

Atmoszférikus (N_2 –TEA) nitrogénlézer spektroszkópiai mérésekhez

Kovács Zoltán

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár

A nitrogénlézerek impulzusüzemben működő gázlézerek. A kibocsátott sugárzás hullámhossza az UV tartományban van, értéke 337,1 nm. Viszonylag nagy (kHz nagyságrendű) impulzuszakvenciákon is működhetnek. Ugyanakkor az impulzushosszuk elérheti a nanoszekundum alatti értékeket is. Viszont kicsi a hatásfokuk, ezért a kimenetenergia nem haladja meg általában a 10 mJ értéket. Emiatt manapság szerepüket a Nd-YAG lézerek veszik át.

A nitrogénlézer viszonylag az egyik legkönnyebben megépíthető lézertípus. Különböző változatai ismertek, de spektroszkópiai célokra olyan típus alkalmas, amelynek az impulzusalakja (jittere) szabályos. Ezért mi egy olyan típust ismertettünk, amelyet a kolozsvári BBTE Fizika karán építettünk 1995-ben a szegedi József Attila TE által biztosított eszközökből, az útmutatásaik alapján. Ezért köszönettel tartozunk a szegedi JATE Kvantumelektronikai és Optikai tanszékcsoport vezetőjének és tanárának, dr. Bor Zsolt és dr. Rácz Béla professzoroknak, valamint a Kísérleti Fizika Tanszék docensének, dr. Molnár Miklósnak.

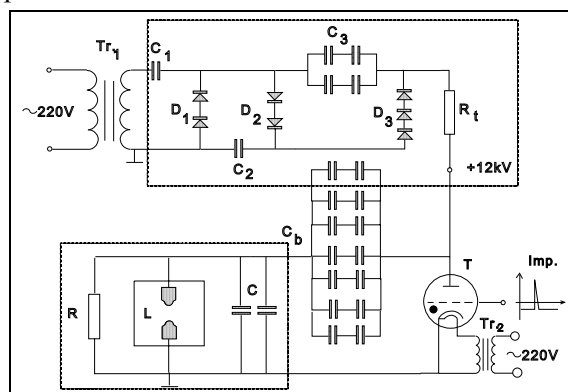
A nitrogénlézer egy olyan ultraibolya fényforrás, amellyel már a sokkal egyszerűbb, hangolható festéklézer pumpálhatjuk, és amellyel lézerspektroszkópiai mérések végezhetőek.

Az alábbiakban leírt nitrogénlézer aktív anyaga az atmoszférikus nyomású nitrogéngáz, amelyet a belőle kilépő lézerfényre merőleges irányú elektromos kisüléssel (TEA-lézer, Transversal Electric Atmospheric) gerjesztünk. A lézer alkotó egységei: a magasfeszültségű egység, az impulzusgenerátor és a lézercső (amelyben a nitrogéngáz áramlik), valamint a nitrogénforrás (palack).

A magasfeszültségű áramforrás

A Tr_1 neontrafóval a 220 V-os hálózati feszültséget mintegy 5.000 V-ra transzformáljuk, diódákkal és kondenzátorokkal egyenirányítjuk és egyben megháromszorozzuk (a mellékelt ábra felső része). A feszültségháromszorozó fokozat működési elve a következő: az első félperiódusban a trafó szekundér tekercsére kapcsolt D_1 diódákon át feltöltődik a C_1 kondenzátor 5.000 V-ra. A második félperiódusban, amikor a trafó szekunderén a feszültség iránya megváltozik, most már a trafó a vele sorbakapcsolt C_1 kondenzátor feszültségével együtt feltölti a D_2 diódákon át a C_2 kondenzátort. Így ennek a sarkain most már 10.000 V lesz. A következő félperiódusban a C_3 kondenzátor a trafó sze-

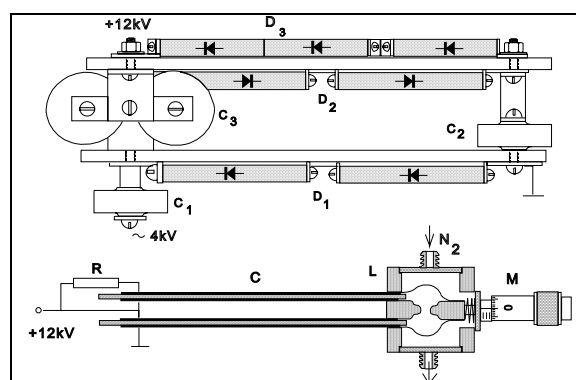
kunderén levő feszültség és a C_2 -n levő feszültség összegének megfelelő feszültségre, vagyis 15.000 V-ra töltődik fel a D_3 diódákon keresztül. A kondenzátorok báriumtitanátból készültek, értékük 1 nF/12kV. A diódák 10 kV-ig terhelhető KC 201 D típusúak.



1. ábra

Az impulzusgenerátor

Az előző rajz alsó részén egy kapacitásátranzfer impulzusgenerátor kapcsolási rajza látható. A nagyfeszültséget egy R_t -vel jelölt (20 k Ω /10W) védőellenálláson keresztül juttatjuk a C_b kondenzátorbankra, amely ugyanolyan 1 nF-os kondenzátorokból áll, mint a feszültségháromszorozó. A bank az R ellenálláson 15.000 V feszültségre töltődik fel. Ennek a töltéseit tölti át ("transzferálja") a T nagyteljesítményű tirátron (típusa TFI 500/16) a vele párhuzamosra váló C kondenzátorba, amikor a rácsára jutó vezérlőimpulzus hatására bekapcsol, és letesteli a kondenzátorbank egyik fegyverzetét. Ekkor a kondenzátorbank feltölti a C kondenzátort, amellyel párhuzamosan kapcsolva található az elektródok. Az alumíniumelektródokon megjelenő magasfeszültség hatására szikrakisülés keletkezik a néhány mm-es távon, ez pedig gerjeszti a nitrogéngázt (lenti ábra).



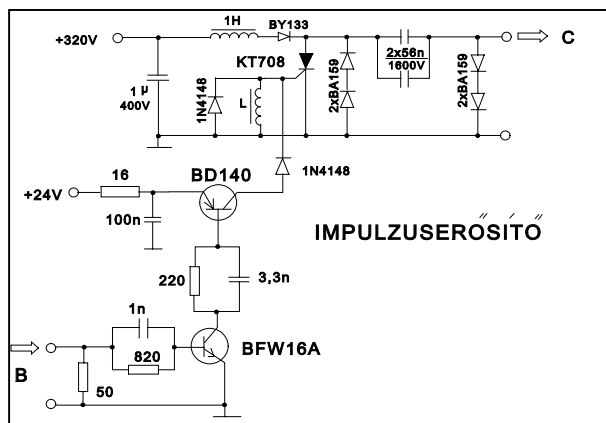
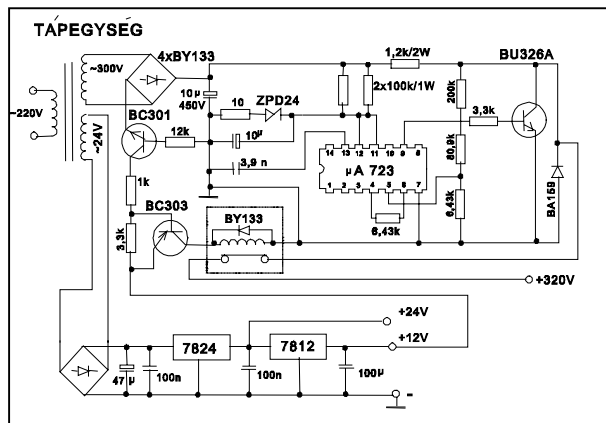
2. ábra

A tirátron vezérlő-elektronikája

A megadott típusú tirátron rácsára állandóan -120 V feszültség van kapcsolva, csak akkor nyit, amikor többszáz voltos pozitív feszültségimpulzus érkezik a rácsra. A tirátron rácsának polarizálását egy igen komplex elektronika valósítja meg.

(Megjegyezzük, hogy a tirátront egy autó gyújtógyertyája is helyettesítheti, ekkor szikraközzel valószínűleg meg a kapcsolás.)

A lenti négy kapcsolási vázlat sorrendben: a *stabilizált tápegység*, az *impulzusgenerátor*, az *impulzuserősítő* és a *tirátron előfeszültség* az impulzus-trafóval.

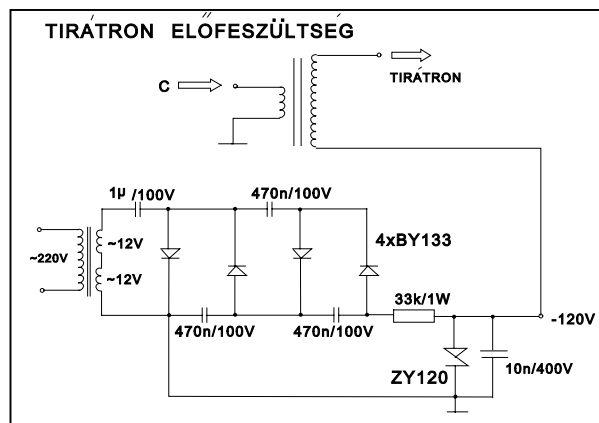
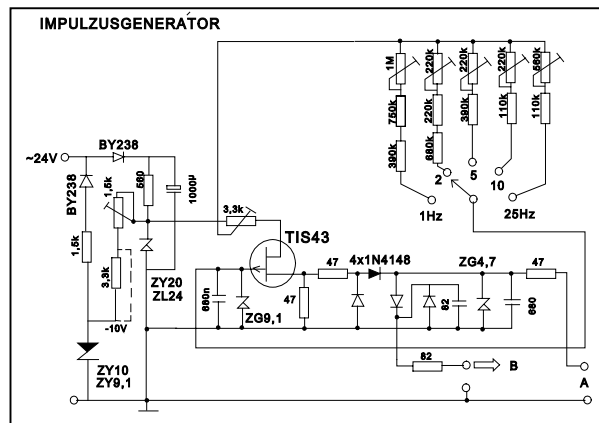


A következő vezérlőegységet a JATE lézerlaboratóriumában teveztek és építették meg.

A stabilizált tápegység

A hálózati trafónak két kimenete van, egyik 300V, a másik 24V feszültséget szolgáltat. Mindkettő egy-egy egyenirányító hídhoz vezet (4 db BY133 egyenirányító dióda). A szűrést egy 100 µF, illetve egy 47 µF kapacitású elektrolit kondenzátor végzi. A µA723 típusú integrált áramköri elem feszültségstabilizáló. Tápfeszültsége 9,5-40V közötti értékekű lehet. A mi kapcsolásunkban ezt a 24V körüli tápfeszültséget a ZPD24 Zener-dióda szolgáltatja. A 3,9 nF értékű kondenzátor, amelyet a feszültségstabilizáló 13-as lábára csatlakoztat, a stabilizáló műveleti erősítőjének begerjedését akadályozza meg, a 6,43 kΩ értékű ellenállás pedig

kapcsolatot teremt a termikusan kompenzált referencifeszültség és a műveleti erősítő neminvertáló bemenete között. Az integrált áramköri elem kimenete a BU326A típusú teljesítménytranszisztorra csatlakozik, melynek párhuzamos szabályozóelem szerepe van. A bázisára érkező vezérlőfeszültség szerint változik a kollektorárama, ami a stabilizáló kimenőfeszültségének ellentétes irányú változását idézi elő. Így növekszik, illetve csökken az 1,2 kΩ/2W ellenálláson a feszültség. A három sorba csatlakoztatott ellenállás (6,43k, 80,9k, 200k) a kimenő stabilizált feszültség mérésére szolgál azáltal, hogy negatív visszacsatolást hoz létre az integrált áram-



kör összehasonlító elemén. Mivel a belső áramkör referencifeszültsége 7,15 V, következik, hogy a 6,43 k értékű ellenálláson ugyanennek a feszültségnek kell lennie, mivel a műveleti erősítő mindkét bemenetén ugyanannak a feszültségnek kell lennie. Így hát ezen a három ellenálláson átfolyó áram erőssége $7,15V/6,43k\Omega = 1,16 \text{ mA}$ folyik, ami nem befolyásolja a stabilizálást.

Egy másik stabilizálási folyamat valósul meg az alacsony feszültségértékeknél is. A 24V-os feszültséget a 7824, a 12V-osat pedig a 7812 stabilizálóelem valósítja meg. A 78-as (páros) szám arra utal, hogy a pozitív félperiódust stabilizálja.

Ennek a stabilizálóegységnek az alapvető jellegzetességét a BC301 és a BC303 típusú tranzisztorok által megvalósított kapcsolási üzemmód jelenti. Ezek szerint, ha a BC303-as tranzisztor kollektor-

áramkörében nincs áram (amikor a feszültség nulla értékeken megy keresztül), akkor a BY133-as elektromágneses relé bezár, és így a stabilizált feszültség az impulzuserősítőhöz jut. Ellenkező esetben, a tekercsnek köszönhetően, nem jut el. A BC301-es tranzisztor ezek szerint csak akkor vezet, amikor a lüktető egyenfeszültség maximális értékeket vesz fel. Mivel ennek a tranzisztornak a kollektorárama vezérli a BC303-as tranzisztort, következik, hogy csak ez idő alatt nyit a relé. Így az impulzuserősítő nem lesz táplálva addig, amíg a KT708-as tirisztor bekapcsol.

Az impulzusgenerátor

Működése egy sor RC áramkörön alapul, amit egy 680 nF kapacitású kondenzátor és a J-FET TIS43 tranzisztor rácsa alkot, valamint egy sor ellenállás. Ezekkel beállítható az áramkör RC időállandója. Ezek megválasztásával állítható a kondenzátor feltöltődése és kisülése, és ezáltal az impulzushossz is. A generátort 24 V váltakozó feszültség táplálja. A ZG9,6 és a ZG4,7 Zener-diódák a p-csatornás J-FET tranzisztor pn átmenetének a védelmét biztosítják, illetve korlátozzák az A pontba kapcsolható külső vezérlőfeszültség értékét.

A tranzisztor addig vezet (a nyelő-forrás ellenállása minimális), amíg a 680 nF kapacitású kondenzátoron a feszültség nem lép túl egy adott értéken. Ez az időt az RC időállandó szabályozza. Amíg a tranzisztor vezet, az 1N4148 diódán (amelyet gyors kapcsolási sebesség, 100 V átütési feszültség és 100 mA áram jellemez) a B kimeneten egy áramimpulzus lép ki, és amíg a tranzisztor lezár, addig a 680 nF-os kondenzátor kisül, ezáltal elő van készítve a tranzisztor következő vezetési periódusához.

A TIS43 tranzisztor forrás-áramkörében lévő 82 pF és a 680 pF értékű kondenzátorok az áramimpulzusok meredekségét alakítják ki abban az időszakban, amikor a tranzisztor vezet.

A rezgési frekvencia Jaxley kapcsolóval váltható lépcsőzetesen. A frekvencia az azonos értékű trimmerék révén állítható be a hálózati frekvencia törtrészeire: 1, 2, 5, 10, 25 Hz-re. Így a cső kisülési frekvenciája a hálózati frekvencia által szinkronizált.

Az impulzusgenerátor 4,7 V-ra limitált impulzusait a B kimeneti sarkról egy impulzuserősítő veszi át.

Az impulzuserősítő

A stabilizált 320 V egyenfeszültség periodikusan tölti fel az erősítő fokozat bemenetén található 1 μ F kapacitású kondenzátort. Az 1 H induktivitású tekercsnek (folytótetekercs, hisz az árammal szemben integráló hatása van) a szerepe az, hogy megvédje a KT708-as tirisztort a fellépő áramcsúcsoktól, azaz, nehogy bekapcsoljon a rácsára érkező vezérlőim-

pulzus hiányában is. Ugyanez a bemeneti magasfeszültség kerül (a következő egység transzformátor\tekercsének primér menete, valamint a két BA159 dióda révén) a két párhuzamosan kapcsolt 56 nF/1600 V-os kimenő kondenzátorra is. Így a C kimeneti pontban mért feszültség gyakorlatilag elhanyagolható (1,2 V).

Amikor a B bemeneti pontra egy feszültségimpulzus érkezik, a BFW16A (nagyfrekvenciás) tranzisztor bázis-emitter átmenete nyit, és a kollektor áramával vezérli a BD140-es tranzisztort. A BFW16A bázisáramkörében található 1 nF kapacitású kondenzátor szerepe az, hogy a vezérlőimpulzus meredekségét növelje, hogy a tranzisztor gyakorlatilag azonnal megnyisson. A vele párhuzamosan kapcsolt 820 Ω -os ellenállás arra szolgál, hogy amikor a tranzisztor nem vezet, kisüsse az előbbi kondenzátort, előkészítve azt egy újabb kapcsolásra. A 220 Ω ellenállással párhuzamosan kapcsolt 3,3 nF értékű kondenzátor szerepe ugyanaz mint az előbbi esetben leírt kondenzátoré, csupán a BD140-es tranzisztorra értelmezve.

A 16 Ω -os ellenállás és a 100 nF-os kondenzátor egy aluláteresztő szűrőkör, feladata a hálózatban keringő zavarok kiszűrése, nehogy a tirisztort ezek megnyithassák.

Az 1N4148 típusú diódának védő szerepe van abban az esetben, ha a tirisztor átütne. Ezzel megkímélhető a vezérlőtranzisztor tönkremenetele.

A tirisztor minél gyorsabb nyitása érdekében a vezérlőfeszültséget (amely csak a BD140 tranzisztor vezetése esetén lép fel) egyben még egy tekercsre is rávezetik. A tekercs a feszültséget deriválja, ezáltal az feszültségalak élesebbé válik. Viszont rajta az impulzusünetben fellépő önindukciós nagyfeszültség levezetésére az 1N4148 levezetődiódát kapcsolták vele párhuzamosan, rövidre zárva a tekercset, de egyben megvédve a tirisztort az esetleges átütéstől is. Ugyanezt a célt szolgálja (Ugyanez a szerepe a BY133 tranzisztornak a stabilizált feszültségforrás reléjében.)

Amikor a tirisztor bekapcsol, gyakorlatilag rövidzárlat keletkezik a sarkain, ezáltal a C kimeneten megjelenik az 56 nF-os kondenzátorokon lévő feszültség. Így az impulzusgenerátortól érkező vezérlőimpulzus feszültségamplitúdója megsokszorozva jelenik meg a fokozat kimenetén.

A tirátron vezérlőegysége

Ez a kapcsolat a tirátron rácsához kapcsolódó transzformátor szekunder tekercsén a -120 V-os rácsfeszültséget állítja be. A -120 V feszültséget egy feszültségnégyszerező-egyenirányító elem hozza létre a 24 V-os hálózati transzformátorról. Ezt a lüktető egyenfeszültséget stabilizálja a ZY120 Zener-dióda -120 V-ra. Erre az alap rácsfeszültség-

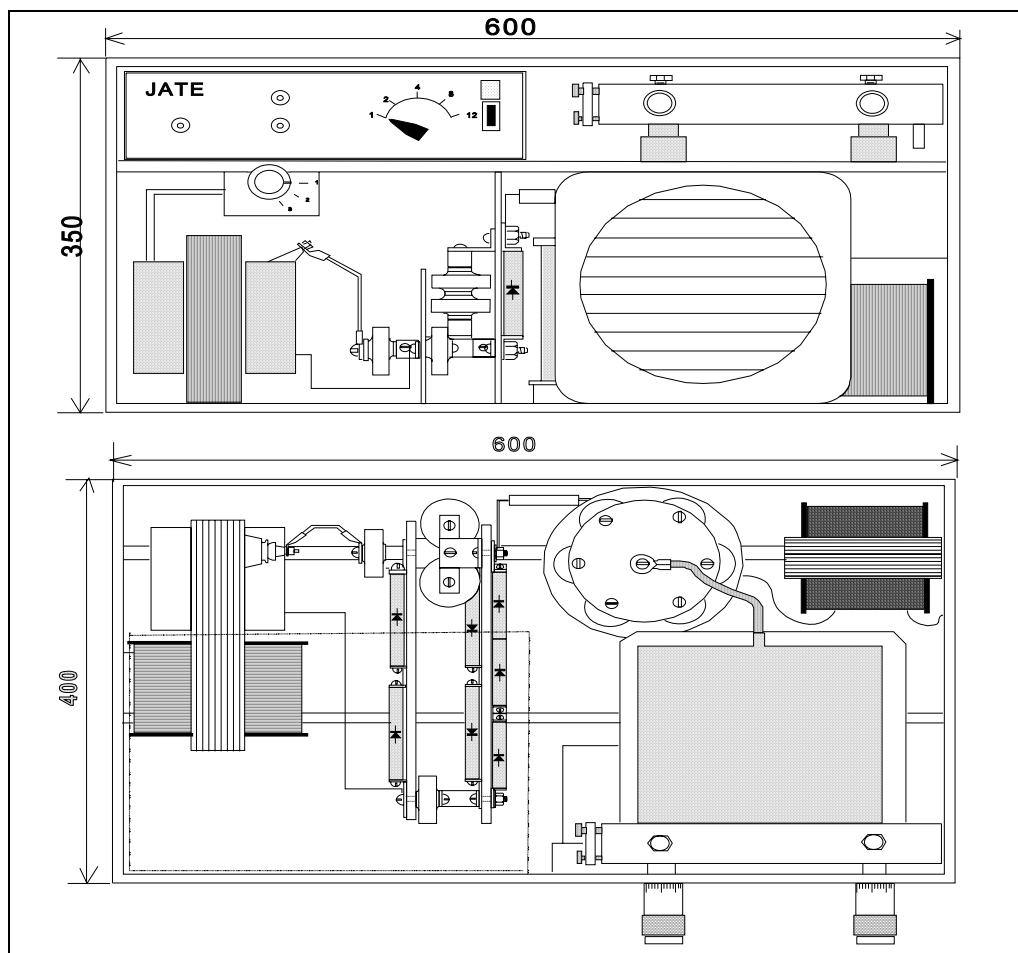
re tevődik aztán rá a több-száz volt nagyságú pozitív feszültségimpulzus, amit a ferritvasmagos transzformátor emel meg és juttat a rácra. (A trafó szekunder tekercsének 4x12 menete van, priméjének pedig csak 4 menete. A menetek huzaljai szilikoncsőben haladnak, egymástól biztonságosan elszigeteltek.) Ezáltal a tirátron rácra néhány száz volt (kb. 600 V) pozitív feszültségre kerül, és megnyit.

A tirátron

Gyors kapcsolóelemként használjuk a lézercső elektródjaihoz kapcsolódó kapacitásátranzferű impulzusgenerátorhoz. Mivel az elektródok közötti szikrakísülésnek rövid idejűnek kell lennie (kisebb

40 ns-nál), ezért a tirátron a maga gyors kapcsolási idejével (5 ns) és nagy erősségű áramával (500 A) nélkülözhetetlen eleme a lézernek. Egy 25 A/6,3 V feltételeknek elegendő transzformátor fűti fel a katódját, a hidrogéngenerátora felmelegítéséhez 0,2 V-ra van szükség. Ez utóbbi mintegy 5 percet tart, csak utána lehet bekapcsolni a lézert. A nitrogénpalackból beengedjük a gázt a lézercsőbe, az UV fényt fényképpapíron vizsgáljuk. Hengerlencsével a fényt a festéklézere fókuszáljuk, és a lézer pumpálásával ezzel megoldottuk.

Az alábbiakban bemutatjuk az általunk megkonstruált nitrogénlézert vázlatrajzát.



Irodalom

1. Bor Zsolt, Kovács Gábor, Hebling János, Rácz Béla: **Lézerfizikai kutatások Szegeden. I. Nitrogénlézerek.** *Fizikai Szemle.* 7(257-263)1987.
2. Low, K.S.: Basic Spectroscopy Instrumentation. Construction of Some Laser Sources for Spectroscopy. *Winter College.* Kuala Lumpur (1987)
3. Sánta, I., Rácz, B., Kozma, L., Német, B.: **Investigations of UV TEA N-Lasers.** *Acta Physica et Chemica.* Szeged XXIV.(395)1978
4. Sánta, I., Kozma, L., Lupkovich, G.: **High Frequency TEA Nitrogen Laser.** *Conference* (1978)
5. Hecht, J.: *The Laser Guidebook.* McGraw Hill Book Company, N.Y. 1986
6. Kovács Zoltán: **Lézertípusok.** *Firka.* 4(115-121)1993/94