

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ



ИНСТИТУТ ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО



ТЪРЖЕСТВЕНО ЧЕСТВАНЕ

50 ГОДИНИ ОТ ИЗОБРЕТЯВАНЕТО НА ЛАЗЕРА С ПАРИ НА МЕДЕН БРОМИД В БЪЛГАРИЯ

От идеята през изследванията до промишлеността

ПРОГРАМА

И

РЕЗЮМЕТА

зала „Проф. Марин Дринов“ – БАН
24 април 2024 г.

ТЪРЖЕСТВЕНО ЧЕСТВАНЕ
50 ГОДИНИ ОТ ИЗОБРЕТЯВАНЕТО НА ЛАЗЕРА С ПАРИ НА МЕДЕН БРОМИД В
БЪЛГАРИЯ

От идеята през изследванията до промишлеността

зала „Проф. Марин Дринов“ – БАН

24 април 2024 г.

ПРОГРАМА	
Модератор: Екатерина Йорданова	
10:00 - 10:30	Приветствия
10:30 - 11:15	Н. Съботинов, <i>50 години лазер с пари на меден бромид (CuBrVL)</i>
11:15 – 11:30	К. Димитров, <i>Лазери с пари на меден бромид с рекордно високи средна изходна мощност, ефективност и специфична средна лазерна мощност</i>
11:30 – 11:45	Л. Стойчев, <i>Качество на излъчването на CuBr - МОРА лазерна система</i>
11:45 – 12:00	Т. Петров, <i>Честотно преобразуване на спектъра на генерация на лазера с пари на меден бромид</i>
12:00 – 12:15	С. Илиева, <i>Теоретични и статистически модели на CuBr лазер</i>
12:15 – 12:30	И. Петров, <i>Развитие и внедряване на лазер с пари на меден бромид в НИИ по оптика и лазерна техника Пловдив</i>
12:30– 12:45	<i>И. Костадинов, „Пулсвет“ ЕТ и “Pulslight” Ltd.</i>
12:45 – 13:00	Откриване на изложба
13:00 – 14:00	Обяд
Модератор: Маргарита Грозева	
14:00 – 14:15	О. Съботинов, <i>Медицински приложения на лазерите с пари на меден бромид</i>
14:15 – 14:30	<u>Н. Минковски</u> , И. Балчев, <i>Лазер с пари на меден бромид за микрообработка на материали</i>
14:30 -14:45	<u>И. Балчев</u> , Н. Минковски, <i>Структуриране и анализ на метални повърхности, обработени с лазер с пари на меден бромид</i>
14:45 -15:00	М. Илиев, <i>Приложение на лидарен мониторинг, включващ лазер на меден бромид, при комплексно изследване на замърсяването на атмосферата над гъсто населени райони на гр. София</i>
15:00 – 15:15	М. Грозева, В. Атанасова, <i>Приложение на лазера с пари на меден бромид за реставрация на паметници на културното наследство</i>
15:15 – 15:30	К. Темелков, <i>Нови мощни лазери с пари на меден бромид с високо качество на лазерното излъчване</i>
15:30 – 16:00	Е. Йорданова, <i>Настояще и бъдещи перспективи в развитието на лазерните технологии и техните приложения в Института по физика на твърдото тяло – БАН</i>
16:00 – 17:00	Коктейл

50 години лазер с пари на меден бромид (CuBrVL)

Никола Василев Съботинов

Лаборатория „Лазери с метални пари“, Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“, Българска академия на науките
email: sabotinov.nikola@gmail.com

В резултат на целия цикъл физически изследвания и разработки беше създаден лазер, който по много параметри е значително по-добър от другите лазери от този тип, известни в световната литература. Българските физици внесоха значителен принос в разработката и практическите конструкции на този лазер.

акад. Н.Г. БАСОВ

Лазерът с пари на меден бромид е пуснат в действие за пръв път от акад. Никола Съботинов през 1974 г. в Института по физика на твърдото тяло към Българската академия на науките. Този лазер е българско изобретение, патентовано в България, САЩ, Великобритания, Франция, Германия, Япония и Австралия. Той представлява нов усъвършенстван вариант на медния атомен лазер и е най-мощният и високо ефективен газов лазер във видимия диапазон на спектъра.

Българският лазер с пари на меден бромид излъчва две дължини на вълните – зелена линия 511 nm и жълта линия 578 nm, като температурата на активната му среда е 500° C и е с 10 00° C по-ниска от тази на лазера с пари на чиста мед. Това негово качество позволява по-бързото му влизане в режим на лазерно излъчване, което значително подобрява възможностите му за приложение в медицината, индустрията за прецизна обработка на материали, лазерната локация, лазерната навигация, лазерни дисплеи, изследване на морската вода и др.

Лазерът с пари на меден бромид преминава в България всички стадии на своето развитие, като се започне от неговото изобретяване, през експериментални и теоретични научни изследвания и се достигане до внедряването му в индустриално производство.

По време на изследванията е направено откритие с голямо значение, което показва, че малки примеси от водород в активната среда на лазера повишават изходната мощност на излъчването му и коефициента на полезно действие до два пъти. Този ефект намира бързо приложение в света при разработката на мощни медни лазери, използвани например за нуждите на ядрената енергетика в Ливерморската лаборатория в САЩ и Ядрения център на Тошиба в Япония, за което са получени благодарствени отзиви.

В резултат на полученото финансиране по европейски проекти и програмата „Наука за мир“ на НАТО е достигната рекордно висока средна мощност на генерация за лазер с пари на меден бромид – 125 W и най-високият коефициент на полезно действие за медните лазери изобщо – 3,8 %.

Публикуваните резултатите от проведените изследвания по лазери с метални пари са високо оценени и са влезли в студентските курсове за обучение по лазерна физика, като например в Университета „Оксфорд“ на Великобритания и Ибараки университета в Япония.

Лазерът с пари на меден бромид достига своето комерсиално развитие най-напред в България. За пръв път е внедрен във фирмата „Оптични технологии“ в гр. Пловдив през 1985 г. Представен е на Световното индустриално изложение в гр. Хановер, Германия през 1985 г. В настоящия момент се произвежда от фирмата „Пулслайт“, която е произвела над 500 броя лазери с мощност до 10 W и е реализирала продажби в редица страни в Европа, САЩ, Канада и др.

В чужбина лазерът с пари на меден бромид премина през стадии на внедряване от българския екип в Австралия и САЩ. В момента се произвежда от австралийската фирма „Норселд“ за нуждите на дерматологията. Фирмата има пазари в САЩ, Европа и Азия. От 2015 г. лазерът е усвоен за производство и от Южно-корейската фирма „Бизон“, която работи съвместно с българската фирма „Пулслайт“.

Прави изключително силно впечатление, че въпреки много силната конкуренция в областта на лазерните технологии, създаденият от научния екип с ръководител акад. Съботинов лазер с пари на меден бромид продължава да представлява комерсиален интерес и днес, 50 години след неговото първо пускане в действие.

Ефект на водорода в лазера с пари на меден бромид

Димо Николов Астаджов

Лаборатория „Лазери с метални пари“, Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“, Българска академия на науките
email: dimsyand@gmail.com

В хода на изследванията върху причините за краткото време на живот на лазерните тръби бе установено, че малки количества водород повишават мощността и коефициента на преобразуване на електрическата енергия в оптическа (к. п. д.) на лазера. Сензационният резултат, публикуван през 1985 година в Optics Communications (D. Astadjov, N. Sabotinov, N. Vuchkov, “Effect of hydrogen on CuBr laser power and efficiency”, Optics Communications, vol. 56, No.4, pp. 279-282, 1985), съобщава, че мощността и к. п. д. на лазера се удвояват при водородна добавка от само няколко десети от тора (оптимално налягане ~ 0.3 Torr). Напречното сечение на интензивността на лазерния лъч от пръстенообразен добива гаусоподобен вид.

В следващите години (1985–1992) проведените спектрални измервания на населеностите на нивата в медните атоми в реални лазерни тръби показаха, че водородът променя силно динамиката на заселване и разселване на ключови нива, определящи лазерната генерация. Основното ниво не се обезселва силно, а резонансните и метастабилни нива много бързо се възстановяват при / след всеки електрически импулс, протичащ в газоразрядната плазма. Водородът като че ли „щаци“ медните атоми. Направените изчисления на електронната плътност в импулса показаха намаление на порядък на стойностите ѝ при оптимални налягания.

В обяснението на ефекта на водорода се ангажираха изследователи от Русия, Великобритания и други страни, заинтересовани от новооткрилите се възможности за бъдещо развитие на медните лазери. Ключовото значение на халогенните елементи в оптимизиране динамиката на лазерната плазма логично доведе до появата на нови разработки на медния лазер на проток на бромоводород и хлороводород.

Лазери с пари на меден бромид с рекордно високи средна изходна мощност, ефективност и специфична средна лазерна мощност

Красимир Димитров Димитров

Лаборатория „Лазери с метални пари“, Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“, Българска академия на науките
email: krasimir@issp.bas.bg

Изследван е лазер с пари на меден бромид (CuBr) с обем на разрядната зона 5.7 литра (диаметър 60 mm и дължина 200 cm), генериращ на атомните самоограничени преходи на медта ($\lambda 510.6$ nm и $\lambda 578.2$ nm). Получена е рекордно висока средна изходна мощност от 120 W при ефективност 2.5 % и рекордно висока ефективност 3 % при средна лазерна мощност 100 W за лазерите с CuBr пари.

При изследването на лазер с CuBr пари с обем на активната зона 4.77 cm³ (диаметър 4.5 mm и дължина 30 cm) е измерена средна изходна мощност от 6.7 W. Получената специфична средна лазерна мощност от единица обем на активната среда 1.4 W/cm³ е също рекордна за лазерите с CuBr пари.

Разработена е технология за производство на газоразрядни тръби с CuBr пари с обем на разрядната зона 157 cm³ (диаметър 20 mm и дължина 50 cm) за австралийската фирма Norseld. Произведени са 50 лазерни тръби.

Качество на излъчването на CuBr-MOPA лазерна система

Любомир Иванов Стойчев

Лаборатория „Лазери с метални пари“, Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“, Българска академия на науките
email: lyubomir.stoychev@gmail.com

Лазерите намират все по-широкото приложение в много и най-разнообразни области. По тази причина постоянно нарастват изисквания към параметрите на лазерното излъчване. От особено значение са, както мощността и к. п. д. на лазера, но също така и специфичните характеристики на самото лазерно излъчване, които често се наричат “качество на лазерния сноп”. Това определя техниките за формиране и подобряване качеството на лазерния сноп като обект на сериозен научен и практически интерес в много лаборатории още от появяването на лазерите през 60-те години на миналия век. Оттук произлиза и една от най-важните задачи на квантовата електроника в днешно време – създаването на надеждни лазери не само с висока мощност и висок к. п. д., но и с високо качество на снопа. Ето защо се налага детайлно познаване и изучаване на възможностите за контролиране на характеристиките на лъчението като профил на разпределението на лазерния сноп (диаметър, модова структура и пр.), M²-фактор, разходимост, кохерентност, фокусируемост, дължина и форма на лазерния импулс и др.

За лазерите на медни пари (ЛМП) и техните разновидности (CuBr лазер, HуBrID-ЛМП и KE-ЛМП) достигането на минимална (дифракционно-ограничена) разходимост най-често се третира като определящо за качеството на лъча.

Представени са изследване за подобряване пространствените и времевите характеристики на лазерното излъчване в близкото и далечното оптични полета на MOPA (master-oscillator power-amplifier, генератор–усилвателна) CuBr лазерна система, чрез използване на геометрична конфигурация с обобщен дифракционно-филтриращ резонатор (generalized diffraction filtered resonator – GDFR) за лазерния осцилатор. Изследвани са: времевата еволюция на разходимостта на лазерния сноп в зависимост от продължителността на импулса; промяната формата на лазерния импулс; пространствената кохерентност и M^2 -фактора на излъчването за случаите на CuBr генератор и MOPA-GDFR лазерна система в зависимост от буферния газ.

Честотно преобразуване на спектъра на генерация на лазера с пари на меден бромид

Тодор Стефанов Петров

Лаборатория „Лазери с метални пари“, Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“, Българска академия на науките
email: petrovts@gmail.com

В настоящата презентация е представена научноизследователската дейност по разширяване възможностите за приложение на лазера с пари на меден бромид посредством преобразуване на спектъра му на генерация, както и на качеството на снопа. Описани са два подхода при използване на багрила и генерацията на вторите хармонични и сумарните честоти от нелинейни кристали. Представен е първоначално разработеният неустойчив резонатор на основата на изпъкнало – вдлъбнатото огледало с допълнително вътрешнорезонаторна комбинация от кварцови плочки монтирани под ъгъл на Брюстер. Генерираният лазерен лъч имаше степен на поляризация над 90% и разходимост съответстваща на 110 μ rad при напречно сечение 20 mm. За нуждите на експеримента беше конструирана и изследвана дюза за свободен проток на багрилен разтвор, позволяваща ламинарен поток. Представените резултати на високо ефективен багрилен лазер и багрилен усилвател на жълтата линия предизвикаха интерес, тъй като имаха добри коефициенти на полезно действие и на преобразуване. Аналогична бе ситуацията и при използването на нелинейния кристал β barium borate – β BBO.

Теоретични и статистически модели на CuBr лазер

Снежана Гочева - Илиева

email: snegocheva@gmail.com

Първоначалните числени модели, свързани с CuBr лазера бяха разширени с аналитично и статистическо моделиране. Тези изследвания започнаха още през 1995 година.

В направлението на теоретичното моделиране са развити нови аналитични модели на база на реални CuBr лазерни системи, създадени и патентовани в Лабораторията по лазери с метални пари на ИФТТ. Основните аналитични резултати включват създаване на подобрени модели на температурния профил на разряда. За тази задача в литературата

обикновено се използва опростено решение, предложено от Кушнер през 1983 година. В построените от нас модели тази задача е решена коректно, чрез извеждане на различни нелинейни гранични условия от трети и четвърти род, с които се описва реалният температурен обмен и се отчитат елементи като конструкция на тръбите, неравномерно разпределение на обемната плътност на мощността, температура на околната среда, типа на охлаждане на тръбата и др. Изведено е общото решение на задачата в математическа формулировка. Проведени са редица числени експерименти със създадените аналитични модели за разпределение на газовата температура за съществуващи лазери и подпомагане експеримента при създаване на нови лазери.

По направлението за статистическа обработка на събраните експериментални данни за CuBr лазер първите публикации са от 2006 година. Построени и анализирани са голям брой модели с класически методи за класифициране и предсказване на изходната лазерна мощност, лазерна ефективност и връзката им с други лазерни работни характеристики. Моделите са приложени за оценка, анализ и прогнози на експеримента.

Съществени резултати бяха постигнати и чрез моделиране на експерименталните данни с интелигентни статистически методи с машинно обучение. Използвани са данните за 10 лазерни величини от 387 експеримента. С методите Многомерни адаптивни регресионни сплайни (MARS) и Класификационни и регресионни дървета (CART) е изследвана зависимостта на изходната лазерна мощност и лазерната ефективност от входните величини като се отчитат линейни и нелинейни локални зависимости. В скорошна статия от 2022 година за изследване на изходната лазерна мощност на българските CuBr лазери бяха приложени най-авангардни методи на изкуствения интелект като Случайни гори (Random Forests), CART Ensembles and Bagging, Arcing и парадигмата на стиковане. С интелигентните методи са получени класове от регресионни модели, които описват до 98-99% от данните, с точност, съизмерима с точността на експеримента. Моделите се приложени за оценка и прогнозиране на изходната мощност и ефективността на съществуващи и бъдещи лазерни устройства.

Основните резултати от тези изследвания са постигнати в сътрудничество с акад. Никола Съботинов и част от неговия екип от Лаборатория „Лазери с Метални Пари“, ИФТТ „Акад. Георги Наджаков“, БАН в периода 1995-2015 година.

Развитие и внедряване на лазер с пари на меден бромид в НИИ по оптика и лазерна техника Пловдив

Илийчо Петков Илиев

Технически университет София, Филиал Пловдив

email: iliev55@abv.bg

Накратко е разгледана историята с усвояването и промишленото производство на лазер с пари на меден бромид в Научноизследователския институт по оптика и лазерна техника (НИИ по ОЛТ) в гр. Пловдив. Началото е поставено през 1985 г. Със заповед на Директора на НИИ по ОЛТ е сформирана група начело с н. с. Христо Дончев, която с активното съдействие на Лабораторията по лазери с пари на металите към ИФТТ - БАН, София, успява да усвои и постави началото на промишленото производство на CuBr лазер, оригинално българско изобретение. Още същата година, 1985, новото изделие е

представено на престижно изложение в гр. ХанOVER, бившата ФРГ. Изделието е представяно в последствие нееднократно на традиционния есенен панаир на промишлени изделия в гр. Пловдив.

В изложението са посочени част от ранните научни резултати, свързани с теоретичните изследвания за CuVr лазер – разпределение на интензитета и потенциала на полето и разпределение на температурния профил на газовия разряд. За определяне разпределението на интензитета на полето в напречното сечение на лазерната рѳба е предложен числен метод и програма на FORTRAN за решаване на нестационарното параболично уравнение. Приложение са графично част от получените резултати. Развѳт е числен метод и програма на FORTRAN за решаване на квазистационарното уравнение на топлопроводност за установяване на температурния профил на топлинното поле в напречното сечение на трѳбата. Представени са част от получените резултати под формата на графики.

„Пулсвет“ ЕТ и “Pulslight” Ltd.

Управител **Иван Кирилов Костадинов**
email: ikkpulslight@issp.bas.bg

Фирмата „Пулсвет“ ЕТ е създадена през 1990 г. за производство на лазер с пари на меден бромид и неговата реализация като технологични, медицински и шоу системи на българския и международния пазар, ползвайки опита на лаборатория „Лазери с метални пари“ в Института по физика на твърдото тяло „Академик Георги Наджаков“ на Българската академия на науките. Поради международната известност компанията е преобразувана в “Pulslight” Ltd. през 2004 г.

Фирмата е продала над 500 лазера и лазерни системи в България, Италия, Полша, Германия, Гърция, Русия, Мексико, Съединените Американски Щати, Канада, Индия, Южна Корея, Китай, Южна Африка и други държави, осигурени с 1 500 лазерни трѳби. Приходите на фирмата надхвърлят 5 000 000 лв.

Медицински приложения на лазерите с пари на меден бромид

Огнян Николов Съботинов

Лаборатория „Лазери с метални пари“, Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“, Българска академия на науките
email: ogisab@abv.bg

Приложенията на лазерите с пари на меден бромид в медицината са асоциирани с техните характеристики за генерация на лазерно излъчване във видимия жълто-зелен спектър. Това ги прави особено подходящи за дерматологични приложения като лечение на акне, пигментни лезии, капилярни разширения, розацея и други дерматологични лезии. В резултат на висока им мощност и контрол върху интензитета и дълбочината на проникване в кожата, лазерите с пари на меден бромид представляват ефективно и безопасно средство за лечение на различни кожни проблеми.

Освен дерматологията, лазерите с пари на меден бромид се използват и в областта на офталмологията за лечение на ретинопатии, макулни дефекти и други заболявания на ретината, които са от съществено значение за спасяване на зрението на пациентите.

Лазерите с пари на меден бромид продължават да развиват и преобразяват медицинската практика, като предоставят нови възможности за диагностика, лечение и процедури, които подобряват качеството на живот на пациентите и улесняват работата на лекарите.

Лазер с пари на меден бромид за микрообработка на материали

Николай Иванов Минковски¹ и Ивайло Иванов Балчев²

¹Лесотехнически университет

²Институт по електроника, Българска академия на науките
emails: nminkovski@ltu.bg; ivobalchev@gmail.com

Лазерите с медни пари имат/заемат значимо място в лазерните технологии. От една страна те генерират лъчение във видимата част на спектъра, където металите имат сравнително добро поглъщане. Позволяват получаване на лъчение с много добри пространствени характеристики, а от там и възможност за фокусировка в малки размери. Това определя тяхното важно място при необходимост от прецизна обработка – пробиване на микроотвори, направа на тънки разрези, маркиране и т.н. Тези лазери генерират импулси с умерени енергии (до няколко mJ) и продължителност на импулсите десетки наносекунди с висока честота на повторение (1 – 20 kHz). По този начин те премахват (отстраняват) обработвания материал с голяма прецизност и предсказуемост при сравнително малка зона на термично увреждане (HAZ – heat affected zone). Аблацията на материала е точно ограничена до размера на фокусното петно, което е по-малко от това на всеки инфрачервен лазер.

Успешно са проведени експерименти с различни материали като: алуминий, мед, титан, неръждаема стомана и др. Демонстрирано е, че с този лазер са възможни технологични операции, като: рязане, пробиване, маркиране с висока прецизност, микронна точност и добро качество при висока скорост на обработка.

Структуриране и анализ на метални повърхности, обработени с лазер с пари на меден бромид

Ивайло Иванов Балчев¹ и Николай Иванов Минковски²

¹Институт по електроника, Българска академия на науките

²Лесотехнически университет

emails: ivobalchev@gmail.com; nminkovski@ltu.bg

Лазерът с пари на меден бромид е успешен инструмент за модифициране топологията на метални повърхности. Проведени са редица изследвания на структурата на повърхността на метали като: мед, алуминий, титан и неръждаема стомана с помощта на сканираща електронна микроскопия (SEM). След обработката са получени оксидни и хидро-оксидни

порьозни филми, които са анализирани успешно с метода на XPS спектроскопия. Резултатите зависят от параметрите на лазерното лъчение и атмосферата, в която се намира мишената (въздух или аргон). Повърхността се състои от субмикронни и нано-агломерати, формата и размерите на които се определят от условията на лазерното третиране. Получените порести структури и увеличената активна повърхност на облъчените метали намират приложение в катализата, сензориката, както и в биосъвместими покрития на медицински импланти.

Приложение на лидарен мониторинг, включващ лазер на меден бромид, при комплексно изследване на замърсяването на атмосферата над гъсто населени райони на гр. София

Михаил Илиев

Биологически факултет, Софийски университет „Св. Кл. Охридски“
email: miliev1@biofac.uni-sofia.bg

При изпълнение на проект, финансиран от ФНИ (ДН18/16), Европейска програма COST (CA16202) и договор със Столична община, е осъществявано комплексно целогодишно изследване на съдържанието на фини прахови частици (ФПЧ) и въздушната микробиота в силно урбанизирана централна част на град София, включващо идентифициране на доминиращите микробни видове и пълно охарактеризиране на асоциираното прахово замърсяване.

Важен елемент в изследването е Лидарният мониторинг на атмосферата, който позволява получаване на време-пространствена информация за моментното състояние на количественото разпределение на ФПЧ. Лидарният прибор е създаден в Институт по електроника (ИЕ) при БАН с основен работен елемент – лазер на пари от CuBr, разработен в Институт по физика на твърдото тяло (ИФТТ) на БАН. Този лазер има уникални параметри и дължина на вълната от 510.6 nm, което дава възможност за откриване на фините фракции на ФПЧ с размери в нанометричната скала. Създаден е алгоритъм и калибриращи криви, които осигуряват директно получаване от оператора на време-пространствена информация за концентрацията на ФПЧ в момента на мониторинга. Разработената методика позволява комбинирането на лидарните данни с електронни мобилни сензори и колектори на ФПЧ за контрол на размера на частиците в областта на сканирането, включително степента и вида на микробиалното замърсяване. Направеното системно сравнение на данните с тези, получени от стационарните станции на Министерството на околната среда и водата, разположени в района обект на изследване, и на данните получени от активисти на екологична движения, показаха много добра сходимост.

Разработеният комплексен подход за анализа на замърсяването с ФПЧ открива уникални възможности за контрол и превенция.

Приложение на лазера с пари на меден бромид за реставрация на паметници на културното наследство

Маргарита Георгиева Грозева и Виктория Тодорова Атанасова

Лаборатория „Лазери с метални пари“, Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“, Българска академия на науките
emails: margo@issp.bas.bg; viki.atanassova@gmail.com

Демонстрирана е възможността за използване на лазера с пари на меден бромид (CuBrVL) за почистване на повърхността на различни археологични и архитектурни паметници на културното наследство. Изследван е потенциалът на този лазер за контролирано почистване на образци от мрамор, варовик, гранит и хартия, замърсени с различни често срещани замърсители като сажди, мазнини, прах, графити, мастила и др. Разработена е моделна методика за процеса на почистване, като ефективността на лазерното почистване се оценява чрез различни диагностични техники. Установени са съответните оптимални работни режими за лазерно почистване на изследваните образци. Показано е, че CuBrVL е подходящ за почистване на мраморни повърхности, замърсени със сажди, мазнини и прах, за ефективно отстраняване на спрей бои за графити от мраморни и гранитни паметници, както и за почистване на петна от мастило и сажди от хартия. Установено е, че ефективността на почистване на системата CuBrVL е сравнима и в някои случаи по-добра от тази на конвенционално използваните лазерни системи, както и от други традиционни почистващи техники от механичен и химичен характер.

Осъществени са първоначални експерименти за почистване на реални археологични артефакти. Показано е, че с CuBrVL се постигат добри резултати: замърсяването се премахва успешно, като същевременно се запазва автентичния слой патина на историческите артефакти.

Нови мощни лазери с пари на меден бромид с високо качество на лазерното излъчване

Красимир Ангелов Темелков

Лаборатория „Лазери с метални пари“, Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“, Българска академия на науките
email: temelkov@issp.bas.bg

Изследван е лазер с пари на меден бромид (CuBr) с обем на разрядната зона 10 литра (диаметър 80 mm и дължина 200 cm), генериращ на атомните самоограничени преходи на медта ($\lambda 510.6$ nm и $\lambda 578.2$ nm). Получена е рекордно висока средна изходна мощност от 140 W за лазерите с CuBr пари. Достигнатата е също така средна лазерна мощност от 131 W при комутация само на 10 kV, което дава възможност да се използват като комутатор евтини водородни тиратрони при конструиране на мощното високоволтово захранване. При възбуждане на същата лазерна тръба с патентованото ново биполярно мощно високоволтово (HV) захранване е получена средна изходна мощност от 151 W. Създаден е също така 20-W компактен мобилен лазер с CuBr пари, възбуден с изяло твърдотелно биполярно HV захранване (all-solid-state power supply), при което водородният тиратрон е

заменен с биполярен транзистор с изолиран гейт (IGBT съкратено от insulated-gate bipolar transistor).

Създадена е и е изследвана уникална лазерна система генератор–усилвател (МО–РА съкратено от Master Oscillator–Power Amplifier) с CuVr пари, излъчваща за първи път на самоограничени преходи на медта дифракционно ограничено лазерно лъчение ($M^2=1.02\pm 0.02$) във видимата спектрална област, което е потвърдено чрез прецизно измерване на разходимостта на лазерния сноп, използвайки три независими метода. Твърдотелните лазерни системи (TEM₀₀) на водещи компании (Spectra-Physics и Coherent) са с M^2 в диапазона 1.05–1.3. При различни конфигурации на лазерните системи средната лазерна мощност варира от няколко десетки Watts до 50 W. При фокусиране плътността на лазерната мощност надвишава 1 TW.cm⁻². Достигнатото отношение между дълбочината и диаметъра на кратера (aspect ratio) 300, пробит в оптичен кварц чрез вълноводно асистиране, е три пъти по-голямо от достигнатото в света (aspect ratio 100). Предложен е също така и е използван нов метод за пробиване на просветлени отвори в прозрачни материали с практически неограничена дебелина. С МО–РА с CuVr пари е реализирана прецизна микрообработка (пробиване и скрайбиране, рязане) на оптичен кварц, керамики, силиций и неръждаема стомана. Използвайки асферична леща с фокусно разстояние 2 cm за фокусиране на лазерното лъчение, са преодолените сферичните aberации и са достигнати диаметър на кратера и ширина на канала от около 1 μm. Реализирано е също така микрорязане на Si образци с многоконтурен трепънинг (trepanning) и уоблинг (wobbling).

Настояще и бъдещи перспективи в развитието на лазерните технологии и техните приложения в Института по Физика на Твърдото Тяло – БАН

Екатерина Иванова Йорданова

Лаборатория „Лазери с метални пари“, Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“, Българска академия на науките

email: ekiordanova@gmail.com

Лазерът е едно от най-великите изобретения на човечеството през последния век и е променил значително всички аспекти на живота. В последните години развитието на технологията на лазерите със свръхкъси импулси върви ръка за ръка с привличането на все по-голям интерес към използването им, както за научни така и за технологични цели. По този начин бързо нараства броят на приложенията им, включващ: модификация на повърхности, генериране на наноструктури, лазерна хирургия, ускоряване на химически реакции, създаване на биоизображения и 5D записване и съхраняване на данни.

Лабораторията разполага с широка гама от лазери, включващи времеви диапазон от нано- до фемтосекунди и спектрален диапазон от ултравиолетовата до средната инфрачервена зона. Съществуващите лазерни технологии в Института спомагат за повишаване на фундаменталните знания на учените и провеждането на изследвания с приложения в изследването на нелинейни оптични ефекти, функционализация на материали, медицина, енергийни източници и опазване на културното наследство.

Основна част от настоящите изследователски разработки и техните приложни перспективи са свързани с:

- изследване на процеси на молекулярно отлагане на метални пари и нов подход към захват, управление и компресия на ядра и атоми в полето на свръхкъси лазерни импулси с потенциал за създаване на енергиен източник за термоядрен синтез;
- модификации с фемтосекунден лазерен източник върху физико-химичните свойства и функционалността на оптични компоненти с потенциално приложение в лазерната и оптичната индустрии, както и в преноса и съхранение на данни;
- създаване и изследване на лазерна система с високо качество на лазерното лъчение, генерираща в ултравиолетовата, видимата и средната инфрачервена области;
- изследване на свръхбързи процеси на молекулярно и атомно ниво, обработка на тънки слоеве, микро- и наноструктуриране на материали и повърхности;
- изследване на взаимодействието на фемтосекундно лазерно лъчение с различни параметри, в комбинация с различни наноматериали върху туморни и нормални клетки, свързани с потенциално приложение в биомедицината;
- изследвания на археологични артефакти с аналитични спектроскопски методи и възможността за определяне произхода на предметите и проучване на древните производствени технологии, както и с приложение при реставриране и опазване на артефакти от националното културно наследство.