

КРАТКО ОПИСАНИЕ (СПРАВКА) НА НАЙ-ВАЖНИТЕ НАУЧНИ ПОСТИЖЕНИЯ

на чл.-кор., професор, д.ф.н. Петър Асенов Атанасов

В своята разностранна научноизследователска и приложна дейност реализирах следните най-важни научни постижения в областта на **физиката, фотониката – лазерна физика и техника, фемтосекундната фотоника и оптоелектрониката, материалознанието и нанотехнологиите**, които са от съществено значение за развитието на науката и за материалното и духовното обогатяване у нас и в чужбина.

1. Пионерни приноси в областта на фотониката

- Ефект на органични примеси към активната среда на CO₂ лазери

За пръв път предложих и проведох експериментални и теоретични изследвания довели до съществено подобряване на изходните параметри на CO₂ лазери. Постигнатите резултати са използвани от многобройни изследователски групи в чужбина и на тяхна основа се разви успешно научното и приложно направление - мощни импулсни CO₂ лазери с органични приноси. Резултатите са обект на 10 публикации (1, 2, 181-183), които са цитирани над 50 пъти, в т.ч. и в един европейски патент. По проблема са защитени 3 доктората, от които 1 за доктор на науките.

- CO₂ лазери с бърз проток на газа

За първи път създадох оригинални физични модели на CO₂ лазери с бърз проток на газовата смес. При моделирането използвахме собствени данни за транспортните коефициенти, получени чрез числено решаване на уравнението на Болцман за реална CO₂ лазерна плазма. Моделите са описани в 4 научни публикации (9, 10, 16, 17, 19), които са цитирани 30 пъти. М. Баева защити дисертация под мое ръководство. Моделите са използвани от чуждестранни колективи от Германия и Гърция. Теоретичните ни резултати се съгласуват с експериментите на чуждестранни автори и послужиха за проектиране на CO₂ лазер с изходна мощност 1200 W в ИО-ОЗОНТ.

- Импулсни лазери с плазмени електроди

За първи път постигнахме възбуждане на активната среда с рекордни обеми в импулсни CO₂ лазери чрез използване на плазмени електроди. Доказахме предимствата на плазмения катод при CO₂ лазери с надатмосферно налягане и така осъществихме плавна пренастройка на честотата. Идеите и постигнатите резултати са предшествани от фундаментални теоретични и експериментални изследвания на пълзящия разряд. Част от резултатите са в съавторство с акад. А.М. Прохоров – носител на Нобелова награда по физика и колеги от ИО РАН, Москва. Резултатите и приносите са отразени в 8 журнални статии (3, 4, 6-8, 12, 15, 185), 2 глави в монографии (М.1, 2), включени са в защитените докторати на Сп. Василев и Пл. Пасков, ръководени от мен, и са цитирани над 50 пъти, в т.ч. и в два патенти - американски и европейски.

- Импулсни лазери, напompвани с пълзящ разряд

За първи път получихме лазерна генерация в ултравиолетовата до инфрачервената област на спектъра в газови смеси чрез директно възбуждане с пълзящ разряд. Реализирахме и уникалния резултат – едновременна генерация в УВ и ИЧ област на спектъра. Тематиката развихме съвместно с колеги от ИОФ РАН, Москва, която от мен бе предадена на ФзФ на Технически университет, Атина и по нея гръцкия докторант Цикрикас защити дисертация. Резултатите са отразени в 14 журнални статии (7, 10, 12, 13, 20, 21, 24, 27, 30, 34-36, 49, 50) и в един докторат като са цитирани над 40 пъти.

- Взаимодействие на мощно лазерно лъчение с веществото

Предложих и създадох пионерни експериментални методи и комплексни теоретични модели на лазерна обработка на разнообразни материали. Моделите включват числено решаване на уравнението за топлопроводност. Резултатите са в добро съгласие с проведените от мен експерименти и потвърждават валидността им. Постигнатите приноси предизвикаха интереса на СЗ в Белослав за съвместна дейност и внедряване на оригиналната наша технология за рязане на стъкло, защитена с патент. Особен интерес бе проявен и от немската фирма Баазел Лазертехник, Мюнхен, изразяващ се в персонална покана за съвместна дейност. За нуждите на фирмата лично разработих 120 авангардни CO₂-лазерни технологии по заявка на конкретни потребители от цял свят, като 10 от тях внедрихме в практиката с голям ефект. Получените резултати са обект на 2 доктората на ръководените от мене М. Баева и В. Бърнеков, 8 журнални статии (11, 18, 25, 28, 29, 39, 44, 47), 3 патенти (П. 3-5), 1 глава в монография (М.3) и са цитирани над 100 пъти. Самостоятелната ми публикация (28), отнасяща се до теоретично и експериментално изследване на лазерното заваряване на пластмаси се цитира и до днес (50 пъти).

2. Оптиелектроника

- Пионерни приноси в областта на CO₂ лазерно нагряване при отлагане на тънки слоеве

Едновременно с проф. Дайер от У-та Хъл, Великобритания, но независимо един от друг, предложих за пръв път CO₂ лазерно нагряване при отлагане на тънки слоеве. Този най-прогресивен метод се прилага успешно и понастоящем в работата на изследователски групи от Великобритания, Китай и Гърция. Приносът е отразен в 8 публикации (14, 22, 33, 38, 40, 42, 43, 45), монография (М.4), над 60 цитирания и е използван в докторатите на Р. Томов и М. Колева, ръководени от мен.

- Оптични активни вълноводни слоеве от Nd:KGW и Er,Yb:Y₂O₃

Признат пионерен личен приоритет по отлагане и всестранно изследване на активни оптични планарни вълноводни слоеве от Nd:KGW. Успешно осъществих трансфер на тази тематика във Фз И-т на ЧАН - Прага, И-та по оптика - Мадрид, У-ти VI и VII - Париж и У-та Кейо, Япония. По тематиката спечелих грантове на НАТО, Испания и JSPS, Япония. Плод на тази ми дейност са глава от монография (Е.5) и 9 публикации в специализирани международни журналы (41, 51, 54, 55, 58, 60, 65, 69, 76), които са цитирани над 90 пъти. Съвместно с проф. Обара ръководихме докторанта Т. Окато в У-та Кейо, Япония. Постигнатите резултати са базата и за участието на ръководената от мене лаборатория в два Европейски проекта: IST-2001-39112, NANOPHOS "Наноструктурирани сензори за фотониката" (2003-2006г.) от 5^{та} Рамкова програма на ЕС и PL978043, IMPULSNET "Европейска мрежа по импулсно лазерно отлагане на тънки слоеве от оптични и магнитни материали" (1998-2002г.) от инициативата "Коперникус" на ЕС. Създадохме висококачествени оптично-активни планарни вълноводни слоеве от Er,Yb:Y₂O₃ с възможности за реализиране на тънкослойни вълноводни лазери, генериращи във видимата и инфрачервената област. В това направление е защитен доктората на А. Диковска, ръководена от мен. Публикувахме 5 статии (57, 68, 77, 85, 87) в специализирани международни журналы, цитирани над 100 пъти.

- Оптични газови сензори

За първи път създадохме оптични газови сензори на нов принцип, използващ промяната във вълноводните свойства в различни пасивни тънкослойни оксидни структури. Доказахме активността им към бутан, пропан, амоняк и водород. Получените резултати са обект на Европейски проект от 5 РП и 12 журнални статии (46, 72, 75, 86, 93, 98, 102, 104-106, 115, 120), които са цитирани над 100 пъти, както и на защитен дисертационен труд на Н. Станкова, ръководен от мене.

3. Лаборатория "Микро- и нано-фотоника" („Газови лазери и лазерни технологии") е единственото място в България, където се владее до съвършенство метода на импулсното лазерно отлагане и структуриране на метални и оксидни слоеве с различно предназначение.

Това се потвърждава от участието ни в 2 Европейски проекти, широко международно сътрудничество, над 30 публикации в специализирани журналы, защитени 6 дисертации. Създател съм на три на научни школи по: CO₂ лазери и лазерни технологии (3 хабилитации, 5 успешно защитили докторанти, 6 магистърски дипломни работи, 54 научни публикации с над 300 цитирания); материалознание и импулсно лазерно отлагане и структуриране на тънки слоеве (2 хабилитации, 5 успешно защитили докторанти, 2 магистърски дипломни работи, 60 научни публикации с над 400 цитирания); и фемтосекундна микро- и нано-фотоника, поляритоника и наноструктуриране (1 хабилитация, 3 успешно защитили докторанти, 3 магистърски дипломна работа, 56 публикации с над 500 цитирания).

4. Пионерни приноси в областта на фемтосекундната фотоника, материалознанието и нанотехнологиите

- Фемтосекундна фотоника.

Благодарение на получените пионерните фундаментални научни приноси по моделиране на лазерната аблация на метали със свръхкъси лазерни импулси сме едни от водещите изследователи в световен мащаб. Разработихме оригинален числен модел и компютърен код за метода на молекулната динамика (МД), описващ взаимодействието на метални мишени с фемто и пикосекундни лазерни импулси. На базата на разработения модел създадохме теория за физическата картина на аблацията в метали, формирането и еволюцията на плазменния факел, динамиката и процесите в мишената. Получихме и експериментални данни за лазерната аблация в метали с помощта на свръхкъси импулси в зависимост от параметрите им.

Резултат от успехите и приоритетите ни в тази област е включването ни наред с още два научни колектива от Русия, като единствени чуждестранни участници в най-грандиозния немски научноизследователски и приложен проект – "Фемтосекундни технологии" финансиран от БМБФ, в който участваха 20 университета от Германия и 30 световноизвестни фирми (напр. Даймлер-Крайслер, Бош и др.). Осъществихме и пренос на тематиката към У-та "Фредерико II", Неапол, Италия използвана в доктората на д-р М. Витиело. По тази най-съвременна и модерна проблематика публикувахме 17

труда (66, 67, 70, 73, 78, 81, 82, 84, 89, 90, 91, 96, 99, 100, 110, 122, 135) с над 400 цитирания и е защитен докторат на Н. Недялков, ръководен от мен.

- Генериране на наночастици при лазерна аблация на метали и метални тънки слоеве с фемто- и наносекундни импулси във вакуум и флуиди

Съвместно с колеги от ЧНР, Неапол, Италия реализирахме пионерни експериментални и теоретични приноси на базата на молекулната динамика за създаването на цялостната физична картина и обясняване на механизма на формирането и началната еволюцията на наночастици, генерирани при лазерната аблация на метали със свръхкъси лазерни импулси. Установихме, че наночастиците се формират в процеса на декомпозиция на материала вследствие на фазовата експлозия или фрагментацията на пренагетия материал. С наличието на тези механизми обяснихме експериментално получените зависимости на размерите, скоростите и разпределението по размери на наночастиците, формирани при аблацията на метали и метални тънки слоеве със свръхкъси импулси с дължина на вълната в ултравиолетовата и видимата спектрални области. Показахме, експериментално и теоретично, че дължината на вълната е един ефективен параметър за контрол на размера им. Получените приноси по тази най-съвременна и модерна проблематика са отразени в 7 публикации (94, 99, 113, 126, 135, 150, 186) в специализирани журналы, цитирани над 300 пъти, а статията в *J. Phys. D: Appl. Phys.* (136) е избрана от редакцията за публикуване във виртуалния журнал *Journal of Ultrafast Science* през януари 2012 г.

5. Биофотоника, нанотехнологии и усилен Раманова спектроскопия

- Нанотехнологии и повърхностно усилен Раманова спектроскопия.

За първи път съвместно с колеги от У-та Кейо получихме подредени структури от нанопръчки от ZnO върху подложки от Si посредством импулсно лазерно отлагане и впоследствие покрити със злато. Така получената структура е използвана за повърхностно усилен Раманова спектроскопия с детектиране на рекордно ниска количество на моделно вещество родамин 6G (R6G) - 1 nM. Статията в *J. Phys. D: Appl. Phys.* 41 (109) е избрана от редакцията на списанието като една от най-значимите 20 за 2008 г. Част от резултатите са обект на глава от монография, издадена от издателство Elsevier през 2017 г. (M.7).

- Биофотоника - фототермична терапия на ракови клетки и захващане и унищожаване на вируси.

Съвместно с колеги от ИЕПП-БАН получихме и доказахме експериментално и теоретично използването на златни наночастици за фототермична терапия на ракови клетки. Предложихме и авангардна теоретична схема за захващане и унищожаване на малки вируси. Резултатите са публикувани в 10 статии (117, 122, 128, 129, 130, 140, 141, 148, 149, 187), които са отбелязани от международната научна общност – над 70 цитирания.

- Поляритоника и наноструктуриране на повърхности.

Предложена и разработена е нова авангардна технология за получаване на нанодупки, основаваща се на повърхностно плазмонно усилване, локализирано в близката зона на златни наночастици, което се възбужда с единичен фемтосекунден лазерен импулс. Експерименталните резултати са потвърдени с разработените от нас теоретични основи и компютърно моделиране, основано на 3D-FDTD симулационна техника. Съвместно с групата на проф. М. Обара от У-та Кейо, Япония постигнахме съществени приноси в новото научно направление - **поляритоника**. Тези авангардни технологии са намерили място в 13 публикации в специализирани списания (90, 97, 99, 100, 110, 119, 122-124, 129, 143, 148, 151), глава от монография (M.6) и са цитирани над 180 пъти.

6. Нанотехнологии и усилен Раманова спектроскопия

През последните **3 години** предложих и развих успешно две нови тематики, в които постигнахме съществени пионерни приноси - **повърхностно-усилен Раманова спектроскопия и биофотоника**. Високо оценени са нашите изследвания и приноси в изясняване влиянието на наночастици от благородни метали за фототермична терапия на ракови клетки и вируси и изключително важното изследване на влиянието на златните наночастици върху живи организми (цитирано досега 42 пъти).

Пионерни са предложените от мен и получените от международен колектив от Япония и Германия авангардни резултати по регистриране на нежелани малки количества от пестициди, фунгициди и инсектициди, публикувани в най-престижни международни журналы. Разработихме оригинални методи (подадени заявки за два патента) за лазерно модифициране и метализиране на биосъвместими полимери с широк потенциал за приложение в областта на MEMS и медицината. Това се потвърждава от спечелените и ръководени от мен 2 проекта с МОН, 1 - с JSPS, Япония, както и 4 персонални покани за съвместни изследвания в НИМС, Цукуба - Япония по предложените от мен проблематики.

Съвместно с колеги от ИФХ-БАН разработихме оригинален метод за лазерно модифициране и метализиране на биосъвместим полимер. Резултатите са обект на патент и две заявки, глава от монография (М.8) и 6 публикации, с над от 60 независими цитирания.

7. Изпълнявал съм с готовност експертна дейност за нуждите на страната и БАН. Винаги съм заемал позиции, отговарящи на собственото ми разбиране

В потвърждение ще посоча участието ми като експерт на МОН при подготовка на глава "Наука" за преговори на България с ЕС – (1999г.), двукратно участие в комисията на акад В. Сгурев за изработване на "Становище по проблеми на технологичното развитие на България" (2011г. и 2013г.), участие в комисията на акад. Бл. Сендов за анализ на резултатите от Международната оценка на БАН през 2010г. (2013г.), активно участие за издигане на авторитета на БАН и за защита на нейното достойно съществуване чрез писма до известни учени от Великобритания, Италия, Полша, Румъния и Гърция за подкрепа в международната петиция.

8. Участието ми в многобройни симпозиуми и конференции по света като пленарен докладчик или поканен лектор, както и включването ми в научни комитети на световни симпозиуми и поканите за водене на сесии, свидетелстват за международно признание на постиженията ми. Не на последно място е поканата от страна на Нобеловия комитет по физика за номиниране на лауреати (2007 г.).

9. Най-важното ми постижение е, че под мое ръководство израстнаха отлични млади учени, които продължават научната си дейност в ръководената от мене лаборатория в ИЕ-БАН: проф. д-р Николай Недялков, доц. д-р Анна Диковска, доц. д-р Михаела Колева и главните асистенти д-р Надя Станкова, д-р Росен Ников и д-р Румен Ников. Към тях мога да добавя и онези, които имат успешна научна кариера в чужбина.

20.05.2018

КРАТКО ОПИСАНИЕ (СПРАВКА) НА НАЙ-ВАЖНИТЕ НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПОСТИЖЕНИЯ

на

на чл.-кор., професор, д.ф.н. Петър Асенов Атанасов

Получените експериментални и теоретични резултати, както и натрупаният опит използвах лично в чужбина или с участието на членовете на ръководената от мене лаборатория у нас при създаване на лазери, лазерни компоненти и авангардни лазерни технологии. Част от постигнатите резултати реализирахме в практиката, като по такъв начин внесохме съществен принос в материалното обогатяване на нашата държава и Европа.

1. Създаване на CO₂ лазери, лазерни системи и компоненти

1.1. Фамилия CO₂ лазери с изходна мощност в непрекъснат режим 50, 100, 150 и 300 W.

Оригинални разработки и създаване на фамилия CO₂ лазери с дифузно охлаждане и изходна мощност в непрекъснат режим от 50 до 400 W. Създадохме уникален електронен модул за управление на трифазно високоволтово захранване, цитиран в патент на САЩ.

Изработихме 5 бр. лазера съгласно 4 договора със СЗ в Белослав, МГ - Пловдив, ФФ на ПУ - Пловдив, Техникум по електротехника - София и един брой в ИЕ към автоматизирана система за лазерна обработка. Притежавам 3 акта за внедряване.

1.2. Медицинска 60 W CO₂ лазерна система.

Ръководих съвместен колектив от ИЕ-БАН, ТУ - Варна и НИИО за проектиране и създаване на CO₂ лазер с непрекъснато (изходна мощност 60 W) и импулсно-периодично действие, захранване и манипулатор по договор с ОЗОНТ - София. Производството бе усвоено от ОЗОНТ - София.

1.3. CO₂ лазерна технологична система.

Разработихме лазерна технологична система за газолазерно рязане, заваряване и пробиване на отвори. По договори с МГ - Пловдив, ФФ на ПУ - Пловдив и Техникум по електротехника – София са изработени 3 бр.

1.4. Възел за завъртане на оста на лазерен резонатор на 180°.

Разработихме и бе изработен възел за завъртане на оста на лазерен резонатор на 180°. Възелът е защитен с авторско свидетелство (П.5) и е вграден в автоматизирана CO₂ лазерна система, за което притежаваме акт за внедряване.

1.5. Френелов атенюатор и два вида CO₂ лазерни спектрометра.

За нуждите на научно-изследователската дейност в лабораторията създадохме Френелов атенюатор и два вида лазерни спектрометра. Приложихме ги при изследване на взаимодействието на мощно инфрачервено лазерно лъчение с полупроводникови материали, структури и оптични елементи – наблюдаване на температурно индуцирана и електронна оптична бистабилност в полупроводници. Използвани са при разработването на дисертацията на ръководения от мен докторант Пл. Пасков.

1.6. Изпълнителен пиезомодул за ротация по две оси.

Разработихме пиезомодул за ротация по две оси, позволяващ прецизно управление на лазерния лъч, защитен със Свидетелство за промишлен образец (П. 7). Тези модули се използват при експериментите в лабораторията. Два прототипа изработихме по договор с ОК, гр. Брегово.

2. Създаване на авангардни лазерни технологии

2.1. Лазерна технология за рязане на стъклени цилиндрични изделия.

Разработихме оригинална технология за горещо рязане на стъклени цилиндрични изделия. Технологията бе тествана успешно (72 часова проба) на два пъти в заводски условия в СЗ, гр. Белослав и доказа намаляване на брака с 25%. Имаме защитен патент (П.3).

2.2. Лазерна технология за управляване на термонапреженията при лазерно терморазделяне на стъклени цилиндрични изделия. Имаме защитено авторско свидетелство (П.4).

2.3. Лично разработих 120 авангардни лазерни технологии и програмното им обезпечаване за фирмата Carl Baasel Lasertechnik GmbH, Мюнхен - Германия по заявки на фирми от цял свят. Технологиите включват рязане, заваряване, скрайбиране, пробиване на отвори, контурна обработка на метали, кварц и стъкло, пластмаси и композити. Използвах автоматизирани CO₂ лазерни системи с мощности до 1800 W, включващи галванометрично или цифрово-програмно управление на координатни маси.

Следните CO₂ лазерни технологии и създадените за реализирането им комплексни автоматизирани системи донесоха на фирмата Carl Baasel Lasertechnik GmbH, Мюнхен – Германия

приходи от над 1.000.000 Евра (Потвърдителни материали не могат да бъдат представени поради фирмена тайна):

- Рязане на жични съпротивления – фирма внедрител EPS, Италия;
- Заваряване на детайли от Inox – фирма внедрител Drovard-Тес, Франция. Заменена е съществуваща технология на електроннолъчево заваряване поради 15 пъти по-непроизводителна;
- Рязане на стоманени тръби – фирма внедрител Manessmann, Германия;
- Заваряване на пластмасови детайли – фирма внедрител Fresenius, Германия. Технологията и физичният модел са обект на самостоятелна публикация (28), която е цитирана 50 пъти;
- Перфориране на кожа – фирма внедрител Lintgens, Германия;
- Изрязване на отвори в рефлектори за ниско-волтови лампи – фирма внедрител OSRAM, Германия.

Въз основа на две технологии реализирах job shop в продължение на 6 м. на стойност 2.500 Евра ежемесечно:

- Изрязване на сложни детайли за медицинска апаратура от силиконов каучук – за фирма Boehringer, Германия;
- Пробиване на отвори със специфичен профил в кварцови тръби - за фирма OSRAM, Германия.

2.4. Създадохме авангардна технология за пробиване на наноотвори в различни материали, с фемтосекундни импулси, асистирано със златни наночастици.

3. Газови сензори на нов принцип

Създадохме тънкослойни оптични газови сензори на нов принцип, използващи ефекта на промяната във вълноводните свойства им свойства, които имат доказана активност към наличието на бутан, пропан, амоняк и водород.

4. Лазерно структуриране и метализиране на полимера PDMS

Предложих и разработихме на високотехнологична методика за фемтосекундно структуриране на полимер и последваща метализация с приложение в медицината и електрониката. Новата тематика е поставена от нас с 6 водещи публикации, договор финансиран от ФНИ и заявки за 2 патента - (П.8, 9).

5. Създаване на наноструктури от злато и сребро върху хартия за SERS анализ

Разработихме високотехнологична методика за създаване на наноструктури от благородни метали за SERS анализ на различни вещества – *Патент*, № 66651 В1 03.03.2018 г. (П.10).

6. Авангарден метод за структуриране и активиране на полимери

Създадохме и експериментирахме метод и система за структуриране и активиране на полимери с лазерни импулси – подадена е заявка за патент /03.05.2018. (П.12).

7. Авангарден метод за създаване на многокомпонентни наночастици

Разработихме метод за създаване на структури от многокомпонентни наночастици, (П.11).

20.05.2018