



Frezowanie rowków o różnych przekrojach w drewnie i w miękkich tworzywach sztucznych można samodzielnie łatwo wykonać za pomocą prostej przystawki napędzanej elektryczną wiertarką. Jak zbudować taką przystawkę – frezarkę, piszemy na str. 65



BUDUJEMY LASER GAZOWY

Lasery można nazwać wzmacniaczem światła. Został on wynaleziony w roku 1960. Od tego czasu lasery zrobiły ogromną karierę w wielu dziedzinach życia, a ilość ich zastosowań ciągle rośnie.

Lasery wysyła wiązki światła spójnego, monochromatycznego o dużej gęstości mocy i niezwykle małej rozbieżności (kilka minut kątowych). Te właściwości lasera sprawiły, że znalazł on zastosowanie np. do pomiaru odległości, wyznaczania linii prostych, obróbki materiałów, spawania metali – „spawania” siatkówki w oku. Stał się użyteczny w leczeniu akupunkturą jako idealnie sterylna igła oraz jako skalpel w chirurgii. Niezwykle ważną cechą światła laserowego jest zdolność do interferencji i dyfrakcji, dlatego znalazło ono zastosowanie w holografii. Laserem interesuje się wojsko oraz fizycy zajmujący się syntezą jądrową.

Urządzenia laserowe są dwojakiego rodzaju: o działaniu impulsowym i ciągłym. Najważniejszym reprezentantem laserów o ciągłym działaniu jest laser helowo-neonowy, zwany He-Ne, od mieszaniny gazów, którymi jest wewnątrz wypełniony. Urządzenie promieniuje światło monochromatyczne o długości fali $\lambda = 0,6328 \mu\text{m}$. Światło takie widzimy jako czerwone.

Lasery He-Ne mają zwykle małe moce, więc ich użytkowanie w obróbce materiałów jest problematyczne. Znalazły jednak dzięki swej niskiej cenie, małym wymiarom oraz wysokiej stabilności pracy, małej rozbieżności wiązki i wąskiemu pasmu częstotliwości zastosowanie w urządzeniach pomiarowych i w holografii.

Celowe jest wprowadzenie do szkół, na zajęcia z fizyki, tego typu lasera, gdyż znacznie ułatwi on zajęcia z optyki i daje możliwości poszerzenia tematyki, a jednocześnie wprowadza młodzież w dziedzinę nowej nauki – elektroniki kwantowej. Posługując się laserem można upogłodzić omawianie zjawiska dyfrakcji i interferencji fal stosując zwykłą ławę optyczną. Można pokazać załamanie i odbicie światła, rozpraszanie i skupianie.

Ponieważ znana jest długość fali światła lasera, więc może on służyć jako wzorzec częstotliwości promieniowania świetlnego przy tego typu pomiarach.

Wspomniane doświadczenia nie wymagają zaciemniania sali, ponieważ źródło światła jest wyjątkowo silne. Obawy o bezpieczeństwo wzroku uczniów są zbyt duże, gdyż nie może on wyrzucić większego skutku niż słońce, gdy w nie nieopatrznie spojrzeć. Oczywiście, należy unikać patrzenia bezpośrednio w promień lasera i uczniowie nie powinni go obsługiwać. W rękach doświadczonego nauczyciela będzie to cenna pomoc naukowa.

Budowa lasera

Lasery gazowy He-Ne składa się z zasilacza wysokiego napięcia prądu stałego oraz rury laserowej (rys. 1) umieszczonej w odpowiedniej obudowie (rys. 10), zapewniającej bezpieczeństwo a jednocześnie odpowiednią wentylację, ponieważ maksymalna temperatura palnika nie może przekraczać 60°C (333°K).

Lasery typu LG-200 (wielomodowy) oraz LG-2001 (jednomodowy) produkują Zakłady Wytwórcze Lamp Elektronowych im. Róży Luksemburg w Warszawie, przy ul. Karolkowej 32/44 (kod pocztowy 01-207). Cena rury laserowej wynosi 11 700 zł. Dystrybucja dla instytucji jest prowadzona bezpośrednio przez zakład produkcyjny. Dla szkół wskazany jest laser jednomodowy LG-2001.

Poniżej opisany zasilacz lasera został sprawdzony w eksploatacji, a jego budowa nie nastręczy wiele trudności, ponieważ wszystkie użyte tu elementy są dostępne na rynku, a niektóre są w dyspozycji szkół i innych zakładów.

Zasilacz może być wykonany przez członków różnego rodzaju kółek technicznych, oczywiście

pod nadzorem doświadczonego nauczyciela-elektrotechnika lub elektronika.

Podany opis jest przykładowy, gdyż istnieje duża możliwość stosowania materiałów zastępczych. Trzeba oczywiście pamiętać przy tym o głównych parametrach, na które w dalszej części opisu zwróćmy uwagę. Koszt budowy zasilacza nie powinien przekroczyć 4000 zł.

Wymiary rury laserowej (palnika) podane zostały na rys. 2.

Zasilacz, którego schemat ideowy został przedstawiony na rys. 3, składa się z autotransformatora Tr 1 z odczepami, do którego przez przełącznik P₁ przyłączone są równolegle pierwotne uzwojenia transformatorów Tr 2 i Tr 3. Uzwojenia wtórne transformatorów Tr 2 i Tr 3 połączono szeregowo, co daje sumowanie napięć. Ten mały znany, ale prosty sposób łączenia transformatorów godny jest polecenia, gdyż daje możliwość wykorzystania będących w posiadaniu konstruktorów różnych transformatorów sieciowych. Należy dodać, że w opisanym układzie wcale nie muszą być użyte 2 transformatory. Może być jeden lub trzy, cztery czy więcej, w zależności od posiadanych zasobów. Musi być jednak spełniony warunek przystosowania uzwojeń pierwotnych tych transformatorów do napięcia 220 V. Gdyby napięcia wtórne się odejmowały, należy zamienić miejscami końce uzwojeń jednego z transformatorów (obojętne – pierwotnych lub wtórnych).

Ponieważ napięcie zapłonu lasera wynosi przeważnie 3,5–4 kV, wystarczy więc, jeżeli zbudujemy zasilacz, którego maks. napięcie na wyjściu wyniesie 6 kV. Zarówno jako autotransformator jak też w funkcji pozostałych transformatorów można użyć transformatorów sieciowych TS 45/5/676 lub innych o mocy ok. 40 W.

Jeżeli do budowy autotransformatora wykorzystamy transformator TS 45/5/676, należy najpierw usunąć jego wszystkie uzwojenia. Uzwojenie będące najbliższą rdzenia jest uzwojeniem pierwotnym i jego właśnie użyjemy na autotransformator.

Uzwojenie pierwotne nawinięte jest drutem \varnothing 0,35 mm i ma 800 zwojów. Dane dla tego transformatora po przerobieniu na autotransformator podaje zamieszczona tabela. W razie użycia

innego transformatora, trzeba dokonać samodzielnych obliczeń, pamiętając o napięciach podanych w tabeli.

Jako przełączników P₁ i P₂ można użyć siedmio-pozycyjnych przełączników stosowanych w głośnikach radiowęzłów. Można użyć również innego przełącznika o większej liczbie styków, ale w przełączniku P₂ nie mogą one leżeć zbyt blisko siebie ze względu na możliwość przeskoaku iskry pod dużym napięciem.

Należy wyjaśnić jeszcze, po co stosowana jest regulacja napięcia. Jak podaje instrukcja fabryczna lasera, ma on dość duży rozrzut parametrów i nie można dokładnie przewidzieć jego pracy, a poza tym parametry te ulegają zmianie w procesie zużycia lasera.

Wiadomo, że nie należy przekraczać mocy admysyjnej rury laserowej i prąd nie może przekraczać 8 mA, a prąd znamionowy wynosi 6 mA. Napięcie zapłonu może wynosić 3–8 kV (przeważnie 4 kV dla nowego lasera).

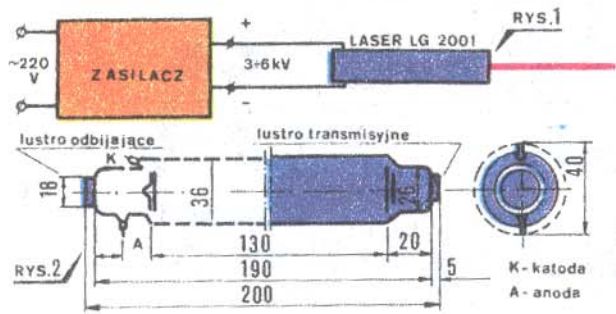
Regulację napięcia zapłonu zapewnia autotransformator, a regulację natężenia – blok rezystorów.

W czasie nawijania autotransformatora należy pamiętać o izolowaniu poszczególnych warstw drutu papierem izolacyjnym. Wyprowadzone końcówki uzwojenia trzeba izolować cienkimi rurkami igelitowymi. Po nawinięciu uzwojeń autotransformatora należy, owinąć je nieco grubiej papierem izolacyjnym i na nim nawinąć jeszcze jedno uzwojenie – 25 zwojów, które wykorzystamy do zarżenia włókna katody lampy prostowniczej. Uzwojenie to nawiniemy drutem w emalii o średnicy 1 mm.

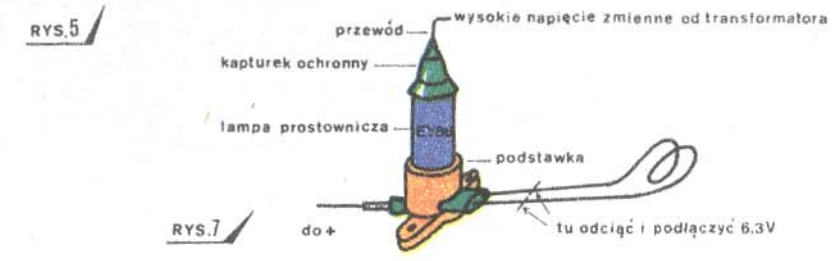
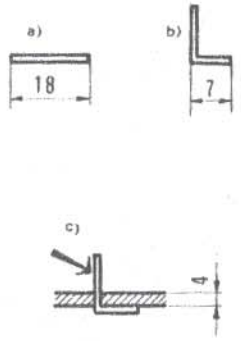
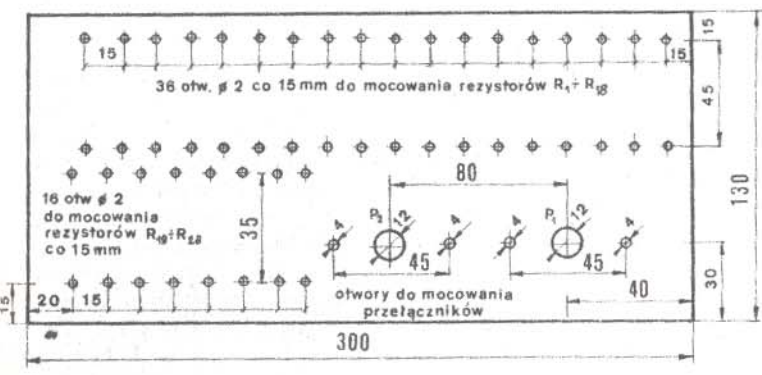
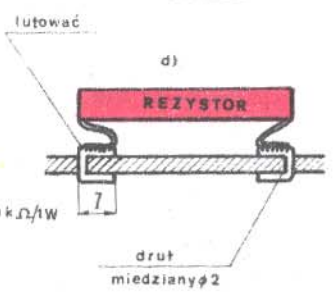
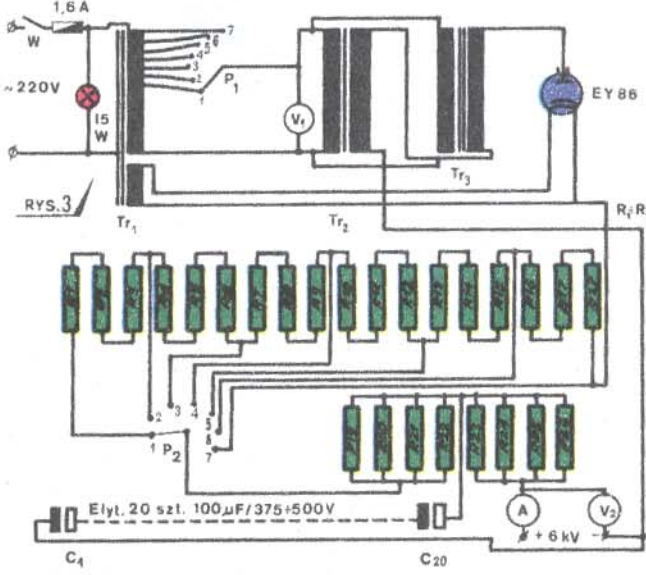
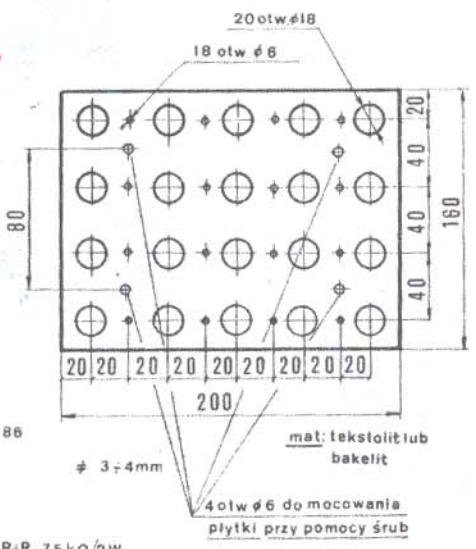
Tak zbudowany autotransformator składamy pamiętając o dokładnym skręceniu rdzenia, badamy miernikiem poszczególne napięcia i oznaczamy kolejność końcówek, co będzie nam pomocne przy dalszym montażu.

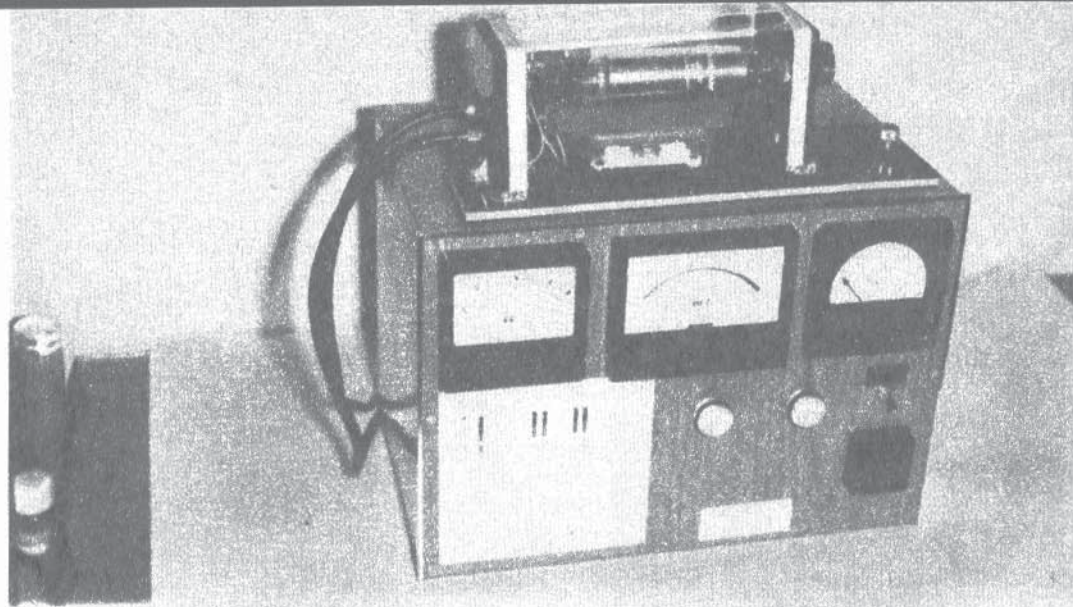
Następnie zabierzemy się do wykonania transformatorów Tr 2 i Tr 3. W tym celu opisywany już transformator TS 45/5/676 rozbieramy i usuwamy jego wierzchnie uzwojenie. Pozostawiamy natomiast uzwojenie pierwotne, które wykorzystane zostanie bez żadnych zmian. Aby uzyskać napięcie 3 kV na końcówkach uzwojenia wtórnego, należy nawinąć ok. 11 450 zwojów (z uwzględnieniem strat) drutem 0,06–0,09 mm. Drut 0,09 mm będzie trudno pomieścić i dlatego należy użyć drutu jak najcieńszego. Drut należy nawijać zwój obok zwoju, a następnie poszczególne warstwy należy koniecznie izolować, aby uniknąć przebić. Końce uzwojeń lutujemy do miękkich wyprowadzeń izolowanych igelitem. Należy nadmienić, że fabryczne końcówki umieszczone na szkielecie cewki do luto-

Odczep	Napięcie (V)	Ilość zwojów
1	120	436
2	136	495
3	152	553
4	168	611
5	184	669
6	200	727
7	220	800



schemat ideowy zasilacza lasera LG 2001





Laser gazowy He-Ne ciągłego działania wraz z zasilaczem

wania wyprowadzeń są nieprzydatne, gdyż przy tak wysokich napięciach następuje przebicie bakelitu i przez blachę rdzenia następuje zwarcie. Można więc wyprowadzenia wykonać dłuższe i użyć ich bezpośrednio do montażu.

Montaż obwodów wysokiego napięcia należy wykonać szczególnie starannie, przewody trzeba podwójnie izolować przez nałożenie na nie dostępnej w handlu rurki igelitowej i odsuwać możliwie najdalej od siebie te przewody, przy których występują duże różnice potencjałów.

Należy używać przewodów różnokolorowych, przy czym do „+” używamy czerwonych, co jest powszechnie przyjętą zasadą. Starannie wykonane transformatory zapewnią sprawne działanie całego urządzenia.

Do obserwacji prawidłowego działania lasera są potrzebne 3 mierniki: woltomierz prądu przemiennego (V_1) zakres 0–250 V; miliamperomierz o zakresie 0–15 mA lub inny, na prąd stały; woltomierz prądu stałego 0–8000 V (V_2), którym mierzymy napięcie na elektrodach lasera.

Mierniki można przerobić. Odpowiednie obliczenia znajdują się w podręcznikach elektrotechniki.

Prostownik – to lampa prostownicza wysokiego napięcia EY86, stosowana w telewizorach, jej cena wynosi tylko 27 zł. Oczywiście, można użyć diod półprzewodnikowych, ale to podniesie koszt urządzenia i zmieni parametry zasilacza.

Rezystory zasilacza $R_1 - R_{18}$ powinny mieć oporność 7,5 k Ω /2W, natomiast rezystory $R_{19} - R_{26}$ – oporność 160 k Ω /1W.

Uwaga: Zamiast grupowania rezystorów 160 k Ω po 4 sztuki równolegle, można użyć jednego rezystora 40 k Ω /5W. W żadnym wypadku nie wolno pominąć rezystancji ok. 80 k Ω , która musi być na stałe włączona do układu (poza regulatorem). Pomińnięcie tej rezystancji grozi wyładowaniem łukowym w laserze i w konsekwencji – jego uszkodzeniem. Prawidłowa praca lasera mieści się w zakresie włączonej szeregowo w układ rezystancji ok. 150 k Ω .

Kondensatory $C_1 - C_{20}$ służą do wygładzenia napięcia wyprostowanego przez lampę i ich pojemność nie może być mniejsza niż 4 μ F, ale też zbytnie zwiększanie pojemności może mieć ujemny wpływ na pracę lasera, ponieważ upływność zbytnio obciąża uzwojenia transformatorów, które są obliczone na 6–8 mA. Można zastosować tu kondensatory stałe o odpowiedniej pojemności i wytrzymałości na przebicie, ale można też łączyć kondensatory szeregowo i równolegle, pamiętając o zasadach obliczania takich układów. W opisywanym układzie użyto 20 kondensatorów elektrolitycznych 100 μ F/375 V, co dało pojemność 4 μ F i wytrzymałość na przebicie 7500 V. Nowe kondensatory elektrolityczne należy uformować według znanych zasad.

Kondensatory mocujemy na płycie z bakelitu lub tekstolitu (rys. 4). Otwory \varnothing 18 mm służą do mocowania kondensatorów za pomocą nakrętek, natomiast otwory \varnothing 6 mm służą do przekładania przewodów montażowych od obudowy jednego kondensatora do „+” następnego itd. Cztery otwory wywiercone po przekątnych płytki są przeznaczone dla śrub, pozwolą one umocować całą płytkę z kondensatorami do górnej płytki montażowej zasilacza.

Rezystory i przełączniki mocujemy na płycie z bakelitu lub innego materiału izolacyjnego, należy ją wykonać wg rys. 5.

Sposób mocowania rezystorów pokazano na rys. 6. Najpierw trzeba wykonać 52 pręciki z miedzianego drutu $\varnothing 2$ mm oczyszczonego z emalii, dł. 18 mm (rys. 6a), następnie wygiąć jeden koniec pręcika (rys. 6b) i zagiąć go tak, jak na rys. 6c, za pomocą młotka. Końcówki lutownicze rezystora wyginamy i łączymy lutując je cyną, jak na rys. 6d.

Przełączniki przykręcamy za pomocą śrub M3 do płytki przez wywiercone w niej otwory $\varnothing 4$ mm. Lutowanie przewodów montażowych i szeregowie łączenie rezystorów wykonujemy po drugiej stronie płytki.

Gotową płytkę możemy przymocować do płyty czołowej zasilacza.

Jako podstawki do lampy EY 86 można użyć podstawki od starego zespołu telewizyjnego transformatora wysokiego napięcia. W tym celu odcinamy grube przewody, jak to przedstawiono na rys. 7, i w to miejsce doprowadzamy napięcie żarzenia 6,3 V. Pojedynczy przewód będzie wyjściem „+” z lampy. Do anody, która ma połączenie przez kapturek ochronny, doprowadza się wysokie napięcie z transformatora. Kapturek ochronny należy koniecznie zastosować, gdyż miejsce to jest źródłem jonizacji gazów i wyładowań. Należy pamiętać, że wszelkie obwody wysokiego napięcia nie mogą mieć ostrych zakończeń i winny być starannie zaizolowane oraz w miarę możliwości odsunięte od siebie, czyli zbytnia miniaturyzacja jest tu szkodliwa.

Płyta montażowa, na której znajdują się transformatory i lampa prostownicza, przedstawiona jest na rys. 8. Wykonana jest ona z tekstolitu grubości 5 mm. Do płyty przykręcamy wkrętami transformatory. Całą płytę przykręcamy od dołu do skrzyni, pamiętając o tym, aby wkręty nie miały żadnego kontaktu z obwodami elektrycznymi.

Obudowa zasilacza (rys. 9) mieści w sobie dwie płytki montażowe. Na dolnej znajdują się transformatory i lampa prostownicza, a na górnej blok kondensatorów. Na tym samym rysunku pokazano sposób mocowania płytki z kondensatorami do płytki montażowej. Na śruby można nałożyć grubszą rurkę igelitową na całej ich długości.

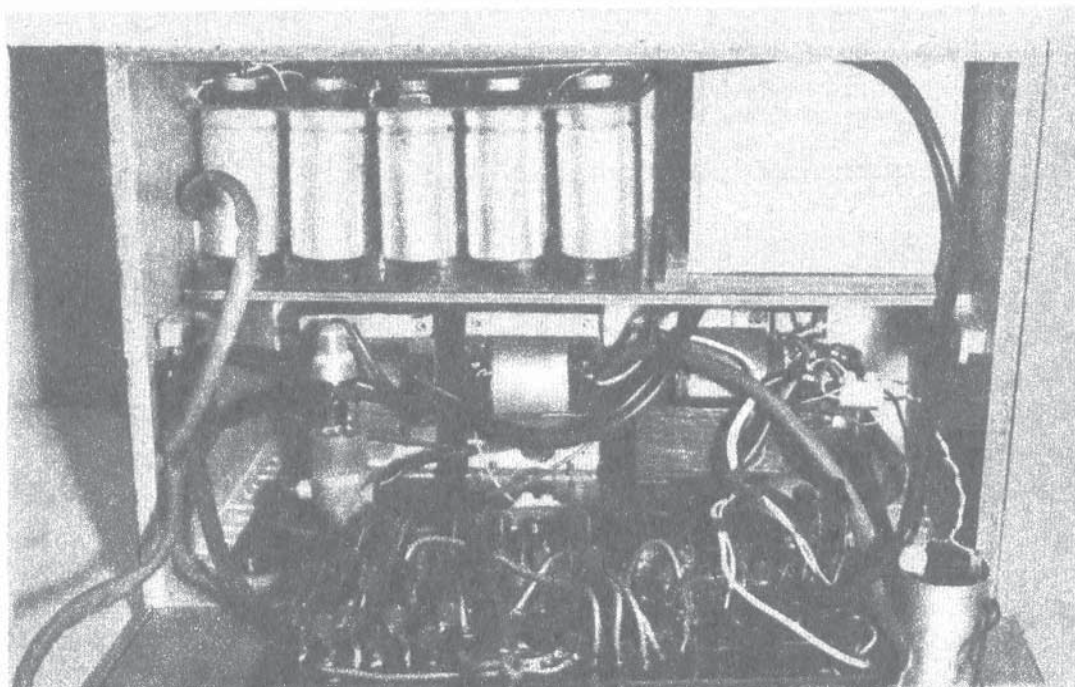
Gałki regulatorów powinny mieć znak orientacyjny, a na obudowie trzeba zaznaczyć poszczególne pozycje.

Na przewody wysokiego napięcia można użyć przewodu stosowanego do kineskopów lub też doprowadzającego prąd do świec zapłonowych w samochodach. Dodatkowo można na te przewody nałożyć rurkę igelitową odpowiedniej grubości. Przewody wysokiego napięcia najlepiej połączyć na stałe, zarówno z zasilaczem, jak i z laserem.

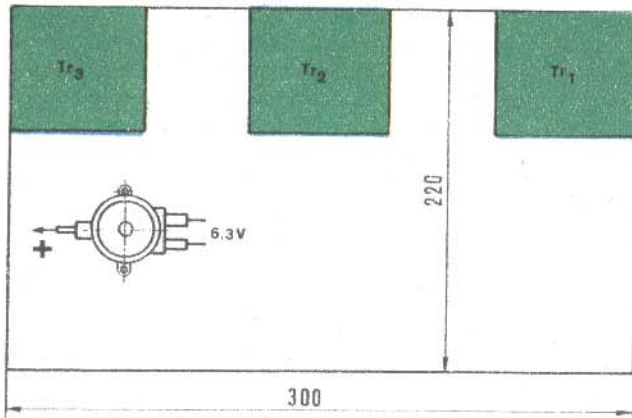
Obudowę zasilacza można wykonać ze sklejk, którą należy zabezpieczyć przed wilgocią lakierem nitro. Na zewnątrz można zasilacz pokryć laminatem, nada mu to estetyczny wygląd.

Aby uzyskać odpowiednie odprowadzanie ciepła z wnętrza zasilacza, należy w podstawie obudowy i w tylnej ścianie wywiercić po 30 otworów $\varnothing 6$ mm.

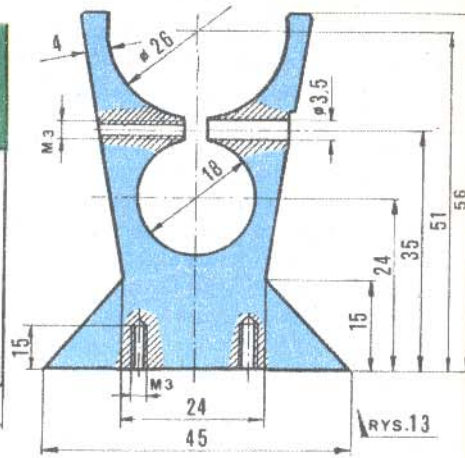
Wnętrze zasilacza po odjęciu tylnej ścianki osłonowej, do której zamocowana jest płytka rezystorów



widok z góry dolnej płyty montażowej

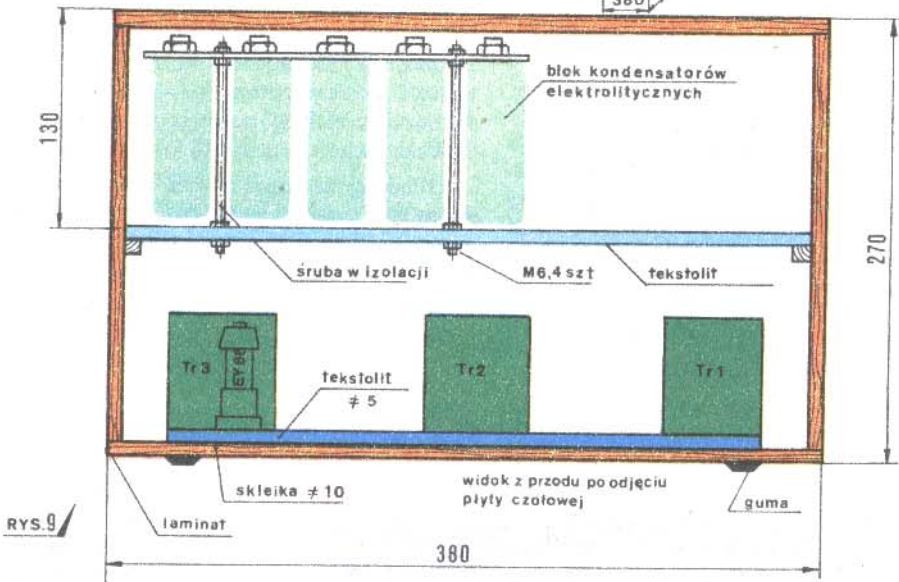


RYS. 8

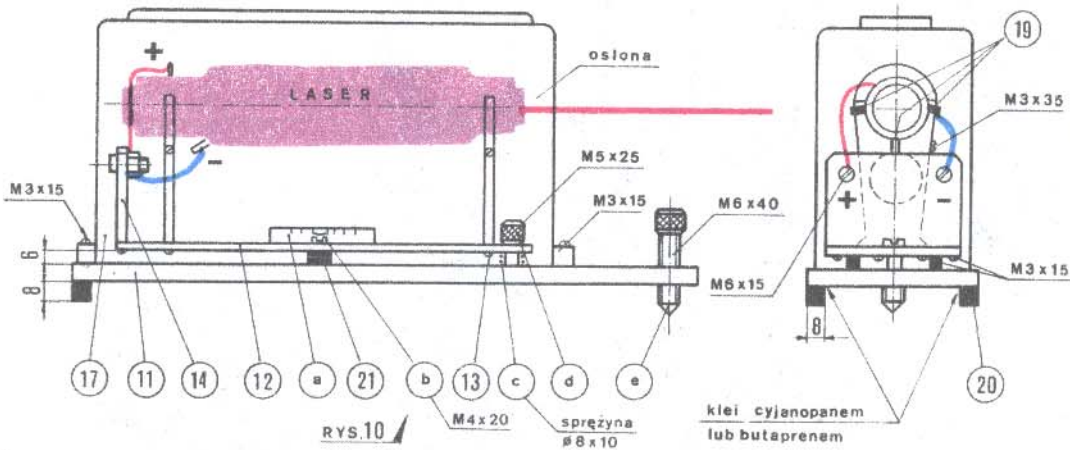


RYS. 13

tekstolit
2 szt.



RYS. 9



RYS. 10

klei cyjanopaniem
lub butaprenem

Obudowa rury laserowej też musi mieć odpowiednią wentylację oraz zapewniać bezpieczeństwo lasera i obsługującego, a także odpowiednią regulację położenia. Jeżeli laser ma służyć do celów dydaktycznych, to musi być również widoczny dla obserwatora. Wszystkie te warunki zapewnia rozwiązanie konstrukcyjne przedstawione na rys. 10.

Podstawa pokazana na rys. 11 może być wykonana z tekstolitu, bakelitu lub innego materiału izolacyjnego odpowiedniej grubości. Płytką widoczną na rys. 12 służy do zamocowania wsporników (rys. 13), na których osadzony jest laser. Zarówno płytkę, jak i wsporniki wykonujemy ściśle wg rysunku i łączymy wkrętami M 3.

Płytkę przedstawioną na rys. 14 wykonujemy również z tekstolitu i przykręcamy wkrętami M 3 do podstawy (rys. 12). W otwory \varnothing 6 mm wkładamy śruby M 6, przykręcamy nimi przewody wysokiego napięcia z jednej strony od zasilacza, a z drugiej strony od lasera.

Oslonę można zrobić wykorzystując osłonę z polistyrenu, stosowaną do przekładników czasowych RZw. Odcinamy oba jej boki, co pokazano na rys. 15. Te właśnie boki mają na dole gotowe otwory do przykręcania do podstawy. Następnie wykonujemy dwie płytki z polistyrenu lub pleksiglasu wg rys. 16 (można je wyginać na gorąco). Będą to boki osłony. Oba boki przyklejamy do części wyciętych z osłony przekładnika, np. cyjanopanem, wg rys. 17. Z tego samego materiału co boki należy wykonać jeszcze jeden element. Będzie to przedstawiona na rys. 18 górna część osłony, której wygięcie, po złożeniu, zapewni u góry dwie szczeliny wentylacyjne. Przyklejamy tę płytkę cyjanopanem, również wg rys. 17.

Tak wykonana osłona ma dwie szczeliny wentylacyjne na dole i u góry i zabezpiecza laser przed kurzem i uszkodzeniami mechanicznymi.

Rys. 19 przedstawia pierścienie gumowe, które nałożone na wsporniki powodują delikatne i pewne uchwycenie rury laserowej.

Gumowe sześciiany (rys. 20) służą do zapewnienia stabilności podstawy lasera, a przedstawione na rys. 21 służą do odsunięcia płytki (12) od (11) w celu umożliwienia regulacji. Wewnątrz umieścić można poziomnicę (rys. 10a). Śrubą M 5 (rys. 10d) ze sprężyną (rys. 10c), można równolegle ustawić laser do podstawy, a śruba M 6 (rys. 10e) umożliwia regulację kątową całego lasera, co jest niezbędne przy pewnych pomiarach.

Śruba M 4 (rys. 10b) mocuje płytkę (12) do podstawy (11).

Po włożeniu rury laserowej w widlaste uchwyty (rys. 14) należy lekko dokręcić wkręty M3 \times 35 mm

Wykaz elementów i materiałów

1. Rura laserowa LG-2001 (lub LG-200)	1 szt.
2. Transformatory sieciowe TS 45/5/676 lub inne	3 szt.
3. Przelicznik 7-pozycyjny radiowęzłowy lub podobny	2 szt.
4. Wyłącznik sieciowy	1 szt.
5. Rezystory 7,5 k Ω /2 W	18 szt.
6. Rezystory 160 k Ω /1 W	8 szt.
7. Miernik napięcia zmiennego 0-250 V	1 szt.
8. miliamperomierz 0-15 mA	1 szt.
9. Miernik napięcia stałego 0-8 kV	1 szt.
10. Kondensator 4 μ F/8 kV (lub blok elektrolitów 100 μ F/375 V)	1 szt.
11. Żarówka 15 W/220 V	1 szt.
12. Lampa prostownicza EY86	1 szt.
13. Podstawka lampowa	1 szt.
14. Bezpiecznik rurkowy 1,6 A	1 szt.
15. Wtyczka sieciowa	1 szt.
16. Oprawa bezpiecznika rurkowego	1 szt.
17. Sznur dwużyłowy	2 m
18. Kabel wysokiego napięcia	2 m
19. Drut miedziany \varnothing 2 mm	1 m
20. Drut nawojowy miedziany w emalii \varnothing 0,06-0,09	
21. Tekstolit φ 3-4 mm	0,2 m ²
22. Tekstolit φ 5 mm	0,2 m ²
23. Sklejka φ 10 mm	1 m ²
24. Bakelit laminowany = 1 mm	1 m ²
25. Klej „wikol” i „cyjanopan” po 1 op.	
26. Lakier bezbarwny nitro	0,5 kg
27. Wkręty M 3 \times 15 mm	15 szt.
28. Wkręty M 3 \times 35 mm	2 szt.
29. Śruby M 6 \times 15 mm z nakrętkami (mosiężne)	2 szt.
30. Śruba M 4 \times 20 mm	1 szt.
31. Śruba M 5 \times 25 mm z łbem radełkowanym	1 szt.
32. Śruba M 6 \times 40 mm z łbem radełkowanym	1 szt.
33. Poziomnica	1 szt.
34. Gałki izolowane z otworem \varnothing 6 mm	2 szt.
35. Pleksiglas φ 2-3 mm	ok. 0,25 m ²
36. Kawałki twardej gumy φ 8 mm	
37. Kawałki miękkiej rurki gumowej o \varnothing wewn. 3 mm. Kawałki igelitu, przewody montażowe, cyna, kalafonia itp.	

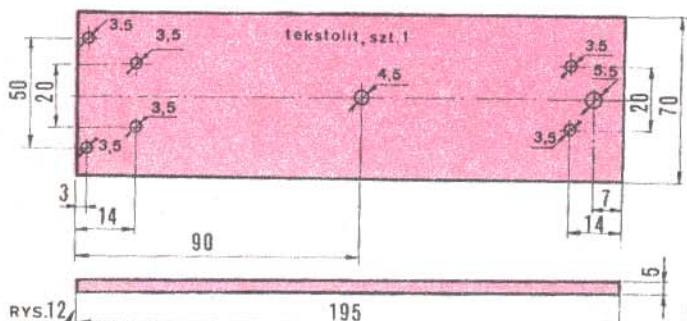
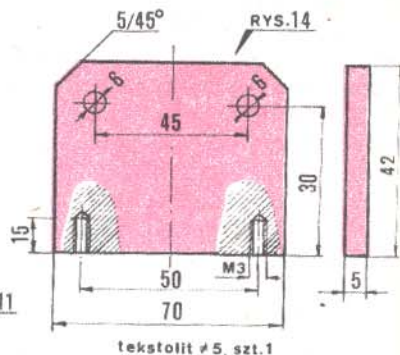
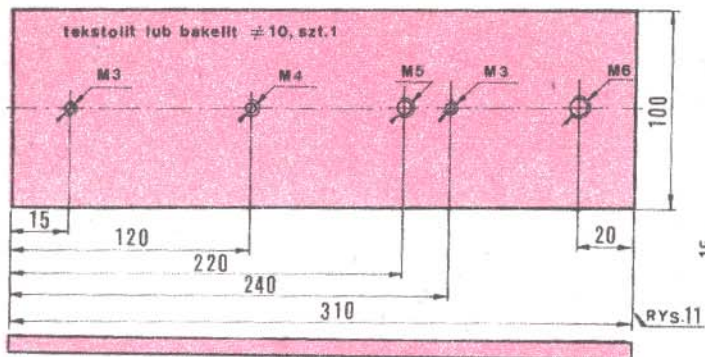
i wówczas rura zostanie zamocowana w uchwytach. Nie wolno dokręcać zbyt mocno!

Przedstawione na rys. 17 otwory (a) służą do przełożenia przewodów wysokiego napięcia. Otwór (b) przepuszcza promień światła laserowego i umieszczony jest na przeciwległej ścianie niż (a).

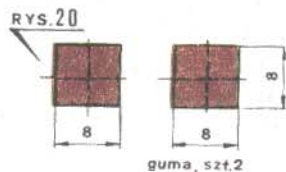
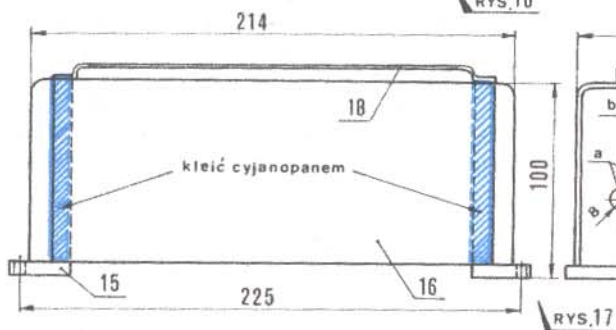
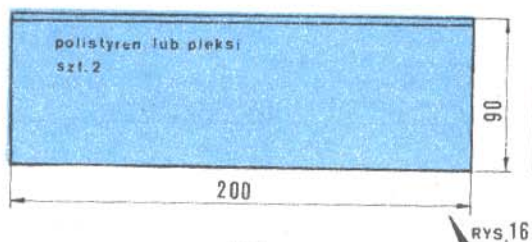
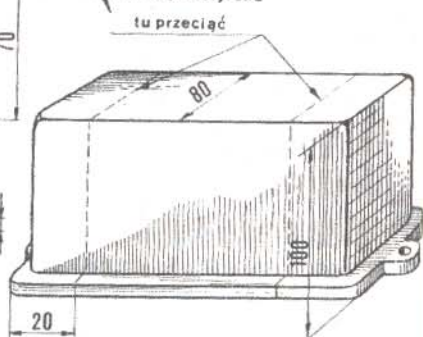
Wyprowadzenia elektrod z lasera są bardzo delikatne i tu napięcie trzeba doprowadzić za pomocą elastycznych i cienkich przewodów w igielicie, zakończonych uchwytami (rys. 22).

Sprawdzenie zasilacza

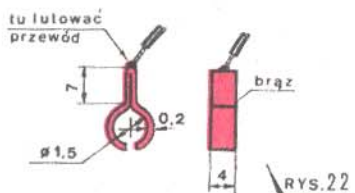
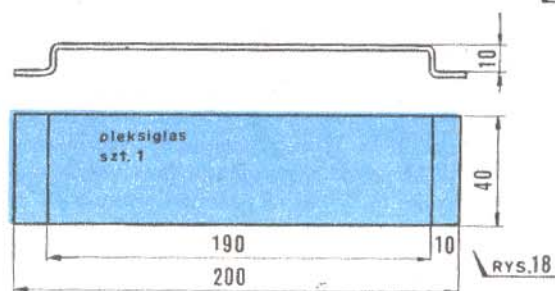
Aby sprawdzić, czy zasilacz prawidłowo działa, należy przeprowadzić próby bez rury laserowej. Można sprawdzić przelącznikiem P₁ wszystkie napięcia wtórne. Ustawiamy następnie napięcie 4 kV i podłączamy zamiast lasera rezystor o rezystancji ok. 200 k Ω /10 W. Wówczas napięcie powinno spaść do 1-1,5 kV, a natężenie prądu przy ustawieniu przelącznika P₂ w poz. 3 powinno wynosić ok. 6 mA.



RYS.15 OBUDOWA PRZEKAZNIKA CZASOWEGO RZw z polistyrenu



RYS.21 / guma, szt.2





Wnętrze zasilacza od strony przedniej ścianki, w której umieszczono wskaźniki i pokrętki regulacyjne

Jeżeli te próby dadzą w przybliżeniu opisane wyniki, wówczas można podłączyć laser, rozładowawszy przedtem kondensator.

Po podłączeniu lasera, należy sprawdzić, czy „+” jest podłączony do anody. Odwrotne podłączenie grozi nieodwracalnym uszkodzeniem rury laserowej już po kilku minutach pracy.

Ustawiamy przełącznik P_1 w poz. 1, a przełącznik P_2 w poz. 3, co powinno dać ok. $170\text{ k}\Omega$ włączonych szeregowo w obwód lasera. Obserwując mierniki widzimy, jak napięcie wtórne rośnie. Jeżeli zapłon nie nastąpi, przesuujemy przełącznik P_1 na poz. 2, a jeżeli zapłonu dalej nie będzie, przechodzimy przełącznikiem P_1 do poz. 3.

W pewnym momencie nastąpi zapłon. Miliamperomierz, wskazujący do tej pory zero, nagle wykaże dość duży prąd, który za chwilę ustabilizuje się na pewnej wartości. Jeżeli natężenie będzie większe od znamionowego (6 mA), należy przekręcić przełącznik P_2 energicznie o 1 pozycję w lewo, a jeżeli i wówczas prąd będzie za duży, to czynność przełączania P_2 powtarzamy, włączając jeszcze większą rezystancję.

Jeżeli wystąpi sytuacja odwrotna, tzn. laser po zapłonie natychmiast zgaśnie, wówczas należy regulować pokręcając przełącznikiem P_2 w prawo, tzn. zmniejszać rezystancję obwodu. Przy regulacji nie należy się śpieszyć, gdyż kondensator ładuje się początkowo szybko, a później wolniej. Lampa również wymaga pewnego czasu do nagrzania katody.

Optymalne położenia regulatorów należy zaznaczyć, aby regulacji nie powtarzać przy każdym uruchamianiu lasera.

Mgr Krzysztof Kopański