



Laser RMI U-15

Dokumentacja Techniczno-Ruchowa



Spis treści:

Rozdział 1 Wprowadzenie do twojego systemu laserowego	3
Informacje FCC i prawa autorskie.....	3
Ogólny zarys urządzenia i zawartość opakowania.....	3
Rozdział 2 Bezpieczeństwo	6
Informacje ogólne dotyczące bezpieczeństwa	6
Nalepki zabezpieczające i symbole ostrzegawcze	8
System blokady bezpieczeństwa	12
Bezpieczeństwo obsługi lasera	13
Rozdział 3 Podłączenie i instalacja	14
Ustawienie i podłączenie urządzeń	14
Środowisko działania	16
Wyziwy	16
Rozdział 4 Obsługiwanie urządzenia	17
Włączenie i wyłączenie urządzenia	17
Hasło.....	18
Menu główne i pod-menu	28
Ustawienia odległości ogniskowej wiązki lasera	22
Przywracanie działania po nagłym zatrzymaniu urządzenia	23
Rozdział 5 Konserwacja	24
Konserwacja i przegląd.....	24
Części wymienne przez użytkownika.....	24
Ogólne czyszczenie urządzenia.....	25
Czyszczenie soczewki F-theta	27
Czyszczenie głowicy markera.....	27
Konserwacja kabla światłowodu	28
Rozdział 6 Informacje techniczne.....	29
Specyfikacje i wymiary.....	29
Rysunki techniczne	30
Rozdział 7 Usuwanie usterek	32
Najczęściej występujące problemy	32
Rozdział 8 Promieniowanie laserowe	36
Sprzęt do ochrony oczu i twarzy przed promieniami lasera.....	43
Klasy bezpieczeństwa	50

Szanowny Kliencie,

Dziękujemy za zakup urządzenia do znakowania laserowego z firmy RMI Laser LLC.

Dzięki wieloletniemu doświadczeniu w projektowaniu i produkcji urządzeń laserowych jesteśmy pewni, że zakupione przez Państwa urządzenie jest najwyższej klasy i nie tylko spełni, ale i przekroczy Państwa oczekiwania. Powstała w 1996 roku firma RMI Laser LCC jako pierwsza na świecie wprowadziła niezwykle wydajną technologię Nd:YVO4 na której oparte są urządzenia laserowe serii U.

Posiadamy setki systemów, które zainstalowane są w ponad dwunastu krajach i jesteśmy dumni, że możemy je dostarczyć również do Państwa rąk.

Niniejsza instrukcja dostarcza informacji na temat elementów wyposażenia i obsługi urządzenia.

Informuje na temat instalacji urządzenia, menu, ustawień oraz odpowiada na najczęściej pojawiające się pytania.

Jeżeli mają Państwo jeszcze inne pytania, bardzo chętnie na nie odpowiemy.

Wstęp: DTR zaznajamia z budową oraz podstawowymi zasadami bezpiecznej obsługi systemu RMI LLC. Przed rozpoczęciem pracy z systemem RMI LLC należy zaznajomić się z treścią niniejszej DTR.

Normy związane:

Wyrób zgodny z Dyrektywami Unii Europejskiej: **98/37/EC (Dyrektywa Maszyn)**

EN 11553-1: 2005 Bezpieczeństwo maszyn – Maszyny do obróbki laserowej –

Część 1: Ogólne wymagania bezpieczeństwa

EN 12100-1: 2003 Bezpieczeństwo maszyn- Pojęcia podstawowe, ogólne zasady projektowania –

Część 1: Podstawowa terminologia, metodyka

EN 12100-2: 2003 Pojęcia podstawowe, ogólne zasady projektowania - Część 2: Zasady techniczne

Prosimy o kontakt mailowy, telefoniczny lub pocztowy.

Email: laser@rmico.com

Phone: 303 664 9000

RMI Laser LCC – Customer Service

106 Laser Drive, Bidg. 2

Lafayette, CO 80026

RMI Laser Polska – Obsługa Klienta

inż. Ireneusz Kaszubowski

Email: biuro@rmilaser.eu

Poland 81-615 Gdynia, Ul. Rolnicza 14

Tel./fax +48 58 711 68 81

Rozdział 1

WPROWADZENIE DO TWOJEGO SYSTEMU LASEROWEGO

INFORMACJA FCC I PRAWA AUTORSKIE

Urządzenie zostało przetestowane i spełnia warunki dla urządzeń cyfrowych klasy A, zgodnie z częścią 15 Przepisów FCC. Warunki te zostały określone, aby zapewnić ochronę przed szkodliwymi zakłóceniami w trakcie działania urządzenia. Urządzenie to wytwarza, zużywa i może emitować energię o częstotliwości radiowej. Jeżeli nie będzie zainstalowane i wykorzystywane zgodnie z instrukcją, może spowodować zakłócenia w komunikacji radiowej.

Jeżeli urządzenie będzie powodowało takie zakłócenia do jego użytkownika należy ich skorygować.

OGÓLNY ZARYS URZĄDZEŃ I ZAWARTOŚĆ OPAKOWANIA

Ważne:

Jeżeli jesteś osobą nie przeszkoloną przez personel RMI Laser Polska w zakresie instalowania i ustawienia laserowych urządzeń do znakowania to nawet nie otwieraj opakowania.

Zaczekaj na przyjazd personelu RMI Laser Polska (jeżeli wybrałeś taką usługę) lub wstrzymaj się z instalowaniem urządzenia do czasu, aż zostaniesz przeszkolony przez przedstawiciela firmy.

Zachęcamy również do zapoznania się z instrukcją przed przystąpieniem do obsługi lasera.

Szczególną uwagę prosimy zwrócić na wymagania CDRH w dziale „Bezpieczeństwo”.

O Twoim systemie do znakowania laserowego:

Producent:

RMI Laser, LLC (Colorado Limited Liability Company)
106 Laser Drive, Lafayette, CO 800026 U.S.A Tel. (303) 664-9000

Składniki zestawu:

Nazwa modelu:	U-15S-01
Numer seryjny urządzenia sterującego – kontroler	C
Numer seryjny urządzenia znakującego – marker	M
Data produkcji:	
Gwarancja do:	

Zawartość opakowania:

Ultrafast Laser Marker U-15 jest dostarczany w opakowaniu zawierającym:

- Urządzenie sterujące (z dołączonym kablem)
- Głowica urządzenia znakującego z soczewką skupiającą F-theta 100 mm

Przewody:

- przewód zasilający
- Przewód urządzenia znakującego (wtyczka 15 pin/D-Sub do 15 pin/D-Sub)
- Przewód laserowy (wtyczka 25 pin/D-Sub do 26 pin/D-Sub)
- Przewód Q-Switch RF (wtyczka SMA do SMA)
- Kabel USB (A to B)
- stojak do głowicy markera (lub specjalne ogrodzenie, jeżeli zostanie zamówione)
- stolik do pracy w osi Z-axis Lab jack
- dwa zestawy okularów ochronnych
- instrukcja do urządzeń i oprogramowania
- klucz do przełącznika kluczewego urządzenia kontrolnego
- oprogramowanie na SymbolWrite Pro Software

Następujące przedmioty zostaną dostarczone osobno po wcześniejszym zamówieniu (opcje):

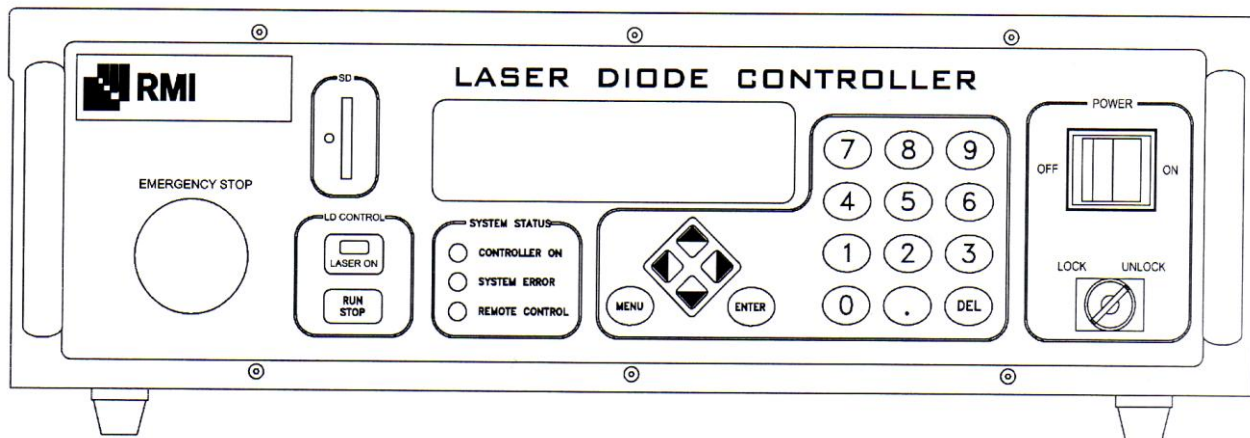
- laptop
- stojak ze stelażem do głowicy markera, instalacja klasy IV
- lekka –zamykana komora do znakowania, instalacja klasy I
- Z-axis lab jack
- okulary ochronne

Kontroler – Urządzenie sterujące

Urządzenie kontrolne znajdujące się w tym systemie zawiera bardzo czułe elektryczne i elektro-optyczne składniki.

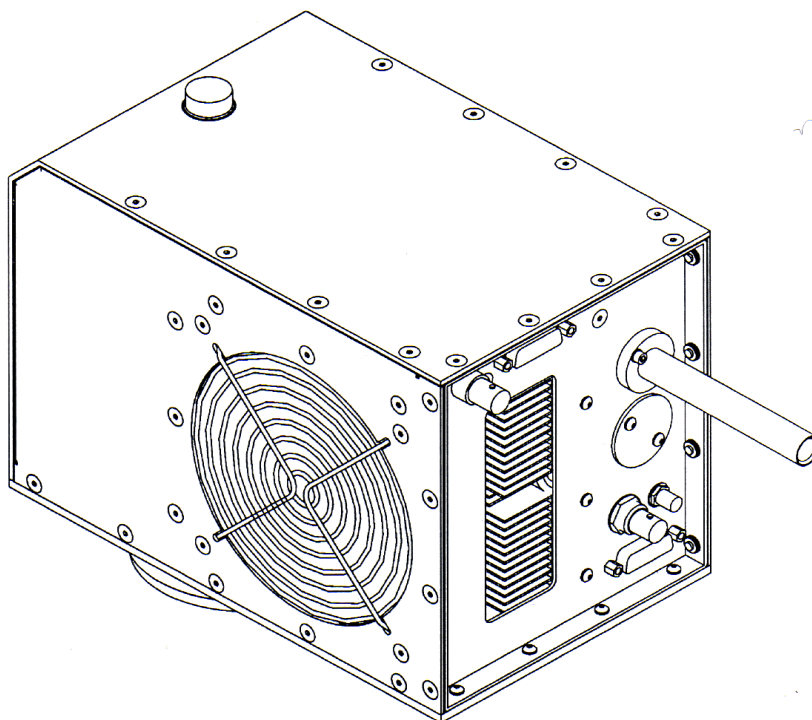
Bez specjalnego odgrodzenia urządzenia to klasyfikuje się jako system laserowy IV stopnia.

Nie ma żadnych części, które mógłby wymieniać sam użytkownik.



Marker - Głowica urządzenia znakującego

Głowica urządzenia znakującego znajdująca się w tym systemie zawiera bardzo czułe elektryczne i elektro-optyczne składniki. Oprócz soczewek **F-theta** nie ma żadnych innych części, które mógłby wymieniać użytkownik.



Rozdział 2

Bezpieczeństwo

INFORMACJE OGÓLNE DOTYCZĄCE BEZPIECZEŃSTWA

Laserowy system do znakowania z serii U-15 zawiera supernowoczesny laser półprzewodnikowy z pompą diodową, który produkuje intensywne, niewidoczne promieniowanie laserowe o długości fali 1064nm w widmie bliskim podczerwieni. System ten został zaprojektowany jako urządzenie klasy IV (dodatkowo dostępne jest specjalne zabezpieczenie klasy I). Niewłaściwe użycie przełączników i regulacji lub wykonywanie czynności innych niż opisane w niniejszej instrukcji może doprowadzić do niebezpiecznego narażenia się na promieniowanie laserowe.

Podczas obsługi lasera należy pamiętać o następujących środkach ostrożności.

Jako dodatek do podanych niżej środków ostrożności wszelkie rozporządzenia państwowe dotyczące bezpiecznej obsługi urządzeń laserowych stanowią ich uzupełnienie lub mogą być w stosunku do nich nadrzędne.

Postępowanie zgodne z wszystkimi środkami ostrożności jest konieczne w celu uniknięcia jakichkolwiek obrażeń związanych z promieniowaniem laserowym.

Ochrona oczu:

Wystawienie na promieniowanie laserowe może spowodować oparzenia oraz poważne obrażenia oczu a nawet utratę wzroku. Nawet, jeżeli urządzenie jest obsługiwane przy najwyższym wskaźniku bezpieczeństwa (klasa I) to wskazane jest aby osoba użytkująca urządzenie nosiła okulary ochronne. Zawsze należy nosić okulary ochronne o gęstości optycznej 5 i więcej przy długości fali 1064nm w czasie obsługi, serwisowania lub naprawy urządzenia.

Nie przystępuj do naprawy urządzenia bez pozwolenia lub nadzoru personelu firmy RMI Laser Polska.

Należy pamiętać, aby w trakcie działania urządzenia nie wystawiać skóry na działanie promienia lasera w obszarze znakowania. Właściwe użycie oraz dbałość o urządzenie jest niezbędne dla bezpieczeństwa ludzi znajdujących się w najbliższym otoczeniu urządzenia.

Rekomendujemy, aby urządzenie było obsługiwane w odizolowanym, zamykanym obszarze.

Jeżeli system został zakupiony jako urządzenie klasy IV instalator jest odpowiedzialny za postępowanie zgodne z procedurą instalacji IEC825 oraz musi wskazać osobę odpowiedzialną za bezpieczeństwo.

Spalanie:

Urządzenie nie powinno być obsługiwane bez stałego nadzoru procesu znakowania. Wystawienie na działanie promienia laserowego może spowodować zapalenie się materiałów łatwopalnych.

Działająca gaśnica przeciwpożarowa powinna zawsze znajdować się w zasięgu ręki.

Obsługa oraz opieka nad urządzeniem powinna odbywać się zgodnie z niniejszą instrukcją obsługi.

Niebezpieczne napięcia i prądy występują w obrębie obudowy urządzenia.

Oprócz specjalnie przeszkolonych techników dostęp do tego miejsca osobom nieuprawnionym jest niedozwolony.

Wietrzenie:

Podczas laserowego procesu znakowania mogą wydzielać się toksyczne opary oraz cząsteczki. Użytkownik jest odpowiedzialny za ustalenie stopnia toksyczności oraz potencjalnego niebezpieczeństwa powstałych w czasie procesu znakowania oparów i cząsteczek. Potencjalna toksyczność oparów zależy od rodzaju znakowanego materiału oraz może bardzo zależeć od ustawień lasera. Interakcja pomiędzy promieniowaniem laserowym a materiałem może chemicznie zmienić strukturę materiału w rezultacie czego w oparach i wydzielających się cząsteczkach powstają inne substancje. W ramach bezpieczeństwa urządzenie powinno być obsługiwane z odpowiednim systemem wietrzenia i filtrowania powietrza oraz specjalnie wentylowane tam, gdzie powstają toksyczne opary i cząsteczki.

W celu uzyskania dalszych informacji należy skontaktować się z **RMI Laser Polska**.

CDRH/OSHA

RMI Laser LCC zapewnia że systemy RMI, przewyższają wszystkie przemysłowe standardy bezpiecznej obsługi urządzenia. Zachęcamy do zapoznania się z wskazówkami i wymaganiami OSHA i CDRH dotyczącymi bezpiecznego obsługiwanego systemu.

US Department of Labour, Occupational Safety and Health Organisation:

Dyrektywa STD01-05-001

US Food and Drug Administration, Center for Devices and Radiological Health:

dział 1040.10

The American National Standards Institute, ANSI Z126.1, International Organization for Standardization (ISO) 11553 oraz International Electrotechnical Commission (IEC) 60825-1

NALEPKI ZABEZPIECZAJĄCE

Centrum Urządzeń i Zdrowia Radiologicznego CDRH wymaga, aby stosowne nalepki bezpieczeństwa zostały naklejone na wszystkich pokrywach chroniących dostępu do wiązki laserowej. Ich zadaniem jest ostrzegać personel przed usuwaniem pokryw. Dodatkowe nalepki są przymocowane wewnątrz systemu tak, że są widoczne po zdjęciu pokrywy. Nalepki identyfikacyjne wskazujące nazwę producenta, datę produkcji, opis produktu, numer modelu i numer seryjny oraz potwierdzenie zgodności z prawem muszą być również dołączone do systemu.

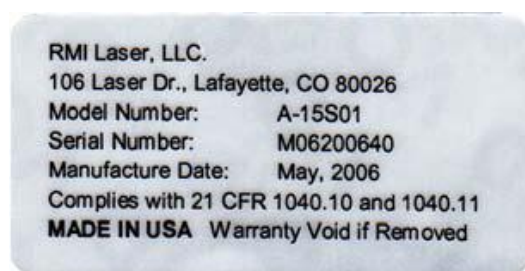
RMI Laser LLC dostosowując się do wymagań CDRH dołącza nalepki bezpieczeństwa do wszystkich produkowanych urządzeń. Nalepek tych nie należy usuwać. Jeżeli z jakichś powodów nalepki zostaną usunięte należy powiadomić RMI Laser lub reprezentanta firmy. Nalepki zostaną dostarczone bez żadnych dodatkowych kosztów.

Naklejka identyfikacyjna: na urządzeniu sterującym i markerze.

Na urządzeniu sterującym: tylny panel poniżej kabla

Na markerze: tylny panel, u góry po prawej

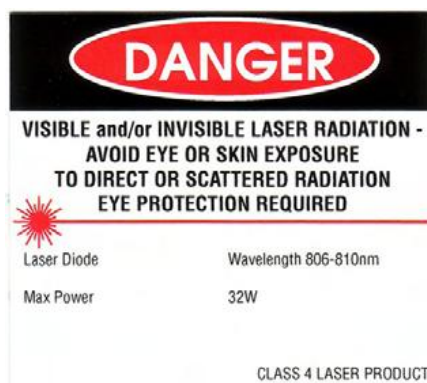
*numer modelu, numer seryjny i data produkcji mogą się różnić



Ostrzeżenie o niebezpieczeństwie

Urządzenie sterujące: prawy, boczny panel po środku

*maksymalna moc może się różnić



Ostrzeżenie o niebezpieczeństwie załącznika klasy I

Marker (jeżeli zainstalowany jako klasa I) z przodu głowicy.

Nalepka ta jest stosowana razem z systemem znakowania klasy I.

*długość fali, maksymalna moc mogą się różnić

Ostrzeżenie o niebezpieczeństwie dla markera

Marker: po prawej stronie blisko środka

Nalepka jest stosowana razem z systemem znakowania klasy IV

*długość fali, maksymalna moc mogą się różnić



Nalepka przestony

Urządzenie sterujące i marker Na urządzeniu sterującym: na izolacji diody laserowej wewnątrz urządzenia sterującego i na końcu kabla optycznego. Na markerze: na powierzchni oprawy soczewek F- theta, poniżej podstawy.

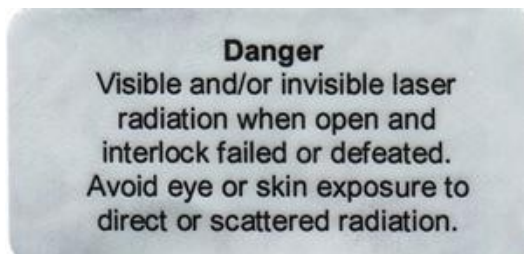


Połączona firmowa naklejka ochronna

Głowica markera i załącznik klasy I

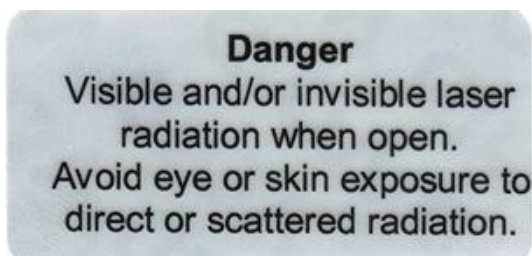
Na głowicy markera: lewy panel, dolny lewy róg

Załącznik klasy I: po środku ramy drzwi dostępu, również po prawej stronie ramy (kiedy drzwi są otwarte)



Nie połączona naklejka ochronna

Głowica markera: z tyłu u góry pokrywy.



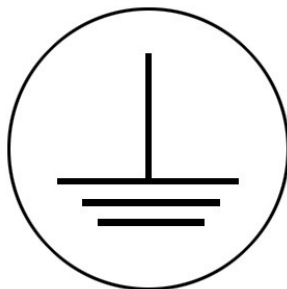
Nalepka unieważniająca gwarancję

Pokrywa rezonatora wewnątrz głowicy markera: na dole po środku pokrywy rezonatora. Część nalepki przechodzi na przedni panel rezonatora.



Symbol uziemienia IEC 417-5019

Podstawa urządzenia sterującego: po lewej stronie, na granicy z podstawą uziemienia. Naklejka jest przykryta górną pokrywą urządzenia sterującego.



Laserowa nalepka ostrzegająca

Głowica markera: po lewej stronie, na środku



SYMBOLE OSTRZEGAWCZE

Uwaga niebezpieczeństwo
lub zagrożenie.



Uwaga wysokie
napięcie.



Wymagana ochrona oczu szklami
o określonej gęstości optycznej.



Wszelkie naprawy, rozmontowywanie
i dokonywanie zmian przez klienta zabronione



Nie umieszczaj rąk w obszarze
znakowania kiedy laser jest włączony
ponieważ może prowadzić to do oparzeń skóry.



SYSTEM BLOKADY BEZPIECZEŃSTWA

Opcjonalnie załącznik klasy I jest wyposażony w obwody zabezpieczenia arbitrażowego, które automatycznie zamyka wiązkę laserową, gdy jakkolwiek klapka zabudowy zostanie otwarta.

Ostrzeżenie:

Pod żadnym pozorem nie próbuj zmieniać lub pokonywać systemu blokady ponieważ może to spowodować narażenie się na niebezpieczne działanie promieniowania laserowego. Unikaj wystawiania skóry w obszarze znakowania laserem. Wiązka laserowa jest niewidoczna i niebezpieczna – niewłaściwa ochrona oczu może doprowadzić do poważnych uszkodzeń wzroku łącznie z oparzeniem rogówki lub siatkówki oka oraz utratą wzroku.



Próby dokonywania zmian lub pokonania zabezpieczeń systemu blokady bezpieczeństwa powodują utratę gwarancji.



BEZPIECZEŃSTWO OBSŁUGI LASERA

Laser wykorzystywany w laserowym systemie znakowania produkuje światło laserowe 1064nm. Diody laserowe wewnątrz urządzenia sterującego produkują światło 808nm. Obie wiązki światła są niewidoczne gołym okiem ale obie są niebezpieczne i potencjalnie śmiertelne. Choć konfiguracja urządzeń klasy I całkowicie reguluje te wiązki zawsze należy zachować ostrożność przy obsłudze lasera. Nie należy przystępować do obsługi urządzenia kiedy może pojawić się jakakolwiek możliwość pojawienia się promieniowania lub odbicia promieni lasera w kierunku osób postronnych lub osób obsługujących urządzenie bez odpowiedniego zabezpieczenia.

Osobiste wyposażenie ochronne:

Personel obsługujący urządzenie musi przez cały czas nosić ubranie ochronne łącznie z okularami zabezpieczającymi przed promieniowaniem laserowym.

Od tej zasady nie ma żadnych wyjątków. Cały potencjalnie narażony na promieniowanie personel musi być chroniony w każdej sytuacji, w której może pojawić się niebezpieczeństwo promieniowania laserowego.

W sprawie dalszych szczegółów prosimy odnieść się do kopii ANSI dokumentu Z136.1.

Należy stosować się ściśle do wskazówek udzielonych w tym dokumencie.

Dostęp do urządzenia kontrolnego:

W urządzeniu sterującym nie ma żadnych części, komponentów, podsystemów, które użytkownik mógłby wymienić samodzielnie. W obrębie urządzenia istnieje śmiertelne napięcie prądu stałego (DC) oraz prądu zmiennego (AC).

Pod żadnym pozorem nie należy otwierać pokryw ochronnych, dokonywać zmian i modyfikacji w obrębie lasera ponieważ może to prowadzić do poważnych obrażeń łącznie ze śmiercią oraz prowadzi do unieważnienia gwarancji na produkt. Absolutnie nie wolno przystępować do demontażu lasera bez nadzoru autoryzowanego personelu.

Sprawdzenie uszkodzeń:

Natychmiast po rozpakowaniu urządzenia należy upewnić się, że nie nastąpiły żadne uszkodzenia w trakcie transportu. W przypadku odkrycia uszkodzenia należy zachować opakowanie na wypadek gdyby urządzenie wymagało naprawy lub w celu dokonania zwrotów kosztów wynikających z uszkodzeń podczas transportu.

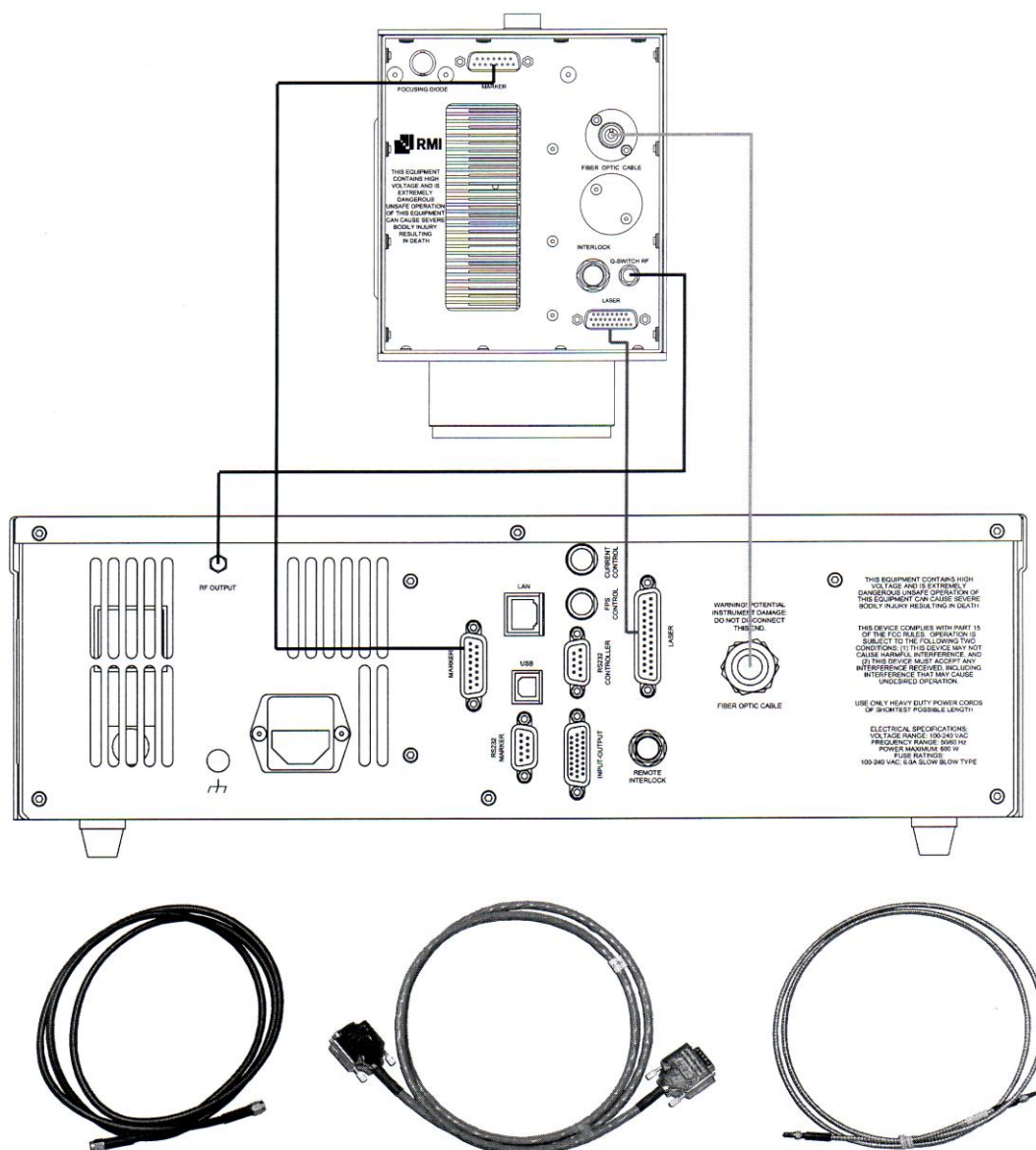
Bezpieczeństwo jest najważniejsze. Zawsze postępuj zgodnie z instrukcją i zasadami bezpieczeństwa.

Rozdział 3

PODŁĄCZENIE I INSTALACJA

Ustawienie i podłączenie urządzeń

Poniżej znajdują się przydatne diagramy oraz pokazane są kable, których używamy przy instalowaniu i podłączeniu laserowego systemu do znakowania. Pomogą one zorientować się podczas kolejnych kroków związanych z instalacją urządzenia.



RF cable

Marker cable (15 pins to 15 pins)
Laser cable (25 pins to 26 pins)

Fiber optic cable
(One end attached to Controller)

Przypomnienie:

Jeżeli nie zostałeś przeszkolony przez personel RMI Laser Polska do podłączenia i ustawiania urządzenia laserowego nie otwieraj opakowania.

Zaczekaj na przyjazd personelu RMI Laser Polska (jeżeli wybrałeś taką usługę) lub wstrzymaj się z instalowaniem urządzenia do czasu, aż zostaniesz przeszkolony przez przedstawiciela firmy.

Jeżeli jesteś przeszkolony to w tym dziale dowiesz się, jak ustawić i podłączyć swoje urządzenie do znakowania.

Istnieją cztery główne komponenty urządzenia:

1. urządzenie sterujące,
2. głowica markera,
3. stojak (lub załącznik klasy I)
4. komputer.

Na stronie 5 listy kontrolnej zawartości paczki sprawdź, czy otrzymałeś kompletny system:

- rozpakuj marker, kontroler i postaw na solidnym podłożu.
- rozpakuj i zmontuj stojak.
- Umieść pełne stanowisko głowicy markera (lub załącznik klasy I) obok urządzenia sterującego.
- ostrożnie umieść głowicę markera na stojaku.
- przymocuj głowicę do stojaka za pomocą śrub #10-32 (M5) i podkładek.
- śruby powinny być ręcznie dociśnięte (plus ¼ obrotu).
- rozpakuj komputer i ustaw w wybranym przez siebie miejscu.
- jeżeli używasz laptopa zalecamy ustawienie go u góry urządzenia sterującego.

Następnie zajmiemy się kablami niezbędnymi w podłączeniu urządzenia.

- Sprawdź, że urządzenie jest odłączone od prądu i wyłącznik z przodu urządzenia sterującego jest w pozycji wyłączony – OFF (O).
- Podłącz kabel RF do urządzenia sterującego.
- Podłącz kabel markera i kabel lasera do urządzenia sterującego.
- Podłącz kabel światłowodowy wychodzący z tyłu urządzenia sterującego do głowicy markera.
- Podłącz kabel RF do głowicy markera.
- Podłącz kabel markera i kabel lasera do głowicy markera.
- Podłącz kabel USB z komputera do kontrolera.
- Jeżeli obsługujesz urządzenie w trybie klasy IV, podłącz wtyczkę BNC na pozycję klasy I na głowicy markera. Jeżeli używasz załącznika klasy I, podłącz kabel na pozycję klasy I na głowicy markera.
- podłącz przewód AC z tyłu urządzenia sterującego i wetknij wtyczkę w gniazdko.

Zaleca się wykorzystywanie uziemionej listwy przepięciowej i/lub zasilacza UPS.

Zaleca się wykorzystanie prądu o określonej wartości, uziemionego i nieprzerwanego.

Nie włączaj systemu dopóki nie zostaniesz do tego upoważniony w niniejszej instrukcji.

ŚRODOWISKO DZIAŁANIA

Przed zainstalowaniem i przystąpieniem do obsługi urządzenia należy dopilnować, aby środowisko pracy zgodne było z następującymi wskazówkami.

Substancje zanieczyszczające.

Należy unikać miejsc, w których system byłby narażony na wysoki poziom wibracji, wilgotności, hałas z urządzeń elektrycznych, kurz, tłuste opary lub inne substancje zanieczyszczające.

Temperatura działania.

Urządzenie jest wyposażone w termoelektryczny system chłodzenia.

Chociaż urządzenie funkcjonuje prawidłowo w zakresie temperatury od **5°C do 40°C** zaleca się, aby urządzenie pracowało w temperaturze otoczenia między **16°C a 24°C**.

Wentylacja.

Dla bezpiecznej obsługi urządzenia konieczne jest zapewnienie właściwej wentylacji zarówno dla głowicy markera, jak i urządzenia sterującego. Należy upewnić się, że istnieje minimum 5cm wolnej przestrzeni wokół głowicy znakującej. Z tyłu głowicy markera i urządzenia sterującego powinno być zachowane minimum 10cm wolnej przestrzeni w celu zapewnienia właściwego przepływu powietrza. Przestrzeń ta powinna być zachowana również ze względu na zachowanie dostępu do przełączników znajdujących się na tylnym panelu markera i urządzenia sterującego.

WYZIEWY

Zaleca się stosowanie zewnętrznego wywiewnika za każdym razem, gdy przystępujemy do obsługi urządzenia.

Szczególnie zaleca się stosowanie wywiewnika, gdy urządzenie jest zarejestrowane jako urządzenie klasy I. Powody dla których istotne jest stosowanie wietrzenia to względy bezpieczeństwa oraz właściwe utrzymanie urządzenia. Jak zostało to opisane w dziale bezpieczeństwo niniejszej instrukcji laserowe urządzenie do znakowania może wytwarzać szkodliwe wyziewy, kontakt z którymi użytkownik powinien zredukować do minimum. Co więcej wentylacja pozwala na usunięcie pyłu i cząsteczek w związku z czym nie zbiera się on na powierzchni znakowania, na soczewkach F-theta oraz innych niepożądanych miejscach. W celu uzyskania dalszych informacji dotyczących systemu wentylacji należy skontaktować się z **RMI Laser Polska**.

We wszystkich systemach wentylacji powinien zostać użyty sztywny przewód pomiędzy systemem próżniowym a urządzeniem znakującym. Rury odprowadzające powinny być rozłożone tak, aby miały jak najmniej zagięć oraz obudowane. Należy użyć przewodu, który średnicą będzie pasował do urządzenia odprowadzającego spaliny. Nie należy łączyć sztywnego przewodu bezpośrednio z urządzeniem do znakowania. Wibracje z wentylatora zostaną zredukowane jeżeli na końcu przewodu użyje się krótkiego kawałka przewodu elastycznego.

Rozdział 4

OBSŁUGIWANIE URZĄDZENIA

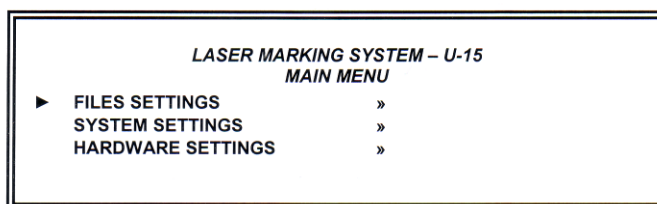
Włączanie i wyłączanie urządzenia (ON/ OFF)

Urządzenie U-15 składa się z głowicy znakującej, urządzenia sterującego i komputera osobistego.

Głowica znakująca jest zasilana z urządzenia sterującego za pośrednictwem kabla laserowego i nie ma oddzielnego wyłącznika. Prosimy włączać i wyłączać urządzenie zgodnie z poniższą procedurą.

Włączanie:

- Włącz komputer i uruchom program SymbolWriter-Pro (SW-Pro).
- Wsadź kluczyk do urządzenia sterującego i przekręć na pozycję UNLOCK (zgodnie z ruchem wskazówek zegara).
- Używając przełącznika dwustabilnego ON/OFF włącz urządzenie sterujące. Światelko w górnej części głowicy markera powinna się świecić i urządzenie sterujące zainicjuje działanie systemu.
- Kiedy rozpoczęcie programu i początkowa diagnostyka zostały zakończone system podpowie ci, aby użyć Twojego hasła (patrz dział Hasło).
Jeżeli początkowa diagnostyka wykaze problem, system prześle ostrzeżenie dźwiękowe i wyświetli przynajmniej jeden błąd. Aby wyciszyć sygnał dźwiękowy wciśnij strzałkę „down”. Więcej informacji dotyczących poszczególnych błędów i ich usunięcia znajdziesz w dziale - Informacje Techniczne.
- Po wprowadzeniu hasła system ustawi diodę laserową i temperatury kryształu.
W temperaturze pokojowej proces ten powinien zająć około 1 minutę (w niższych lub wyższych temperaturach nieco dłużej) po czym wyświetli się menu główne. Możesz przeszukiwać menu i ustawiać parametry bez konieczności włączania lasera.



- Kiedy jesteś gotowy rozpocząć znakowanie wciśnij przycisk „Run/Stop” aby uruchomić laser. Laser rozpocznie cykl 3-minutowego rozgrzewania. Ukaże się zegar odliczający czas.

Wyłączanie:

- 1) Wyłącz program **SW-Pro** i wyłącz komputer.
- 2) Wyłącz zasilanie lasera wciskając przycisk „**RUN/STOP**”.
Zasilanie jest wyłączone kiedy dioda LED a urządzeniu zasilającym przestanie mrugać
- 3) Wyłącz zasilanie urządzenia sterującego używając przełącznika dwustabilnego on/off.
- 4) Przekręć kluczyk urządzenia sterującego na pozycję „**LOCK**” (przeciwnie do wskazówek zegara) i wyjmij kluczyk.

Hasło

Urządzenie U-15 ma hasło zabezpieczające, które umożliwia ograniczenie dostępu do urządzenia.

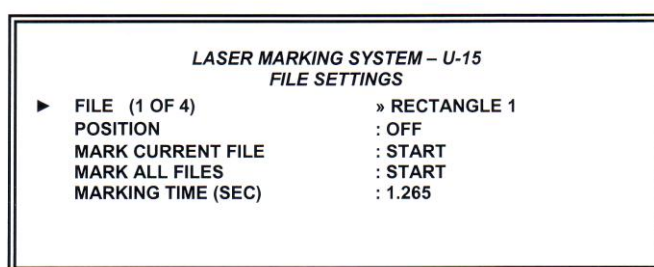
Firma RMI ustawiła hasło „1111” ale możesz go zmienić na dowolny 4-cyfrowy kod.

Omówione to zostanie w dziale – Ustawienia systemu.

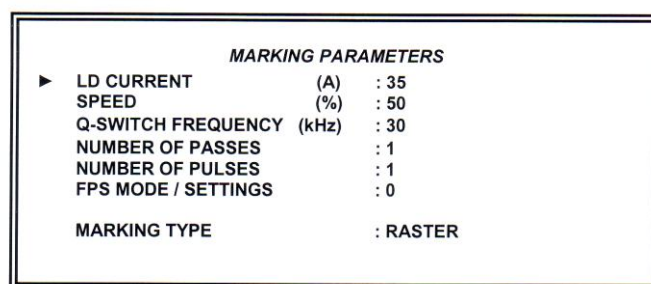
Menu główne i pod- menu

Istnieją trzy opcje menu głównego w urządzeniu sterującym. Poniżej zostaną omówione wszystkie z nich wraz z poszczególnymi pod-menu.

Ustawienia plików



- File – wyświetla pliki, które zaznaczasz. Jest to przydatne, gdy pliki są przechowywane w pamięci wewnętrznej a nie poprzez program SW-Pro. Przewiń używając klawisza lewo i prawo.
Wciśnij **ENTER** aby zobaczyć parametry znakowania w bieżącym pliku.
Wciśnij **MENU**, jeżeli chcesz powrócić do poprzedniego ekranu.



Uwaga: Krok „size and number of pulses” (rozmiar i liczba pulsów) nie ukaże się, jeżeli typem znakowania jest „VECTOR”.

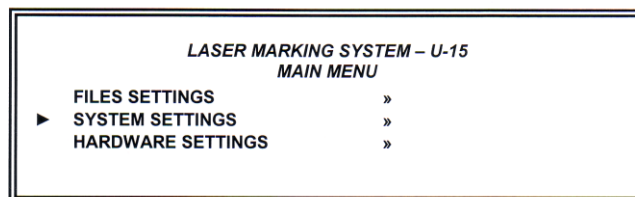
Parametry znakowania

- **LD Current** (natężenie prądu) – jest ustalone w pliku SW-Pro, ale może być dostosowywane za pomocą klawiatury przy użyciu strzałek lub klawiszy numerycznych.
- **Speed** (prędkość) – również jest ustalona w pliku i może być zmieniana przy pomocy strzałek lub klawiszy numerycznych. Wybierz z prędkości dostępnych w pliku od 1-100%, gdzie wartość może wzrastać lub zmniejszać się.
- **Q-Switch Frequency** (częstotliwość przełącznika Q) – dostępna z plikami VECTOR i przy wielokrotnych pulsach w trybie RASTER. Może być zmieniana przy użyciu klawiatury klawiszami strzałek lub klawiszami numerycznymi.
- **Number of Passes/Pulses** (liczba przesunięć i pulsów)- również jest ustalona w ustawieniach w pliku, ale może zostać zmieniona przy użyciu klawiatury klawiszami strzałek lub klawiszami numerycznymi. Ilość pulsów jest niedostępna przy znakowaniu –Vector.
- **FPS Mode/Settings** (tryb FPS/ustawienia) – jest wykorzystywany głównie przy delikatnych materiałach. Zgodnie z naturą znakowania laserowego kilka pierwszych pulsów ma wyższą moc niż kolejne po nich następujące. Używając FPS użytkownik może homogenizować moc systemu. Istnieją cztery opcje dla FPS:

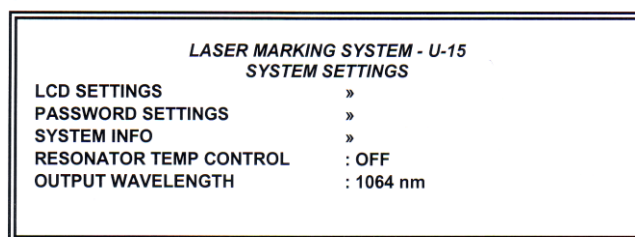
- **Disable** (zablokowane) – brak FPS, wszystkie pulsy mają nieograniczoną moc szczytową.
- **All pulses** (wszystkie pulsy) – obniża moc szczytową wszystkich pulsów.
- **Four pulses** – pozwala użytkownikowi ustawić procentową redukcję mocy dla każdego z czterech pierwszych pulsów. Po pierwszych czterech pulsach poziom mocy szczytowej normalizuje się.
- **Pump control** (kontrola pompy) – tylko dla zielonych markerów (532 nm). Pozwala użytkownikowi ustawić czas pompowania. Do zmian należy użyć klawiszy numerycznych lub strzałek.

-**Marking Type** (typ znakowania) – jest ustalone w wybranym pliku.

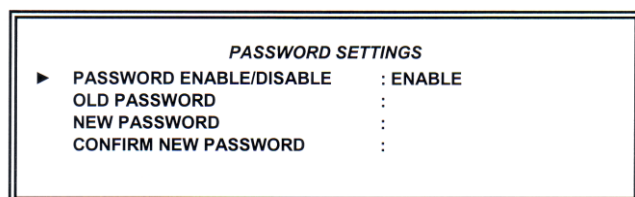
- **Vector** – Przy użyciu tej metody system znakuje ciągłą linię pomiędzy dwoma punktami. Jest to powtarzane we wszystkich ścieżkach dostępu danego pliku.
- **Raster** – Przy użyciu tej metody znakowany jest każdy kolejny pojedynczy punkt.
- **Position** (pozycja) – wyłączenie lub włączenie wskazanej diody.
Aby przełączyć użyj lewego lub prawego klawisza albo DEL.
- **Mark Current File** (zaznacz bieżący plik) – jest to komenda „Start Mark”
(rozpoczęcie znakowania) dla pliku wskazanego w linijce „ File” .
Użyj lewego i prawego klawisza lub DEL aby zatrzymać znakowanie.
- **Mark All Files** (zaznacz wszystkie pliki) - jest to komenda „Start Mark”
(rozpoczęcie znakowania) dla wszystkich plików przechowywanych w wewnętrznej pamięci markera.
Użyj lewego i prawego klawisza lub DEL aby zatrzymać znakowanie.
- **Marking time** (czas znakowania) – podawany po zakończeniu znakowania.



Ustawienia systemu



- **Ustawienia LCD** – możesz tu kontrolować ustawienia kontrastu oraz włączać i wyłączać funkcję jasności.
- **Ustawienia hasła** – tutaj możesz zmienić hasło a także uniemożliwić lub umożliwić zmianę hasła urządzenia sterującego.



System info

- Urządzenie sterujące diody laserowej
 - Nazwa modelu i numer
 - Numer seryjny
 - Wersja mikroprogramu i data wypuszczenia na rynek
 - Całkowity czas pracy
- głowica markera
 - nazwa modelu i numer
 - numer seryjny
 - wersja mikroprogramu i data wypuszczenia

MARKER HEAD	
MODEL NAME AND NUMBER	: U-15S-01
SERIAL NUMBER	: M06250641
FIRMWARE VERSION	: 1.7.1
FIRMWARE RELEASE DATE	: 08/31/2006

- Kontrola temperatury rezonatora – jest ustawiona przez RMI i nie może być zmieniana przez użytkownika.
- Długość fali wyjściowej – wyświetla długość fali laserowego systemu znakowania.

Ustawienia urządzeń

LASER MARKING SYSTEM – U-15 MAIN MENU	
FILES SETTINGS	»
SYSTEM SETTINGS	»
▶ HARDWARE SETTINGS	»

- Szybkość transmisji RS232 w bodach – dla ustawienia prędkości komunikacji do kontroli przez połączenie RS232.
- Soczewki F-Theta - dla obsługi bez komputera musisz zmienić ustawienia tak, aby pasowały do używanych soczewek.
- Opcje obejmują: 100mm, 180mm, 163mm, 254mm, 350mm, 410mm,
- Maksymalne natężenie prądu LD (diody laserowej) – jest ono ustalone przez RMI aby ograniczyć moc pompującą systemu i wydłużyć życie diody laserowej. Wartość ta nie może być zmieniana przez użytkownika.
- Temperatura LD (diody laserowej) – jest ona ustalona przez RMI i nie może być zmieniana przez użytkownika.
- Czas rozruchu urządzenia – jest ustawiony przez RMI na 3minuty i nie może być zmieniany przez użytkownika.

LASER MARKING SYSTEM – U-15 MAIN MENU	
RS232 BAUD RATE	: 115200
▶ F-THETA LENS	: 100 mm
LD MAXIMUM CURRENT (A)	: 37
LD TEMP (Set/Actual) (C)	: 29 28.99
WARM-UP TIME (MIN)	: 3.0

USTAWIENIE ODLEGŁOŚCI OGNISKOWEJ WIĄZKI LASERA

W celu dostarczenia żądanej ilości energii laserowej na powierzchnię, którą zamierzamy znakować niezbędne jest optymalne ustawienie odległości ogniskowej wiązki laserowej. Aby to osiągnąć istnieje kilka sposobów.

Przy wszystkich metodach należy pamiętać o zabezpieczeniu oczu okularami ochronnymi.

System klasy I

Przygotuj próbkę i umieść ją na platformie do znakowania wewnątrz załącznika klasy I.

Wysokość próbki powinna być taka sama, jak wysokość materiału, który będziemy znakowali.

Uruchom program SW-Pro software. Prze przystąpieniem do obsługi upewnij się,

że usunąłeś osłonki z soczewek. Kliknij ikonę „aiming diode” w programie SW-Pro. Dwie czerwone kropki powinny ukazać się na próbce. Podnoś lub obniżaj próbkę tak długo, jak to konieczne dopóki obie kropki nie zbiegną się.

Wysokość jest teraz ustawiona jako optymalna odległość do pracy. Schemat lokalizacji to kolejne użyteczne narzędzie stosowane z załącznikiem klasy I. Kliknij ikonę lokalizacji w programie SW-Pro. Ukaże ci się schemat obszaru plików do znakowania. W celu uzyskanie dodatkowych informacji na temat tej funkcji należy odnieść się do podręcznika oprogramowania SW-Pro.

Mierzenie (metoda klasy IV)

Upewnij się, że laser nie jest włączony. Przy użyciu linijki lub przyciętego na wymagany wymiar kawałka dowolnego materiału upewnij się, że odległość pomiędzy powierzchnia do znakowania a skrajem soczewek F-theta jest prawidłowa. Poniżej znajduje się tabelka pomocna przy ustaleniu prawidłowej odległości dla soczewek, które stosujesz.

Soczewki skupiające F-Theta	Przybliżona odległość ogniskowej
100mm	4.2+/-0.2 cala (106+/-5mm)
163mm	7.3+/-0.2 cala (185+/-5mm)
254mm	12.2 +/- 0.3 cala (310 +/-8mm)



Przed zastosowaniem tej metody załóż okulary ochronne.

Używając funkcji „pulse” w programie **SW-Pro** użyj kawałka anodyzowanego aluminium i obniżając lub podwyższając go za pomocą dołączonego uchwytu (lab jack) ustal punkt, w którym dźwięk lasera znakującego dany kawałek jest najgłośniejszy. Zwykle w odległości +/- 5mm od tego miejsca pojawia się znakowanie.

Zwróć uwagę, aby nie kłaść rąk na ścieżce lasera, ponieważ może to prowadzić do oparzeń.

Kiedy dokonałeś już wszystkich ustawień i ustaliłeś właściwą odległość ogniskowej możesz przystąpić do znakowania.

Jeżeli zamierzasz używać komputera i programu **SW-pro** przeczytaj podręcznik oprogramowania przed przystąpieniem do znakowania.

Pamiętaj, aby przez cały czas chronić oczy specjalnymi okularami.

Przywracanie działania po nagłym zatrzymaniu urządzenia

Przedni panel urządzenia sterującego jest wyposażony w przycisk do wyłączania w nagłym przypadku (**Emergency Button**). Po jego wciśnięciu dioda laserowa zostaje wyłączona.

Aby przywrócić działanie urządzenia należy:

- Ustalić i zlikwidować przyczynę nagłego zatrzymania.
- Zwolnić przycisk nagłego zatrzymania na urządzeniu sterującym przekręcając go zgodnie z ruchem wskazówek zegara.
- Wcisnąć przycisk „menu”. Zostanie wówczas przywrócone menu główne.
- Przejdź do kroku 4 w instrukcji pozycja - Włączanie i wyłączanie urządzenia.

Przywracanie działania po niespodziewanym zamknięciu

W przypadku przerwy w dostawie prądu wyłącz przycisk włączający urządzenie z przodu urządzenia sterującego i zrestartuj system zgodnie z procedurą włączania. Rozpocznij od kroku 3.

Rozdział 5

KONSERWACJA

Konserwacja i przegląd

Podczas konserwacji i przeglądu systemu należy:

Upewnić się, czy system został wyłączony. Jeżeli konserwacja jest dokonywana bezpośrednio po używaniu systemu należy zwrócić uwagę, czy temperatura otoczenia jest bezpieczna.

Nie przystępować do czynności nie wymienionych w tej instrukcji.

Częstotliwość wymiany poszczególnych części oraz cykl przeglądu zależą od wymagań systemu, rodzaju programów użytkowych oraz częstotliwości używania.

Następujące elementy należy regularnie nadzorować aby upewnić się, że system działa na najwyższym możliwym poziomie.

	Przegląd	Narzędzia do przeglądu
Wilgotność i temperatura otoczenia	Upewnienie się, że temperatura otoczenia jest zgodna z zakresem podanym w specyfikacji. Sprawdzenie wilgotności.	Termometr i hydrometr
Stan instalacji	Sprawdzenie nadmiernej wibracji na głowicy markera.	
Czyszczenie	Sprawdzenie kurzu na i wokół urządzenia. Sprawdzenie kurzu na szkalnej osłonie soczewek F-Theta	Chusteczki do czyszczenia soczewek. Alkohol metylowy lub reagent 98.8% alkoholu izopropylowego o niskiej zawartości wody..

CZĘŚCI WYMIENIALNE PRZEZ UŻYTKOWNIKA

Wymienialne przez użytkownika części to:

- Bezpieczniki urządzenia sterującego

Jeżeli zaistnieje potrzeba wymiany innych części należy skontaktować się z serwisem usług RMI.

WAŻNE:

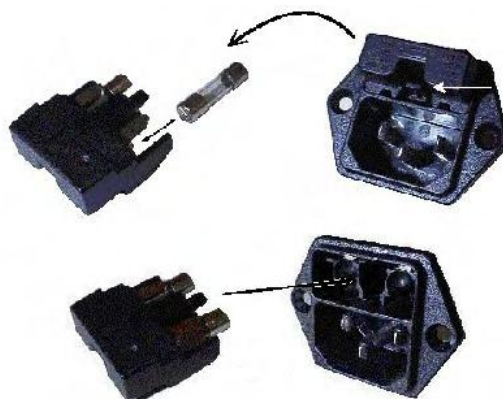
Pod żadnym pozorem nie otwieraj skrzynki urządzenia sterującego lub głowicy markera.

Jak wymienić bezpieczniki

W urządzeniu sterującym znajdują się bezpieczniki 6.3Amp w 250 Voltowej szklanej tubie, 5x20mm bezpieczniki z przesunięciem w czasie.

Jeżeli potrzebujesz części zapasowych skontaktuj się z serwisem.

- wyłącz zasilanie i rozłącz kabel AC.
- używając śrubokrętu wyjmij płytkę z bezpiecznikami z modułu zasilania na tylnym panelu urządzenia.
- wymień bezpieczniki tak, jak to pokazano na rysunku 2.
- wstaw płytkę z powrotem we właściwe miejsce.



Ogólne czyszczenie urządzenia.

Podstawowe czyszczenie urządzenia powinno być dokonywane codziennie.

Bруд, resztki, osady mogą prowadzić do niewłaściwego funkcjonowania urządzenia.

System znakowania składa się z delikatnych części optycznych i mechanicznych.

Nawet niewielkie uszkodzenia tych części mogą narazić na szwank działanie całego urządzenia.

Uwaga:

Częstotliwość czyszczenia zależy od liczby wykonywanych operacji i rodzaju znakowanego materiału. Używanie materiałów mocno pyłących wymaga częstszego czyszczenia. Dokonuj częstego przeglądu urządzenia aby ustalić własny cykl czyszczenia. Konserwuj urządzenie i utrzymuj je w czystości.

Uwaga:

Przed przystąpieniem do czyszczenia wyłącz urządzenie i odłącz kabel zasilający.

Proces czyszczenia

- Przed przystąpieniem do czyszczenia upewnij się, że urządzenie jest wyłączone i odłącz wszystkie kable zasilające.
- Dokładnie usuń zanieczyszczenia i odkurz wewnętrzną część miejsca pracy.
- Użyj miękkiej ściereczki, aby odkurzyć pole pracy.
Nie przyskaj środkami czystości bezpośrednio na miejsce pracy aby uniknąć przedostania się płynu do części elektrycznych.

W następnym dziale zostanie omówione czyszczenie soczewek F-Theta. Wymaga ono delikatnej ręki i cierpliwości ale zapewni optymalne funkcjonowanie twojego systemu do znakowania.

Soczewki F-theta

Należy regularnie dokonywać przeglądu stanu soczewek. Soczewka skanująca F-Theta jest wyposażona w okienko ochronne. Jeżeli zostanie ono uszkodzone należy skontaktować się z firmą RMI Laser Polska w celu dokonania wymiany. Dobrą praktyką jest ochranianie soczewek specjalnymi osłonkami wtedy, gdy urządzenie nie jest używane.

Przed przystąpieniem do czyszczenia sprawdź, czy urządzenie jest wyłączone i rozłącz kable zasilające urządzenia sterującego i głowicy markera. Czyszczenie powinno przebiegać w następujący sposób:

- Wyłącz system i odłącz przewód AC od urządzenia sterującego.
- Usuń czarne osłonki z soczewek F-Theta.
- Używając powietrza w aerozolu usuń większe cząsteczki z soczewek.
- Soczewki należy czyścić, gdy są one zainstalowane w głowicy markera.

Należy postępować zgodnie z metodą:

- najpierw zwilż chusteczkę do czyszczenia soczewek alkoholem metylowym lub alkoholem izopropylowym (reagentem 98.8% o niskiej zawartości wody)

Czyszczenie soczewek F-Theta

- najpierw zwilż chusteczkę do czyszczenia soczewek alkoholem metylowym lub reagentem alkoholu izopropylowego.
- następnie przetrzyj soczewki w jednym kierunku w poprzek powierzchni soczewek.
- nie przecieraj w obu kierunkach, nie pocieraj w kółko.
- po przeczyszczeniu sprawdź, czy do soczewek nie przykleił się kurz i czy nie są one porysowane.
- Jeżeli pozostały jakieś widoczne pyłki użyj czystego kawałka chusteczki do soczewek i powtórz krok 2.

Możesz użyć pęsety i chusteczki czyszczącej, aby dotrzeć do trudno dostępnych miejsc.

Uważaj jednak, aby nie porysować soczewek pęsetą.



Czyszczenie głowicy markera

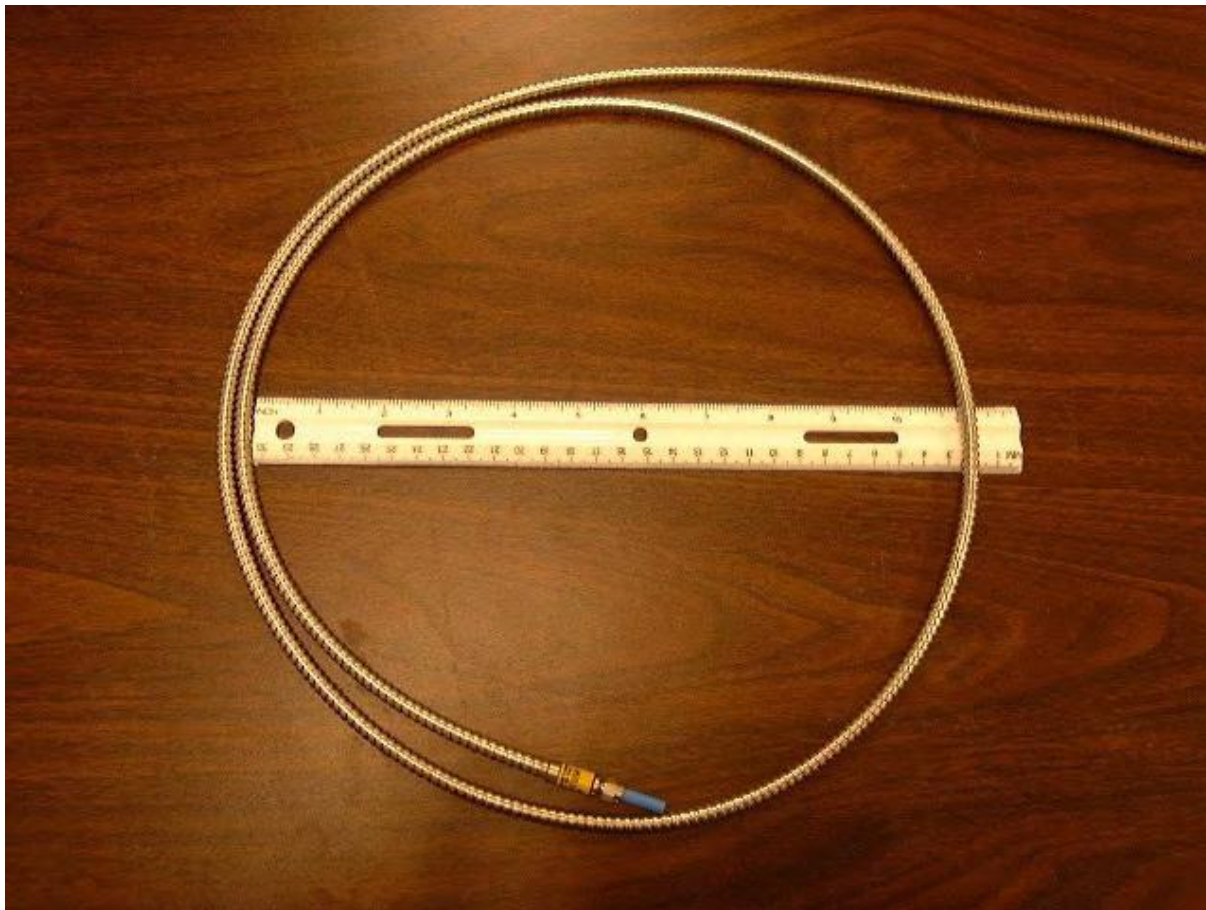
Przed przystąpieniem do czyszczenia upewnij się, że urządzenie zostało:

- wyłączone i rozłącz przewody zasilania urządzenia sterującego i głowicy markera.
- wyczyść pokrywę głowicy markera nie kładząc się szmatką i delikatnym detergentem.
- nie używaj mocno skoncentrowanego detergentu w płynie.
- aby uniknąć problemów z elektrycznością nie przyskaj płynu bezpośrednio na głowicę markera, zamiast tego użyj wilgotnej szmatki.

KONSERWACJA KABLA ŚWIATŁOWODU

Kabel światłowodowy łączący urządzenie sterujące i głowicę markera jest bardzo delikatną częścią wyposażenia i należy obchodzić się z nim bardzo ostrożnie.

Chociaż kabel znajduje się w zbrojonej osłonie to może ulec zniszczeniu, kiedy zostanie zbyt mocno wygięty. Nie należy zwinąć kabla w średnicę mniejszą niż 12" tak, jak to widać na rysunku.



Należy bardzo ostrożnie obchodzić się z końcówkami światłowodów ponieważ mają one precyzyjną powłokę, która może ulec uszkodzeniu lub zniszczeniu przy niewłaściwym obchodzeniu się z nią. Dotykając końcówek światłowodów pozostawiamy na nich tłuszcz z palców, który może absorbować światło lasera i doprowadzić do przepalenia kabla. Co więcej wszelkie zadrapania na światłowodach sprawiają, że kabel staje się bezużyteczny. Generalnie nie należy usuwać kabla światłowodowego z głowicy markera za wyjątkiem niezbędnych sytuacji takich, jak transport lub konieczność przestawienia urządzenia. Jeżeli musisz usunąć kabel natychmiast ochroń końcówki kabla specjalną nakładką ochronną, którą kabel był osłonięty w czasie transportu fabryki.

Pod żadnym pozorem nie zabieraj się za usuwanie przewodu światłowodowego z urządzenia sterującego.

Rozdział 6

INFORMACJE TECHNICZNE

Specyfikacja i wymiary

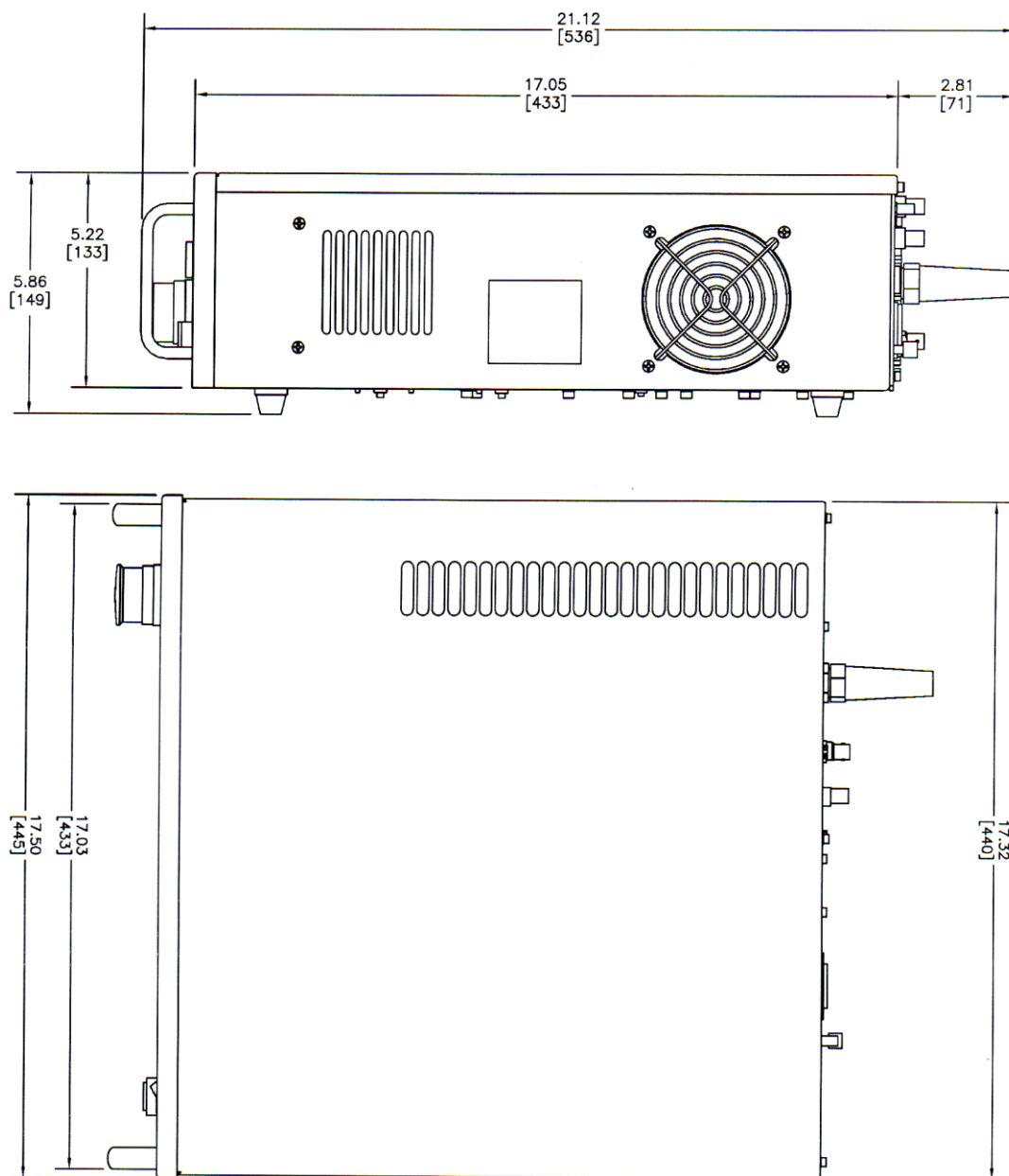
	Pozycja	Wymogi
	Model	U-15
Głowica znakująca	Źródło laserowe	Wbudowana dioda próżniowa Nd:YVO ₄
	Długość fali wiązki	1,064nm
	Moc wyjściowa lasera*	15W
	Najwyższa wartość mocy*	Do 120 kW
	Szerokość drgań Q-switch	~7ns @ 10kHz
	Średnica kropki wiązki laserowej	~40μm (100mm soczewki F-Theta) ~50μm (163mm soczewki F-Theta) ~70μm (254mm soczewki F-Theta)
	Maksymalny obszar znakowania	60mm x 60mm (100mm soczewki F-Theta) 100mm x 100mm (163mm soczewki F-Theta)
	Soczewki F-Theta	100mm, 163mm, 254mm, 420mm
	System Chłodzenia	Termoelektryczny/powietrze
	Zakres temperatury operacyjnej	~10-35°C lub ~50-95°F
	Zakres wilgotności operacyjnej	80%, nie skroplone
	Waga	6.0kg (bez soczewek F-Theta)
	Wymiary**	Dł.245xszer.131xWys.181mm (bez soczewek F-Theta)
Urządzenie sterujące	Zakres temperatury operacyjnej	~10-35°C
	Zakres wilgotności	80%, nie skroplone
	Źródło energii	AC100-240V, 5A, 50/60Hz
	Zużycie energii	min 500W, max 600W
	Waga	11.6 kg (z zestawem kabli)
	Wymiary**	Dł.455xszer.445xWys.135mm
Komputer	Wymogi	PC, Notebook, Windows XP Professional
	Źródło energii	AC 100-240V, AC 50/60Hz – dla notebooka AC 115/230 wybiórczo, 50/60 Hz – inne PC
	Oprogramowanie	SymbolWriter Pro

*ustalone przy maksymalnych parametrach mocy wyjściowej

** Należy pozostawić minimum 5cm wolnej przestrzeni wokół głowicy markera w celu zachowania cyrkulacji powietrza. Dodatkowo należy pozostawić 10cm wolnej przestrzeni z tyłu urządzenia kontrolnego i głowicy markera na kable i w celu umożliwienia serwisowania.

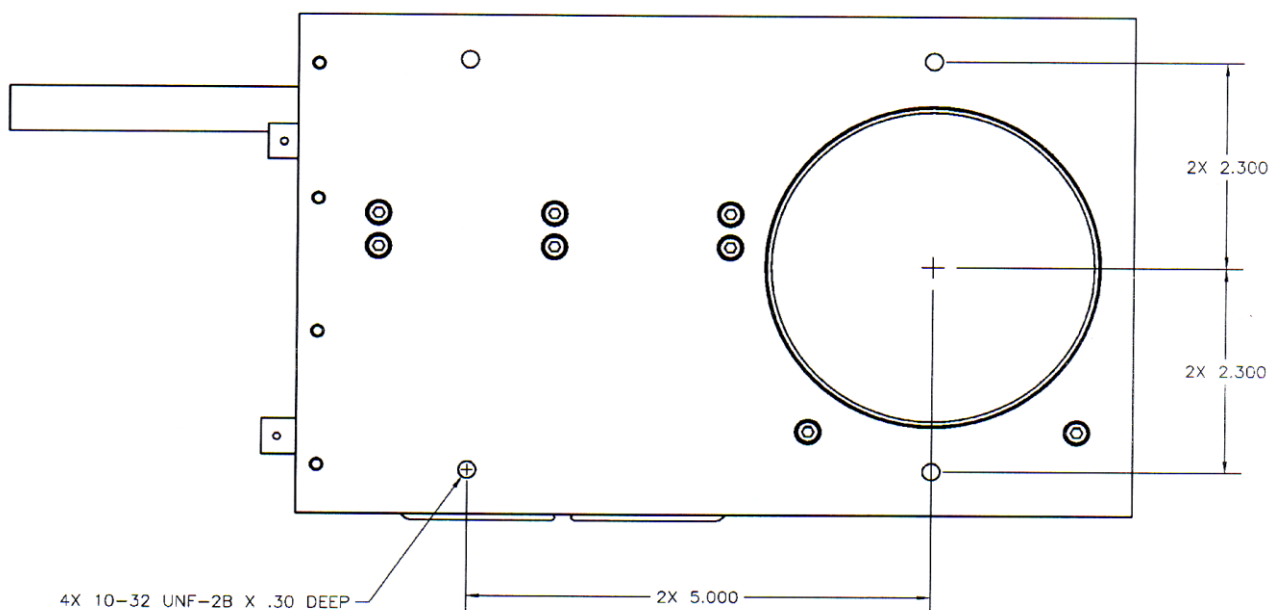
Rysunki techniczne: urządzenie sterujące

Wymiary podane są w calach (i milimetrach).

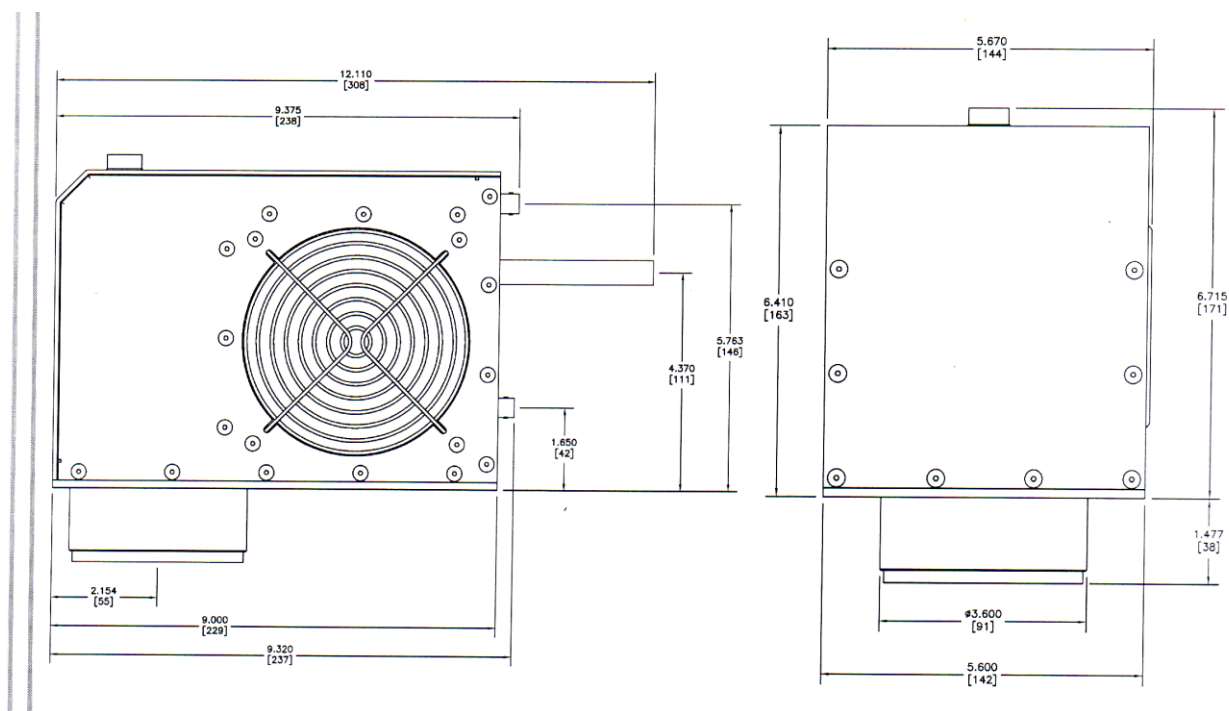


Rysunki techniczne: głowica markera

Wymiary podane są w calach (i milimetrach).



Otwory do montowania w głowicy markera.



Rozdział 7

USUWANIE USTEREK

Najczęściej występujące problemy

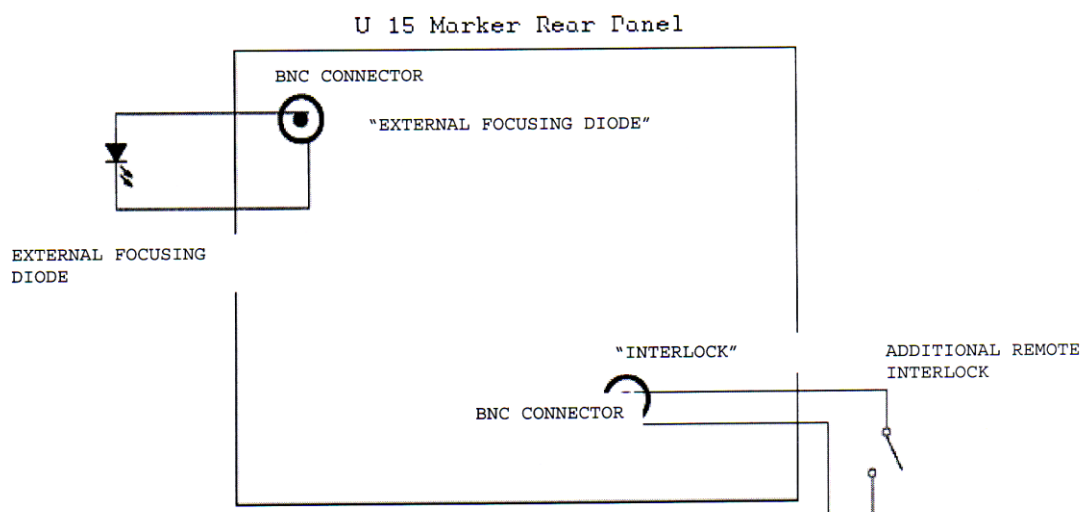
OBJAW	MOŻLIWE PRZYCZYNY	ROZWIĄZANIE
Urządzenie nie ma mocy	Urządzenie nie podłączone do prądu, niewłaściwe podłączenie, urządzenie nie włączone	Upewnij się, że wszystkie przewody elektryczne są właściwie podłączone (patrz: część instrukcji dot. Podłączenia urządzenia) i podłączone do prawidłowo funkcjonujących gniazdek. Upewnij się, że kluczyk w przedniej części urządzenia sterującego znajduje się w pozycji ON. Upewnij, że wyłącznik w przedniej części urządzenia sterującego znajduje się w pozycji ON.
Urządzenie ma moc ale nie odpowiada na polecenia laptopa.	Niewłaściwe podłączenie, nie zdjęta osłonka z soczewek F-Theta, laser nie włączony.	Upewnij się, że wszystkie przewody między komputerem, urządzeniem sterującym i markerem są właściwie podłączone. (Patrz podłączenie kabli). Upewnij się, że osłonki soczewek zostały zdjęte. Sprawdź, czy przycisk Run-Stop z przodu urządzenia sterującego jest włączony i czy świeci się światło LASER On.
Urządzenie nie graweruje.	Niewłaściwa odległość ogniskowa, materiał do grawerowania umieszczony w niewłaściwym miejscu, poluzowane kable.	Sprawdź, czy materiał do grawerowania został umieszczony w płaszczyźnie ogniskowej i czy znajduje się on w wyznaczonym do grawerowania polu (patrz część instrukcji dot. Ustawiania ogniskowej). Sprawdź połączenie przewodów.
Słaba jakość grawerowania	Niewłaściwe ustawienie materiału do grawerowania, niewłaściwe parametry znakowania, niewłaściwy materiał do znakowania, słaba jakość pliku graficznego.	Sprawdź, czy materiał do grawerowania został umieszczony w płaszczyźnie ogniskowej lasera i leży równolegle (płasko) w stosunku do dolnej części markera. Poproś o różną moc prądu urządzenia sterującego i różnych parametrów znakowania w programie SW-Pro aby uzyskać lepszą jakość. Sprawdź, czy laser jest w stanie grawerować na danym materiale(spróbuj wygrawerować to samo na innym materiale).Sprawdź jakość plików przed przesłaniem ich do programu SW-Pro.
Urządzenie nie graweruje lub grawerowanie jest słabej jakości.	Urządzenie wadliwe, zniszczone lub źle ustawione.	Jeżeli żadne z podanych powyżej rozwiązań nie usunęło problemu należy skontaktować się z serwisem firmy RMI Laser Polska .
Komunikat o błędzie (error message): Laser zatrzymany, Wyłącznik kluczowy lub blokada aktywowane. Sprawdź i usuń problem, następnie wciśnij przycisk MENU.	Został wciśnięty przycisk Emergency (nagły przypadek), kluczyk został przekręcony do pozycji OFF lub blokada została otwarta.	Upewnij się, że przycisk Emergency został wyłączony, kluczyk urządzenia sterującego znajduje się w pozycji ON a blokada jest zamknięta.
Komunikat o błędzie (error Messenger): Laser zatrzymany, zagrożenie bezpieczeństwa. Sprawdź i usuń problem a następnie wciśnij przycisk MENU.	Lampka LASER ON na głowicy markera nie działa.	Nie próbuj uruchomić ponownie urządzenia. Natychmiast skontaktuj się z serwisem RMI Laser Polska .

Aneks A Przydział bolców dla łącznika klasy I

Istnieje zdalnie sterowany łącznik układu arbitrażowego CLASS 1 BNC położony w dolnym prawym rogu tylnego panelu głowicy markera. Działa jedynie poprzez oprogramowanie LASER dla systemów klasy I.

Jeżeli klapka załącznika klasy I jest otwarta, system tymczasowo wstrzyma znakowanie i wyświetli właściwą informację na ekranie komputera. Kiedy klapka zostanie zamknięta system będzie kontynuował znakowanie. Diody lasera nie zostaną zamknięte.

Zewnętrzna doka skupiająca łącznika BNC jest ulokowana w górnym lewym rogu głowicy markera.



SCHEMATIC DIAGRAM FOR CLASS 1 CONNECTION

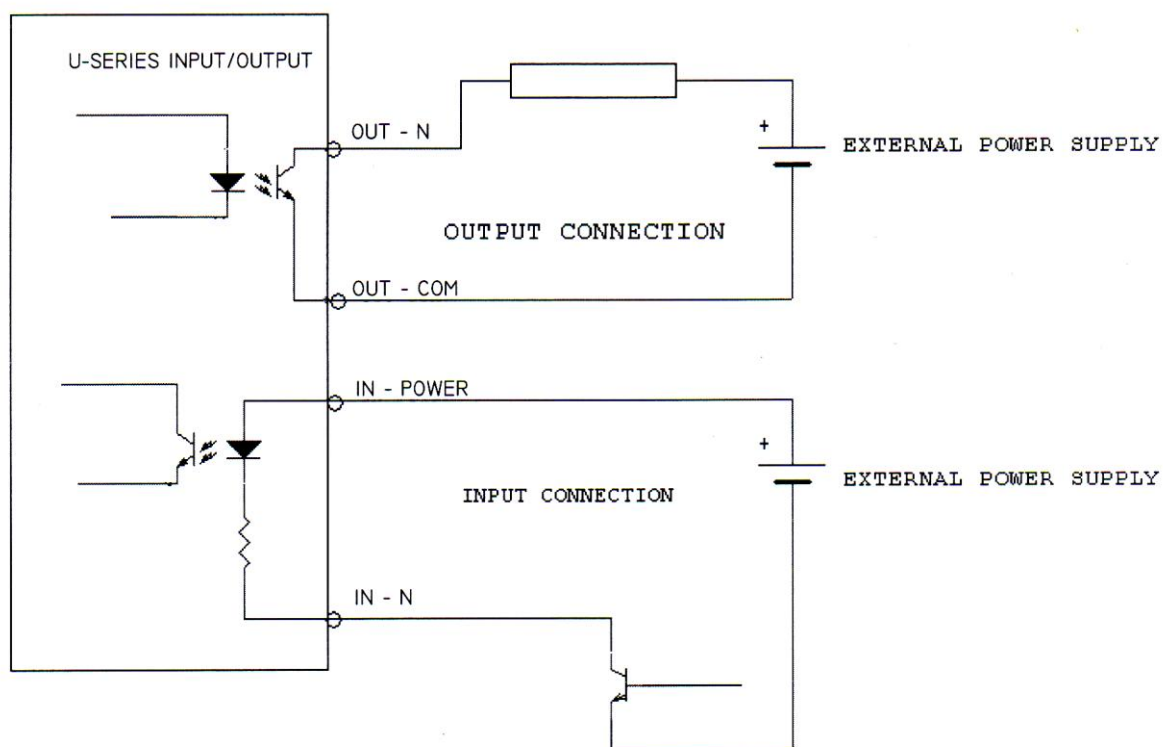
Aneks B Obsługiwanie za pośrednictwem cyfrowego portu - Wejście/wyjści

Bolec	In/Out	Zadanie	Funkcja	Uwagi
1	OUT-C0	Laser wyłączony	Gotowy	Aktywność niska
2	OUT-C1	Laser wyłączony	Rozgrzewanie zakończone	Aktywność niska
3	OUT-C2	Laser wyłączony	N/P	W rezerwie
4	OUT-COM			
5	IN-C0	Laser włączony	Dioda laserowa RUN/STOP	RUN – wysokie STOP - niskie
6	IN-C1	Laser włączony	Migawka OPEN/CLOSE	OPEN –niskie CLOSE- wysokie
7	IN-C2	Laser włączony	Naprawa błędu	Aktywowany zboczem sygnału
8	IN-POWER			
9	OUT-M0	Marker wyłączony	Gotowy do znakowania	Aktywność niska
10	OUT-M1	Marker wyłączony	N/P	W rezerwie
11	OUT-M2	Marker wyłączony	Zajęty – trakcie znakowania	Aktywność niska
12	OUT-M3	Marker wyłączony	Zajęty – w trakcie przesyłania danych	Aktywność niska
13	OUT-COM			
14	IN-M3	Marker włączony	Wybór pliku do znakowania	Aktywowany zboczem sygnału
15	IN-M2	Marker włączony	Rozpoczęcie znakowania	Aktywność niska
16	IN-M1	Marker włączony	Zatrzymanie znakowania/ zresetowanie do pierwszego pliku w pamięci	Aktywność niska
17	IN-M0	Marker włączony	N/P	W rezerwie
18	IN-POWER			
19	NIE UŻYWAĆ			
20	GND			
21	GND			
22	GND			
23	Q_Switch TTL	Sprzęt włączony	Uruchomienie zewnętrznego wyłącznika TTL Q-Switch	
24	GND			
25	GND			
26	LAS-ON ext	Sprzęt wyłączony		

Uwagi:

- N/P – nie zaprogramowany
- Wszystkie wyjścia i wejścia są optycznie izolowane i mogą działać przy 5-24V
- Wszystkie sygnały wchodzące muszą być przytrzymane co najmniej 50msec.

Diagram połączeń Wyjść i Wejść urządzenia U-15



Rozdział 9

Promieniowanie laserowe

Promieniowanie laserowe nie występuje w sposób naturalny w środowisku, lecz wytwarzane jest przez specjalnie do tego celu skonstruowane urządzenia nazywane laserami (**Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation**). Lasery są to generatory promieniowania elektromagnetycznego, najczęściej o długościach fali w zakresie promieniowania optycznego od 100 nm do 1 mm, w których wykorzystywane jest zjawisko emisji wymuszonej promieniowania. Promieniowanie laserowe znacząco różni się własnościami fizycznymi od promieniowania optycznego emitowanego przez konwencjonalne źródła takie jak promienniki nadfioletu, podczerwieni czy źródła światła stosowane do celów oświetleniowych. Mnogość urządzeń i sposobów wytwarzania wiązki laserowej sprawia, że lasery są urządzeniami bardzo zróżnicowanymi, które łączą jedynie pewne cechy emitowanego promieniowania. Lasery mają stosunkowo krótką historię liczącą zaledwie pół wieku. W 1960 roku fizyk amerykański Theodore Maiman i współpracownicy zbudowali pierwszy laser rubinowy [1]. Zapoczątkowało to bardzo dynamiczny rozwój laserów i technologii z nimi związanej. Promieniowanie laserowe stosuje się w różnych procesach technologicznych w przemyśle (np. cięcie, spawanie czy znakowanie laserowe), w medycynie (chirurgia laserowa, lasery biostymulacyjne), nauce oraz wojsku (śledzenie laserowe) i kosmetyce. Należy tu również wspomnieć o powszechnym wykorzystaniu laserów w przemyśle komputerowym oraz filmowym i fonograficznym (drukarki laserowe, odtwarzacze i nagrywarki CD i DVD). Urządzenia telekomunikacyjne coraz częściej wykorzystują światłowody, którymi przenoszone są informacje zakodowane w modulowanej wiązce laserowej. Z promieniowaniem laserowym można również zetknąć się podczas projekcji i widowisk, w których wykorzystuje się lasery do osiągnięcia spektakularnych efektów wizualnych. Podstawą działania lasera jest emisja wymuszona kwantów energii w ośrodku wzmacniającym (nazywanym również substancją laserującą lub ośrodkiem optycznie czynnym). Działanie lasera polega na wzbudzeniu ośrodka optycznie czynnego a następnie wyzwoleniu energii w postaci kwantu promieniowania spójnego. Promieniowanie laserowe charakteryzuje się wysokim stopniem spójności, monochromatyczności i ukierunkowania a kąt rozbieżności wiązki zwykle nie przekracza kilku miliradianów. Oprócz możliwości skupienia całej energii promieniowania lasera w nadzwyczaj małym paśmie widma i małym kącie bryłowym, można ten sam efekt uzyskać w odniesieniu do czasu. Istotną cechą lasera jest również to, że w większości jego aplikacji można uzyskać generację promieniowania tylko o określonym stanie polaryzacji. Szeroki zakres zastosowań laserów wiąże się z ich bogatym asortymentem i parametrami, które muszą być ściśle dobrane do potrzeb użytkownika. Laser emituje promieniowanie zazwyczaj o jednej lub kilku długościach fal i określonym zakresie mocy przystosowanym do danego zastosowania. Przykłady zastosowań wybranych typów laserów zaprezentowano w tabeli 1.

Lasery można grupować wg ich różnych cech jak np. typ rezonatora, układ pompujący, ośrodek wzmacniający czy rodzaj (reżim) pracy. Z punktu widzenia rezonatora można mówić o laserach z rezonatorem stabilnym lub niestabilnym, liniowym lub pierścieniowym. Układy pompowania mogą wykorzystywać przepływ prądu, naświetlanie fotonami, reakcje chemiczne. Lasery mogą być o działaniu ciągłym lub impulsowym, a te ostatnie z repetycją impulsów. Rozpatrując sposób i rodzaje przejść elektronów między poziomami ośrodka laserującego mówimy o laserach np. trójpoziomowych lub czteropoziomowych. Jednak najczęściej stosowanym i najbardziej ogólnym kryterium podziału laserów jest stan skupienia ośrodków optycznie czynnych. Wyróżniamy tu lasery stałe (kryształ lub szkło jako osnowa), półprzewodnikowe (złączone), cieczone (barwnikowe), gazowe (atomowe, jonowe, molekularne). Najpopularniejsze w zastosowaniach technologicznych są lasery CO₂, Nd: YAG i excimerowe.

Tabela 1 Zestawienie przykładowych zastosowań wybranych typów laserów

Typ lasera	Długość fali, nm	Rodzaj pracy, czas trwania impulsu	Sprawność	Przykładowe zastosowanie
Rubinowy $\text{AlaO}_3:\text{Cr}^{3+}$	694,3	Impulsowa, od kilku do kilkunastu μs	0,1 – 0,5 %	Spawanie, topienie wiercenie, stomatologia, impulsowa holografia, biologia, pomiar odległości
Neodymowy Nd^{3+} : YAG	1064,6 1300, 1400	Ciągła lub impulsowa od kilku ps do kilkunastu ms	0,1-10% (zależy od rodzaju pompy – większa przy pompie diodowej)	Telekomunikacja, laserowe układy śledzące, kontrolowane reakcje jądrowe, chirurgia, mikroobróbka, cięcie, pomiar odległości
Neodymowy na szkło Nd: Szkło	1050-1060	Ciągła lub impulsowa	1 – 5% (przy pompie lampowej)	Wzmacniacz optyczny do uzyskiwania impulsów o mocach GW, inicjowanie kontrolowanej reakcji jądrowej, cięcie, mikrosynteza
Półprzewodnikowy GaInAsP , GaAs , AlGaAs	800-1600	Ciągła lub impulsowa	60-75 %	Telekomunikacja światłowodowa, geodezja, poligrafia (pośrednio jako pompa do nacinania matryc), nagrywanie i odczytywanie płyt CD i DVD
Tytanowy $\text{Al}_2\text{O}_3: \text{Ti}^{3+}$	Przestrzajalna: 665-1130	Ciągła lub impulsowa od kilku fs	0,01 – 0,1% (zależy od pompy)	Do określania poziomu skażenia atmosfery (system LIDAR), separacja izotopów, badania biomedyczne
He-Ne	632,8	Ciągła	0,1%	Metrologia, holografia, interferometria
Ne-Cu (laser na parach miedzi)	510,6 i 578,2	Impulsowa	Do 3%	Precyzyjna obróbka materiałów, dermatologia
Azotowy N_2	337,1	Impulsowa 10 ns	20%	Spektroskopia, reakcje fotochemiczne
CO_2	Najczęściej 10600	Ciągła lub impulsowa	30%	Obróbka materiałów, cięcie, spawanie, chirurgia, stomatologia, laserowe układy śledzące, kontrolowane reakcje jądrowe, rozdzielanie izotopów
Aleksandrytowy	Przestrzajalna: 710-820	Ciągła lub impulsowa	0,3%	Do określania poziomu skażenia atmosfery (LIDAR), medycyna, spektroskopia
Excimerowy KrCl , ArF , KrF , XeCl , XeF	157, 193, 248, 308, 351	Impulsowa	1-2%	Chirurgia (okulistyka, kardiochirurgia), mechanika precyzyjna, znakowanie, wykonywanie otworów
Erbowy na szkło Er: Szkło	1540	Impulsowa	0,2%	Pomiar odległości bezpieczny dla oka
Erbowy Er: YAG	2940	Impulsowa	1,5%	Medycyna, badania biomedyczne

Zagrożenie promieniowaniem laserowym dla zdrowia człowieka odnosi się do oczu i skóry.

Uszkodzenie tych tkanek zachodzi zazwyczaj na skutek reakcji termicznych w wyniku absorpcji dużej ilości energii przenoszonej przez promieniowanie laserowe. Najbardziej zagrożone promieniowaniem laserowym są oczy [2]. W zależności od długości fali zagrożone są różne elementy składowe oka. Nadfiolet daleki UVC z zakresu 200- 215 nm i podczerwień o długościach fal powyżej 1400 nm pochłaniane są przez rogówkę. Bliski nadfiolet UVA oraz częściowo podczerwień IRA i IRB pochłaniane są przez soczewkę. Natomiast promieniowanie widzialne i bliska podczerwień IRA są przepuszczane do siatkówki.

Specjalną uwagę zwraca się na uszkodzenie siatkówki promieniowaniem z zakresu 400 – 1400 nm, które może być szczególnie szkodliwe.

Wiąże się to z faktem, że wiązka laserowa o średnicy kilku milimetrów może być skupiona na siatkówce oka do małej plamki o średnicy 10 μm . Oznacza to, że natężenie napromienienia wiązki wchodzącej do oka o wartości 1 mW/cm² jest efektywnie zwiększone do wartości 100 W/cm² na siatkówce oka. W rezultacie docierające do siatkówki promieniowanie jest wystarczająco duże aby spowodować uszkodzenie siatkówki. W zależności od miejsca na siatkówce, gdzie skupiane jest promieniowanie laserowe stopień uszkodzenia jest różny. Uszkodzenie w obrębie dołka środkowego może spowodować w rezultacie stałą ślepotę. Skóra jest największym organem ciała człowieka, a ryzyko jej uszkodzenia przez wiązkę laserową jest bardzo duże. Najbardziej zagrożona jest skóra rąk, głowy i ramion. Jednak do wywołania uszkodzeń skóry promieniowaniem laserowym potrzebne są znacznie większe dawki niż w przypadku oka. Promieniowanie laserów pracujących w zakresie widzialnym oraz podczerwonym może wywołać łagodną postać rumienia, jak również przy odpowiednio dużej dawce, być przyczyną poparzeń. Krótkotrwałe impulsy laserowe o dużej mocy szczytowej mogą powodować zwęglenie tkanek. Jakkolwiek urządzenia laserowe posiadają specjalne osłony oraz wyposażone są w instrukcje bezpiecznego ich użytkowania to zdarzają się przy ich obsłudze wypadki przy pracy, z czego aż 44% wiąże się z ekspozycją na promieniowanie laserowe [3]. Dlatego istotna jest znajomość klasy bezpieczeństwa lasera, które odzwierciedlają stopień szkodliwości danego urządzenia laserowego. W związku z faktem, że promieniowanie laserowe o zróżnicowanych długościach fal i mocach może wywołać różne skutki, podczas oddziaływania z tkanką biologiczną lasery podzielono na siedem klas (wg PN-EN 60825-1: 2000) 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B, 4. Wcześniejszy podział dzielił lasery na pięć klas (1, 2, 3A, 3B, 4).

W związku z powyższym producenci są zobligowani do umieszczenia na urządzeniu laserowym informacji o klasie bezpieczeństwa, do której należy dany laser.

Dzięki temu użytkownicy tych urządzeń wiedzą, jakie środki bezpieczeństwa mają przedsięwziąć.

W tabeli 2 przedstawiono charakterystykę klas laserów.

Tabela 2. Podział laserów i urządzeń laserowych na klasy (PN-EN 60825-1: 2000) [4]

Klasa	Charakterystyka
1	Lasery, które są bezpieczne w racjonalnych warunkach pracy
1M	Lasery emitujące promieniowanie w zakresie długości fal do 302,5 nm do 4000 nm, które są bezpieczne w racjonalnych warunkach pracy, ale mogą być niebezpieczne podczas patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne
2	Lasery emitujące promieniowanie widzialne w przedziale długości fal od 700. Ochrona oka jest zapewniona w sposób naturalny przez instynktowne reakcje obronne.
2M	Lasery emitujące promieniowanie widzialne w przedziale długości fal od 700. Ochrona oka jest zapewniona w sposób naturalny przez instynktowne reakcje obronne, ale mogą być niebezpieczne podczas patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne.
3R	Lasery emitujące promieniowanie w zakresie długości fal do 302,5 nm do 106 nm, dla których bezpośrednie patrzenie w wiązkę jest potencjalnie niebezpieczne.
3B	Lasery, które są niebezpieczne podczas bezpośredniej ekspozycji promieniowania. Patrzenie na odbicia rozproszone są zwykle bezpieczne.
4	<u>Lasery, które wytwarzają niebezpieczne odbicia rozproszone.</u> <u>Mogą one powodować uszkodzenie skóry oraz stwarzają zagrożenie pożarem. Podczas obsługi laserów klasy 4 należy zachować szczególną ostrożność.</u>

Poza urządzeniami klasy 1 użytkowanie laserów niesie za sobą możliwość wystąpienia zagrożeń ich promieniowaniem dla oczu i skóry człowieka. Najniebezpieczniejsze urządzenia laserowe należą do klasy 4.

Ich przykładem są lasery wykorzystywane przy cięciu spawaniu i znakowaniu oraz niektóre z laserów stosowanych w medycynie (np. lance laserowe). Przy obsłudze tych laserów konieczne jest zachowanie daleko idących środków bezpieczeństwa.

Każdy stosowany na stanowisku laser musi mieć przypisaną klasę, która wiąże się z koniecznością stosowania odpowiednich środków ochronnych przed promieniowaniem laserowym bezpośrednim, natomiast może istnieć potrzeba zabezpieczenia oczu pracownika przed promieniowaniem odbitym i rozproszonym. Promieniowanie to często jest również niebezpieczne dla ludzi i powinno być uwzględnione przy projektowaniu bezpiecznego stanowiska z urządzeniem laserowym. Najwyższy poziom promieniowania laserowego, który nie powoduje obrażeń oczu i skóry określany jest w odpowiednich aktach prawnych: na poziomie krajowym w rozporządzeniu, a na poziomie Unii Europejskiej – Dyrektywie (2006/25/EU) [5]. W Polsce określa go rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, jako maksymalną dopuszczalną ekspozycję MDE (Dz.U. nr 217) [6]. Ustalone wartości graniczne odnoszą się do przypadkowych, krótkotrwałych ekspozycji człowieka na to promieniowanie, a nie do zamierzonych ekspozycji do celów medycznych, rehabilitacyjnych, czy optycznej tomografii komputerowej. Ekspozycji na promieniowanie laserowe, którego parametry przekraczają ustalone wartości MDE wskazuje na duże ryzyko zawodowe, co jest równoznaczne ze szkodliwym skutkiem dla zdrowia. Dlatego pomiary odpowiednich parametrów promieniowania laserowego na stanowiskach pracy powinny być wykonywane zgodnie z obowiązującymi przepisami dotyczącymi badań czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. nr 73) [7]. Na ich podstawie powinna być dokonana ocena ryzyka zawodowego, zgodnie z przyjętymi kryteriami oceny zagrożenia (Dz.U. nr 217).

Prawidłowo i bezpiecznie zorganizowane stanowisko laserowe wymaga szczegółowej oceny wszystkich zagrożeń wynikających z jego funkcjonowania. Można przyjąć zasadę, że rozważa się trzy podstawowe elementy, tzn. potencjał zagrożeń spowodowany samym układem laserowym, środowisko, w którym umiejscowiony jest układ oraz stopień świadomości personelu obsługującego. Podczas pracy z urządzeniami laserowymi należy zachować szczególną ostrożność ze względu na właściwości emitowanego promieniowania, charakteryzującego się znaczną gęstością mocy w porównaniu z promieniowaniem otrzymywanym ze źródeł klasycznych. Niebezpieczeństwo wywołane przez urządzenia laserowe nie ogranicza się jedynie do promieniowania emitowanych wiązek laserowych. Z uwagi na konstrukcję i sposób pracy urządzeń laserowych należy również brać pod uwagę takie źródła zagrożeń jak:

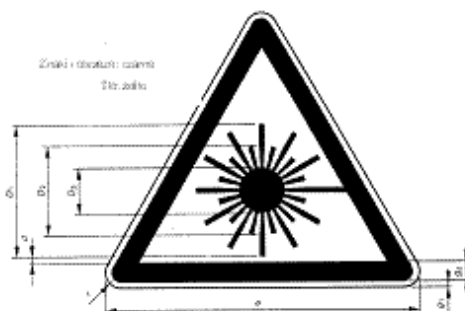
zagrożenia elektryczne, zagrożenia pochodzące od par i gazów (np. w chirurgii dymy powstające na skutek termicznego cięcia tkanek), zagrożenia pożarowe i wybuchowe (np. zapalenie się materiałów palnych na skutek oddziaływania promieniowania laserowego dużej mocy), zagrożenia promieniowaniem towarzyszącym (nielaserowym) (np. zagrożenia promieniowaniem wysokiej częstotliwości lub rentgenowskim pochodzącym z laserów).

Wszystkie wymienione czynniki stanowią więc potencjał zagrożeń spowodowany samym układem laserowym. Umiejscowienie układu laserowego odgrywa bardzo ważne znaczenie z punktu widzenia efektywności pracy lasera, jak również bezpieczeństwa. Bardzo ważnymi elementami bezpieczeństwa laserowego jest również zastosowanie odpowiednich blokad bezpieczeństwa oraz środków ochrony indywidualnej i zbiorowej a także szkolenie pracowników. Szkolenie personelu obsługującego urządzenie laserowe powinno obejmować:

procedury eksploatacji urządzeń laserowych,
sposób właściwego użycia procedur kontroli zagrożenia, znaków ostrzegawczych, itp.,
procedury zgłaszania wypadku, zagadnienia związane ze skutkami biologicznymi oddziaływania promieniowania laserowego na oczy i skórę.

W pomieszczeniach, w których znajdują się urządzenia laserowe, mogące emitować nieosłonięte wiązki promieniowania, należy zapewnić:

- oświetlenie elektryczne o odpowiednio wysokim poziomie natężenia, gdyż w takich warunkach źrenice oczu są znacznie mniej rozszerzone niż w miejscach ciemnych i słabo oświetlonych. Przy mniej rozszerzonej źrenicy, mniej promieniowania laserowego może wnikać do oka i a tym samym skutki szkodliwe są też mniejsze.
- matowe wykończenie ścian, aby uniknąć przypadkowych niebezpiecznych odbić zwierciadlanych.
- odpowiednie zabezpieczenie okien, aby promieniowanie laserowe nie mogło przedostać się na zewnątrz pomieszczenia
- odpowiednio oznakowanie wejścia do miejsca, w którym pracuje laser tak, aby informować o potencjalnym zagrożeniu. Wzór etykiety ostrzegawczej przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1 Etykieta ostrzegawcza – znak zagrożenia (PN-EN 60825-1: 2000)

W tabeli 3 wymieniono podstawowe wymagania i zalecenia dla użytkowników urządzeń laserowych.

Tabela 3 Podstawowe wymagania i zalecenia dla użytkowników urządzeń laserowych

Wymagania i zalecenia	Klasa lasera						
	Klasa 1	Klasa 1M	Klasa 2	Klasa 2M	Klasa 3R	Klasa 3B	Klasa 4
Mianowanie inspektora do spraw bezpieczeństwa laserowego					+ ¹⁾	+	+
Zastosowanie łącznika zdalnej blokady						+	+
Uruchamianie kluczem						+	+
Zastosowanie ogranicznika lub tłumika wiązki laserowej						+	+
Urządzenie sygnalizujące emisję promieniowania					+ ¹⁾	+	+
Zastosowanie znaków ostrzegawczych						+	+
Ośłonięcie wiązek laserowych					+	+	+
Unikanie odbić zwierciadlanych					+	+	+
Zastosowanie środków ochrony oczu						+ ²⁾	+ ²⁾
Zastosowanie odzieży ochronnej						+ ³⁾	+ ³⁾
Szkolenie pracowników w zakresie bezpiecznej pracy z laserami					+	+	+

1) Wymagane tylko podczas emisji promieniowania spoza zakresu widzialnego

2) Wymagane jeśli w obszarze oddziaływania promieniowania laserowego przekroczone są wartości MDE

3) Wymagane jeśli promieniowanie laserowe stwarza potencjalne zagrożenie

Do ochrony przed promieniowaniem laserowym stosowane są :

gogle i okulary wyposażone w odpowiednie filtry optyczne.

Literatura

1. Karczmarek F., 1986
2. Wolska A, Konieczny P., 2006
3. <http://www.Technologielaserowe.republika.pl>
4. PN-EN 60825-1: 2000
5. Dyrektywa 2006/25/EU
6. Rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, jako maksymalną dopuszczalną ekspozycję MDE (Dz.U. nr 217)
7. (Dz. U. nr 73)

Sprzęt do ochrony oczu i twarzy przed promieniowaniem laserowym

Do ochrony indywidualnej oczu przed promieniowaniem laserowym, w zakresie fal od 180 do 1000 μm służą okulary, gogle i osłony twarzy zaopatrzone w specjalne filtry ochronne (PN-EN 2007) [1]. W związku z monochromatycznością promieniowania laserowego filtry ochronne przeznaczone są do konkretnych typów laserów. W przypadku, gdy niebezpieczne promieniowanie laserowe powstaje w widzialnym zakresie widma od 400nm do 700nm, a ochrony oczu osłabiają to promieniowanie do wartości zdefiniowanych dla laserów klasy 2 ($P \leq 1\text{mW}$ dla laserów pracy ciągłej - w tym przypadku fizjologiczne reakcje obronne włącznie z odruchem mrugania przyczyniają się do ochrony oczu), ochrony takie nazywamy środkami ochrony oczu do justowania laserów (PN-EN 2008) [2].

Przy wyborze właściwej ochrony oczu zaleca się aby:

była wygodna w noszeniu i zapewniała ściśle dopasowanie do twarzy (dla gogli) przy jednoczesnej odpowiedniej wentylacji dla uniknięcia zaparowania, zapewniała jak najszersze, możliwe pole widzenia (niczym nie zakłócone pole widzenia co najmniej 40° w kierunkach poziomym i pionowym dla każdego oka, zapewniała dostateczne wysokie tłumienie promieniowania laserowego, zapewniała odpowiednią transmisję w paśmie widzialnym (współczynnik przepuszczania światła filtru powinien być nie mniejszy niż 20%, była odporna na promieniowanie laserowe, przed którym zapewnia ochronę, bardzo ważne jest również, aby oprawy oraz jakiegokolwiek części boczne (z wyłączeniem taśmy opasującej głowę, w przypadku gogli) zapewniały taką samą ochronę jaka jest zapewniona przez filtry.

Najważniejszymi parametrami do oceny skuteczności ochrony przed promieniowaniem laserowym są:

- widmowy współczynnik przepuszczania ($\tau(\lambda)$),
- gęstość optyczna (D_λ),
- współczynnik przepuszczania światła (τ_v),
- odporność na promieniowanie laserowe.

Podstawową (ale nie jedyną!) informacją mówiącą o przydatności filtru do ochrony oczu przed konkretnym promieniowaniem laserowym, niejako „wizytówką” filtru jest jego charakterystyka widmowa, obejmująca zakresy niebezpiecznego promieniowania laserowego oraz widzialnego. Na rysunku 5.1 przedstawiono przykładową charakterystykę widmową filtru absorpcyjnego, zapewniającego ochronę przed kilkoma długościami fal laserowych. Minimalną wartość gęstości optycznej (D_λ) filtrów, w warunkach założonej ekspozycji (H) oblicza się ze wzoru [1]:

$$D_\lambda = \log_{10} \frac{H_0}{\text{MDE}}$$

Gdzie: H_0 – spodziewanym poziomem ekspozycji niechronionego oka,
MDE – Maksymalna dopuszczalna ekspozycja.

W tabelach 2 i 3 przedstawiono oznaczenia filtrów chroniących przed promieniowaniem laserowym, natomiast na rysunku 1 przykładową charakterystykę widmową filtru absorpcyjnego chroniącego przed promieniowaniem laserowym

Rys. 1 Przykładowa charakterystyka transmisyjna filtru absorpcyjnego

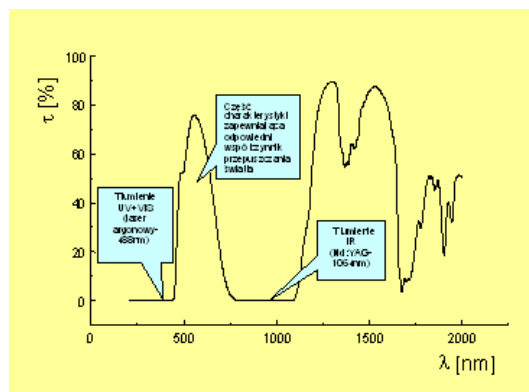


Tabela 2. Oznaczenia filtrów do justowania laserów, zapewniające ochronę przed promieniowaniem laserowym dla zakresu długości fal od 400nm do 700nm 1mW przy pracy ciągłej tzw. lasery CW [1].≤ oraz mocy

Oznaczenie	Współczynnik przepuszczania światła Filtr	Współczynnik przepuszczania światła Oprawa	Lasery CW i impulsowe o czasie trwania impulsu $\leq 2 \times 10^{-4}$ s Maksymalna moc lasera	Lasery impulsowe o czasie trwania impulsu $> 10^{-9}$ s do 2×10^{-4} s Maksymalna energia impulsu
R1	$10^{-2} < \tau \leq (I) 10^{-1}$	$\tau \leq (I) 10^{-1}$	0,01	2×10^{-6}
R2	$10^{-3} < \tau \leq (I) 10^{-2}$	$\tau \leq (I) 10^{-2}$	0,1	2×10^{-5}
R3	$10^{-4} < \tau \leq (I) 10^{-3}$	$\tau \leq (I) 10^{-3}$	1	2×10^{-4}
R4	$10^{-5} < \tau \leq (I) 10^{-4}$	$\tau \leq (I) 10^{-4}$	10	2×10^{-3}
R5	$10^{-5} < \tau \leq (I) 10^{-5}$	$\tau \leq (I) 10^{-5}$	100	2×10^{-2}

Tabela 3. Oznaczenia filtrów chroniących przed promieniowaniem laserowym [2]

Długość fali 180 nm do 315 nm

Typ lasera \ oznaczenie	D	I, R	M
L1	0,01	3×10^2	3×10^{11}
L2	0,1	3×10^3	3×10^{12}
L3	1	3×10^4	3×10^{13}
L4	10	3×10^5	3×10^{14}
L5	100	3×10^6	3×10^{15}
L6	103	3×10^7	3×10^{16}
L7	104	3×10^8	3×10^{17}
L8	105	3×10^9	3×10^{18}
L9	106	3×10^{19}	3×10^{19}
L10	107	3×10^{11}	3×10^{20}

Długość fali ponad 315 nm do 1400 nm

Typ lasera \ oznaczenie	D	I, R	M
L1	10^2	0,05	5×10^5
L2	10^3	0,5	5×10^8
L3	10^4	5	5×10^9
L4	10^5	50	5×10^{10}
L5	10^6	5×10^2	5×10^{11}
L6	10^7	5×10^3	5×10^{12}
L7	10^8	5×10^4	5×10^{13}
L8	10^9	5×10^5	5×10^{14}
L9	10^{19}	5×10^6	5×10^{15}
L10	10^{11}	5×10^7	5×10^{26}

Długość fali ponad 1400 nm do 1000 μm

Typ lasera \ oznaczenie	D	I, R	M
L1	10^4	10^3	10^{12}
L2	10^5	10^4	10^{13}
L3	10^6	10^5	10^{14}
L4	10^7	10^6	10^{15}
L5	10^8	10^7	10^{16}
L6	10^9	10^8	10^{17}
L7	10^{10}	10^9	10^{18}
L8	10^{11}	10^{10}	10^{19}
L9	10^{12}	10^{11}	10^{20}
L10	10^{13}	10^{12}	10^{21}

Uwagi:

Gęstość mocy E wiązki lasera o pracy ciągłej jest obliczana na podstawie mocy lasera P i przekroju poprzecznego wiązki $E=P/A$;

Gęstość energii wiązki lasera impulsowego (I lub R) jest obliczana na podstawie energii impulsu Q i przekroju poprzecznego wiązki $H=Q/A$. Dla laserów pracujących w przedziale długości fal od 400 nm do 1400 nm, gęstość energii H powinna być korygowana. Jeżeli częstotliwość impulsów laserowych wynosi γ , to całkowita liczba impulsów N w czasie 10 s wynosi: $N= \gamma \times 10$ s. Wartość gęstości energii H' wynosi $H'=H \times N^{1/4}$. Potrzebny stopień ochrony odczytuje się dla skorygowanej wartości H'. Dla laserów z synchronizacją modu obliczenie gęstości mocy wiązki przeprowadza się jak dla laserów o pracy ciągłej. Ponadto dla laserów o przedziale długości fal od 400 nm do 1400 nm należy obliczyć H', tak jak opisano wyżej.

Dyrektywa 2006/25/EC Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa, dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (sztucznym promieniowaniem optycznym), jest w trakcie wdrażania do polskiego systemu prawnego.

Państwa członkowskie Unii Europejskiej mają wprowadzić w życie przepisy ustawowe, wykonawcze i administracyjne, niezbędne do pełnego przyjęcia tej dyrektywy, do 27 kwietnia 2010 r.

W Polsce zadanie to leży w kompetencji właściwego ministra do spraw pracy.

Dyrektywa obejmuje promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali w zakresie od 100 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) do 1 mm, zarówno niekoherentne (nie laserowe), jak i laserowe (promieniowanie optyczne lasera).

To drugie warte jest szerszego omówienia z uwagi na stale rosnące wykorzystanie laserów.

Różne ich rodzaje znajdują współcześnie zastosowanie w takich dziedzinach, jak: poligrafia, obróbka metali, znakowanie produktów, medycyna (chirurgia, chirurgia naczyniowa, dermatologia, ginekologia, laryngologia, neurochirurgia, okulistyka, ortopedia, otolaryngologia, pulmonologia, stomatologia, urologia i in.), spektroskopia, telemetria, telekomunikacja, przemysł rozrywkowy, technologie wojskowe itd.

W dyrektywie zdefiniowano podstawowe pojęcia, między innymi: napromienienia, natężenia napromienienia, luminancji energetycznej i tzw. poziomu (kombinacji natężenia napromienienia, napromienienia i luminancji energetycznej, na które narażony jest pracownik), a przede wszystkim pojęcie wartości granicznych ekspozycji na promieniowanie, które bezpośrednio powiązano ze skutkami zdrowotnymi i biologicznymi dla ludzkiego organizmu. Zastosowanie się do tych wartości – zależnych od długości fali promieniowania laserowego, czasu trwania impulsu laserowego lub czasu ekspozycji, rodzaju narażonej tkanki i charakteru ekspozycji (promieniowanie bezpośrednie lub rozproszone) – zapewnia pracownikom narażonym na promieniowanie ochronę przed wszelkimi znanymi, niekorzystnymi skutkami zdrowotnymi. Wartości graniczne ekspozycji dla promieniowania laserowego określone są w załączniku do dyrektywy. Trzeba podkreślić, że najbardziej zagrożone promieniowaniem laserowym są oczy. Promieniowanie o długości fal w zakresie od 400 nm do 1400 nm wnika do oka i jest ogniskowane na siatkówce, co może spowodować jej uszkodzenie. Promieniowanie o długości fal poniżej 400 nm i powyżej 1400 nm nie wnika do oka, powoduje natomiast uszkodzenie rogówki. Promieniowanie laserowe może trafić na źrenicę nie tylko bezpośrednio z lasera, ale także przypadkowo, w wyniku odbicia wiązki laserowej, co jest szczególnie niebezpieczne przy pracy z laserami emitującymi promieniowanie w niewidzialnym zakresie widma. Od promieniowania ciągłego groźniejsze może być promieniowanie impulsowe. W przypadku promieniowania ciągłego powieka może odruchowo odciąć jego dostęp do oka, natomiast w przypadku promieniowania impulsowego czas trwania impulsu może być zbyt krótki, aby do takiej reakcji doszło. W przypadku laserów dużej mocy niebezpieczne jest nawet ich światło rozproszone. Promieniowanie laserowe stwarza zagrożenia również dla skóry. Skutkiem jego działania może być uszkodzenie skóry (rumień, oparzenie, zwęglenie tkanki). W przypadku absorpcji promieniowania nadfioletowego przez DNA możliwe jest działanie rakotwórcze. Może dochodzić także do porażenia naczyń krwionośnych, koagulacji białek i destrukcji komórek. Generalnie charakter oddziaływania promieniowania laserowego na skórę zależy od długości fali (głębokość wnikania), gęstości mocy i czasu ekspozycji. Graniczna odległość od wyjścia lasera, powyżej której nie występuje już zagrożenie dla oczu i tym bardziej dla skóry (tzw. nominalna odległość zagrożenia wzroku), wynosi, przykładowo, przy czasie ekspozycji oka do 10 s – ok. 0,3 m dla lasera Nd: YAG o mocy 25 W, ok. 6,0 m dla lasera Nd: YAG o mocy 100 W, ok. 4,0 m dla lasera argonowego o mocy 20 W i ok. 100 m (!) dla lasera CO₂ o mocy ciągłej rzędu kilku kW (stosowanego do cięcia i spawania).

Wśród innych zagrożeń związanych z użytkowaniem laserów można także wymienić:

zagrożenia związane z parami i gazami powstającymi podczas laserowej obróbki materiałów (np. gazami toksycznymi przy cięciu tworzyw sztucznych lub dymami zawierającymi toksyczne związki chemiczne, nieuszkodzone wirusy i bakterie przy termicznym niszczeniu tkanki w chirurgii itd.), zagrożenia związane z nie laserowym promieniowaniem towarzyszącym (np. wysokiej częstotliwości lub pochodzącym z laserów promieniowaniem rentgenowskim), zagrożenia pożarowe i wybuchowe (w przypadku laserów dużej mocy). Artykuł 4 dyrektywy 2006/25/EC potwierdza, że zgodnie z art. 6 ust. 3 i art. 9 ust. 1 dyrektywy ramowej, pracodawca jest obowiązany do przeprowadzenia oceny i w razie konieczności pomiarów lub obliczeń poziomów ekspozycji na promieniowanie, na które mogą być narażeni pracownicy. Na tej podstawie mogą zostać określone i wprowadzone w życie środki niezbędne do ograniczenia ekspozycji poniżej właściwych wartości granicznych.

W odniesieniu do promieniowania laserowego metodologia stosowana do oceny, pomiaru lub obliczeń powinna odpowiadać normom Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (IEC). Czynności te powinny być planowane i dokonywane przez właściwe służby lub osoby (przy uwzględnieniu przepisów art. 7 i 11 dyrektywy ramowej), a uzyskane dane przechowywane w celu ich ewentualnego, późniejszego skonsultowania. Pracodawca zobowiązany jest do posiadania oceny ryzyka i określenia środków, jakie należy podjąć w celu uniknięcia lub ograniczenia ryzyka oraz do informowania i szkolenia pracowników. Ocena ryzyka powinna być zapisana na odpowiednim nośniku, zgodnie z krajowym prawem i praktyką oraz może zawierać uzasadnienie pracodawcy stwierdzające, że charakter i zakres ryzyka związanego z promieniowaniem nie pociąga za sobą konieczności dalszej, bardziej szczegółowej oceny.

Ocena ryzyka podlega systematycznej aktualizacji, szczególnie w przypadkach zmian zachodzących w miejscu pracy lub – wskazujących na konieczność aktualizacji – wyników badań lekarskich pracowników. W przypadku, gdy ocena ryzyka wskazuje na możliwość przekroczenia wartości granicznych ekspozycji, pracodawca ma obowiązek opracowania i wprowadzenia w życie planu działania obejmującego ośrodki techniczne lub organizacyjne służące zapobieganiu przekroczeniom tych wartości w miejscu pracy. Chodzi np. o ewentualne zastosowanie innych metod pracy, dobór sprzętu o niższym poziomie emisji promieniowania, zastosowanie środków technicznych w celu redukcji poziomu emisji promieniowania (osłony ochronne, tłumiki wiązki laserowej, zapewnienie możliwości zdalnego wyłączenia lasera lub przerywania akcji laserowej), właściwe zaprojektowanie i usytuowanie stanowisk pracy, ograniczenie poziomu i czasu trwania ekspozycji na promieniowanie, zapobieganie odbiciom wiązki, udostępnienie prawidłowo dobranych środków ochrony indywidualnej (okularów, gogli ochronnych, odzieży ochronnej). Stanowiska pracy, na których może wystąpić zagrożenie przekroczenia wartości granicznych ekspozycji, muszą być odpowiednio oznakowane, a dostęp do nich ograniczony.

Pracodawca zobowiązany jest do zapewnienia pracownikom narażonym na promieniowanie lub ich przedstawicielom informacji i szkoleń poświęconych:

Środkom podjętym w celu wprowadzenia w życie omawianej dyrektywy, wartościom granicznym ekspozycji i związanym z nimi zagrożeniami, wynikom oceny i pomiarów poziomów ekspozycji na promieniowanie i przedstawieniu związanego z nimi potencjalnego ryzyka, sposobom wykrywania skutków zdrowotnych narażenia na promieniowanie i zgłaszania ich, bezpiecznym sposobom pracy, okolicznościom, w których pracownicy uprawnieni są do profilaktycznych badań lekarskich oraz prawidłowemu stosowaniu środków ochrony indywidualnej.

Sprawę konsultacji i udziału pracowników w rozwiązywaniu problemów generowanych przez obecność w środowisku pracy promieniowania laserowego uregulowane są zgodnie z art. 11 dyrektywy ramowej. Artykuł 8 dyrektywy 2006/25/EC poświęcono profilaktycznym badaniom lekarskim. W dyrektywie zapowiedziano również opracowanie przez Komisję Europejską praktycznego przewodnika dotyczącego m.in. określenia ekspozycji na promieniowanie, na jakie mogą być narażeni pracownicy, oceny ryzyka oraz przepisów związanych z unikaniem lub ograniczaniem ryzyka – w celu ułatwienia jej wdrożenia. Bezpieczeństwo obsługi laserów charakteryzuje ich klasa, określana przez producenta. Zgodnie z wymaganiami polskiej normy PN-EN 60825-1 (Bezpieczeństwo urządzeń laserowych. Cz. 1: Klasyfikacja sprzętu, wymagania i przewodnik użytkownika), informacja o klasie lasera powinna być do niego przymocowana. Warto przypomnieć aktualnie obowiązujący podział na siedem klas (poprzedni podział obejmował pięć klas, zobacz tabela poniżej). Odpowiedzialność za przeprowadzenie prawidłowej klasyfikacji urządzenia laserowego ponosi producent. Problematyka bezpiecznej pracy w warunkach narażenia na promieniowanie laserowe może nabierać w najbliższych latach coraz większego znaczenia w działalności kontrolnej i prewencyjnej Państwowej Inspekcji Pracy, zarówno z uwagi na wagę tego zagadnienia, jak i proces wdrażania dyrektywy 2006/25/EC do polskiego systemu prawnego.

Maciej Sokołowski

Departament Prewencji i Promocji GIP

Klasy bezpieczeństwa

Klasa 1:

Lasery, które są bezpieczne w racjonalnie przewidywalnych warunkach pracy, także w przypadku Patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne.

Klasa 1M:

Lasery emitujące promieniowanie w zakresie długości fali od 302,5 nm – 4000 nm, które są bezpieczne w racjonalnie przewidywalnych warunkach pracy, ale mogą stanowić zagrożenie, jeśli użytkownik wprowadzi elementy optyczne w tor wiązki.

Klasa 2:

Lasery emitujące promieniowanie widzialne w zakresie długości fali od 400 nm do 700 nm, gdzie ochrona oka jest w naturalny sposób zapewniona przez reakcje awersyjne, łącznie z odruchem mrugania. Reakcje te zapewniają odpowiednią ochronę w racjonalnie przewidywalnych warunkach pracy, także w przypadku patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne.

Klasa 2M:

Lasery emitujące promieniowanie widzialne w zakresie długości fali od 400 nm do 700 nm, gdzie ochrona oka jest w naturalny sposób zapewniona przez reakcje awersyjne, łącznie z odruchem mrugania. Jednak patrzenie w wiązkę może stanowić zagrożenie, jeśli użytkownik wprowadzi elementy optyczne w tor wiązki.

Klasa 3R:

Lasery emitujące promieniowanie w zakresie długości fali od 302,5 nm do 10⁶nm, potencjalnie zagrażające przy bezpośrednim patrzeniu w wiązkę, jednak z mniejszym ryzykiem niż lasery klasy 3B oraz mniej licznymi wymaganiami dotyczącymi produkcji i środków kontroli przez użytkownika niż dla laserów klasy 3B.

Klasa 3B:

Lasery niebezpieczne przy bezpośrednim patrzeniu w wiązkę (w zakresie nominalnej odległości zagrożenia wzroku). Patrzenie na odbite promieniowanie rozproszone jest zazwyczaj bezpieczne.

Klasa 4:

Lasery bardzo niebezpieczne, wytwarzające zagrożenie także przy odbiciach rozproszonych.

Mogą powodować obrażenia skóry i zagrożenie pożarem. Ich stosowanie wymaga ekstremalnej ostrożności.