

сувенірної і промислової продукції Лазерне різання Виробництво табличок, вивісок, шильд, наклейок, бейджів, номерків, приладових панелей Продаж комплектуючих для лазерних установок Продаж витратних матеріалів для лазерного гравіювання і маркування. Центр Лазерних Технологій - офіційний дистриб'ютор компанії RAYLASE AG (Німеччина) - піонера і світового лідера в розробці вбудованих компонентів і комплексних рішень в області систем відхилення (сканування), модуляції і управління лазерним випромінюванням, включаючи програмне забезпечення, схемотехніку і електроніку [7].

Література

- 1.Ткачук К.Н., Зацарний В.В.,Сабарно Р.В. та ін. Охорона праці та промислова безпека: Навч. посібн. – К.: Лібра, 2010. – С.560.
- 2.Справочник по лазерной технике: Пер. с нем. - М.: Энергоатомиздат.544с.
3. Титов М. Н., Москвин С. В. Фирма "Техника"- разработчик лазерной медицинской аппаратуры // Лазер-маркет, (3-4). - С. 18-19.
4. Федоров Б. Ф. Лазеры. Основы устройства и применение. - М.: ДОСААФ, 1988.190с.
5. McKibbin L., Downie R. Treatment of Post Herpetic Neuralgia using a 904nm (infrared) Low Incident Energy Laser: a Clinical Study // LLLT for Postherpetic Neuralgia. - pp. 35-39.
6. «ЛазерИнформ», 2009, № 21-22 (420-421), с.16-20 / “Electro Optics”, issue 202, Oct.-Nov.2009
7. William T. Silfvast Laser Fundamentals — New York: Cambridge University Press, 1996.

СУЧАСНИЙ ДОСВІД У ВИКОРИСТАННІ І СТАНДАРТИЗАЦІЇ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПРАЦЮЮЧИХ ВІД ДІЇ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ.

*Демчук Г.В., канд.техн.наук., доцент (кафедра ОПЦБ, НТУУ“КПІ”),
Макарець Д.Л., Огієнко О.С. студенти (ММІФ, НТУУ“КПІ”)*

Очі людини - це чудовий орган відчуття, динамічний діапазон якого - 106:1 - дозволяє нам бачити свою дорогу і безмісячною ніччю, коли світять тільки зірки, і вдень - при найяскравішому сонячному освітленні. Наші очі добре пристосовані для сприйняття видимого світла з довжинами хвиль в діапазоні 380-750 нм. Саме кольори, що відповідають цьому спектральному діапазону, характерні для природи, що оточує нас. Але в природі на Землі немає джерел, здатних забезпечити таку ж інтенсивність світла, яку створюють сучасні лазери. Навіть при відносно малій потужності лазерне випромінювання може пошкодити сітківку ока - причому незалежно від того, є це

випромінювання видимим або ні. Лазерне випромінювання високої потужності може пропалити одяг і пошкодити шкірний покрив, може викликати глибокі опіки, які заподіюють сильний біль, рани довго не гояться і залишають після себе потворні шрами.

Потужні лазери – по типу тих, які використовуються в промисловості або наукових лабораторіях, - завжди мають декілька рівнів захисту, що запобігають попаданню небезпечного високо інтенсивного лазерного випромінювання на його користувача. Зокрема, коли працюють з технологічним лазером, потужність якого відповідає класу 4, випромінювач поміщають в робочу кабінку, щоб система в цілому могла бути віднесена до класу 1, тобто стала повністю безпечною. Проте, нещасні випадки відбуваються, і для їх запобігання обслуговуючий персонал в якості засобів індивідуального захисту очей повинен використовувати захисні окуляри. Експерти вважають, що спеціальні окуляри - це останній рубіж захисту у всіх користувачів лазерної техніки. Такі *захисні окуляри* конструюються з розрахунку на гірший з можливих сценаріїв попадання лазерного випромінювання в очі - по потужності, енергії і можливому рівню послаблення на довжинах хвиль, на яких здійснюється захист.

Для запобігання ураження органів зору в Україні застосовують спеціальні окуляри зі світлофільтрами. Як матеріали для протилазерних окулярів використовують:

- 1 - поглинаючі стекла і пластмаси;
- 2- відбиваючі діелектричні тонкоплівочні, що відбивають 90-95% падаючої світлової енергії (оксиди титану та ін.);
- 3- комбіновані, що складаються з поглинаючих і відбиваючих матеріалів.

Важливі характеристики фільтрів: висока вибірковість положення і відбивання, а також значна термостійкість. У цьому плані найкращі показники у багатошарових фільтрів. Для багатошарових фільтрів граничне значення пробою може досягати 10^{15} Вт/м². Для кожної довжини хвилі підбираються окуляри з відповідними характеристиками. Наприклад, окуляри типу СЗС-22 (максимальна ефективність у діапазоні $\lambda=0.69-1.6$ нм) [1].

Будь-яке устаткування для захисту від лазерного випромінювання, що продається в країнах Європейського Союзу, повинно відповідати вимогам відповідних стандартів ЄС. Для захисних окулярів це стандарт EN207. Всі окуляри, що відповідають цьому стандарту, позначаються маркою "СЄ" [2].

Стандарт EN207 визначає мінімальну величину оптичної щільності для засобів захисту очей від лазерної дії залежно від довжини хвилі, а для імпульсного випромінювання - ще і залежно від тривалості імпульсу випромінювання. Для розрахунку використовуються логарифмічні рівняння, різні для різних довжин хвиль і типів модуляції випромінювання. Дизайнери орієнтуються на так званій "чинник лазерної безпеки" або "число L", яке задає рівень послаблення випромінювання, який повинні забезпечувати захисні окуляри. Слід зазначити, що захисні окуляри, сертифіковані в ЄС, повинні не лише задовольняти вимогам по оптичній щільності, але і забезпечувати деякий

мінімальний рівень захисту при прямому попаданні лазерного випромінювання в око, витримуючи цю дію в течію або 10 сік, або 100 послідовних імпульсів (залежно від схеми модуляції випромінювання). У США для захисних окулярів діє стандарт ANSI Z136, але він пред'являє вимоги тільки по оптичній щільності і не включає обов'язковості тестування на тривалість захисту при прямій дії - як в стандарті EN207.

Лінзи захисних окулярів виготовляються або із скла, або з полікарбонату. У останньому випадку матеріал насичується барвниками, що поглинають лазерне випромінювання. Полікарбонатні лінзи мають перевагу над скляними з поглинаючими покриттям, що не міняють свої захисні властивості при ушкодженні поверхні, звичайні для виробничих умов подряпини на таких лінзах не впливають на міру створюваного ними захисту. Крім того, пластикові окуляри дешевші, вони менш громіздкі і зручніші в носінні, чим більші окуляри із скляними лінзами. Полікарбонатні лінзи можуть мати високу прозорість у видимому діапазоні, що полегшує роботу в них. Проте при високих інтенсивностях випромінювання, що створюються лазерами 4-го класу і вище, потрібно скляні окуляри - особливо коли необхідно забезпечити велику оптичну щільність на коротких довжинах хвиль. Окуляри, що захищають від лазерного випромінювання, випускаються для різних спектральних діапазонів і різних рівнів потужності випромінювання, тому користувач повинен добре знати параметри того випромінювання, від якого він збирається захищатися [3].

Постійною проблемою для виробників захисних окулярів є ріст числа довжин хвиль, на яких працюють лазери, поява перебудовуваних по частоті випромінювання лазерів і, відповідно, необхідність забезпечувати захист очей на все більшому числі довжин хвиль одним екземпляром захисних окулярів. Окуляри мають бути прозорими в діапазоні 400-700 нм, щоб той, хто їх носить, міг бачити крізь них і працювати, але чим більше ділянок спектру має бути блоковані, відфільтровані такими окулярами, тим менш прозорими і прийнятними для користувача вони робляться. Пік чутливості ока доводиться на 530-550 нм, і чим ближче до цього інтервалу підходить довжина хвилі, яку треба перекрити, тим більше темними стають окуляри. Спосіб обійти цю принципову трудність ще не придуманий, і тому користувачам, працюючим з різними лазерними джерелами випромінювання, доводиться запасатися не одними, а цілим набором захисних окулярів, щоб на будь-якій використовуваній довжині хвилі забезпечити баланс між надійним захистом від лазерного випромінювання і хорошою прозорістю використовуваних окулярів у видимому діапазоні [4].

Підвищення потужності використовуваних лазерів є ще одним "головним болем" для виробників захисних окулярів, але на практиці безпека для персоналу забезпечується зазвичай повним екрануванням потужного лазера, перекладом його в Клас 1.

Спостереження за робочою зоною (при обробці променем чого-небудь) ведеться при цьому через товсті захисні стекла, до яких пред'являються ті ж вимоги, що і до захисних окулярів. Крім того, на багатьох лазерних

установках в промисловості для транспортування променя використовуються оптичні волокна, що виключає можливість для обслуговуючого персоналу побачити розсіяне шляхом променя випромінювання. Тому захист для очей потрібен тоді тільки дуже малому числу фахівців - тим, хто веде монтаж і/або сервісне обслуговування лазерної установки.

Окремою проблемою є усе більш широке використання лазерних джерел ультракоротких імпульсів випромінювання (УКИ). Інноваційні застосування таких джерел стають усе більш різноманітними. Захисні фільтри для лазерних систем з джерелами УКИ виготовляються виходячи із спеціального рейтингу таких систем, т. з. "М-рейтингу". Головним параметром, який визначає цей рейтинг (будь система пікосекундною або фемтосекундною), є пікова потужність випромінювання. У останні декілька років був виконаний дуже великий об'єм спеціальних досліджень і розробок і сьогодні виробники захисних окулярів можуть запропонувати лазерному співтовариству широкий спектр таких окулярів, що розрізняються по М-рейтингу.

Захисні рукавички. Процес сертифікації засобів забезпечення лазерної безпеки в Європі може бути виконаний тільки в спеціальному випробувальному центрі, а таких центрів сьогодні всього 2. Засоби, імпортовані із США, мають бути сертифіковані в одному з цих центрів, перш ніж вони отримають маркування "СЄ" - для продажу в країнах Євросоюзу. Тести для устаткування захисту очей добре відпрацьовані, але у міру створення нової захисної продукції повинні використовуватися і нові тести.

З цією проблемою нещодавно зіткнулася відома німецька компанія "Laser Vision", що розробила новий засіб лазерної безпеки - спеціальні рукавички, що захищають від лазерних опіків. Хоча випадки прямого попадання потужного лазерного променя на шкіру рідкісні, проте щороку трапляється декілька серйозних інцидентів. Адже опіки, нанесені лазером, вимагають для лікування багатьох місяців. Так при щільності 50 Дж/см² у людини спостерігаються значні необоротні ушкодження відкритої шкіри. Довжина хвилі випромінювання визначає при цьому глибину поразки, причому серед потужних лазерів тільки СО₂-лазери впливають лише на шкірні покриви.

Твердотілі лазери, наприклад, наносять глибші рани. Тому поряд із захисними окулярами в лабораторіях з використання цих лазерів необхідно виключити попадання лазерного випромінювання на відкриті ділянки шкіри.

Для захисту шкіри застосовують спеціальний одяг, і захисні рукавички. Захисні рукавички, так само як і захисні окуляри, розрізняються по довжинах хвиль випромінювання, від якого типу випромінювання вони повинні захищати.

До недавнього часу не було стандартів, що визначають вимоги до одягу, що захищає від лазерного променя. Європейські (ЕС) директиви по устаткуванню персонального захисту (PPE - від "personal protective equipment") вимагають для продукту, що претендує на "CE"- маркування, зовнішньої, незалежної від виробника підтвердження якості, і тому "Laser Vision" була повинна тісно співпрацювати з одним з сертифікаційних центрів, щоб розробити необхідний стандарт випробувань[2].

Процедура тестування була офіційно прийнята в червні цього року, вона заснована на використанні спеціального вимірника енергії лазерного випромінювання, на який поміщається випробовуваний матеріал. В процесі випробування реєструється ріст температури сенсора при лазерному навантанні тканини. Умовою забезпечення безпеки вважається досить повільний ріст температури - настільки повільний, щоб людина і встиг усвідомити, що піддається дії променя, і встиг прибрати руки із зони дії до того, як станеться опік шкіри. Критерій встановлений наступний: від початку відчуття болю носієм захисних рукавичок до моменту, коли може початися реальне ушкодження шкіри, повинно проходити не менше чотирьох секунд.

У "Laser Vision" було випробувано декілька різних тканин, і виявилось, що найлегше виконати вказані вимоги при використанні як матеріал захисних рукавичок тканина з волокон, витягнутих з силікатного скла. Додатковою перевагою такої тканини є її міцність по відношенню до розрізів [2]. А ось тканина з поліамідних волокон виявилася менш придатною - із-за її малої теплопровідності людина не устигала відчути, що піддається тепловій дії. В майбутньому, можливо, захисні рукавички виготовлятимуть з тканини, що складається з декількох шарів різних матеріалів.

На думку розробників, найближчим часом можна чекати появи спеціальних захисних халатів, що закривають від дії лазерного випромінювання усе тіло. Але доки не відомий навіть об'єм ринку для захисних рукавичок, оскільки це абсолютно новий продукт на ринку засобів захисту від лазерного променя.

Література

- 1.Ткачук К.Н., Зацарний В.В.,Сабарно Р.В. та ін. Охорона праці та промислова безпека: Навч. посібн. – К.: Лібра, 2010. – С.560.
2. McKibbin L., Downie R. Treatment of Post Herpetic Neuralgia using a 904nm (infrared) Low Incident Energy Laser: a Clinical Study // LLLT for Postherpetic Neuralgia. - pp. 35-39.
3. «ЛазерИнформ», 2009, № 21-22 (420-421), с.16-20 / "Electro Optics", issue 202, Oct.-Nov.2009
4. Titov M. N., Moskvina S. V. and Priezzhev A. V. - Optimization of the parameters of biostimulator "Mustang" in respect to the light scattering properties of the tissues // Paper # 2086-22 presented at SPIE's Symposium "Biomedical Optics Europe'93", Budapest, Hungary, 1993.