

Die gebruik van oppervlakkorona-ontladings om gaslasers by hoë drukke op te wek

D.J. Brink en H.M. von Bergmann

Nasionale Fisiese Navorsingslaboratorium, W.N.N.R., Posbus 395, Pretoria 0001

UITTREKSEL

'n Tegniese ontwikkelingsmetode om homogene gasontladings by hoë drukke te bewerkstellig deur van foto-preïonisasie vanaf 'n oppervlakkorona-ontlading gebruik te maak. Hierdie metode van ontladingstabilisering het gelei tot die ontwikkeling van 'n aantal gepulseerde lasersisteme wat konvensionele sisteme in baie opsigte oortref. 'n Kort opsomming van die belangrikste beginsels en eienskappe van die oppervlakontladings word gegee en vier lasersisteme wat op hierdie tegniek gebaseer is, word bespreek.

ABSTRACT

The use of surface corona discharges to excite high-pressure gas-lasers

A stabilization technique for the production of homogeneous gas discharge at high pressures has been developed. The technique is based on photo-pre-ionization from a corona-type surface-discharge. It was possible to develop a number of laser systems based on this stabilization principle, which exceeded the performance of conventional systems in many respects. This paper provides a summary of the most important properties and principles of the surface discharges. Four laser systems utilizing this stabilization method are also discussed.

1. INLEIDING

Gepulseerde lasers wat hoë piekdrywings en pulsenergieë kan lewer, speel 'n steeds belangriker rol in die hedendaagse industriële, militêre en wetenskaplike opset. Met die uitsondering van enkele opties gepompte vastetoestandlasers is dit veral gaslasers wat hier van belang is.

Dit is baie keer wenslik en soms selfs essensieel om hierdie gaslasers by hoë (multiatmosferiese) drukke te bedryf. In sommige gevalle (koolstofdioksiedstikstof) is die vermoë om energie in die lasermedium te berg feitlik direk eweredig aan die druk; in ander gevalle (stikstof) kan kort laserpulse met hoë piekdrywings alleen by hoë drukke verkry word. Verder is daar ook lasertipes (eksimeersisteme) wat alleen by hoë drukke effektief gepomp kan word.

Slegs in 'n uniforme ontlading kan optimale toestande in die hele aktiewe medium verkry word. Gevolglik hang die doeltreffende opwekking van gepulseerde gaslasers in 'n groot mate van die homogeniteit van die gasontlading af. By hoë drukke toon gasontladings 'n sterk tendens om in 'n aantal smal filamente of selfs in 'n boogontlading te onttaard. Hierdie ongewenste toestand kan verhoed word deur 'n hoë digtheid ($\geq 10^5 \text{ cm}^{-3}$) van elektrone in die gas te genereer net voor die gasontlading plaasvind.

Gedurende die afgelope dekade is 'n hele aantal tegnieke ontwikkel om hierdie voorïonisasieproses te bewerkstellig. Die twee belangrikste metodes is fotoïonisasie deur ultravioletlig of X-strale en direkte inskieting van elektrone met behulp van 'n eksterne elektrongeweer.

In hierdie oorsigartikel word die stabilisering van gasontladings deur foto-preïonisasie vanaf 'n oppervlakkorona-ontlading bespreek. Hierdie tegniek is plaaslik ontwikkel en is besonder eenvoudig om toe te pas. Dit het ook 'n aantal definitiewe voordele bo konvensionele metodes. 'n Hele aantal lasersisteme, gebaseer op hierdie stabiliseringstegniek, is reeds ont-

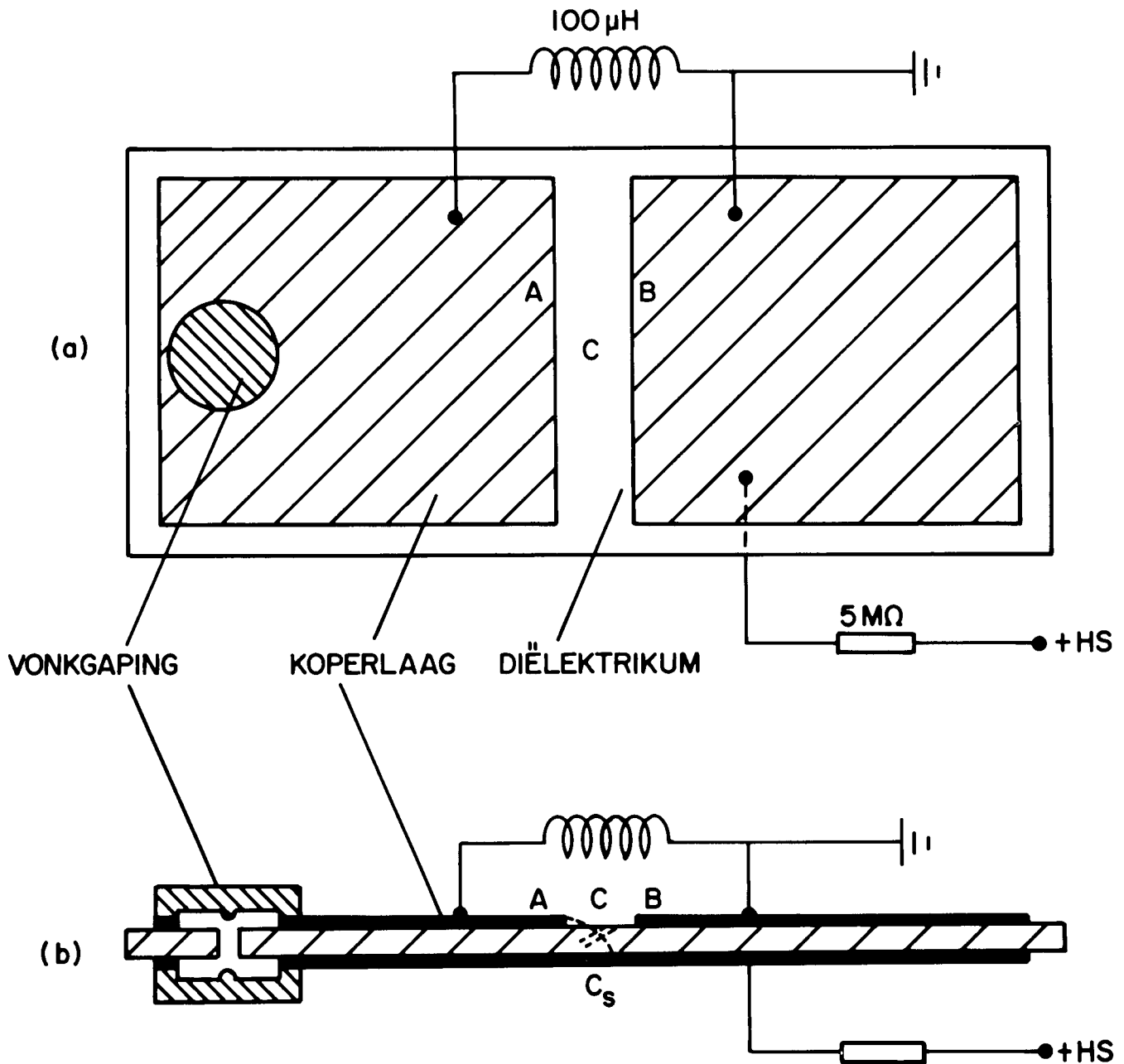
wikkel. Ter illustrasie sal twee ultraviolet- en twee infraroodlasers bespreek word.

2. DIE VORMING EN EIENSKAPPE VAN OPPERVLAKKORONA-ONTLADINGS

Oppervlakontladings in hierdie geval, ontstaan wanneer 'n vinnige hoogspanningspuls oor die oppervlak van 'n dun diëlektrikum aangelê word. 'n Tipiese opstelling, wat van 'n sogenaamde Blümlein-pulser gebruik maak, word in figuur 1 getoon.

Die apparaat word van gedrukte stroombaanbord (veselglas of Mylar) gemaak. Aanvanklik is daar geen elektriese veld tussen A en B nie, maar wel 'n aansienlike veld tussen die bo- en onderkant van die bord. Hierdie veld veroorsaak dat die strooikapasiteit C_s in die skoongeëte gedeelte C deur 'n statiese lading gelaai word. Sodra die vonkgaping vuur, keer die spanning aan die A-kant van die bord om en 'n snel stygende spanning ontstaan tussen kant A en die statiese lading op die oppervlak C. Onder die invloed hiervan ontlai C_s en 'n korona-ontlading ontstaan op die oppervlak van die diëlektrikum. Hierdie ontlading vorm dus by die rand van die koperlaag A en plant vinnig in die rigting van die elektriese veld na B voort. Met die polariteit van die stroombaan soos in figuur 1 ontstaan dus 'n positiewe korona en omgekeerd. Dit het eksperimenteel geblyk dat 'n positiewe korona meer doeltreffend vir foto-ionisasiedoeleinde is.

Die voortplantingsnelheid van die oppervlakontlading is ondersoek met 'n opstelling soos in figuur 2 aangegee. Die verstelbare vonkgaping laat die oppervlakgaping kortsluit wanneer dit vuur en staak die ontwikkeling van die korona. Met die kamera word 'n geïntegreerde beeld van die korona-ontlading tot op die kortsluitpunt verkry, terwyl 'n ossilloskoop wat die spanning moniteer, die ontwikkelingsstyd aangee. 'n Reeks foto's (figuur 3) toon die resultaat



FIGUUR 1. Uitleg van Blümleinpulser. Boaansig (a) en vooraansig (b). Die dikte in (b) is oordryf.

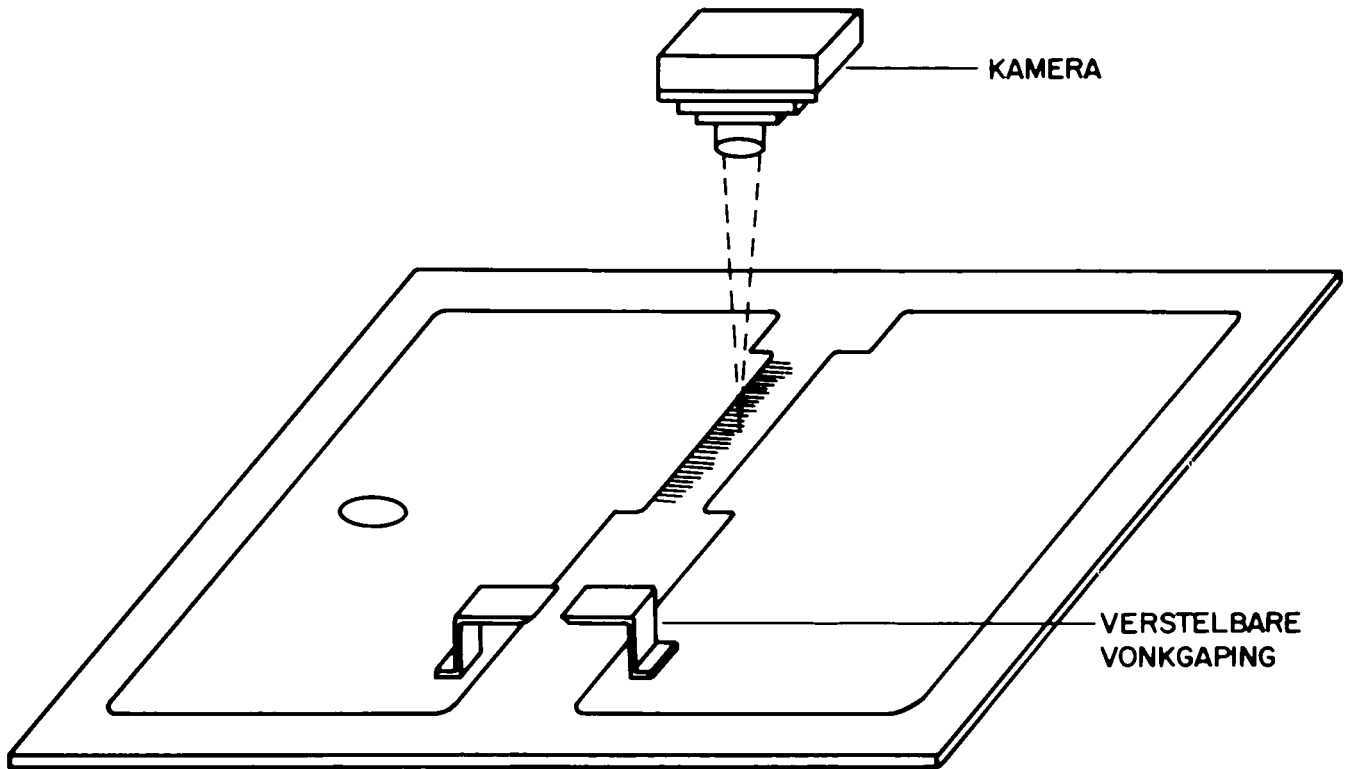
van so 'n eksperiment. Dit is duidelik dat die oppervlakontlading teen 'n baie groot snelheid ($\sim 1 \text{ mm ns}^{-1}$) voortplant en dus goed geskik is as foto-ionisasiebron vir vinnige ontladings. Figuur 3 toon ook dat 'n positiewe korona heelwat fyner as 'n negatiewe korona verdeel is. Deur 'n klein monster van die ontlading met 'n vinnige fotodiode te ondersoek, is daar ook gevind dat die positiewe korona oor 'n aanvanklike ontwikkelingsfase beskik wat vinniger voortplant en ryker aan harde ultravioletstraling is as wat met omgekeerde polariteit verkry word.

Die spektraalinhoud van lig afkomstig van so 'n oppervlakontlading word hoofsaaklik deur die gas waarin dit plaasvind, bepaal. In alle gevalle wat ondersoek is, is sterk ultravioletstraling in die gebied 110-190 nm gevind. Hierdie golflengtegebied is baie geskik vir foto-ionisasie.

3. ONTLADINGSTABILISERING MET BEHULP VAN OPPERVLAkontladings

'n Opstelling wat die basiese beginsel van ontlaadingsstabilisering met behulp van 'n oppervlakontlading illustreer, is in figuur 4(a) aangetoon.¹ Soos reeds verduidelik veroorsaak die Blümleinpulser 'n oppervlakkorona ryk aan harde ultravioletstraling. Foto-ionisasie as gevolg hiervan produseer dan elektrone in die gasvolume tussen die twee gekontroleerde elektrodes (E_1 en E_2). Hierdie proses van voorionisasie vind reeds aan die begin van die stygende spanningspuls plaas. Sodra die spanning tussen E_1 en E_2 hoog genoeg is, ontstaan 'n gasontlading.

Die ontwikkeling van die voorontlading en die oorskakeling van voor- na hoofontlading word in figuur 4(b) getoon. Aanvanklik word 'n relatief klein stroom as gevolg van die vorming van die oppervlak-



FIGUUR 2. Eksperimentale opstelling om oppervlakontladings te bestudeer.

korona waargeneem (gebied A B). Na 'n tydsverloop van 'n paar nanosekondes styg die stroom skerp omdat die ontleding oorsakel na 'n hoofontlading met laer impedansie (gebied B C). Die teenwoordigheid van die hoofontlading herkanaliseer die stroom en die oppervlakontlading word uitgedoof. Die hoëdigtheid foto-elektrone verseker dat daar so 'n groot aantal elektronkaskades tussen E_1 en E_2 ontstaan dat hulle effektief oorvleuel, en die hoofontlading is gevolglik baie homogeen. Verder veroorsaak die vinnige ontwikkeling van die voorionisasieproses dat daar baie min statistiese variasie in die sneller van die hoofontlading is, en dit verseker dat opwekkingstoestand goed reproduseerbaar is.

In die opstelling van figuur 4(a) word die dwarsdeursnee van die hoofontlading hoofsaaklik deur die kontoer van die elektrodes bepaal. Voorbeelde van die effek van verskillende kontoere word in figuur 5 gegee.²

'n Alternatiewe manier om die dimensies van die hoofontlading te beheer is om maskers tussen die twee ontladings te plaas. Op hierdie manier word die vorming van 'n hoofontlading in die afgeskermd gebied gehinbeer. Die konsep word in figuur 6 voorgestel.³ Deur van so 'n afskermingstechniek gebruik te maak, kan die kontoer van die hoofelektrodes baie eenvoudig gemaak word. Dit is selfs moontlik om feitlik plat elektrodes te gebruik, mits die uitleg soos in verwysing³ gewysig word.

In teenstelling met ander konvensionele foto-preïonisasie metodes het ons in hierdie geval 'n outomatiese oorskakeling van voor- na hoofontlading en is geen elektroniese tydsvertragningsnetwerke nodig nie. Verder is die deurslagspanning van die hoofontlading van die foto-elektrondigtheid afhanklik. Dit veroor-

saak 'n mate van koppeling tussen die twee ontladings, wat verseker dat die graad van foto-ionisasie grootliks outomaties geoptimeer is. Die hoeveelheid voorionisasie kan egter ook van buite beheer word deur die kapasitiewe koppeling C_s te verander.

Dit is belangrik dat die oppervlaktgaping groot genoeg moet wees om te verhoed dat die voorontlading dit heeltemal oorbrug. In so 'n geval vorm 'n hoogs geleidende plasmakanaal wat die gaping laat kortsluit, en geen hoofontlading kan dan meer ontwikkel nie.

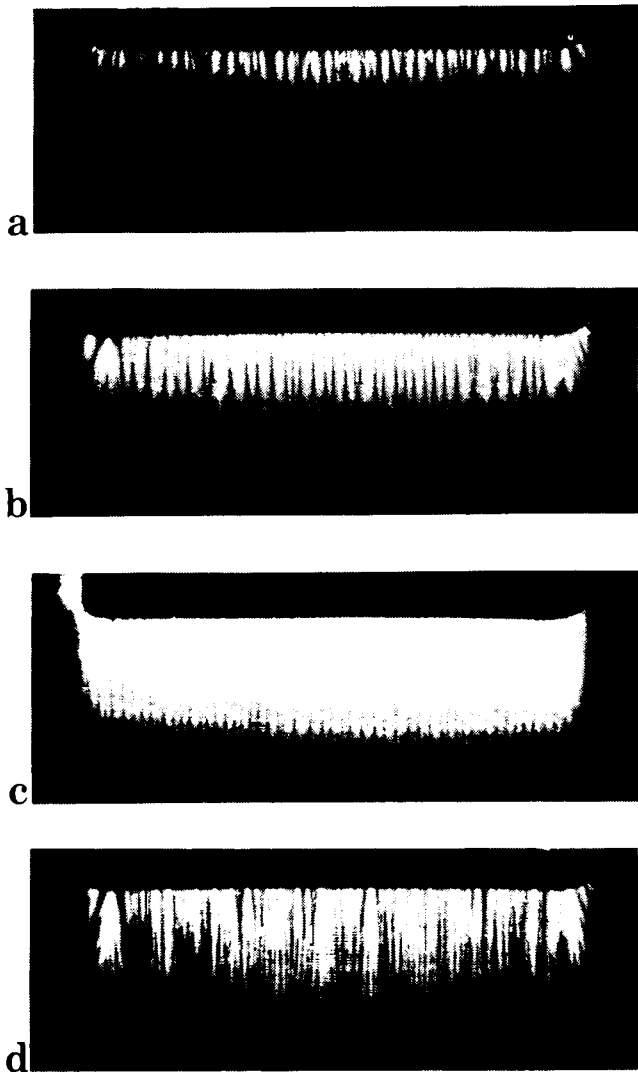
Aangesien die voorionisasieproses so vinnig plaasvind en omdat daar so 'n kort tydsvertraging tussen die voor- en hoofontlading is, kan baie min foto-elektrone deur rekombinasie verlore gaan. Gevolglik word relatief min energie ($\sim 5\%$ van totaal) vir voorionisasie gebruik. Die ontleding veroorsaak ook geen merkbare skade aan die oppervlak nie.

'n Verdere voordeel van hierdie metode van ontledingstabilisering is die eenvoud van die elektrode-opstelling en die feit dat net een pulsnetwerk beide ontladings aandryf.

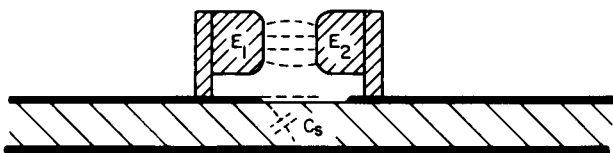
4. VOORBEELDE VAN LASERSISTEME WAT OP HIERDIE STABILISERINGSTEGNIEK GEBASEER IS

1. Ultraviolet- N_2 -laser

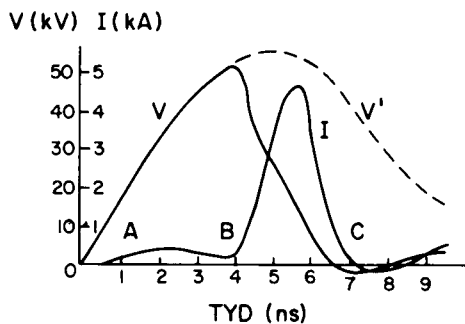
Die stikstoflaser is vandag een van die belangrikste praktiese sisteme wat intense lig in die nabye ultraviolet kan lewer. Laseraksie vind plaas in die $C^3\Pi_u \rightarrow B^3\Pi_g$ -oorgang by 'n golflengte van 337 nm nadat die boonste vlak direk deur elektronbotsings bevolk is. Hierdie laser is veral aantreklik omdat die konstruksie betreklik eenvoudig en die lasermedium (stikstofgas) goedkoop en maklik bekombaar is.



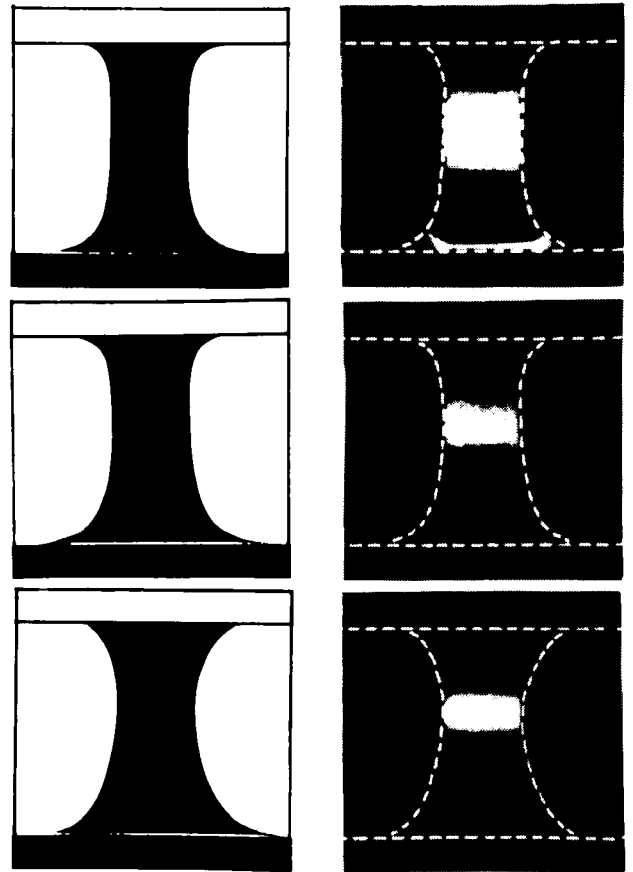
FIGUUR 3. Voorbeelde van oppervlakontladings in verskillende fases van ontwikkeling: a, b en c is positiewe koronas en d is negatief.



FIGUUR 4(a). Stabilisering van 'n hoofontlading met behulp van 'n oppervlakontlading.



FIGUUR 4(b). Tipiese tydsverloop van die spanning oor (V) en stroom deur (I) 'n gasontlading. Die gedeelte V' dui spanning aan wanneer geen hoofontlading vorm nie. Die oppervlakkorona vind plaas in gebied AB en die hoofontlading in gebied BC.



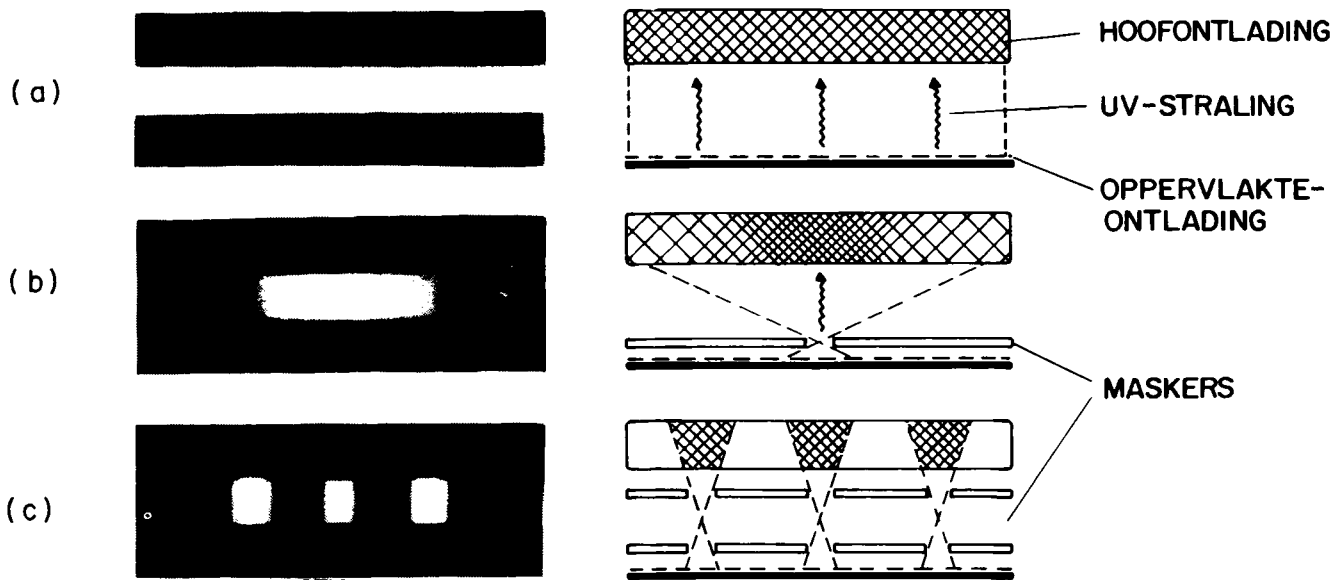
FIGUUR 5. Voorbeelde van verskillende elektrode-kontoure en ooreenstemmende ontladingsdeursnee. Hoe meer geboë die elektrodes hoe smaller is die ont-lading.

By lae drukke is die piekdrywing egter betreklik laag en is groot volumes nodig om bruikbare puls-energieë te produseer. Die piekdrywing wat van 'n bepaalde gasvolume verkry kan word, kan aansienlik verhoog word deur die druk te verhoog. Indien so 'n sisteem boonop by atmosferiese druk gebruik word, hoef dit nie verseël te word nie.

Aangesien die versterking in die N_2 -laser in hierdie drukgebied slegs 'n paar nanosekondes duur, is dit noodsaaklik om dit met 'n baie vinnige gasontlading te pomp. 'n Hoë elektronenergie en dus veldsterkte is ook nodig om die hoogliggende C-vlak effektief te bevolk. Die ontladings wat met behulp van die stabiliseringstegniek van paragraaf 3 verkry word, voldoen by uitstek aan alle vereistes.

Deur eenvoudig 'n opstelling soos in figuur 4(a) van 'n tru-reflektor te voorsien en stikstof stadig ($\sim 1 \text{ l min}^{-1}$) deur die ontladingsgebied te laat vloei, kon 'n stikstoflaser verkry word. Met 'n elektrodelengte van sowat 30 cm en 'n gaping van 5 mm tussen die elektrodes kan laserpulse met $\sim 1 \text{ MW}$ piekdrywing verkry word.⁴ Die halfwydte van die pulse is $\sim 1 \text{ ns}$.

Dit is egter nie moontlik om die opbrengs verder te verhoog deur die ontladingsgebied langer te maak nie. Omdat die boonste laservlak so 'n kort leeftyd ($\sim 1 \text{ ns}$) het, kan versterking net oor die eerste $\sim 30 \text{ cm}$ padlengte geskied, waarna absorpsie begin plaasvind.



FIGUUR 6. Gebruik van maskers om die dimensies van die hoofontlading te beheer.

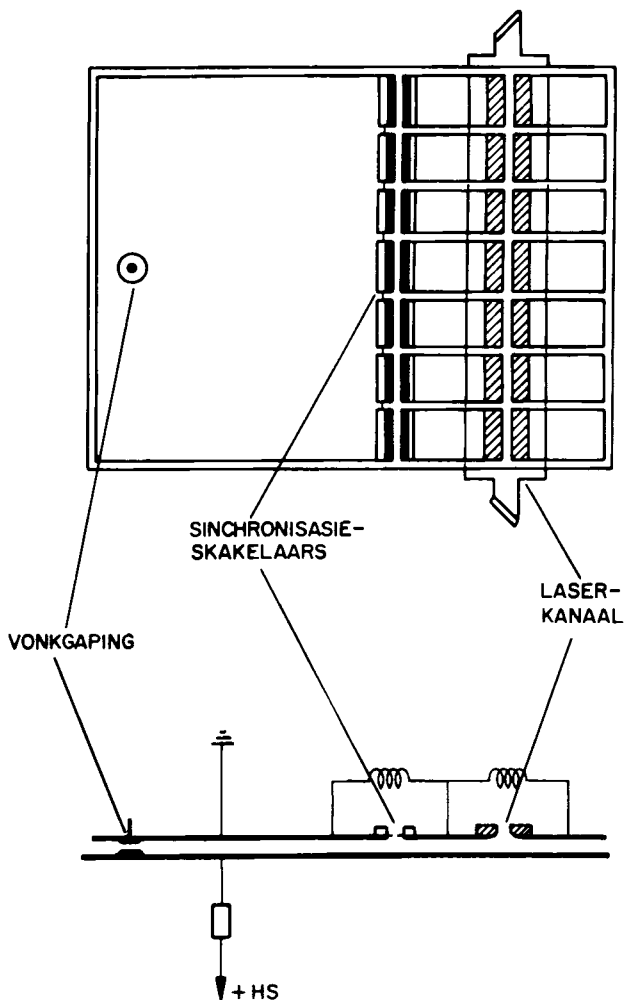
Een manier om versterking oor groter lengtes te kry, is om die ontladingskanaal in 'n aantal segmente te verdeel en die segmente dan een na die ander, in sinchronisasie met die lipuls, te sneller.

'n Ontwerp wat hierdie proses moontlik maak, word in figuur 7 gegee.⁵ Hier word 'n reeks aparte oppervlakontladingskakelaars gebruik om die sinchronisasie van die hoofontladings te bewerkstellig. Aangesien die oppervlakontladings teen 'n feitlik konstante snelheid voortplant, kan die hoofontladings maklik met bekende tydsintervalle vertraag word deur net die wydtes van die addisionele oppervlakgapinge te verstel. Met 'n totale ontladingslengte van 70 cm (7 segmente) kon piekdrywings van sowat 2,5 MW verkry word.

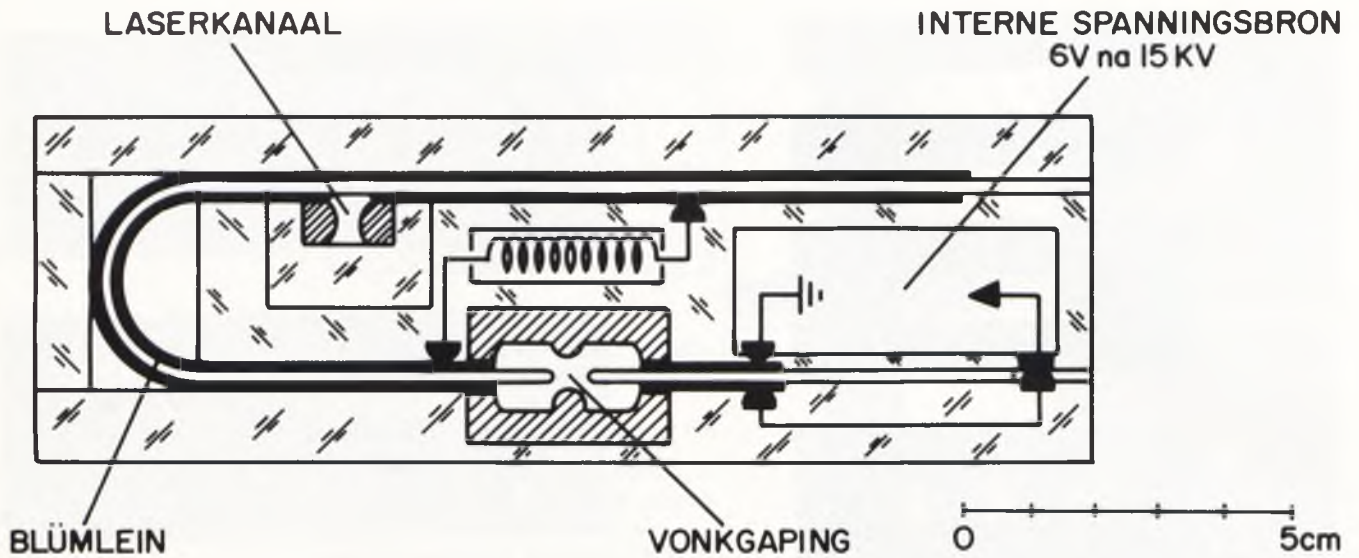
As gevolg van die hoë versterkingskoeffisiënt ($\sim 10^5 \text{cm}^{-1}$) van stikstoflasers is hierdie sisteem baie goed geskik vir die maak van miniatuurweergawes. Vir hierdie doel is die stabiliseringstegniek van paragraaf 3 ideaal, omdat dit so eenvoudig is en in so 'n kompakte vorm gemaak kan word.

'n Ontwerp vir 'n klein draagbare N_2 -laser, wat 'n hoogspanningsbron insluit, word in figuur 8 gegee.⁶ Hierdie stelsel het 'n 5 cm-lange ontlading en vereis slegs 'n 6 V-battery en 'n voorraad industriële stikstof om te kan werk. Die interne kragbron kan pulse teen 'n tempo van 10 Hz voorsien, terwyl pulstempo's van tot 2 kHz en gemiddelde drywings van $\sim 200 \text{mW}$ met 'n eksterne kragbron verkry kan word. Dit was ook moontlik om die laserkanaal geheel en al te verseël as die repetisiefrekwensie laag ($\sim 10 \text{Hz}$) was.

Die N_2 -laser kan selfs verder afgeskaal word na lengtes van slegs 10 en 5 mm.⁷ Deur 'n uitreespieël met lae refleksie ($R \approx 20 \%$) te gebruik, kan piekdrywings van 100 en 30 kW respektiewelik verkry word. Hierdie ultraminiatuurlaser kon met 'n verseëelde vonkgaping gebruik word sodat geen bykomende gasvoorraad meer nodig is nie. Teen atmosferiese druk is pulswydtes van tussen 300 en 500 ps geregi-



FIGUUR 7. Hoëdrywingstikstoflaser met gesinchroniseerde segmente.



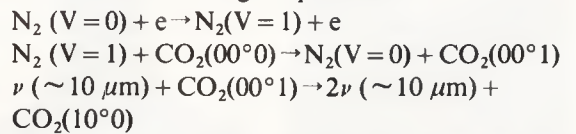
FIGUUR 8. Miniatuurstikstoflaser.

streer. 'n Straaldivergensie in die orde van 5 mrad is verkry. Hierdie lasers is verreweg die kleinste gaslasers wat nog ontwikkel is, en dit is moontlik dat hulle in die toekoms selfs met halfgeleierdiodelasers kan meeding.

4.2 Infrarooi koolstofdioksiedlasers

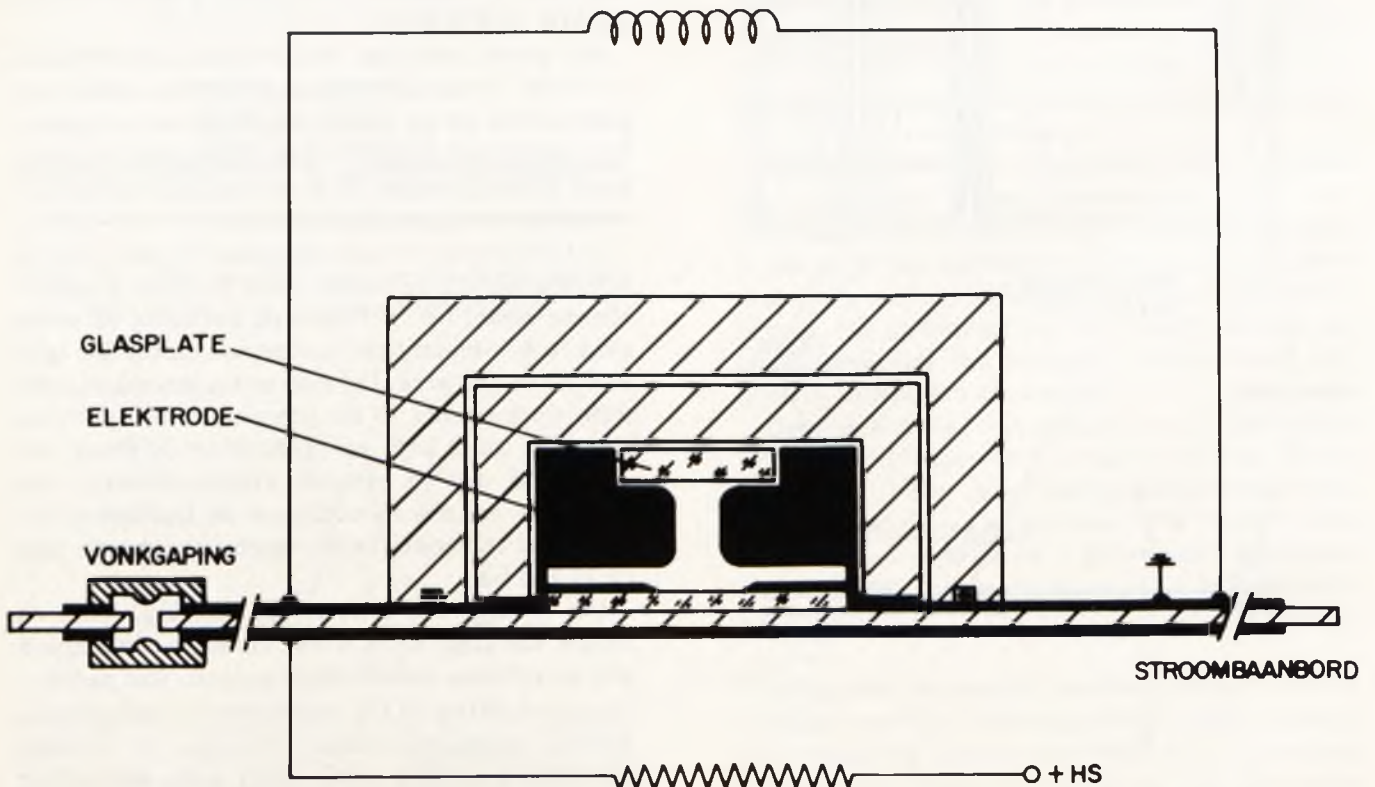
Gepulseerde koolstofdioksiedlasers met golflengte in die 10 μm gebied is tans een van die mees belowende hoëdrywinglasersisteme. Die opwekking van hierdie tipe laser geskied in twee stappe. Eerstens word stikstof deur 'n gasontlading in 'n opgewekte vibrasietoestand gebring. Botsings tussen CO₂ en opge-

wekte N₂ dra dan die opwekkingsenergie oor na CO₂ waarin laseraksie vervolgens plaasvind:



In hierdie laser word faktore soos pulsenergie, piekdrywing en doeltreffendheid almal gunstig deur hoë drukke beïnvloed. Indien die druk hoog genoeg is (~1 MPa), is dit, as gevolg van botsingsverbreding, selfs moontlik om die golflengte kontinu oor 'n gebied tussen 10,2 en 10,8 μm in te stem.

Met hierdie agtergrond in gedagte is besluit om die



FIGUUR 9. Koolstofdioksiedlaser met golfgeleierresonator.

stabiliseringstegniek in paragraaf 3 te gebruik om 'n miniatuur-hoëdruk CO₂-laser te ontwikkel.⁸ Een van die beste geometrieë om in hierdie geval te gebruik is 'n golfgeleierresonator, omdat dit die beste benutting van die aktiewe medium bied. 'n Skematiese voorstelling van hierdie laser word in figuur 9 gegee.

In 'n golfgeleierresonator word laserlig nie alleen deur die laserspieëls heen en weer weerkaats nie, maar ook deur die wande van die laserkanaal. Dit is gevolglik belangrik dat die preïonisasienetwerk geen nadelige invloed op hierdie wandweerkantsings het nie. Die bogenoemde oppervlakontlading is tot dusver die enigste foto-ionisasietegniek wat op so 'n ontwerp toegepas kon word, hoofsaaklik as gevolg van die eenvoudige en kompakte vorm. Daar kan aange- toon word dat die oop hoeke van die laserkanaal, wat essensieel is vir stabilisering, geen nadelige invloed op die resonatoreienskappe het nie.⁹

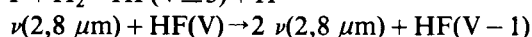
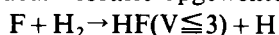
Die maksimum parsiele druk van CO₂ + N₂ waarteen filamentvrye ontladings verkry kan word, is sowat 0,25 tot 0,3 MPa. Dit was egter moontlik om die gasmengsel met He aan te vul tot 'n totale druk van sowat 1,2 MPa. Tot 'n eerste benadering het die helium weinig invloed op pulsenergie en -wydte. Dit speel egter 'n belangrike rol in die botsingsverbreding van die rotasielyne wat tot die versterking bydra. By drukke bo sowat 1 MPa word so 'n groot mate van verbreding verkry dat die versterkingsprofiel 'n breë, kwasiëkontinue vorm kry en, soos genoem, kan die golflengte dan oor hierdie gebied met 'n geskikte rooster-etalon-kombinasie kontinu ingestem word.

By hoë parsiele drukke van die aktiewe komponente is laserpulse van 0,5 MW piekdrywing en halfwydtes van 20 ns verkry. Hierdie opbrengs oortref dié van vergelykbare golfgeleierlasers met meer as 'n orde grootte. Dit blyk dat die belangrikste rede hiervoor die gebruik van 'n foto-ionisasiestabiliseringsmetode is wat bedryf by hoë drukke moontlik maak.

Daar is egter ook gevind dat O₂-kontaminasie, as gevolg van die afbreek van CO₂, weinig invloed op die ontlading het, mits oppervlakkoronastabilisasie gebruik word. Dit behoort die ontwikkeling van versëelde CO₂-lasers moontlik te maak.¹⁰

4.3 Infrarooi waterstoffluoriedlasers

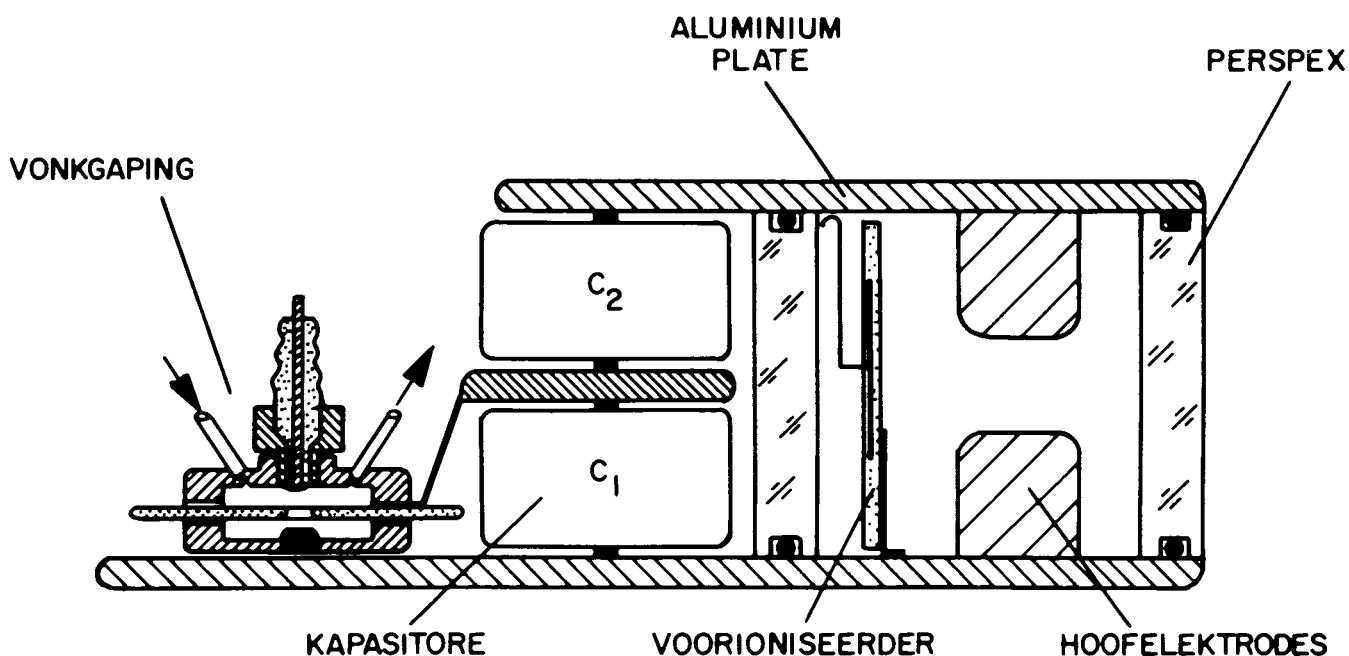
Nog 'n betreklik doeltreffende hoëdrywinglaser-sisteem is die chemiese waterstof- (of deuterium-) fluoriedlader. Hierdie sisteem word by die 2,8 μm-gebied bedryf (3,8 μm vir DF). Die stelsel gebruik 'n gasontlading om atoomfluor uit gasse soos SF₆ vry te stel. Die atoomfluor verbind vervolgens deur 'n eksotermiese reaksie met waterstof (of deuterium) om deur vibrasie opgewekte HF (of DF) te vorm:



Soos aangetoon, kan die opgewekte HF dan vir laseraksie gebruik word.

Tot dusver was daar nog heelwat probleme om geskikte ontladings in SF₆ te verkry, hoofsaaklik vanweë die sterk elektronegatiwe aard van hierdie gas. Die kort tydsvertraging en teenwoordigheid van 'n hoë elektriese veld gedurende foto-ionisasie, wat met die stabiliseringstegniek van paragraaf 3 verkry word, verhoed dat foto-elektrone deur rekombinasie verlore gaan. Gevolglik kan homogene ontladings selfs in mengsels van SF₆ en H₂ by atmosferiese druk verkry word.

'n Eksperimentele sisteem wat direk op die ontwerp in figuur 4(a) gebaseer is, is opgestel.¹¹ Met 'n konvensionele resonator is laserpulse met piekdrywings van 4,5 MW (2 MW vir DF) en 'n energieinhoud van 45 mJ verkry. Die laser het 'n aktiewe volume van slegs 7,5 (lengte) × 0,6 × 0,6 cm³ gehad en die spesifieke pulsenergie was die hoogste wat tot nog toe gerapporteer is.



FIGUUR 10. Skematiese uitleg van eksimeerlaser.

4.4 Edelgasmonohaliedlasers

Eksimeerlasers soos die edelgasfluoriedlasers ArF, KrF en XeF is van die mees doeltreffende lasers in die ultravioletgebied. Die belangrikste rede hiervoor, behalwe 'n effektiewe pompmeeganisme vir die boonste laservlak, is die bestaan van 'n swakgebonde of afstotende grondtoestand, wat die opbou van 'n populasie in die onderste laservlak voorkom.

Die pompmeeganisme in hierdie sisteme berus, onder andere, op drieliggaambotsings en hiervoor is dit essensieel om by hoë drukke te werk. Soos by die ander sisteme wat reeds bespreek is, is ontladingstabilisering met behulp van 'n oppervlakontlading ook hier baie geslaagd.¹² In hierdie gasse is die oppervlakontlading geneig om oor aansienlike afstande te beweeg sonder om na 'n hoofontlading oor te skakel. Gevolglik was dit nodig om die uitleg van die voor-ionisasiestelsel effens te wysig. Die gewysigde uitleg kan met 'n gewone LC-tipe-pulsgenerator gebruik word, en word in figuur 10 gegee.

Hierdie sisteem met dimensies 67 (lengte) × 20 (wydte) × 9 (hoogte) cm³ kan pulsenergieë van 110, 130 en 230 mJ in respektiewelik XeF, ArF en KrF lewer.

5. OPSOMMEND

Dit is moontlik om gasontladings by hoë drukke baie effektief met behulp van 'n korona-oppervlakontlading te stabiliseer. Praktiese gaslasersisteme wat op hierdie tegniek gebaseer is, is heelwat eenvoudiger en dus ook goedkoper as konvensionele sisteme. Verder het hierdie stabiliseringsmetode in verskeie gevalle definitiewe voordele as gevolg van unieke eienskappe, soos 'n kort tydsvertraging tussen voor- en hoofontladings, 'n groot inhoud van harde ultravioletstraling en 'n baie kompakte formaat.

Die vier voorbeelde wat in die vorige paragraaf bespreek is, toon dat die stabiliseringstegniek reeds 'n wye veld van toepassing in die gebied van gaslasers by hoë drukke het. Dit is onlangs ook met sukses by 'n reeks waterstofedelgaslasers aangewend en daar word verwag dat die toepassingsgebied nog heelwat verder uitgebrei kan word.

Tot dusver is hierdie tegniek in sy huidige vorm hoofsaaklik slegs vir betreklik klein gasvolumes gebruik. Werk word tans gedoen om ander geometrieë, wat met groter volumes gebruik kan word, te ontwikkel.

Summary

The effective operation of pulsed high-power gas lasers is primarily dependent on the uniformity of the discharge used for excitation. Special stabilization techniques are required to obtain suitable discharges at the high (multi-atmospheric) pressures needed for efficient high-power operation.

Such a discharge-stabilization procedure has been developed based on photo-preionization from a surface corona-type discharge. Since such corona discharges are automatically produced when a fast-rising voltage pulse is applied to a pair of main-discharge electrodes close to a dielectric surface, they

form a very simple, compact and efficient means for stabilizing the adjacent main volume-discharge by seeding it with photo-electrons.

A number of pulsed, high-pressure gas lasers based on this stabilization technique, was developed, and four specific systems, namely N₂, CO₂-N₂, HF/DF and raregas-halide excimers, are discussed. Due to the unique properties of the surface discharges, each of these showed a marked improvement over conventional systems.

The N₂ laser could produce peak powers of up to 2,5 MW. A series of miniaturized N₂ lasers was also developed. These included a model which contained a 5 cm-long sealed-off laser head, fast-pulsing circuit and high-voltage power supply in a single hand-held unit. Peak powers of 200 kW could be obtained from a 0,5 ns (FWHM) pulse. It was possible to reduce the active length further to ~0,5 cm. These are the smallest gas lasers in existence. They delivered peak powers of ~30 kW. The CO₂ laser developed was a waveguide type. To date, the surface discharge technique is the only way photo-preionization could be achieved in such a geometry. Due to the resulting high-pressure operation this 12 cm-long laser produced a peak power of ~0,5 MW, which exceeded the output from comparable units by more than an order of magnitude.

Also in the case of the HF and raregas-halide excimer lasers stabilization by the surface discharge method proved superior to conventional techniques.

Up till now this stabilization technique, in its present form, has been used mainly in fairly small-volume systems. Different geometries, which should be suitable for the excitation of larger volumes, are currently being evaluated.

LITERATUURVERWYSINGS

- Hasson, V. & Von Bergmann H.M. (1976). *J. Phys. E: Scient. Instrum.*, 9, 73.
- Von Bergmann, H.M. (1981). Ph.D. Tesis, pp. 128-129.
- Hasson, V. & Von Bergmann, H.M. (1980). *J. Phys. E: Scient. Instrum.*, 13, 632.
- Hasson, V. Von Bergmann, H.M. & Preussler, D.R. (1976). *Appl. Phys. Lett.*, 28, 17.
- Von Bergmann, H.M. & Hasson, V. (1976). *J. Phys. E: Scient. Instrum.*, 9, 982.
- Von Bergmann, H.M. & Penderis, A.J. (1977). *J. Phys. E: Scient. Instrum.*, 10, 602.
- Hasson, V. & Von Bergmann, H.M. (1979). *Rev. Scient. Instrum.*, 50, 59.
- Brink, D.J. & Hasson, V. (1978). *J. Appl. Phys.*, 49, 2250.
- Brink, D.J. & Salamon, T.I. (1977). *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 10, 117.
- Hasson, V. & Brink, D.J. (1979). *J. Phys. E: Scient. Instrum.*, 12, 976.
- Brink, D.J. & Hasson, V. *J. Phys. E: Scient. Instrum.*
- Hasson, V. & Von Bergmann, H.M. (1979). *Rev. Scient. Instrum.*, 50, 1542.