ и $\mu=0.1$ за CrN и $H=25 \text{ GPa}$; $E=317 \text{ GPa}$ и $\mu=0.12$ за CrC. Резултатите, получени за тройните покрития TiCN и CrCN нанесени при 300 °C чрез КДИ показва силна зависимост на механичните свойства от състава при еднакви технологични условия на нанасяне. За TiCN са измерени стойности $H=40 \text{ GPa}$ и $E=356 \text{ GPa}$, типични за свръхтвърдо покритие, докато CrCN показва $H=29 \text{ GPa}$ и $E=377 \text{ GPa}$, стойности характерни

за твърдите покрития. Изследванията показаха, че наличието на Ti в състава подобрява механичните свойства на покритието, докато съдържанието на Cr подобрява адхезията към подложката.

Изследванията на градиентното покритие TiAlN ($d=1.2 \mu\text{m}$) установиха силна зависимост на механичните параметри от температурата на нанасяне. За покрития, нанесени при температури от $150 \text{ }^\circ\text{C}$ до $200 \text{ }^\circ\text{C}$ са измерени нанотвърдост и модул на еластичност в интервала 26-38 GPa и 320-418 GPa, съответно. Този резултат показва, че изменение на температурата на нанасяне с $50 \text{ }^\circ\text{C}$ води до 46% увеличение на нанотвърдостта на покритието. Въпреки ниската температура $200 \text{ }^\circ\text{C}$ на нанасяне това покритие е с много добри механични свойства, което се индикира от съотношението $H/E=0.09$. Резултатите от проведените тестове за надраскване показаха, че адхезията на покритието към подложката зависи от условията на отлагане, като коефициентът на триене се мени в интервала 0.09 - 0.13. Структурата и съставът на TiAlN са изследвани чрез рентгенова дифрактометрия (XRD) и рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS). Тези анализи установиха, че покритието има състав $\text{Ti}_{0.42}\text{Al}_{0.58}\text{N}$ с константа на кристалната решетка $4,17 \text{ \AA}$.

Изследването на многослойното покритие CrN/TiN демонстрира предимствата на многослойната структура по отношение на механичните свойства. Покритието е изследвано в зависимост от метода и температурата на нанасяне. Резултатите показаха, че по-високата температура спомага за повишаване твърдостта на покритието. Покритието получено чрез КДИ при $300 \text{ }^\circ\text{C}$ се характеризира с твърдост 33 GPa и модул на еластичност 411 GPa, докато за поритието нанесено чрез РМРЗМП при $260 \text{ }^\circ\text{C}$ тези стойности са съответно 28 GPa и 371 GPa. Характерно за това покритие е, че независимо от метода и условията на нанасяне съотношението H/E , което е основна характеристика за механичните свойства, е едно и също 0.08.

В рамките на двустранния договор с Физико-техническият институт към НАМБ в гр. Минск са изследвани диелектрични слоеве Al_2O_3 , израстнати при различни температури чрез електрохимично оксидиране на алуминий. Измерени са оптимални стойности на пробивното напрежение 306 V/cm^2 и твърдост 5.2 GPa за слоевете, израстнати при температура на електролита $16 \text{ }^\circ\text{C}$.

Изследвани са и многослойни покрития TiN/CrN, нанесени в Технически колеж – Смолян. Резултатите са използвани за защита на докторска дисертация.

В колектива участва 1 докторант. Ръководител на задачата е доц. д-р Л. Колаклиева. Резултатите са представени в 5 публикации и е подадена 1 заявка за патент.

5) Разработване на технология за получаване на свръхтвърди нанокомпозитни износ- и корозионно устойчиви покрития от нитриди, карбиди и карбонитриди - Договор за съвместни научно-приложни разработки и изследвания с Физико-технически Институт, НАНБ, Минск, Беларус.

В резултат на съвместната научно-изследователска работа между ЦЛПФ и Физико-технически Институт на Белоруската АН са проектирани и изработени възли и детайли за модернизация на вакуумни технологични установки за получаване на свръхтвърди нанокомпозитни покрития. Разработените възли и детайли са монтирани и изпитани във вакуумните технологични установки в ЦЛПФ.

Ръководител на тази задача е проф. д-р Р. Каканаков.

6) Нанасяне на оксидни слоеве по метода на високоволтово електрохимическо оксидиране с предварителна електролитно-плазмена полировка – съвместна задача между ЦЛПФ – БАН и ФТИ – НАНБ, Беларус.

През 2016 г. в рамките на сътрудничеството между ЦЛПФ – Пловдив и Беларуската АН извън плана за сътрудничество между двете академии, започна работа по нова задача на тема: Плазмено полиране и оксидиране. При работата по тази задача бе подготвен и подписан на 15.04.2016 г. Лицензионен договор, според който ЦЛПФ ще получи работна документация за оборудване и технология. Новото в оборудването е използване на импулсно захранване, а в технологията извършването на предварително плазмено полиране преди оксидацията. На първия етап работата е фокусирана върху разработване на технология за оксидация на алуминий и неговите сплави.

Подадена е заявка за съвместен патент за изобретение в Патентното ведомство на България с входящ № 112255/25.03.2016 г. на тема: „Метод и състав за получаване на устойчиво покритие върху изделия от алуминиеви сплави“.

Ръководители на задачата са доц. д-р Л. Колаклиева и проф. Р. Каканаков.

7) Сравнително изследване на многослойни наноструктурирани свръхтвърди покрития, получени чрез катодно-дъгово изпарение и разбалансирано магнетронно разпрашване - договор по ЕБР с Катедрата по физика на Аристотел Университет, Солун, Гърция.

Изследвани са съставът и структурата на многослойно свръхтвърдо покритие CrAlSiN/AlSiN чрез XRD, TEM и XPS анализи. Установена е нанокompatитна структура на всеки от съставните слоеве като нанокристалитите CrN и AlN са инкорпорирани в аморфната матрица на Si₃N₄.

Изследвани са трибологичните свойства и износоустойчивостта на свръхтвърди градиентни покрития TiAlSiN. Определен е коефициентът на триене в зависимост от скоростта на движение. Установено е, че износоустойчивостта е 3.5 пъти по-голяма в сравнение с широко използваните покрития от TiN.

Разработена е технология за нанасяне на многослойни покрития на базата на TiN, CrN чрез разбалансирано магнетронно разпрашване при температури под 300 °C

Изследвани са механичните параметри на CrN/TiN покритие, получено чрез разбалансирано магнетронно разпрашване. Установено е 30% увеличение на твърдостта спрямо тази на еднослойните покрития от CrN и TiN.

Ръководител на тази задача е доц. д-р Л. Колаклиева. Резултатите са представени в 1 публикация и една е приета за печат.

8) Изграждане на ГРИД инфраструктура подкрепяща извършването на изследвания в областта на приложната физика – Договор 01/5/2014 с ФНИ-МОН и ДНТС/RISC Software GmbH, Университет Йоханес Кеплер, Линц, Австрия за съвместни научни изследвания в рамките на спогодбата за двустранно сътрудничество между РБългария и РАвстрия.

Работата по задачата през 2016г. беше насочена към разглеждането на съвременните инструменти за обработка на данни, които могат да се използват за анализ на експериментални данни чрез прилагането на разпределени изчислителни среди и алгоритми за машинно обучение разработвани в института РИСК, Линц, Австрия . Направено е също проучване на информационните данни които се получават от технологичните процеси използващи разбалансирано магнетронно разпрашване в ЦЛПФ и могат да се подлагат на анализ и изследване с изчислителни алгоритми.

Ръководител на проекта е гл. ас. д-р В. Читанов.

9) Договор № ДФНП-186-А1 на тема „Разработване и изследване на износоустойчиви и корозионноустойчиви покрития за ортопедични и дентални приложения” от Програма за подпомагане на млади учени в БАН – 2016г.

На база проведеното проучване за състоянието на научните изследвания по тази тема, е разработена структурата на многослойно покритие CrN/TiN. Разработена е технология за нанасянето му по метода на разбалансирано магнетронно разпрашване при ниска температура 170°C. Изследвана е зависимостта на механичните параметри на покритието, твърдост, модул на еластичност, адхезия и коефициент на триене от технологичния параметър съотношение инертен/реактивен (Ar/N₂) газ. На база получените резултати е оптимизирана технологията за нанасяне на многослойното покритие CrN/TiN. Постигната е твърдост H = 22 GPa при модул на еластичност E = 258 GPa. Покритието показва много добра адхезия към подложката. При натоварвания до 30 N не се отчитат критични сили, индикиращи нарушения на покритието и отлюспване. Определен е минимален коефициент на триене $\mu = 0.1$. Получените резултати са сравнени с тези за еднослойни покрития CrN и TiN. Констатирано е 30% увеличение на твърдостта при многослойното покритие, докато коефициентът на триене не се променя съществено. При многослойното покритие CrN/TiN е установено съществено увеличение на съотношението H/E = 0.09 спрямо това за монослойните покрития CrN и TiN, съответно 0.06 и 0.05. Този резултат потвърждава подобрените механични свойства при многослойното покритие CrN/TiN. Ръководител на задачата е доц. д-р Л. Колакчиева.

По 2 тема: Високоэффективни слънчеви елементи, енергоспестяващи светодиодни излъчватели, системи за енергийна ефективност, с ръководител: проф. д-р Румен Каканаков са извършени дейности по следните 5 задачи:

1) Високоэффективни слънчеви елементи на основата на многопреходни епитаксиални A³B⁵ хетероструктури.

По метода на нискотемпературната течна епитаксия (TE) са израстнати четири- и петкомпонентни съединения от разредени нитриди InGaAsN, InGaAsSbN изорешетъчни с GaAs. Използвани са различни методи XRD, EDX, SIMS за изучаване на кристалографската структура и определяне на състава на получените епитаксиални слоеве. Оптичното качество е определено посредством фотолуминесцентни измервания при различни температури и различни дължини на вълните на възбуждащото излъчване. Посредством пулсиращо лазерно възбуждане е изучена динамиката на токовете носители в епитаксиални двойни хетероструктури AlGaAs/InGaAs(Sb)N/AlGaAs и е определено времето на живот на токовете носители. Установено е, че оптичното качество на структурите, получени по метода на TE, е по-високо от това на съединенията от разредени нитриди, получени при неравновесни условия на кристализация – MOCVD, MBE, йонна имплантация. Част от резултатите (фотолуминесцентни и повърхностен фотоволтаичен метод-SPV) са получени като резултат от участието на ЦЛПФ в следните два проекта:

- Проект по програма COST- MP1406 “Multiscale in modeling and experimental validation for solar photovoltaics” (2015-2019)
- Договор с ФНИ: ДКОСТ-01/2016 ”Перспективни материали за следваща генерация слънчеви елементи”

Ръководител на задачата е доц. д-р М. Миланова. На база на получените резултати е публикувана 1 статия, и са изнесени 2 доклада на международни конференции.

2) Разработка и изследване на нови светодиодни източници на светлина и системи на осветление с многофункционални приложения - договор за съвместни научно-приложни разработки и изследвания с Център за светодиодни и оптоелектронни технологии на НАНБ, Минск, Беларус.

В резултат на съвместната научно-изследователска работа между ЦЛПФ и Център по светодиодни и оптоелектронни технологии на Белоруската АН са моделирани и

разработени нови оптични елементи за формиране на излъчването на светодиодите; Изследвани са светотехническите характеристики на светодиодните източници на светлина с новите оптични елементи.

Ръководител на тази задача е проф. д-р Р. Каканаков.

3) Високоэффективни енергоспестяващи светодиодни излъчватели.

В ЦЛПФ са разработени две групи осветителни тела:

- **Високоэффективни RGB светодиодни излъчватели за оранжерии**

LED осветлението дава възможност за т.н. многослойно отглеждане на култури с вътрешно осветление, при което светлинните източници са разположени вертикално между растенията. Методът на многослойното култивиране позволява да се отглеждат максимално количество растения при ограничена земеделска площ, поради което намира нарастващо приложение при оранжерийното отглеждане на култури. Растежът, плодовете, издръжливостта и дори времето за цъфтене на растенията са напълно спектрално зависими от светлината, която те получават. Така например, оранжево-червената светлина (620 ÷ 660 nm) стимулира развитието на листата. Синьо-зелената светлина (400 ÷ 450 nm) стимулира цъфтежа на растенията, а червената светлина (680 ÷ 700 nm) синтезира захариди от въглеродния диоксид във въздуха.

В ЦЛПФ са разработени и изработени високоэффективни **RGB LED** източници с мощност **40 вата** и светлинен поток **4000 lm**. Те са управляеми от индивидуален график, генериран от компютър и чрез контролер **Arduino** осветяват с необходимата степен на интензивност и цвят растенията в площ минимум **6 м²**.

- **Полихроматични осветителни тела за сгради**

В ЦЛПФ са разработени и внедрени за предварителни изпитания в сградата на Лабораторията нови осветителни тела на базата високо ефективни LED структури върху керамика AMOLUX, излъчващи бяла светлина с цветна температура 6000 K. Всяка структура е с мощност 0.23 W и размери 5x5 mm, монтирани на текстолитова лента с SMD монтаж и плътност на монтажа 60 структури на 1 метър. Захранващото напрежение е 220 V AC от мрежата. При този монтаж общата светлинна мощност е 20 W/m. Осветителните ленти са монтирани на мястото на луминесцентните пури вградени в осветителните тела на сградата. По този начин е постигната икономия на електроенергия 3 пъти спрямо ползваните до сега луминесцентни тела. Осветителните тела се включват/изключват автоматично от IR датчици за движение.

Ръководител на задачата е проф. д-р Р. Каканаков.

4) Разработване на иновационни рецептури и технологии за производство на корпуси за комуникационни и електротехнически нужди от структурирана терморезистивна пластмаса – Договор 7ИФ-02-48/06.08.2014г. (2014-2016) с Национален Иновационен Фонд, съвместно с фирма Борима АД-София и Изпълнителна агенция за насърчване на малките и средните предприятия (ИАНМСП).

За подобряване качеството на матриците, използвани в шприц автоматите на Борима АД, с цел производство на корпуси за комуникационни и електротехнически нужди от структурирана терморезистивна пластмаса в ЦЛПФ са разработени и приложени свръхтвърди износоустойчиви покрития с нисък коефициент на триене от нитриди, карбиди, карбонитриди и нанокompозити. Покритията са с твърдост по-голяма от **40 GPa** и коефициент на триене по-малък от 0.5. Ръководител на задачата е проф. д-р Р. Каканаков.

5) Разработка и изработка на енергонезависим модул на земеделска, помпена, телекомуникационна и WEB управляема инсталация.

През 2016г. бе сключен договор с фирма **Зелени Технологии Индъстри – ООД – София** за разработка и изработка на енергонезависима земеделска, помпена, телекомуникационна и WEB управляема инсталация.

Системата включва захранващ енергиен PV модул от 4 KVA, изграден от 16 PV панели, всеки от които има мощност 250 W, монтирани на скатен покрив. Генерираното постоянно напрежение се преобрзува в 220 V синусоидално напрежение с 4 KW инвертор **Steca-Coolcept-X**, Германия. Чрез интелигентен електромер инверторът е свързан с мрежата на **EVN** и през нощта, когато е необходимо прехвърля консумацията с цел осигуряване на непрекъсната работа на системата.

Захранващият модул осигурява работата на сондажна помпа, в сондаж с дълбочина 70 м, която през деня пълни с вода 3 независими резервоара и в същото време осъществява капково напояване на предвидената площ. Нивата на резервоарите се контролират от ултразвукови датчици, свързани безжично на разстояния 300 m с излъчвател/приемник по протокола **ZigBee** чрез контролери **Arduino**. В **Linux** сървър данните от контролерите на магнет вентилната управляваща система, контролерите на датчиците и енергийните данни на системата се записват в **Data Logging** система. Тази система е **WEB** достъпна за мониторинг и управление.

Ръководител на договора е проф. д-р Р. Каканаков.

1.3. Ефект за обществото от извършваните дейности.

Съвременната научна инфраструктура в ЦЛПФ е включена в проекта **ИНФРАМАТ**, който е част от Пътната карта на научно-изследователската инфраструктура в страната.

На базата на разработеното оборудване и технология за електродъгово нанасяне на наноразмерни, наноструктурирани и нанокомпозитни слоеве, твърди и свръхтвърди покрития от нитриди, карбиди, карбонитриди и нанокомпозити върху метални и керамични детайли, с цел повишаване на тяхната твърдост, износоустойчивост и корозоустойчивост, в ЦЛПФ се изпълняват **поръчки и специализирани услуги за редица индустриални фирми** от Пловдивски регион и страната.

ЦЛПФ има договори с над 10 национални и регионални фирми, свързани с **разработка и трансфер на технологии**: фирма "Милко Ангелов Консулт" ЕООД-Пловдив; фирма "Нанотех груп" ООД-Пловдив; фирма "СолТех" ЕООД-Пловдив; фирма "Лог-Сибيريا" ЕООД-София; фирма "Нанотех" ООД-Габрово; фирма "Илекс" ООД-Габрово; фирма Борима АД-София; фирма ПЛАНАР ЕООД-Пловдив; „Готмар”- Съединение, „ИТОМ”- Пловдив, „Капрони”- Казанлък, „КАРНЕС” ЕООД - Русе, „Сенсата” ЕООД - София, Арексим ЕООД - Смолян и др., за нанасяне на покрития върху фрези, поансони, матрици, пресформи, зъбни колела и други режещи инструменти и различни детайли. За редица фирми и организации в страната са характеризирани многослойни покрития чрез измерване на нанотвърдост и изследване на адхезия.

1.4. Взаимоотношения с институции.

ЦЛПФ участва в Националната мрежа на Регионалните Академични Центрове в рамките на учредения през 2013г. Регионален Академичен Център в Пловдив с цел научно-техническо сътрудничество между **33** организации, в това число филиалите на БАН в Пловдив, Пловдивските ВУЗ и редица иновативни фирми.

ЦЛПФ има договорни отношения и съвместни проекти и разработки с ПУ "П. Хилендарски", Технически Университет – филиал Пловдив, СУ „Кл. Охридски”, ИФТТ, ХТМУ, ЦЛСЕНЕИ, Институт по механика, ИОНХ.

ЦЛПФ има традиционни сътрудничества със звената на БАН – ИФТТ, ИОНХ, Институт по механика, Институт по металознание, ЦЛСЕНЕИ, за съвместни изследвания в областта на материалознанието.

1.5. ОБЩОНАЦИОНАЛНИ И ОПЕРАТИВНИ ДЕЙНОСТИ, ОБСЛУЖВАЩИ ДЪРЖАВАТА

1.5.1. С общонационално значение са следните практически дейности на ЦЛПФ, свързани с индустрия, енергетика и околна среда:

– **Създаване на оборудване и възпроизводима технология за твърди и свръхтвърди нанокompозитни покрития** върху режещи инструменти, метални и керамични детайли, повишаващи значително тяхната твърдост, износоустойчивост и корозоустойчивост. Изпълняват се технологични поръчки за покрития от нитриди, карбиди, карбонитриди и нанокompозити за редица индустриални фирми, работещи за страната и за износ;

– **Методика за характеризиране** на микротвърдост, нанотвърдост, адхезия, модул на еластичност и коефициент на триене на материали и покрития за индустрията. Изследват се механичните свойства на твърди покрития, полимери, стъкла и биоматериали за научни организации, фирми и институции от страната;

– **Технология за електроразрядно третиране на метални повърхности**, позволяваща полиране на детайли, изискващи висок клас на повърхностна чистота и гладкост, както и пасивация на повърхността на алуминий и неговите сплави. Изпълняват се технологични поръчки и технологичен трансфер за фирми;

– **Светодиодно осветление и енергийна ефективност**. Разработени са светодиодни източници на светлина за битови цели, готови за внедряване в малосерийно производство. ЦЛПФ ще продължи да развива иновативна и стопанска дейност в полза на индустрията и енергетиката в Пловдивски регион и страната.

1.5.2. Проекти, свързани с оперативни дейности, обслужващи държавата, финансирани от национални институции.

– Договор 7ИФ-02-48/06.08.2014г. с **Национален Иновационен Фонд за разработване на иновационни рецептури и технологии за производство на корпуси за комуникационни и електротехнически нужди от структурирана термореактивна пластмаса**, съвместно с фирмата Борима АД-София.

– Договор с фирмата Зелени технологии ООД – София за **Разработка и изработка на енергонезависима, земеделска, помпена, телекомуникационна инсталация**.

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНАТА И НАУЧНО-ПРИЛОЖНА ДЕЙНОСТ ПРЕЗ 2016г.

2.1. Най-значимо научно постижение:

Нови материали за високоефективни слънчеви елементи – По метода на ниско-температурната течна епитаксия (TE) са израстнати четири- и пет компонентни съединения от разредени нитриди InGaAsN, InGaAsSbN, изорешетъчни с GaAs. Дълговълновата граница на фоточувствителност на новите съединения в сравнение с тази на GaAs (1.43 eV) е увеличена до 1.3 eV. Установено е, че оптичното качество на структурите, получени по метода на TE, е по-високо от това на съединенията от разредени нитриди, получени при неравновесни условия на кристализация – MOCVD, MBE, йонна имплантация. В спектрите на нискотемпературната (2K) ФЛ се наблюдават тесни пикове на краевата луминесценция с висок интензитет и с полуширина 5-6 meV, както и слаби

пикове в забранената зона - близо до края на зоната на проводимост на локализираните азотосъдържащи кластери. Посредством пулсиращо лазерно възбуждане е изучена динамиката на токовите носители в епитаксиални двойни хетероструктури AlGaAs/InGaAs(Sb)N/AlGaAs. Определените стойности на времето на живот на токовите носители са 9-10 ns за концентрации $\sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ и са близо на 1 порядък по-високи от докладваните досега в литературата. Постигнатите резултати дават възможност за разработване на иновативни слънчеви елементи (СЕ) на основата на съединения от разредени нитриди за приложение в многопреходни СЕ. До днес само концепцията за многопреходни СЕ дава възможност да бъде надминат термодинамичния лимит на Шокли-Куизи от 30% ефективност на фотоволтаичното преобразуване на светлината за идеализиран еднопреходен СЕ, като на практика е реализирана рекордна стойност от 40.7% за ефективността на четирипреходни СЕ при работа с концентрирана светлина в Националната лаборатория по възобновяеми енергии, Колорадо, САЩ. Ръководител на задачата е доц.д-р М. Миланова

2.2. Най-значимо научно-приложно постижение:

Свърхтвърди и твърди нискотемпературни покрития на базата на тройни титанови съединения за специални приложения.

Разработени са структурите и технологиите за нанасяне на две покрития на базата на тройните титанови съединения TiCN и TiAlN.

Разработената технология позволява нанасяне чрез катодно дъгово изпарение на покрития от TiCN с различно съдържание на въглерод при 300 °C. За подобряване на адхезията е разработена многослойна контактна структура с редуване на слоеве с прогресивно увеличаване съдържанието на въглерод до това на основния слой. Установено е влиянието на съдържанието на въглерод върху механичните свойства на покритието. Свърхтвърдост $H = 40 \text{ GPa}$ и модул на еластичност $E = 356 \text{ GPa}$ са постигнати при покрития с 25% съдържание на въглерод. Покритието е с добра морфология и нисък коефициент на триене $\mu = 0.13$. Разработеното покритие съчетава свърхтвърдост с малка крехкост ($H/E = 0.11$) и нисък коефициент на триене, което е постижение за защитните покрития. То ще бъде трансферирано в индустрията за подобряване на твърдостта и износоустойчивостта на металообработващи инструменти като щанци, пресформи, матрици и др.

Покритието TiAlN е разработено специално за детайли от нискотемпературна стомана и материали с ниска температура на обработка. Затова то е нанесено чрез разбалансирано магнетронно разпращане и температурният интервал на нанасяне е ограничен в диапазона от 150 °C до 200 °C. След оптимизиране на технологията са постигнати твърдост $H = 38 \text{ GPa}$ и модул на еластичност $E = 418 \text{ GPa}$ при температура на нанасяне до 200 °C. Резултатите от проведените тестове за надраскване показваха, че адхезията на покритието към подложката е много добра, а коефициентът на триене се мени в интервала 0.09 - 0.13 в зависимост от температурата на нанасяне. Структурата и съставът на TiAlN са изследвани чрез рентгенова дифрактометрия (XRD) и рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS). Тези анализи установиха, че покритието има състав $\text{Ti}_{0.42}\text{Al}_{0.58}\text{N}$ с константа на кристалната решетка 4,17 Å. Изследванията на TiAlN покритие показваха, че въпреки ниската температура на нанасяне и колонната структура на активния слой, то е с много добри механични свойства, което се потвърждава от съотношението $H/E=0.09$, а твърдостта му е близка до свърхтвърдост ($H > 40\text{GPa}$). Проведените в реални работни условия тестове показваха, че то повишава износоустойчивостта на инструментите и удължава времето на работа с 40 %.

Ръководители на задачата са проф. Р. Каканаков и доц. д-р Л. Колакчиева.

3. МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО

ЦЛПФ има сключени съвместни проекти и договори, и осъществява научно сътрудничество с международни институции с висок научен авторитет, като: ФТИ "А.Ф.Йоффе"- Санкт-Петербург, Русия; Санкт-Петербургски академически университет, Научно-Образователен Център РАН, Русия; „Аристотел Университет”, Солун, Гърция; Физико-технически Институт, Минск, Беларус; Хелзинкски Университет, Финландия; Университет Йоханес Кеплер, Линц, Австрия; Институт по приложна физика, Фрайбург, Германия и др.

3.1. Международно научно сътрудничество по линия на ЕБР на ниво БАН

ЦЛПФ има сключени съвместни **3** договора – **2** с Беларус и **1** с Гърция, които влизат в плановите задачи на лабораторията за 2016г.:

1) Сключен е договор по ЕБР **„Сравнително изследване на многослойни наноструктурирани свръхтвърди покрития, получени чрез катодно-дъгово изпарение и разбалансирано магнетронно разпрашване“** с Катедрата по физика на **Аристотел Университет, Солун, Гърция**

Разработена е технология за нанасяне на свръхтвърди градиентни TiAlSiN и многослойни нанокompозитни покрития CrAlSiN/AlSiN чрез катодно-дъгово отлагане. Чрез метода на дълбочинно сензорно идентифициране (DSI) е изследвана нанотвърдостта на покритията в зависимост от условията на нанасяне и е оптимизиран технологичният процес.

2) Сключен е договор за съвместни научно-приложни разработки и изследвания с Физико-технически Институт НАНБ, Минск, Беларус на тема **„Разработка на технология за получаване на свръхтвърди нанокompозитни износо и корозионно устойчиви покрития от нитриди, карбиди и карбонитриди“** с обща задача: усъвършенстване на оборудването и разработка на технологии за получаване на нови свръхтвърди нанокompозитни покрития на база нитриди, карбиди и карбонитриди, в т.ч. и диамантоподобни с повишена износо и корозоустойчивост. Използват се методите на катодно-дъгово изпарение и разбалансирано магнетронно разпрашване, с цел получаване на термостабилни покрития с твърдост над 45 GPa, коефициент на триене под 0,4 и висока адхезия.

3) Сключен е договор за съвместни научно-приложни разработки и изследвания с Център за светодиодни и оптоелектронни технологии на НАНБ, Минск, Беларус на тема **„Разработка и изследване на нови светодиодни източници на светлина и системи на осветление с многофункционални приложения“**, с цел създаване на светодиодни източници на светлина със стабилност на светлината и отсъствие на пулсации на светлинния поток, с приложения за прецизни операции и оранжерийно производство.

4. ПОДГОТОВКА НА СПЕЦИАЛИСТИ

ЦЛПФ е с щат от **30** сътрудници. От тях изследователският състав е **13** учени на постоянен трудов договор, в т.ч. **1** професор, **5** доцента, **3** гл.асистенти и **4** асистенти, от тях **11** са доктори. В ЦЛПФ като Академично Специализирано Звено, функционира Общо събрание на учените. За защиты и хабилитации, ЦЛПФ се обслужва от Научния съвет на ИФТТ-БАН.

ЦЛПФ има **договори и сътрудници със следните ВУЗ и академични институти:**

- договор за **научно-техническо сътрудничество** с Технически Университет, филиал Пловдив в подготовката на бакалаври, магистри и докторанти. Учени от ЦЛПФ подготвят дипломанти, докторанти, участват в комисии за защита на дипломни работи, както и в специализирани научни съвети.

- договор за **научно-техническо сътрудничество и съвместни проекти** с ПУ”П. Хилендарски”;
- сътрудничество със СУ „Кл. Охридски” за **съвместни проекти и изследвания**.
- сътрудничество с ХТМУ за **съвместни проекти и изследвания**.
- сътрудничество с Институт по металознание-БАН за **съвместни проекти**.
- сътрудничество с ИОНХ-БАН за **съвместни проекти и изследвания**.
- сътрудничество с Институт по механика-БАН за **съвместни изследвания**.
- сътрудничество с ЦЛСЕНЕИ-БАН за **съвместни изследвания и проекти**.

ЦЛПФ получи висока оценка и **акредитация** от Националната комисия (НАОА) до 2020г. за правото да обучава по образователната и научна степен “доктор” по научната специалност **4.1. Физически науки: 10326 ”Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя”**. През 2016г. в ЦЛПФ се обучаваше **1 редовен докторант по държавна поръчка** – маг. инж. Виктор Копанов, с ръководител доц. д-р Лиляна Колакчиева, отчислен с право на защита.

5. ИНОВАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ЗВЕНТО И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ

5.1. Иновационна дейност с външни организации и трансфер на технологии

Основната част от иновационната дейност на ЦЛПФ през 2016 год. е свързана със създаване на свръхтвърди износостойчиви покрития за индустриално приложение в редица фирми от Пловдивски регион и страната на базата на разработените в ЦЛПФ нанокompозитни структури. Голяма част от продукцията на тези фирми е предназначена за износ в Европейския съюз.

Иновационна дейност и трансфер на технологии бяха реализирани с български фирми по следните договори:

1) **Разработка и нанасяне на нанокompозитни твърди покрития върху инструменти от високоскоростна стомана и волфрамов карбид**, договор с фирма СолТех ЕООД, гр. Пловдив на стойност **18 166** лв. По този договор е оптимизирана технологията за нанасяне на нанокompозитни градиентни покрития $TiAlN/a-Si_3N_4$ и $CrAlN/a-Si_3N_4$ върху режещи инструменти, подложени на активно износване по време на работа. Извършените в ЦЛПФ механични и трибологични тестове показват, че оптимизираните нанокompозитни покрития притежават по-висока твърдост и по-добра адхезия към материала на инструмента. В резултат на това времето на експлоатация на инструментите с нанесени нанокompозитни покрития се увеличава от 2 до 3 пъти. Ръководител на договора е проф. д-р Р. Каканаков.

2) **Технология за твърди и свръхтвърди покрития на металорежещи инструменти**, договор с фирма „Нанотех Габрово” ЕООД, гр. Габрово, на стойност **17 687** лв. Разработена и приложена е технология за нанасяне на свръхтвърди покрития върху металорежещи инструменти, подложени на активно износване по време на работа. Ръководител на договора е проф. д-р Р. Каканаков.

3) **Технология за твърди и свръхтвърди покрития на фрези и заточващи инструменти**, договор с фирма „Илекс” ООД, гр. Габрово, на стойност **13 202** лв. Разработена и приложена е технология за нанасяне на свръхтвърди покрития върху фрези и заточващи инструменти, подложени на активно износване по време на работа. Ръководител на договора е проф. д-р Р. Каканаков.

4) **Разработване на иновационни рецептури и технологии за производство на корпуси за комуникационни и електротехнически нужди от структурирана терморезистивна пластмаса**, предназначена за фирма „Борима” АД, гр. София по договор

7ИФ-02-48/06.08.2014г. с Национален иновационен фонд. По този договор през 2016 г. ЦЛПФ е получила допълнително дарение в размер на **4 864** лв. Ръководител на договора е проф. д-р Р. Каканаков.

5) Създаване на опитен образец на иновативна, земеделска помпена, телекомуникационна инсталация, работеща на базата на слънчеви панели – договор с „Лог-Сибيريا” ЕООД, гр. София, на обща стойност **50 400** лв., от които **43 200** лв. са получени през 2015 г., а остатъкът от **7 200** лв. ще бъде получен от ЦЛПФ през 2017 г. Ръководител на договора е проф. д-р Р. Каканаков.

6. СТОПАНСКА ДЕЙНОСТ НА ЗВЕНОТО

6.1. Стопанска дейност с външни организации.

През 2016 г. на база на съществуващото технологично оборудване и разработените технологии за нанасяне на нанокomпозитни свръхтвърди покрития са изпълнени поръчки на редица фирми, като: „Арексим Инженеринг” ЕАД, „ИТОМ” ООД, „Ванико” ООД, „Витекс” АД, „ЕМКА” АД, ЕТ „Бал Бос – Валентин Балабосов”, „Индекс-6” ООД, „Капрони” АД, „Карнес” ЕООД, „Лем България” ЕООД, „МАК – Милчо и Анета Каленови” ООД, „РТ плюс” ООД, „Стил Т” ЕООД, „СолТех” ЕООД, „Шети България” ЕООД, „Нанотех Габрово” ЕООД, „Илекс” ООД и др., за нанасяне на покрития върху фрези, поансони, матрици, пресформи, зъбни колела и други режещи инструменти и различни детайли. В по-голямата си част продукцията на тези фирми е за износ.

За фирмата „Нанотех Груп” ЕООД са характеризирани многослойни покрития чрез измерване на нанотвърдост и изследване на адхезия.

През 2016 г. са реализирани общо **151 168** лв. собствени приходи, които включват:

- приходи от договори за научни разработки с български фирми и организации **50 783** лв.
 - в т.ч. договори с:
 - ✓ „СолТех” ЕООД за **18 166** лв.
 - ✓ „Нанотех Габрово” ЕООД за **17 687** лв.
 - ✓ „Илекс” ООД за **13 202** лв.
- приходи от продажба на специализирана продукция **23 401** лв.
- приходи от наеми **34 202** лв.

6.2. Отдаване под наем на помещения и материална база

Приходите от отдаване на помещения под наем в размер на **34 202** лв. са изразходвани за поддържане и подобряване на инфраструктурата, поддръжка на сградния фонд в ЦЛПФ, плащане на ел. енергия, вода, телефони, интернет и отопление.

6.3. Сведения за друга стопанска дейност.

По договор с Националния иновационен фонд № 7ИФ-02-48/06.08.2014г., с координатор „Борима” АД и партньор ЦЛПФ, е получено допълнително дарение в размер на **4 864** лв.

7. КРАТЪК АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА ЗВЕНОТО ЗА 2016 ГОДИНА

През годината беше получена бюджетна субсидия в размер на **269 633** лв. Собствените средства са **151 168** лв. Или общо: **420 801** лв.

Разходите през годината възлизат на **432 732** лв.

Разходите по бюджетната субсидия са:

- ФРЗ – **216 914** лв.
- Осигурителни вноски – **87 200** лв. От тях **39 642** лв. са за сметка на работодателя.
- Стипендии – **450** лв.

Разходите за научно-изследователски и технологични дейности, и за инфраструктура са в размер на **143 327** лв. Тези средства са осигурени от собствени приходи.

Преходният остатък от 2016г. за 2017г. е в размер на **35 532** лв. Този преходен остатък се формира от дължими суми, които предстои да бъдат изплатени в началото на 2017г.

ЦЛПФ към БАН – Пловдив няма задължения към доставчици.

Извършени са всички разчети с бюджета.

8. ИЗДАТЕЛСКА И ИНФОРМАЦИОННА ДЕЙНОСТ

През 2016г. като резултат от работата по проекти и договори са публикувани **12 научни статии** в реферирани и индексирани български и чужди научни списания, от които **4** са в списания с импакт фактор; **8 доклада** са представени на международни конференции, от които **2** в чужбина. Общите с чуждестранни учени статии и доклади на конференции са **15**. Известните ни до момента цитати за 2016г. са общо **22 цитирания на 8 статии**. ЦЛПФ поддържа собствена Web-страница в Интернет и има достъп до информацията в електронните бази данни на издателство Elsevier в платформите SciVerse&Scopus и SciVerse&ScienceDirect, както и на издателство Thomson Reuters в платформата Web of Science.

9. СПИСЪК на членовете на Общото събрание на учените в ЦЛПФ през 2016г.

В ЦЛПФ – Пловдив като Академично специализирано звено на БАН, функционира Общо събрание на учените с:

Председател: Доц. д-р Емил Динков

Членове:

1. Проф. д-р Румен Каканаков
2. Доц. д-р Лиляна Колаклиева
3. Доц. д-р Лидия Бедикян
4. Доц. д-р Малина Миланова
5. Доц. д-р Иван Касамаков
6. Гл. ас. д-р инж. Василий Читанов
7. Гл. ас. д-р инж. Николай Петков
8. Гл. ас. д-р инж. Чавдар Пашински
9. Ас. д-р инж. Иван Узунов
10. Ас. д-р Станислава Рабаджийска
11. Ас. Тетяна Чолакова
12. Ас. Христо Бахчеджиев

10. ПРАВИЛНИКА НА ЦЛПФ за устройство, дейност, управление, финансиране и вътрешен трудов ред, е на Web-страницата на ЦЛПФ:

http://www.clap-bas.com/userfiles/files/2016/CLAP_Pravilnik.pdf