



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8720073**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Hoogfrequente vierpolige lineaire versneller met variabele frequentie.**
- ⑤1 Int.Cl⁴: H01J 25/10, H01P 1/201, H01P 1/205.
- ⑦1 Aanvrager: Accsys Technology, Inc. te Pleasanton, Californië, Ver. St. v. Am.
- ⑦4 Gem.: Ir. G.F. van der Beek c.s.
NEDERLANDSCH OCTROOIBUREAU
Joh. de Wittlaan 15
2517 JR 's-Gravenhage.

- ②1 Aanvraag Nr. 8720073.
- ⑧6 Aanvraagnummer oorspronkelijke internationale aanvraag: PCT/US87/00321.
- ②2 Ingediend 3 februari 1987.
- ③2 Voorrang vanaf 3 februari 1986.
- ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 825273 .
- ⑥2 --

- ④3 Ter inzage gelegd 4 januari 1988.
- ⑧7 Publicatiedatum oorspronkelijke internationale aanvraag: 13 augustus 1987.
- ⑧7 Publicatienummer oorspronkelijke internationale aanvraag: WO87/04852.

Deze octrooiaanvraag werd ingediend als internationale octrooiaanvraag onder de bepalingen van het Verdrag tot samenwerking inzake octrooien (PCT). De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van een Nederlandse vertaling van de oorspronkelijk in een andere taal ingediende beschrijving met conclusie(s) en tekening(en). De Nederlandse octrooiaanvraag wordt geacht te zijn ingediend op de indieningsdatum van de internationale octrooiaanvraag.

Hoogfrequente vierpolige lineaire versneller met variabele frequentie.

De uitvinding heeft in het algemeen betrekking op het gebied van versnellers voor atomaire en nucleaire deeltjes, en heeft meer in het bijzonder betrekking op lineaire versnellers die gebruik maken van hoogfrequente vierpolige (RFQ) elektrische velden voor de versnelling, 5 focusering, en groepsvorming (bunching) van een bundel van ionen.

Het is sinds vele jaren bekend dat conventionele lineaire versnellers (linacs), die gebruik maken van driftbuizen en dergelijke met magnetische versnellings- en focusseringsvelden, in het algemeen ontoereikend zijn om ionenbundels bij lage energieën te transporteren en te 10 versnellen. Het belangrijkste nadeel van deze conventionele lineaire versnellers is dat de deeltjessnelheden in zulke ionenbundels zo laag zijn dat de Lorentz-krachten op de deeltjes te klein zijn om de bundel voor welke magnetische velden dan ook, die in de praktijk verkregen kunnen worden, te sturen. Teneinde ionen in conventionele lineaire ver- 15 snellers te versnellen moet men tussen de ionenbron en de versneller een injectiestelsel toepassen om de energie van de bundeldeeltjes te verhogen en om deze deeltjes te focusseren en in groepen te vormen (to bunch) teneinde een bundel te verkrijgen die voor versnelling geschikt is. Voor verscheidene tientallen jaren is het ontwerpen van dit injectiestelsel, d.w.z. een versneller voor lage-energie ionenbundels, een 20 uitdaging voor de onderzoekers in dit gebied geweest.

In 1970 hebben I.M. Kapchinskii en V.A. Teplyakov de RFQ lineaire versneller als een mogelijke oplossing gesuggereerd voor dit probleem; zie "Linear Ion Accelerator with Spatially Homogeneous Strong 25 Focusing", Prib. Tekh. Eksp. 2, 19 (1970). Deze inrichting heeft geen driftbuizen maar heeft daarentegen vier langwerpige elektroden die symmetrisch rond de buis zijn geplaatst, waarbij elke elektrode zich evenwijdig in een richting aan de bundelas uitstrekt. De elektroden worden zodanig door hoogfrequent (rf) elektrisch vermogen aangedreven dat de 30 spanning op elke elektrode bij benadering over zijn gehele lengte op elk gegeven moment constant is. Verder zijn de spanningen van elk paar elektroden aan tegenovergestelde zijden van de bundel dezelfde en zijn zij gelijk in grootte en tegengesteld in teken aan de spanningen op het andere paar van tegenovergesteld aangebrachte elektroden, zodat in alle 35 punten in de bundel de elektrische velden in het vlak loodrecht op de bundelas in hoofdzaak vierpolig zijn. De betreffende bundel wordt hierdoor onderworpen aan een vierpolig elektrisch veld met wisselende gradiënt, welk veld het bekende sterke-focuseringseffect teweegbrengt

dat onafhankelijk is van de snelheid van de bundeldeeltjes.

Wanneer natuurlijk de elektroden over hun gehele lengte op een constante afstand tot de bundelas liggen, staan de elektrische velden dan geheel dwars op deze as. De bovengenoemde schrijvers hebben echter
 5 aangegeven dat, wanneer de afstand van elk paar diametraal tegenovergestelde elektroden tot de bundelas met de ruimtelijke periodiciteit langs deze as varieert, en wanneer de afstand van het aangrenzende paar van tegenovergesteld geladen elektroden eveneens met dezelfde periode varieert maar met een faseverschil langs de as van 180° ten opzichte
 10 van het eerste elektrodepaar, dan een elektrische veldcomponent evenwijdig aan de bundelas teweeg zal worden gebracht. Derhalve is voor elke elektrode het naar de bundelas gerichte oppervlak golvend zodat de afstand van dit oppervlak tot de as tussen een minimale waarde a en een maximale waarde ma ($m > 1$) oscilleert wanneer men voortgaat in de richting evenwijdig aan de bundelas (conventioneel als de z -richting gedefinieerd). De afstand d tussen aangrenzende golvingen op een gegeven elektrode en de minimale en maximale afstanden van de elektrode tot de bundelas (a en ma) zijn voor alle vier elektroden dezelfde. Voor een
 15 gegeven paar elektroden, dat in een door de bundelas gaand vlak ligt, treden de toppen van de golvingen in dezelfde posities langs de bundelas op, en deze posities markeren eveneens de plaats van de golvingsdalen in het andere paar elektroden dat in het orthogonale vlak door de bundelas ligt. Het elektrische veld, dat zich van de golvingstoppen van het ene paar elektroden uitstrekt naar de golvingstoppen van de in het
 20 orthogonale vlak gelegen elektroden, heeft daarom een axiale component.

De golvingstoppen definiëren de grenzen van een reeks van langs de bundelas gerangschikte eenheidscellen, waarbij elke cel een breedte $d/2$ in de z -richting heeft. In alle punten binnen elke gegeven eenheidscel ligt de z -component van het elektrische veld in dezelfde richting langs de bundelas en in de aangrenzende eenheidscellen aan elke zijde van de gegeven cel ligt de z -component in de tegenovergestelde richting. Daarom hebben de elektrische velden in opvolgende eenheidscellen een afwisselend versnellend en vertragend effect op de bundeldeeltjes en deze velden hebben eveneens de neiging de bundel te doen
 35 moduleren of groeperen in afwisselende cellen. Voor een gegeven bundeldeeltjessnelheid v is de frequentie f van de elektrodespanningsoscillaties zodanig dat de periode van deze oscillaties gelijk is aan de doorlooptijd van de deeltjes over de afstand d :

$$f = v/d,$$

zodat de deeltjesgroepen of -modulaties (bunches), wanneer zij van de ene eenheidscel naar de volgende cel in de z-richting bewegen, voort zullen gaan een versnellend elektrisch veld tegen te komen.

Daarom is de door Kapchinskii en Teplyakov voorgestelde RFQ lineaire versnellerstructuur in staat om zelfs voor lage deeltjessnelheden een bundel van geladen deeltjes te focuseren, aan groepsvorming of modulatie te onderwerpen en te versnellen. Wanneer natuurlijk de deeltjes bij hun voortgang langs de structuur worden versneld zullen hun snelheden toenemen. Dit houdt in dat de afstand d tussen golvingen op een gegeven elektrode-oppervlak in de stroomafwaartse delen van de versneller groter moeten zijn. De grootte van de versnelling zal door de afmetingen van de golvingen a en $m\lambda$ en door de groottes van de elektrodespanningen worden beïnvloed, waarbij deze spanningen echter de gehele structuur karakteriseren en alleen voor de hoeveelheid aan de bundeldeeltjes overgedragen energie een totale schaalfactor bepalen. Wanneer bijvoorbeeld de golvingsafmetingen a en $m\lambda$ langs de gehele lengte van de elektroden constant zijn en wanneer aangenomen wordt dat de axiale versnellingsvelden zoals zij door de bundeldeeltjes worden gezien in de tijd constant zijn, zal de versnelling van deze bundeldeeltjes constant zijn en zal de snelheid van de deeltjes evenredig zijn met de vierkantswortel van de afgelegde afstand. Aangenomen wordt eveneens dat de snelheden van de bundeldeeltjes voldoende laag zijn zodat de invloeden van speciale relativiteit genegeerd kunnen worden. Dit houdt in dat de afstand d en de breedtes van de eenheidscellen eveneens in directe evenredigheid met de vierkantswortel van de axiale afstand langs de versneller moeten toenemen. Deze bepaalde afhankelijkheid van de grootte d van axiale positie is vanzelfsprekend gevoelig voor de veronderstelling van een constante deeltjesversnelling, en wanneer de hoogten van de golvingen met axiale positie variëren, moeten vervolgens de breedtes van de eenheidscellen dienovereenkomstig gevarieerd worden zodat de doorlooptijd door een eenheidscel constant blijft onafhankelijk van de bundeldeeltjesmassa of lading, of de elektrodespanning.

Verschillende onderzoekers in verscheidene laboratoria hebben het gedetailleerde ontwerp van de elektrodegeometrie en analyse van de deeltjesbundeldynamica voor een verscheidenheid van RFQ lineaire versnellers, ontworpen voor een aantal verschillende praktische toepassin-

gen, voortgezet. De kenmerkende RFQ lineaire versnellers maken gebruik van vaantvormige of staafvormige elektroden met waarden voor de gol-
vingsafmetingen a en ma , die geleidelijk met de axiale afstand stroom-
afwaarts toenemen. Bij het injectie-einde van de versneller zijn de
5 axiale velden nul en de eerste enkele eenheidscellen, de "radiale aan-
passer" genoemd, zijn ontworpen om de aanpassing van de dc ionenbundel
in de tijd-variërende velden van de versneller te optimaliseren. Deze
sectie wordt gevolgd door de "vormer"-sectie, vervolgens de "zachte
groepsvormer" die een meer rendabele adiabatiscie groepsvorming en ho-
10 gere bundelintensiteiten teweegbrengt, en uiteindelijk de versneller-
sectie. Verschillende profielen voor de elektrode-oppervlakken in het
vlak dwars op de bundelas zijn bestudeerd met inbegrip van de hyperbo-
liscie en wigvormen die oorspronkelijk door Kapchinskii en Teplyakov
zijn voorgesteld. De ontwerptechnieken en bedrijfsservaringen voor ver-
15 schillende typen van RFQ lineaire versnellers zijn zorgvuldig geresu-
meerd in een artikel van H. Klein ("Development of the Different RFQ
Accelerating Structures and Operating Experience", IEEE Transactions on
Nuclear Science, vol. NS-30, No. 4, augustus 1983), en een overzicht
van de verschillende RFQ lineaire versnellers in bedrijf, onder con-
20 structie, of in de voorafgaande ontwerpfasen zijn door S.O. Schriber
gegeven ("Present Status of RFQ's", 1985 Particle Accelerator
Conference, Vancouver, Canada; mei 13-17, 1985; IEEE Transactions on
Nuclear Science, vol. NS-32, No. 5, blz. 3134 (1985)).

Zoals door Klein in het bovengenoemde overzichtsartikel is aange-
25 geven, hebben de huidige RFQ-ontwerpen te lijden van het nadeel dat de
ontwerpparameters sterk van elkaar afhankelijk zijn en dat een wille-
keurig gegeven opzet de neiging heeft inflexibel te zijn. Men begint
gewoonlijk met de keuze van de te versnellen ionensoort met een bepaal-
de lading-massa verhouding, en gaat vervolgens over naar de selectie
30 van een bedrijfsfrequentie. Deze frequenties kunnen met een faktor van
10 of meer variëren afhankelijk van de gewenste toepassing en ionen-
soort. Wanneer de bedrijfsfrequentie eenmaal gekozen is, moet een reso-
nerende RFQ-structuur worden ontworpen die de elektrodespanningen op de
gekozen frequentie doet oscilleren. Deze resonatoren behoren gewoonlijk
35 tot twee verschillende categorieën: resonantieholten en resonerende
LC-structuren. Resonantieholten worden bij frequenties boven 150 MHz
gebruikt omdat onder deze grens de afmetingen van de holten onpraktisch
groot worden. De LC-structuren zijn analoog aan duale-geleidertransmis-
sielijnen en zijn bruikbaar bij frequenties onder 150 MHz. Een hybride
40 type structuur, bekend als de gespleten coaxiale resonator (SCR), heeft

enige van de kenmerken van beide typen van hoogfrequent-structuur, maar in praktische termen kan hij alleen voor frequenties tussen enkele MHz tot aan ongeveer 100 MHz worden ontworpen. Deze SCR-structuur is in het Amerikaanse octrooischrift 4.404.495 (Mueller) beschreven welk octrooi-
 5 schrift een uitvoeringsvorm van deze inrichting openbaart die ontworpen is om te werken bij 13,5 MHz teneinde zeer zware ionen te versnellen met een atomaire massa/lading verhouding boven 100 met bundelstromen in het milli-amperebereik.

Bij de meeste van de voorgaande ontwerpen voor RFQ lineaire ver-
 10 snellers is vervolgens gebleken dat, wanneer eenmaal een bedrijfsfrequentie en resonerende hoogfrequente structuur zijn gekozen, het ontwerp betrekkelijk "vast vergrendeld" is op die frequentie, en dat voor het versnellen van bundels met een verschillende frequentie men aanzienlijke wijzigingen in de resonerende structuur moet aanbrengen. Dit
 15 beperkt op zijn beurt de bundelkarakteristieken die men bij een willekeurig gegeven RFQ versneller kan bereiken. Voor een bepaalde soort van ionen met een gegeven lading-massa verhouding, zijn de ingangs- en uitgangsenergieën van de bundel beperkt tot waarden die met de vaste bedrijfsfrequentie overeenkomen. Voor elke resonerende structuur is na-
 20 tuurlijk in het algemeen een bepaalde hoeveelheid "afstemming" nodig, d.w.z. een variatie van de fysische parameters om de resonantiefrequentie op zijn gewenste waarde in te stellen. Verscheidene technieken zijn ontworpen voor het afstemmen van de hoogfrequente resonatoren, zoals de invoer van een vacuumcondensator of "afstemmingskogel" zoals beschreven
 25 in het Amerikaanse octrooischrift 4.494.040 (Moretti). In het geval van de gebruikelijk toegepaste ontwerpen van RFQ resonatoren is, zoals door Klein in het bovenvermelde artikel is aangegeven, de afstemming van de resonatoren in het algemeen moeilijk voor een deel als gevolg van de sterke onderlinge afhankelijkheid van de RFQ ontwerpparameters. Binnen
 30 de context van de opmerkingen van Klein verwijst "afstemming" natuurlijk naar variaties in de bedrijfsfrequentie over een betrekkelijk klein bereik.

In het kort gesteld zijn de voordelen van het in staat zijn om een lineaire ionenversneller over een breed bereik van frequenties te kun-
 35 nen bedrijven dat, voor elk gegeven ionensoort, men een versnelde bundel van verscheidene verschillende energieën kan bereiken en dat, omgekeerd, voor een gegeven bundelenergie men ionen met verscheidene verschillende lading-massa verhoudingen kan versnellen. Het vermogen om deze parameters over een groot bereik te kunnen sturen maakt een ver-
 40 scheidenheid van belangrijke toepassingen en interessante experimenten

voor deze versnellers beschikbaar waaronder de gebieden van atomaire en vaste-toestandfysica, nucleaire scheikunde, en stralingsbiologie, in aanvulling op hun gebruik als injectoren voor grotere machines. Deze voordelen zijn door onderzoekers in het gebied van lineaire versneller-ontwikkeling erkend. M. Odera heeft bijvoorbeeld het ontwerp en de bedrijfskarakteristieken van een frequentie-afstembare lineaire versneller in Japan beschreven ("Report on Frequency Tunable Linac", Proceedings of the 1984 Linear Accelerator Conference, Seeheim, West-Duitsland; GSI-84-11 Conf., blz. 36 (september 1984)). Dit is een drift-buis versneller, waarin de frequentie wordt gevarieerd door een kwartgolf coaxiale resonatorstub met een "racebaan" dwarsdoorsnede en een beweegbaar kortsluitorgaan, verbonden en gekoppeld aan de drift-buizen. Door het kortsluitorgaan over een afstand van bij benadering twee meter te bewegen kan de bedrijfsfrequentie van de versneller tussen 17 MHz en 60 MHz worden gevarieerd ofschoon de maximale bedrijfsfrequentie in de praktijk 45 MHz bedraagt op basis van andere praktische overwegingen. Met deze versneller zijn ionen van waterstof tot goud uit energieën van 0,6 MeV/amu tot 4 MeV/amu versneld.

Teneinde de zwaarste ionen van de periodieke tabel te versnellen is het in het algemeen wenselijk om op frequenties omlaag tot enkele MHz-bereiken te werken. Bij de boven beschreven Japanse machine moet de afstemstructuur reeds bij 17 MHz een lengte meer dan 6 voet hebben en deze machine heeft natuurlijk niet de extra voordelen van het RFQ ontwerp. Het artikel echter van Odera illustreert hoeveel flexibiliteit met een machine verkregen kan worden waarin de bedrijfsfrequentie met een factor drie gevarieerd kan worden.

Een variabele-frequentie RFQ lineaire versneller in Frankfurt, West-Duitsland, is beschreven door A. Schempp en medewerkers ("Status of the Frankfurt Zero-Mode Proton RFQ", 1983 Particle Accelerator Conference, Santa Fe, New Mexico; augustus 1983; IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. NS-30, No. 4, blz. 3536 (1983)). De RFQ structuur van deze machine bevat elektroden die op periodieke intervallen langs de elektroden door paren van radiale stangen worden ondersteund, waarbij elke stang bestaat uit een vlakke strookvormige geleidende drager met een U-vormig einde, waarbij de vlakke oppervlakken van deze stangen loodrecht staan op de bundelas. De bundelas loopt tussen de benen van de "U" door, waarbij elk been bevestigd is aan een van de equivalente elektroden aan weerszijden van de bundelas. De stang strekt zich vanaf het elektrodepaar uit naar een gemeenschappelijk geleidend draagoppervlak dat elektrische aarde vormt. De aangrenzende stang in elk paar is

op soortgelijke wijze verbonden aan het tegenovergestelde paar elektroden in een enigszins verplaatste axiale positie, en de beide stangen strekken zich vanaf de elektroden onder een hoek ten opzichte van elkaar naar beneden uit naar het elektrische aardoppervlak. Elk paar stangen samen met het geleidende aardoppervlak vormt een geconcentreerd inductantie-element dat door een enkelvoudig driehoekig gevormde lus kan worden benaderd, waarbij de beide stangen en het elektrisch geaarde draagoppervlak overeenkomen met de zijden van de driehoek. De resonerende structuur bevat daarom de periodiek met deze inductieve draagstangen geladen elektroden.

De opname van de elektrodedragers in de resonerende hoogfrequente structuur als periodieke inductieve belastingen is een bekend concept. De "spirale stang RFQ resonator" is bijvoorbeeld een systeem waarin de elektrodedragers elk een een spiraalspoel rond de bundelas zijn, waarvan het ene einde verbonden is met een paar elektroden en waarvan het andere einde verbonden is met het aardoppervlak. Deze structuur is zowel door Klein als Schempp beschreven evenals door andere schrijvers (b.v. R.H. Stokes e.a., "A Spiral-Resonator Radio-Frequency Quadrupole Accelerator Structure", IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. NS-30, No. 4, blz. 3530 (augustus 1983)). De unieke maatregel echter van de rechte draagstangen in de Frankfurt-machine is dat de inductantie gevarieerd kan worden door aan elk paar stangen in verschillende posities over de lengte van de draagstroken een "kortsluitstaaf" aan te sluiten. Elke stang heeft een gesleufd gat dat zich in lengterichting uitstrekt en de kortsluitstaaf is een vlak geleidend strookvormig orgaan met een soortgelijk gesleufd gat. De staaf kan aan elke stang worden bevestigd door bouten die door de sleuven in elke stang en de staaf lopen en de sleuven maken het mogelijk dat dit bevestigingspunt ingesteld wordt waardoor de afmeting van de driehoekige lus en de resulterende inductantie kan worden gevarieerd. Deze structuur is in figuur 3 van het bovenvermelde artikel van Schempp e.a. geïllustreerd en er is betoogd dat deze structuur het mogelijk maakt om de resonantiefrequentie met een faktor drie te variëren (A. Schempp e.a., "Zero-Mode RFQ Development in Frankfurt", Proceedings of the 1984 Linear Accelerator Conference, Seeheim, West-Duitsland; GSI-84-11 Conf., blz. 100 (september 1984)).

Er zijn enige vanzelfsprekende nadelen aan dit schema voor het verkrijgen van variabele resonantiefrequenties. De machine is duidelijk niet bedoeld om het mogelijk te maken dat de frequentie tijdens normaal bedrijf wordt gevarieerd. Voor het instellen van de frequentie is het

nodig om het vacuumvat in te gaan waarin het gehele samenstel is geplaatst en om elke kortsluitstaaf afzonderlijk in te stellen. In feite is de structuur voor het variëren van de frequentie in de Frankfurt-machine reëel als afstemsysteem bedoeld en de schrijvers vermelden

5 dat dit wordt gedaan door de RFQ structuur uit de tank te halen en door hem buiten de tank op een bank uit te lijnen en af te stemmen (A. Schempp e.a., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, vol. B10/11, blz. 831 (1985)).

Verder heeft men opgemerkt dat er in de hoogfrequente structuur

10 van de Frankfurt-machine klaarblijkelijk een niet-verwaarloosbare onderlinge inductantie tussen verschillende paren van draagstangen optreedt (R.M. Hutcheon, "A Modeling Study of the Four-Rod RFQ", Proceedings of the 1984 Linear Accelerator Conference, Seeheim, West-Duitsland; GSI-84-11 Conf., blz. 94 (september 1984)). De bedrijfsfrequentie en ontwerp van de machine wordt noodzakelijkerwijs beïnvloed

15 door deze magnetische dwarskoppeling van de draagstangen. Dit betekent bijvoorbeeld dat het ontwerp van de resonantiestructuur beïnvloed wordt door de lengte van de machine daar, wanneer de lengte van de elektroden wordt vergroot en er meer draagstangen zijn toegevoegd, de

20 resonantiefrequentie zal veranderen. Dit is in het algemeen als een "belangrijke beperking" van RFQ lineaire versnellers beschouwd hierin dat dat een bovengrens aan de werkzame lengte van de machine vormt en dat er daarom een ondergrens aan de ladings-massa verhouding van de ionen, die versneld kunnen worden, bestaat (L.M. Bollinger, "Present

25 Status and Probable Future Capabilities of Heavy-Ion Linear Accelerators", Proceedings of the 10th International Conference on Cyclotrons and Their Applications, Michigan State University, blz. 504 (mei 1984)).

Tenslotte kan worden opgemerkt dat de variabele-frequentie

30 Frankfurt-machine ontworpen is om als een protonenversneller bij 108 MHz bedreven te worden, en Schempp en zijn medeschrijvers geven aan dat de enige resonatoren, die een RFQ lineaire versneller in staat stellen om in het 10-20 MHz bereik te werken, de gespleten coaxiale resonator en de spirale stangresonator zijn, waarbij geen van beide ontworpen is

35 voor variabele frequenties. Deze schrijvers hebben duidelijk hun variabele-frequentie RFQ ontwerp niet beschouwd als te kunnen werken in het enkele-MHz frequentiebereik.

Openbaring van de uitvinding

40 De uitvinding omvat een RFQ lineaire versneller die over een

continu variabel bereik van frequenties vanaf enkele MHz tot aan ten-
 minste 100 MHz bedreven kan worden, en die ontworpen is om bundels van
 geladen deeltjes van tot aan verscheidene MeV energie bij milli-ampere
 intensiteiten voor een breed bereik van deeltje lading-massa verhoudin-
 5 gen op te wekken. Vier vaanvormige langwerpige elektroden zijn symme-
 trisch rond de as van de deeltjesbundel aangebracht en evenwijdig aan
 deze bundelas gericht en binnen het vacuumvat van de versneller ge-
 plaatst. Het ontwerp van deze vaanvormige elektroden is soortgelijk aan
 dat van voorafgaande RFQ lineaire versnellers. Hoogfrequent elektrisch
 10 vermogen wordt op zodanige wijze aan deze elektroden toegevoerd dat de
 spanning van elke vaan over zijn gehele lengte in hoofdzaak constant is
 en de vaanoppervlakken zijn zodanig gevormd dat het opgewekte elektri-
 sche veld bij benadering zuiver vierpolig is in het door de deeltjes-
 bundel ingenomen gebied. De afstanden van de vaanoppervlakken tot de
 15 bundelas variëren over de lengte van de vanen op bekende oscillatori-
 sche manier zodat de bundel langs de bundelas wordt gefocusseerd, adia-
 batisch aan groepsvorming of modulatie wordt onderworpen, en wordt ver-
 sneld als de deeltjes zich langs de bundelas voortbewegen. De elektro-
 den zijn parallel aangesloten op een reeks van identieke geconcentreer-
 20 de variabele inductanties die op regelmatig gescheiden intervallen
 langs de vanen zijn geplaatst zodat de resonantiefrequentie van de ge-
 laden vanen, die de bedrijfsfrequentie van de versneller is, continu
 over een breed bereik kan worden gevarieerd.

Elke inductantie van deze variabele inductanties omvat een binnen
 25 het vacuumvat aan weerszijden van de elektrodeconstructuur geplaatste bi-
 filaire spoel, waarbij de as van de spoel evenwijdig loopt aan de bun-
 delas. Elke draad van de spoel is verbonden met een van de equipoten-
 tiale paren van elektroden door middel van een zich van de spoeldraad
 naar het vaanpaar uitstrekkende vlakke stang, en de stang, die de ande-
 30 re spoeldraad met het tegenovergestelde elektrodepaar verbindt, is
 enigszins langs de bundelas ten opzichte van de eerste stang ver-
 plaatst. Het hoogfrequente vermogen in elke spoel is van de spannings-
 aarde van de machine geïsoleerd. De spoelen hebben alle dezelfde co-
 axiale schroeflijnvormige structuur en teneinde de magnetische koppe-
 35 ling tussen de spoelen te minimaliseren zijn zij, wanneer men zich
 langs de bundelas voortbeweegt, afwisselend aan weerszijden van de
 elektroden geplaatst zodat de spoelassen aan elke zijde van de bundel
 colineair zijn. Elke spoel bevat tussen de twee draden een kortsluit-
 staaf die over de gehele lengte van de spoel bewogen kan worden tenein-
 40 de de inductantie over een breed bereik te variëren. Derhalve bevat

elke spoel tussen de elektroden van tegenovergestelde polariteit een variabele inductantie. Er zijn middelen aangebracht om alle kortsluitstaven samen te bedienen (ganging) en om hun positie vanaf de buitenzijde van het vacuumvat te sturen zodat de inductanties van alle spoelen hetzelfde worden gehouden en zodat zij, terwijl de versneller in bedrijf is, gelijktijdig gevarieerd kunnen worden.

Hoogfrequent elektrisch vermogen wordt aan de structuur toegevoerd door middel van een conventionele breedbandige voedingsbron die via een capacatief brugnetwerk verbonden is met de vanen. Dit netwerk bevat een of meer variabele condensatoren die ingesteld kunnen worden om de uitgangsimpedantie van de voedingsbron aan te passen aan de ingangsimpedantie van de RFQ structuur en om de spanningen van de vaanparen van tegenovergestelde polariteit ten opzichte van aarde te balanceren.

Daarenboven kunnen op afstand bedienbare relaiscontactschakelaars aan de vrije einden van elke spoel van de bifilaire spoelen zijn aangebracht teneinde in de secties van de spoelen buiten de kortsluitstaven een open of gesloten keten teweeg te brengen. Deze schakelaars kunnen gebruikt worden om ongewenste interferentie van resonantiemodi in deze buitensecties te vermijden die een gevolg zijn van inductieve koppeling bij de kortsluitstaven. Wanneer bijvoorbeeld de schakelaars open zijn omvatten deze op afstand gelegen secties in hoofdzaak open-einde transmissielijnen. Wanneer de bedrijfsfrequentie wordt ingesteld op een waarde, die dicht bij een resonantie van deze open-einde lijnen ligt, kan de resonantiefrequentie en de elektrische responsie van de totale structuur worden beïnvloed door de interferentie van deze vreemde resonanties. Dit kan vervolgens worden gecorrigeerd door de schakelaars te sluiten waardoor de op afstand gelegen secties van de bifilaire spoelen in gesloten-einde transmissielijnen met dezelfde lengte worden omgezet waarvoor de resonantiefrequenties in hoofdzaak verschillend zullen zijn.

De uitvinding beoogt een RFQ lineaire versneller te verschaffen die over een continu variabel bereik van frequenties, kenmerkend van ongeveer 10 MHz tot aan 100 MHz, bedreven kan worden en die bij verscheidene energieën voor een breed bereik van ionensoorten goed gefocuseerde hoge-intensiteit ionenbundels kan opwekken.

De uitvinding beoogt tevens een RFQ lineaire versneller te verschaffen die een verwaarloosbare magnetische koppeling tussen verschillende lengtesecties heeft zodat een variabele-frequentie versneller met een gegeven ontwerp van elke gewenste lengte ontworpen kan worden eenvoudig door identieke resonerende versnellersecties toe te voegen.

De uitvinding beoogt eveneens een RFQ lineaire versneller te verschaffen waarin de bekrachtiging van alle resonantiemodi, die zouden kunnen interfereren met de primaire bedrijfsmode bij de gewenste frequentie, wordt vermeden.

- 5 De uitvinding beoogt verder een RFQ lineaire versneller te verschaffen waarin de opgeslagen elektromagnetische energie en stromen in de vaanelektroden worden geminimaliseerd.

De uitvinding en verdere voordelen en kenmerken daarvan zullen nader worden toegelicht aan de hand van een voorkeursuitvoering met ver-
10 wijzing naar de tekeningen, waarin:

Fig. 1 een bovenaanzicht van een RFQ lineaire versneller volgens de uitvinding geeft, waarin de bovenste helft van het vacuümvat en daaraan bevestigde structuren zijn weggelaten;

Fig. 2 een aanzicht van de versneller van de voorzijde geeft,
15 waarin de voorwand van het vacuümvat langs de in fig. 1 aangegeven lijnen 2-2 is weggesneden;

Fig. 3 een perspectivisch aanzicht van de eerste afstemsectie van de versneller geeft, en een deel van de tweede afstemsectie, waarin een weggesneden deel van de vacuümvatvoorwand en draagstructuren is aange-
.20 geven;

Fig. 4 een doorsnedezijsaanzicht van het instelbare kortsluitstaafmechanisme geeft volgens de in fig. 1 aangegeven lijnen 4-4;

Fig. 5 een gedeeltelijk doorsnede-eindaanzicht van het kortsluitstaafmechanisme geeft volgens de in fig. 4 aangegeven lijnen 5-5;

25 Fig. 6 een ander doorsnedezijsaanzicht van het kortsluitstaafstuurmechanisme geeft volgens de in fig. 1 aangegeven lijnen 6-6;

Fig. 7 schematisch de kenmerkende profielen van de binnenoppervlakken van twee RFQ versnellervanen toont die in een door de centrale as van de deeltjesbundel gaand vlak liggen;

30 Fig. 8 een grafiek van het hoogfrequente elektrische vermogen toont dat nodig is om de inrichting te bedienen als functie van de frequentie voor verscheidene hoogfrequente spanningen tussen de versnellervanen overeenkomstig de in de gedetailleerde beschrijving aangegeven uitvoeringsvorm;

35 Fig. 9 een grafiek van de hoogfrequente spanning tussen de versnellervanen ten opzichte van de frequentie toont voor verschillende soorten van versnelde ionen overeenkomstig de in de gedetailleerde beschrijving aangegeven uitvoeringsvorm; en

Fig. 10 een modekaart van de resonantiefrequenties van de op af-
40 stand gelegen afstemsecties en de bedrijfsfrequentie van de versneller

toont als functie van de afstand van de afstemkortsluitstaven tot de draagstubs overeenkomstig de in de gedetailleerde beschrijving aangegeven uitvoeringsvorm.

5 Beste methode voor het uitvoeren van de uitvinding

Verwezen wordt nu naar de fig. 1, 2 en 3. De versneller bevat vier elektroden 1 tot 4, bestaande uit lange metalen vanen die rond en evenwijdig aan de as van de deeltjesbundel zijn geplaatst welke bundel in de door de pijlen aangegeven richting loopt. De vanen 1 en 2 liggen in het verticale vlak dat de bundelas omvat en deze vanen zijn symmetrisch boven en onder deze as en op gelijke afstand ten opzichte daarvan gelegen. De vanen 3 en 4 liggen in een horizontaal vlak dat eveneens de bundelas bevat, en deze vanen zijn op soortgelijke wijze op gelijke afstand ten opzichte van deze as gescheiden geplaatst op dezelfde afstand als de vanen 1 en 2. Derhalve zijn alle vier de vanen over de gehele lengte van de deeltjesbundel symmetrisch rond deze bundel gelegen. De vanen 1 en 2 zijn elektrisch met elkaar verbonden evenals de vanen 3 en 4 dat zijn en de randen van de naar de bundelas gerichte vanen zijn afgerond zodat een spanningsverschil tussen de twee paren vanen (1, 2 en 3, 4) een vierpolig elektrisch veld in het door de deeltjesbundel tussen de vanen ingenomen gebied zal opwekken.

De vanen worden ondersteund door paren van afstemstubs die op periodieke intervallen langs de vanen zijn geplaatst en deze stubs definiëren een reeks van afstemsecties langs de versneller. De eerste sectie wordt gedefinieerd door de stubs 7 en 8, waarbij elke daarvan een langwerpige geleidende plaat omvat die loodrecht op de bundelas is gericht, d.w.z. in het verticale vlak en die zich dwars ten opzichte daarvan in horizontale richting uitstrekt. Elke plaat heeft aan het einde een cirkelvormige opening, waarbij het midden van deze opening op de bundelas ligt en waarbij alle vier de vanen zich door deze opening uitstrekken. Vanaf de randen van elke opening verlopen naar binnen een paar tabs of "oren" die diametraal rond de omtrek van de opening tegenover elkaar zijn gelegen. Voor elk paar stubs heeft een stubopening een paar tabs die het door de bundelas lopende verticale vlak doorsnijden en waarbij de andere stub een paar tabs heeft dat het horizontale vlak door de bundelas snijdt. Elke tab draagt een van de vanen, waarvan de buitenrand in een "U-vormige" inkeping in de binnenrand van de tab rust en bij voorkeur aan de tab is gelast of gesoldeerd. Elke stub draagt daardoor en is verbonden met een paar diametraal tegenovergestelde vanen. Verwezen wordt nu naar de fig. 2 en 3. De stub 7 bevat de tabs 15

en 16 die zich vanuit de openingrand naar boven en naar beneden uitstrekken, en deze tabs zijn respectievelijk bevestigd aan en dragen de vanen 2 en 1. De stub 8 grenst aan maar is niet in aanraking met de stub 7 en is ten opzichte daarvan langs de bundelas wat stroomafwaarts
 5 geplaatst. Vanaf de rand van de cirkelvormige opening van de stub 8 steken de tabs 17 en 18 naar binnen naar de bundel, welke tabs zijn bevestigd aan de vanen 3 en 4 en deze dragen.

De tweede afstemsectie wordt gedefinieerd door een paar afstemstubs 5 en 6 die ten opzichte van de eerste sectie stroomafwaarts zijn
 10 geplaatst en deze stubs zijn identiek in structuur aan de stubs 7 en 8 en op dezelfde wijze met de vanen verbonden. Derhalve is stub 5 bevestigd aan en draagt hij de vanen 1 en 2 en is stub 6 bevestigd aan en draagt hij de vanen 3 en 4. De richting van deze stubs is echter een spiegelreflectie van die van de stubs 7 en 8 ten opzichte van het door
 15 de bundelas lopende verticale vlak, zodat de stubs 5 en 6 zich dwars ten opzichte van de bundelas uitstrekken in een richting tegengesteld aan die van de stubs 7 en 8. De derde afstemsectie grenst aan en is stroomafwaarts gelegen van de tweede afstemsectie, en de stubs die de derde afstemsectie definiëren, zijn opnieuw identiek in structuur
 20 maar in spiegelreflectie gericht ten opzichte van de stubs in de tweede sectie. Dienovereenkomstig zijn de stubs voor de eerste en derde afstemsecties identiek in structuur en richting evenals de stubs voor de tweede en vierde afstemsecties dat zijn.

De sectie van de versnellervanen, dat in de tweede afstemsectie
 25 ligt, strekt zich vanaf het middenpunt tussen het eerste en tweede paar stubs uit naar het middenpunt tussen het tweede en derde paar stubs. Op soortgelijke wijze definieert het middenpunt tussen elk willekeurig tweetal aangrenzende paren van afstemstubs de grens tussen de twee overeenkomstige afstemsecties van de versneller. Deze definitie is gebaseerd op het feit dat de afstand tussen elk paar stubs zeer klein is
 30 vergeleken met de afstand tussen paren stubs in aangrenzende afstemsecties. De versnellervanen in de eerste sectie strekken zich stroomopwaarts uit ten opzichte van de stubs 7, 8 over een afstand gelijk aan de halve afstand tussen de stubs 5, 6 en 7, 8 en de vanen strekken zich
 35 op soortgelijke wijze uit tot voorbij de stubs in de laatste afstemsectie over dezelfde afstand. Derhalve nemen alle afstemsecties dezelfde lengte in langs de versneller en zij zijn alle in hoofdzaak identiek in structuur. Ten behoeve van de duidelijkheid van weergave toont fig. 1 vier afstemsecties. De versneller kan echter opgebouwd zijn met in
 40 zen elk willekeurig aantal secties afhankelijk alleen van de inherente

beperkingen van het RFQ ontwerpidee voor het versnellen van deeltjesbundels bij hoge energieën.

Nog steeds wordt verwezen naar de fig. 1 tot 3. De eerste afstemsectie bevat een paar cirkelvormige schroeflijnvormige spoelen 9, 10 die buiten de stubeinden zijn geplaatst, waarbij elke spoel dezelfde straal heeft en beide spoelen een gemeenschappelijke schroeflijnvormige as heeft die evenwijdig ligt aan de bundelas en ten opzichte daarvan in horizontale richting is verplaatst. De draden van deze spoelen lopen rond hun schroeflijnvormige wegen in evenwijdige plaatsing ten opzichte van elkaar uit en elke draad is van aangrenzende windingen van de andere draad gescheiden over dezelfde afstand op alle punten langs de schroeflijnvormige weg. Deze draden omvatten bij voorkeur een holle buis of pijp gemaakt van geleidend materiaal. Een einde van elke spoel of een sectie daarvan is gesoldeerd aan het buiteneinde van een van de afstemstubs, d.w.z. spoel 9 is bevestigd aan stub 7 en spoel 10 is bevestigd aan stub 8 zodat in feite de afstand tussen de spoelwindingen dezelfde is als die tussen de afstemstubs. Deze spoelen vormen tezamen een bifilaire inductantie die met de stubs is verbonden. De spoelen en stubs worden ondersteund door geïsoleerde dragers 11 en 12 die zoals in fig. 2 is aangegeven aan de buitenwand 40 van de inrichting zijn bevestigd. Soortgelijke structuren 11', 12' ondersteunen de stubs en spoelen in de tweede afstemsectie en elke van de andere afstemsecties hebben met de structuren 11, 11' en 12, 12' overeenkomende geïsoleerde dragers.

Elke spoel van de bifilaire inductantiespoelen heeft een kortsluitstaaf die over de gehele spoel kan worden bewogen. Verwezen wordt naar fig. 4 evenals naar de fig. 1 tot 3. Deze kortsluitstaaf voor de eerste afstemsectie omvat een blok 21 van geleidend materiaal met evenwijdige cilindervormige inkepingen in verschuifbare aangrijping met de buisvormige spoeldraden 9 en 10. Elke inkeping loopt rond een deel van het buisvormige oppervlak van de overeenkomstige spoeldraad, waarmee het in aangrijping is, maar het buitenste deel van dit oppervlak (dat weggericht is van de schroeflijnvormige as) is bloot gelaten en steekt tot voorbij het buitenste oppervlak van het blok 21 over een kleine afstand. Deze uitsteking stelt het kortsluitstaafblok in staat langs de spoel te schuiven tot voorbij het punt waarin de spoel op de geïsoleerde drager 12 rust. De positie van de kortsluitstaaf kan daarom worden gevarieerd door het blok over in hoofdzaak de gehele lengte van de bifilaire spoel te schuiven vanaf de einden van de vaandraagstubs 9, 10 naar de tegenovergestelde einden van de spoeldraden.

Het kortsluitstaafblok 21 bevat verder een klemorgaan 22 dat in een inkeping en gat tussen de inkepingen voor de spoeldraden past. Dit klemorgaan loopt in het gat naar de schroeflijnvormige as en de kleminkeping staat in verbinding met de spoeldraadinkepingen zodat delen van de buisvormige spoeloppervlakken in de inkepingen tegenover de overeenkomstige klemoppervlakken liggen. Deze tegenovergelegen oppervlakken liggen onder een schuine hoek ten opzichte van de schroeflijnvormige asrichting zodat de oppervlakken via wrijving aangrijpen wanneer het klemorgaan in het gat naar deze as wordt gedrukt. Op deze wijze dient het klemorgaan voor het vastklemmen van de spoeldraden aan het kortsluitstaafblok.

De positie van de kortsluitstaaf wordt gestuurd door een aan het kortsluitstaafblok 21 bevestigde holle stuurstaaf 20 die zich radiaal naar binnen naar de schroeflijnvormige as uitstrekt. Een holle aandrijfas 19, waarvan een as samenvalt met de schroeflijnvormige as, heeft een sleuf 26 die zijn wal perforeert en die zich langs de as uitstrekt in een richting evenwijdig aan de as over de gehele door de bifilaire spoel ingenomen axiale afstand. De stuurstaaf 20 strekt zich door deze sleuf 26 in de aandrijfas 19 uit. Het binneneinde van de stuurstaaf 20 wordt ondersteund door een draagas 23 waarvan de aslijn eveneens samenvalt met de schroeflijnvormige as. De draagas 23 loopt door gaten in het binneneinde van de stuurstaaf 20 waardoor hij deze stuurstaaf ondersteunt. De draagas 23 is verder voorzien van kragen of snapringen 28, 29 die aan weerszijden liggen van en los de stuurstaaf 20 aangrijpen zodat een langsverplaatsing van de stuurstaaf 20 de draagas 23 doet bewegen evenwijdig aan zijn as, waarbij echter de draagas 23 vrij ten opzichte van de stuurstaaf 20 kan draaien. De kortsluitstaaf wordt derhalve langs de bifilaire spoeldraden bewogen door draaiing van de aandrijfas 19 waardoor de randen van de sleuf de stuurstaaf 20 aangrijpen en deze dwingen rond de gemeenschappelijke as van de schroeflijn en de aandrijf- en draagassen te draaien. Wanneer de kortsluitstaaf langs de schroeflijnvormige spoelwindingen beweegt, worden de stuurstaaf 20 en de draagas 23 tezamen in langsrichting langs de schroeflijnvormige as verplaatst.

Het klemorgaan 22 wordt gestuurd door een klemstaaf 31 die zich door het inwendige van de stuurstaaf 20 langs de as daarvan uitstrekt en die aan het klemorgaan 22 is bevestigd. Het inwendige van de stuurstaaf 20 is voorzien van kragen 32, 33 in een relatieve langsverplaatsing langs de staaf, en de klemstaaf 31 strekt zich door de middenopeningen in deze kragen uit. De inwendige randen van de kragen 32, 33

grijpen op verschuifbare manier aan op en geleiden de klemstaaf 31 zodat de verplaatsing daarvan beperkt is tot een beweging langs de as van de stuurstaaf 20. De klemstaaf 31 is voorzien van een kraag 34 in een plaats onder de buitenkraag 33 van de stuurstaaf 20, en er is verder
 5 een spoelveer 35 aangebracht die zich tussen de klemstaafkraag 34 en de buitenstuurstaafkraag 33 uitstrekt en deze aangrijpt. De spoelveer 35 is rond de klemstaaf 31 gewikkeld en is onder druk zodat de veer 35 de neiging heeft de klemstaaf 31 naar binnen naar de schroeflijnvormige as te drukken en daardoor het klemorgaan 22 de spoeldraden 9, 10 te doen
 10 aangrijpen door hen tegen het kortsluitstaafblok 21 aan te houden. De spoelveer 35 heeft bij voorkeur voldoende sterkte om de kortsluitstaaf de spoeldraden te doen aangrijpen met een druk van tenminste 100 pond per vierkante inch tussen de contacterende oppervlakken waardoor de kortsluitstaaf tot aan 1200 ampere stroom kan voeren.

15 Verwezen wordt weer naar fig. 4 evenals naar fig. 5. Dat deel van de draagas 23 dat in het inwendige van de stuurstaaf 20 ligt is voorzien van een kam 27 die een geheel vormt met de draagas 23. Het binneneinde van de klemstaaf 31 is voorzien van een kamvolger 30 die tegen het oppervlak van de kam 27 rust en die aangrijpt. Wanneer het klemor-
 20 gaan 22 zich in zijn normale geklemde positie bevindt, is de kam zodanig gericht dat de klemstaaf 31 in zijn meest naar binnen gelegen positie ligt en in deze positie door de veer 35 wordt gehouden. De klem wordt vrijgegeven door de draagas 23 ten opzichte van de aandrijfas 19 te draaien. Hierdoor drukt de kam 27 de kamvolger 30, de klemstaaf 31
 25 en het klemorgaan 22 naar buiten weg van de schroeflijnvormige as. Hierdoor kan men de kortsluitstaaf op een nieuwe positie instellen.

Verwezen wordt naar de fig. 1 en 2. De assen van de schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoelen aan elke zijde van de vanen zijn alle samenvallend. De aandrijfas 19 loopt over de lengte van de ver-
 30 sneller door al deze spoelen en wordt aan een einde ondersteund door een asblok dat de as in staat stelt vrij te draaien. In fig. 1 is dit asblok 67 bevestigd aan de achterwand van het vacuumvat 40. Het tegenovergestelde einde van de aandrijfas 19 loopt door de voorwand van het vacuumvat 40 door een asblok 36 dat een draaibare vacuumverbinding om-
 35 vat die het vacuum in het vatinwendige tegen de atmosferische buitendruk afschermt. Een type van een dergelijke koppeling, dat geschikt is voor de uitvinding, wordt onder het geregistreerde handelsmerk "Ferrofluidic Seal" verkocht door de Ferrofluidics Corporation. Door deze koppeling kan men de aandrijfas 19 vanaf de buitenzijde van het
 40 vacuumvat 40 besturen.

Verwezen wordt weer naar de fig. 1 tot 5 en eveneens naar fig. 6. Elke spoel van de schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoelen waar- door de aandrijfas 19 loopt is voorzien van een kortsluitstaaf- en stuurmechanisme dat identiek is aan dat beschreven voor de eerste af- stemsectie. De aandrijfas 19 heeft een sleuf in elke afstemsectie voor het kortsluitstaafstuurmechanisme overeenkomend met de sleuf 26 in de eerste afstemsectie. De draagas 23 loopt eveneens door al deze afstem- secties en wordt aan zijn achtereinde ondersteund door een inwendige kraag 68 op het inwendige oppervlak van de aandrijfas 19. Deze kraag 68 stelt de draagas 23 in staat om vrij te draaien ten opzichte van de aandrijfas 19 en om eveneens langs zijn as te schuiven.

Het vooreinde van de draagas 23 wordt ondersteund door een holle stuuras 24, die in het inwendige van de aandrijfas 19 is geplaatst en coaxiaal loopt met de draagas 23 en aandrijfas 19. De stuuras 24 loopt door de voorwand van het vacuümvat 40 zodat hij van de buitenzijde van het vat op soortgelijke wijze als de aandrijfas 19 kan worden gestuurd. De stuuras 24 wordt ondersteund door een tweede draaibare vacuümkoppe- ling binnen de aandrijfas 19 (niet in de figuren aangegeven), hetgeen de stuuras 24 in staat stelt ten opzichte van de aandrijfas 19 te draaien zonder verlies aan vacuüm in het vat 40. Het vooreinde van de steunas 23 past in het inwendige van de stuuras 24 en kan vrijelijk langs de as daarvan schuiven. Het inwendige van de stuuras 24 is voor- zien van een vacuümafdichting in een plaats voorbij het vooreinde van de steunas 23 teneinde het inwendige vacuüm van het vat 40 in stand te houden. De stuuras 24 is verder voorzien van een sleuf 69 evenwijdig aan zijn as door de wand van de as en de steunas 23 is voorzien van een pen 25 die vanaf de steunas 23 naar buiten steekt en in het eerderge- noemde sleuf 69 in de stuuras 24 past. De hoekstand van de steunas 23 kan daardoor worden gestuurd door de stuuras 24 te draaien. Wanneer de aandrijfas 19 en deze stuuras 24 samen worden gedraaid, zullen alle door deze assen gestuurde kortsluitstaven langs de schroeflijnvormige windingen in hun respectievelijke afstemsecties bewegen en zullen de steunas 23 en kortsluitstaafstuurmechanismen alle langs de schroeflijn- vormige as in langsrichting bewegen. Wanneer de stuuras 24 ten opzichte van de aandrijfas 19 wordt gedraaid, worden alle kortsluitstaafklemor- ganen in deze afstemsecties samen vrijgegeven.

De boven gegeven beschrijving verwijst in het bijzonder naar de kortsluitstaafstuurmechanismen voor de afstemsecties aan een zijde van de versnellervanen, d.w.z. de eerste, derde, enz. secties, waarbij de kortsluitstaven voor de afstemsecties aan de tegenovergestelde zijde

worden gestuurd door in hoofdzaak identieke mechanismen waaronder een aandrijfas 19' die ondersteund wordt door een asblok 67' op de achterwand van het vacuümvat 40 en dat door een draaibare vacuümkoppeling 36' in de voorwand van dit vat loopt. Een stuuras binnen de aandrijfas 19', welke identiek is aan de stuuras 24, is niet in de figuren aangegeven. De mechanismen op alle afstemsecties zijn zodanig uitgelijnd dat alle kortsluitstaven zich altijd in dezelfde positie op de schroeflijnvormige bifilaire spoelen bevinden. Deze eis houdt in dat de aandrijfassen 19, 19' en de inwendige stuurassen samen zijn gekoppeld of mechanisch of elektrisch zodat de door beide stellen assen gestuurde kortsluitstaven elkaar altijd over hun respectievelijke stellen van schroeflijnvormige bifilaire spoelen zullen volgen. In de hier beschreven uitvoeringsvorm kunnen de aandrijfas 19 en de stuuras 24 gestuurd worden door een positieservomechanisme 37 en de aandrijfas 19' en overeenkomstige stuuras aan de tegenovergestelde zijde van de vanen worden door een soortgelijk positieservomechanisme 37' gestuurd. De beide servomechanismen 37 en 37' zijn samen aan elkaar gekoppeld zodat de kortsluitstaafstuurmecanismen aan beide zijden van de versnellervanen altijd uitgelijnd blijven. De structuur van de servomechanismen 37, 37' en de werkwijzen om hen te koppelen aan de kortsluitstaafstuurmecanismen en om hen gezamenlijk te koppelen (ganging) zijn in de techniek bekend en zijn hier niet verder in detail beschreven.

De gehele structuur is omsloten door het vacuümvat 40 dat niet in de tekeningen aangegeven middelen bevat om de inwendige druk van het vat tot een sterk vacuüm omlaag te pompen. Een invoerpoort 38 is in de voorwand van het vat 40 nabij het vooreinde van de versnellervanen aangebracht om een bundel van geladen deeltjes in de eerste afstemsectie te injecteren in het gebied tussen deze vanen. De uitlaatpoort 39 is op soortgelijke wijze in de achterwand van het vat 40 nabij het einde van de vanen aangebracht om de versnelde deeltjes uit de inrichting af te nemen. In de figuren zijn eveneens niet de ionenbron voor het opwekken van de geladen deeltjes, verschillende bundeltransportorganen voor een doelmatige injectie van de ionen, en evacuatiepijpen of dergelijke voor het in stand houden van het vacuüm in de bundelpoorten aangegeven, welke elementen in de techniek conventioneel zijn. Bovendien kan een inrichting zijn aangebracht om een koelmiddel door de schroeflijnvormige bifilaire spoelbuizen en langs de buitenoppervlakken van de vanen en stubs te pompen teneinde de in deze structuren gedissipeerde warmte af te voeren.

40 Aan de op afstand gelegen einden van de twee draden 9, 10 van de

bifilaire spoel in de eerste afstemsectie is een op afstand bestuurbare modeschakelaar 66 aangebracht, d.w.z. aan de einden van de spoeldraden die tegenover de einden liggen verbonden met de afstemstubs 7, 8. Door deze schakelaar 66 kunnen de op afstand gelegen einden van deze spoeldraden elektrisch verbonden of ontkoppeld worden. Een soortgelijke modeschakelaar 66' is aan de op afstand gelegen einden van de draden 13, 14 van de bifilaire spoel in de tweede afstemsectie aangebracht en overeenkomstige modeschakelaars zijn voor de spoeldraden in alle andere afstemsecties aangebracht. Middelen zijn verder aangebracht, die niet in de figuren zijn aangegeven, voor het elektrisch aan elkaar koppelen van deze modeschakelaars zodat zij alle tezamen worden geopend of gesloten.

Verwezen wordt nu naar de fig. 2 en 3. Het elektrische vermogen wordt aan de versneller toegevoerd door een breedbandige hoogfrequente oscillator 53, waarvan een klem via de geleider 56 is geaard. De andere klem van deze oscillator is via een geleider 57 verbonden met een zijde van een koppelcondensator 55. De andere zijde van deze condensator 55 is via een voedingsdraad 60 verbonden met de vaan 1, bij voorkeur bij een grensplaats tussen twee van de afstemsecties. Het vacuümvat 40 is geaard en de voedingsdraad 60 passeert door een geïsoleerde hoogfrequente doorkoppeling 64 die in de wand van het vacuümvat 40 is aangebracht. De spanningsklem van de oscillator 53 is eveneens via de geleiders 57, 58 verbonden met een klem van een variabele condensator 54 en de andere klem van deze condensator 54 is via de geleider 59 met aarde verbonden.

De voedingsdraad 60, die rechtstreeks met de vaan 1 is verbonden, is eveneens verbonden met de diametraal tegenovergestelde vaan 2 via de afstemstubs 5, 7 enz. die deze vanen ondersteunen en verbinden. Een tweede voedingsdraad 61 is rechtstreeks met de vaan 3 verbonden eveneens bij een grenspunt tussen afstemsecties en indirect met de vaan 4 via de afstemstubs 6, 8, enz. Deze tweede voedingsdraad 61 passeert door een tweede geïsoleerde hoogfrequente doorvoer 65 die eveneens in de wand van het vacuümvat 40 is aangebracht. De voedingsdraad 61 is met een klem van een variabele condensator 62 verbonden. De andere klem van deze variabele condensator 62 is via de geleider 63 verbonden met aarde waardoor dus de voedingsketen voltooid is.

Uit de eerder gegeven beschrijving van de schakeling samen met bijbehorende figuren zal het duidelijk zijn dat de hoogfrequente voedingstoevoer via een capacitief brugnetwerk verbonden is met de versneller, waar de versnellervanen en bijbehorende afstemsecties een arm

van de brug representeren. De variabele condensator 54 kan ingesteld worden om een juiste impedantie-aanpassing van de voedingsbron aan de rest van de schakeling te verschaffen. De andere variabele condensator 62 kan ingesteld worden om de spanningen op de beide paren vanen ten opzichte van aarde te balanceren. Wanneer deze balancering is verkregen, is de grootte van de hoogfrequente spanningen op elk paar vanen dezelfde en is de dc spanning van de vanen gelijk aan nul. Daar de schakeling zoals boven beschreven resulteert in een dc isolatie van de versnellervanen, de afstemstubs en schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoelen ten opzichte van aarde en het gehele stuurmechanisme voor de kortsluitstaven niet-geleidend is, is het gewenst om een dc aarde voor deze elementen te verschaffen. Deze aarde omvat bij voorkeur een of meer hoogfrequente smoorspoelen, die niet in de figuren zijn aangegeven en die elk verbonden zijn met het op afstand gelegen einde van een van de bifilaire inductantiespoeldraden.

Het is eveneens gewenst om het volume van het vacuumvat 40 te minimaliseren zonder de bifilaire inductantiespoelen ongewenst dicht bij de vatwanden te brengen hetgeen strooicapaciteitseffecten zou kunnen teweegbrengen. De optimale uitvoering van de schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoelen is in fig. 1 aangegeven. De door de spoelen in de eerste en derde afstemsecties gevormde schroeflijnen strekken zich axiaal stroomafwaarts uit weg van de voorwand van het vacuumvat. Op soortgelijke wijze strekken de door de spoelen in de tweede en vierde afstemsecties gevormde schroeflijnen zich axiaal stroomopwaarts uit weg van de achterwand van het vat 40. Bovendien is het gewenst om een even aantal afstemsecties aan te brengen waarbij de overeenkomstige inductantiespoelen van elk opvolgend paar secties afwisselend en symmetrisch aan elke zijde van de versnellervanen zijn gelegen. Deze configuratie maakt een economisch gebruik van de ruimte binnen het vacuumvat 40 en maakt het mogelijk om de einden van de versnellervanen redelijk dicht bij de poorten in de wanden van het vat te brengen teneinde onnodige verliezen van bundelstroom te vermijden.

Fig. 7 toont schematisch het profiel van de oppervlakken van een paar van diametraal tegenovergestelde vanen geprojecteerd op een door de bundelas lopend vlak. In deze figuur is de dwarsschaal sterk uitgezet ten opzichte van de langsschaal. Op een willekeurig moment in de tijd hebben beide vanen dezelfde hoogfrequente spanning die ideaal gezien uniform over de gehele lengte van de vanen loopt en de spanning op het aangrenzende paar vanen is gelijk in grootte en tegengesteld in teken. Wanneer de oppervlakken van de vanen op een uniforme afstand tot

de bundelas over de lengte van de vanen liggen, wordt een elektrisch veld opgewekt dat zuiver dwars op de bundelas staat en dat in hoofdzaak vierpolig is. In een gegeven door de bundelas lopend vlak wordt dit elektrische veld tijdens de ene helft van de hoogfrequente periode ge-
 5 focusseerd en wordt dit veld tijdens de andere halve periode gedefocusseerd. De deeltjesbundel is daarom aan een elektrisch veld blootgesteld dat een wisselende gradiënt teweegbrengt die met een sterkte onafhankelijk van de deeltjessnelheid focusseert.

Teneinde een groepsvorming (bunching) en versnelling van de deeltjesbundel teweeg te brengen wordt de radiale afstand tussen de bundelas en het oppervlak van elke elektrodevaan periodiek gevarieerd als
 10 functie van de afstand langs de as, waarbij de vanen 1 en 2 een minimale straal a en de vanen 3 en 4 daarbij een maximale straal ma hebben, waarin " m " gedefinieerd is als de straalmodulatieparameter en altijd
 15 gelijk is aan of groter is dan 1. Zoals eerder toegelicht omvat de afstand d tussen twee straalmaxima of golvingstoppen twee eenheidscellen en op elk gegeven moment hebben aangrenzende eenheidscellen tegenovergesteld gerichte axiale elektrische velden. Daarom bevat elke afwisselende cel een deeltjesgroep (bunch). De geleidelijke toename van de ra-
 20 diale modulatieparameter met de axiale afstand produceert een adiabatische groepsvorming van de deeltjesbundel met een hoge invangdoelmatigheid.

Bovendien ondergaan de deeltjes een versnelling wanneer zij zich langs de bundelas voortplanten en de lengte van de eenheidscel moet
 25 daarom geleidelijk met de axiale afstand worden vergroot. Om deze redenen is de variatie van het vaanoppervlakprofiel met de vaanlengte in feite "quasi-periodiek" zoals in fig. 7 is aangegeven. De gedetailleerde procedure voor het bepalen van het vaanoppervlakprofiel in een gegeven geval is eerder beschreven door K.R. Crandall, R.H. Stokes en T.P.
 30 Wangler ("RF Quadrupole Beam Dynamics Design Studies", Proceedings of the Tenth Linear Accelerator Conference, Montauk, New York (10-14 september 1979); Brookhaven National Laboratory Report No. BNL-51134 (1980), blz. 205). De feitelijke vaanoppervlakken worden gefabriceerd met een computergestuurde verticale maalmachine onder toepassing van de
 35 door deze en andere schrijvers beschreven bekende technieken.

Uit de eerder gegeven beschrijving zal het duidelijk zijn dat de hierin geopenbaarde versnellerstructuur een aantal gekoppelde afstembare LC oscillatorschakelingen omvat, waarbij elke oscillator door een
 van de afstemsecties wordt gedefinieerd. De afstemsecties zijn op idea-
 40 le wijze identiek en elke afstemsectie kan als een inhomogene transmis-

sielijn, afgesloten door een kortsluitketen aan een einde (de kortsluitstaaf) en door een open keten aan het andere einde (de vaanelektroden in de afstemsectiegrenzen) gemodelleerd worden. Bij resonantie kan derhalve elke afstemsectie als een "kwart-golf" lijn worden be-
 5 schouwd. De lijn heeft drie delen, namelijk de schroeflijnvormige bifilaire spoel, de afstemstubs, en de vaanelektroden tussen de afstemsectiegrenzen. Elk deel van de lijn is een vier-klemmennetwerk met zijn eigen overdrachtsfunctiematrix, en deze netwerken zijn in serie verbonden. De inductantie van elke oscillatorschakeling is grotendeels gecon-
 10 centreerd in de schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoelen en de capaciteit is hoofdzakelijk verdeeld over de afstemstubs en de vaanelektroden. De hoogfrequente spanningsmaxima treden op in de grenzen tussen aangrenzende afstemsecties, waarbij de stroom tussen de secties verdwijnt wanneer de secties op de juiste wijze zijn uitgelijnd. Omge-
 15 keerd is het hoogfrequente stroommaximum bij de inductantiekortsluitstaaf waar de spanning verdwijnend klein wordt. De resonantiefrequenties van de afstemsecties zijn op ideale wijze alle dezelfde en zij vormen de frequentie van de fundamentele resonantiemodus van het gekoppelde systeem van oscillatoren, dat de bedrijfsfrequentie van de ver-
 20 sneller is. Deze frequentie kan geselecteerd en gevarieerd worden door de kortsluitstaven op alle schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoelen te bewegen naar dezelfde positie teneinde de inductantie te verkrijgen die nodig is om alle afstemsecties op de gewenste frequentie te doen resoneren.

25 Uit dit model zal het duidelijk zijn dat de fundamentele resonantiefrequentie van het stelsel bepaald kan worden door een afstemsectie onafhankelijk van de andere te beschouwen en deze frequentie komt met de mode overeen waarin de vaanspanningen voor alle afstemsecties in fase met elkaar zijn. In deze mode is de stroom over de vanen geminimaliseerd en kan binnen de vanen zelf deze mode als een uitwendig aangedreven "TEM" mode beschouwd worden. Wanneer de vanen als een gebalanceerde vierdraadstransmissielijn worden beschouwd, heeft de volgende resonantiemodus een faseverschuiving van 180° in de spanning op elke vaan tus-
 30 sen de einden van deze vaan. Deze frequentie van deze resonantie is altijd veel hoger dan de fundamentele resonantiefrequentie en de interferentie van deze mode en alle hogere resonantiemodi is daarom verwaarloosbaar.

Verder minimaliseert het ontwerp van dit systeem de inductieve koppeling tussen verschillende afstemsecties. In elke sectie is het
 40 hoofddeel van de inductieve impedantie geconcentreerd in de bifilaire

- afstemspoelen, terwijl de afstemschakelingscapaciteit voor het grootste deel in de vanen en afstemstubs ligt. Dit houdt in dat de magnetische veldenergie-opslag en de stromen grotendeels in de spoelen zijn terwijl de elektrische velden hoofdzakelijk in de vanen en de afstemstubs zijn.
- 5 De afstemspoelen in aangrenzende secties zijn aan tegenovergestelde zijden van de vanen gelegen teneinde een willekeurige onderlinge inductie tussen verschillende spoelen te vermijden. Interferentie tussen afstemsecties kan verder vermeden worden door de lengte van elke sectie te vergroten. Men betaalt echter een prijs voor deze toename hierin dat
- 10 de spanningsvariatie langs de vanen dienovereenkomstig groter wordt. Bij een gegeven frequentie wordt de verhouding van de spanning aan de afstemstub tot de spanning in de afstemsectiegrens gegeven door de $\cos$ inus van 180° maal de verhouding van de afstemsectielengte gedeeld door de voortplantingsgolflengte langs de vanen. De lengte van de af-
- 15 stemsecties moet derhalve beperkt worden tot een waarde waarvoor deze $\cos$ inus niet merkbaar verschilt van de eenheid bij de hoogste bedrijfsfrequentie van het stelsel. Wanneer de lengte van de afstemsecties kleiner is dan een kwart golflengte voor de hoogste frequentie, wordt verder de vaanimpedantie over het gehele frequentiebereik capacitief.
- 20 Door de spanningsgradiënten en stromen in de vanen te minimaliseren stelt dit ontwerp ons in staat om vaanmaterialen van hogere soortelijke weerstand, zoals aluminium, te gebruiken.

- Bij een gegeven afstemsectie kan interferentie op bepaalde bedrijfsfrequenties uit het op afstand gelegen deel van de bifilaire
- 25 schroeflijnvormige spoel ontstaan. Het deel van de spoel van de kortsluitstaaf naar het op afstand gelegen einde kan als een transmissielijn worden beschouwd die door de modeschakelaar 66, 66' is afgesloten. De grote hoogfrequente stromen in de kortsluitstaaf kunnen resonantie-modi in deze lijn exciteren, die dicht bij de bedrijfsfrequentie kunnen
- 30 liggen. De modeschakelaars zijn aangebracht om dit probleem te vermijden. Wanneer de schakelaars bijvoorbeeld zijn gesloten en de bedrijfsfrequentie is afgestemd op een waarde die toevallig dicht bij de kwart golflengteresnantie van het op afstand gelegen deel van de spoel ligt, kan de koppeling naar dit deel ongewenst groot zijn. In dit geval wor-
- 35 den de modeschakelaars geopend en wordt de dichtstbij gelegen resonantie van het op afstand gelegen deel van de spoel de halve golflengtemode, die een aanzienlijk verschillende frequentie zal hebben en een verwaarloosbare interferentie veroorzaakt. Op soortgelijke wijze kan interferentie van de open-schakelaar modi vermeden worden door de mode-
- 40 schakelaars te sluiten.

Verdere voordelen van dit stelsel worden verschaft door de capacite-
 tieve koppeling van de voedingsbron. Ofschoon in principe voeding aan
 dit stelsel kan worden toegevoerd door middel van magnetische koppeling
 met stroomlussen en dergelijke, is het moeilijk om dergelijke koppel-
 5 middelen bij de kortsluitstaven aan te brengen waar deze techniek het
 meest doelmatig zou zijn. De meer praktische methode is de directe kop-
 peling van de voedingstoevoer aan de vanen, die de elektromagnetische
 verstoring en strooi-interferentie met het resonantiestelsel vermin-
 dert. Verder geeft dit aanleiding tot minder vermogensdissipatie en
 10 ohmse verhitting daar hierbij minder stroom uit de voedingsbron wordt
 getrokken. Teneinde een maximale koppeldoelmatigheid te verkrijgen,
 wordt de voedingsbron verbonden met een positie langs de vanen waarin
 de hoogfrequente spanning maximaal is, namelijk bij een van de grenzen
 tussen twee aangrenzende afstemsecties of aan het einde van een vaan.
 15 De voorkeursuitvoering van de uitvinding is niet beperkt tot vier
 afstemsecties zoals in fig. 1 is aangegeven. Een bepaald voorbeeld kan
 acht secties hebben met een totale vaanlengte van 2,4951 meter. In dit
 geval hebben de afstemstubs kenmerkend een lengte van 26,7 centimeter
 en een breedte van 88,9 millimeter met een dikte van 1/4 inch. De
 20 schroeflijnvormige inductantiespoelen hebben zes windingen met een dia-
 meter van 12,5 inch of bij benadering een totale lengte van 6 meter. De
 spoeldraden zijn halve-inch koperbuizen. Het oppervlak van de vanen te-
 genover de bundelas heeft een kromtestraal van 2,38 millimeter. De mi-
 nimale afstand van dit oppervlak tot de bundelas is 1,892 millimeter en
 25 de gemiddelde afstand tot de bundelas is 3,175 millimeter.

Onder toepassing van deze geometrische parameters kan het gede-
 tailleerde ontwerp van de vaanoppervlakken met behulp van bekende tech-
 nieken voor RFQ lineaire versnellers worden uitgevoerd. De vanen kunnen
 elektrisch als twee symmetrische vierdraadstransmissielijnen worden be-
 30 schouwd die in shunt zijn verbonden en die door een open keten zijn af-
 gesloten. De afstemstubs kunnen elk als een parallelle plaattransmis-
 sielijn worden beschouwd. De schroeflijnvormige bifilaire inductantie-
 spoel kan door een open tweedraadstransmissielijn worden gemodelleerd.
 De nauwkeurigheid van deze benadering is geverifieerd door constructie
 35 van een prototype afstemsectie met een schroeflijnvormige bifilaire in-
 ductantiespoel met een beweegbare kortsluitstaaf, verbonden met afstem-
 stubs en vanen volgens de beschrijving. Er zijn metingen uitgevoerd van
 de resonantiefrequenties van het prototypestelsel voor verschillende
 posities van de kortsluitstaaf. Het is gebleken dat het boven gegeven
 40 transmissielijnmodel de waargenomen resonantiefrequentie voorspelt tot

binnen een nauwkeurigheid van plus of min 10%.

Onder toepassing van het transmissielijnmodel en de bovenvermelde parameters kan het hoogfrequente vermogen nodig voor aandrijving van het stelsel berekend worden. Fig. 8 toont een grafiek van dit hoogfrequente vermogen als functie van de bedrijfsfrequentie voor verscheidene intervaanspanningen. Wanneer de bedrijfsfrequentie voor een gegeven ion wordt gevarieerd, moet natuurlijk de intervaanspanning eveneens worden gevarieerd teneinde te waarborgen dat de doorlooptijd van het ion door een eenheidscel gesynchroniseerd is met de frequentie. In fig. 9 is de vereiste intervaanspanning uitgezet als functie van de frequentie voor verscheidene verschillende ionensoorten. Het beschikbare frequentiebereik wordt bepaald door de afstand waarover de kortsluitstaaf kan worden bewogen. Fig. 10 toont een grafiek van de resonantiefrequentie van het boven beschreven stelsel als functie van de afstand van de kortsluitstaaf tot de afstemstub. Eveneens zijn de resonantiefrequenties van de op afstand gelegen spoeldelen aangegeven. Voor deze spoelconfiguratie kan men bedrijfsfrequenties verkrijgen die van minder dan 10 MHz tot aan 100 MHz lopen.

Voor een willekeurig gegeven ionensoort in een stelsel met de bovenvermelde ontwerpparameters kan de maximale bundelstroom, die versneld kan worden, berekend worden met behulp van bekende werkwijzen. Een computerprogramma dat deze werkwijzen implementeert, getiteld "CURLI" is ontwikkeld in Los Alamos National Laboratory, en de theoretische formulering voor deze berekeningen is beschreven door T.P. Wangler, "Space-Charge Limits in Linear Accelerators", Los Alamos Report LA-8388 (december 1980). Dit computerprogramma is gebruikt om een berekening uit te voeren van de verzadigde bundelstroom voor de boven beschreven uitvoering volgens de uitvinding voor een verscheidenheid van ionensoorten en energieën.

De hierna volgende tabel A toont de resultaten van deze berekeningen voor verscheidene representatieve ionentypen samen met kenmerkende waarden voor de ingangs- en uitgangsignenenergieën en overeenkomstige waarden voor het voor het bedienen van het stelsel vereiste hoogfrequente vermogen, de bedrijfsfrequentie en de intervaanspanning. De cijfers in de tabel A geven aan dat het boven beschreven bepaalde stelsel in staat is ionenbundels uit H^+ tot U^{++} over een bereik van ionenenergieën van enkele honderden KeV tot aan verscheidene MeV op te wekken. De in deze tabel aangegeven maximale intervaanspanning bedraagt 42,5 kV. De maximale bundelstromen beschikbaar uit dit stelsel lopen in een bereik van bij benadering 0,1 tot 10 milli-ampere.

Uit de resultaten van tabel A volgt duidelijk dat deze uitvinding goed kan worden toegepast over een brede verscheidenheid van praktische toepassingen waaronder ionenimplantatie in materialen, stralingsbiologie, en deeltjesbundelinjectie in cyclotrons en grotere versnellers. De
5 boven gegeven beschrijving van een voorkeursuitvoering van de uitvinding en de bepaalde parameters en berekeningen zijn ten behoeve van illustratie en als voorbeeld gegeven. Zij zijn niet bedoeld om de uitvinding te beperken en verdere modificaties en wijzigingen kunnen binnen het kader van de uitvinding door de deskundigen worden aangebracht.

Tabel A

Ionen- soort	q/m	Injectie- spanning (kV)	Ingangs- ionen- energie (keV/amu)	Eindionenenergie (keV/amu)	(keV)	HF ver- mogen (kW)	Bedrijfs- frequentie (MHz)	Intervaa- spanning (kV)	Bundel- stroom- grens (ma)
H ⁺	1	10,00	10,000	150,000	150,00	0,403	93,808	4,25	1,28
		11,36	11,364	170,455	170,46	0,552	100,000	4,83	1,55
He ⁺	1/4	10,00	2,50	37,50	150,0	0,287	46,904	4,25	0,6
		26,67	6,67	100,00	400,0	2,500	76,594	11,33	2,8
		45,45	11,364	170,455	681,8	8,832	100,000	19,32	6,2
Li ⁺	1/7	10,00	1,429	21,429	150,0	0,268	35,456	4,25	0,5
		33,33	4,762	71,429	500,0	3,592	64,734	14,17	2,95
		79,55	11,364	170,465	1193,2	26,939	100,000	33,81	10,9
B ⁺	1/11	10,00	0,909	13,636	150,0	0,260	28,284	4,25	0,4
		33,33	3,030	45,455	500,0	3,289	51,640	14,17	2,4
		66,67	6,061	90,909	1000,0	15,237	73,030	28,33	6,7
		100,0	9,091	136,364	1500,0	38,862	89,443	42,50	12,3
N ⁺	1/14	10,00	0,714	10,714	150,0	0,259	25,071	4,25	0,34
		33,33	2,381	35,714	500,0	3,166	45,774	14,17	2,1
		66,67	4,762	71,428	1000,0	14,368	64,733	28,33	5,9
		100,0	7,143	107,14	1500,0	35,892	79,282	42,50	10,9

Tabel A (vervolg)

Ionensort	q/m	Injectie- spanning (kV)	Ingangs- ionen- energie (keV/amu)	Eindionenenergie (keV/amu)	HF ver- mogen (kW)	Bedrijfs- frequentie (MHz)	Intervaan- spanning (kV)	Bundel- stroom- grens (ma)
Me ⁺	1/20	10,00	0,500	7,50	150,0	0,261	4,25	0,3
		33,33	1,667	25,00	500,0	3,028	14,17	1,75
		66,67	3,333	50,00	1000,0	13,374	28,33	4,95
		100,00	5,000	75,00	1500,0	32,694	42,50	9,1
Si ⁺	1/28	10,00	0,357	5,357	150,0	0,266	4,25	0,24
		33,33	1,190	17,875	500,0	2,940	14,17	1,5
		66,67	2,381	35,714	1000,0	12,918	28,33	4,2
		100,00	3,571	53,571	1500,0	30,478	42,50	7,7
P ⁺		10,00	0,323	4,839	150,0	0,268	4,25	0,23
		33,33	1,075	16,129	500,0	2,920	14,17	1,4
		66,67	2,151	32,258	1000,0	12,488	28,33	4,0
		100,00	3,226	48,387	1500,0	29,920	42,50	7,3
As ⁺	1/75	10,00	0,133	2,000	150,0	0,300	4,25	0,15
		33,33	0,444	6,666	500,0	2,908	14,17	0,2
		66,67	0,888	13,333	1000,0	11,589	28,33	2,6
		100,00	1,333	20,000	1500,0	26,680	42,50	4,7

Tabel A (vervolg)

Ionen- soort	q/m	Injectie- spanning (kV)	Ingangs- ionen- energie (keV/amu)	Eindionenenergie (keV/amu)	HF ver- mogen (kW)	Bedrijfs- frequentie (MHz)	Intervaan- spanning (kV)	Bundel- stroom- grens (ma)
Sb ⁺	1/121	13,333	0,110	1,653	0,550	9,847	5,67	0,18
		33,333	0,275	4,132	3,017	15,570	14,17	0,7
		66,667	0,551	8,264	11,568	22,019	28,33	2,0
		100,00	0,826	12,397	26,019	26,968	42,50	3,7
U ⁺⁺	2/238	13,333	0,112	1,681	0,547	9,930	5,67	0,18
		16,666	0,140	2,101	0,829	11,102	7,08	0,25
		33,333	0,280	4,202	3,014	15,700	14,17	0,7
		66,667	0,560	8,403	11,565	22,204	28,33	2,0
		100,00	0,840	12,605	26,032	27,194	42,50	3,7

Conclusies

1. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller voor het versnellen, focuseren of aan groepsvorming onderwerpen van een bundel van geladen deeltjes, omvattende:

5 een geëvacueerd vat waardoor de bundel van geladen deeltjes loopt;

een even aantal langwerpige elektroden, dat binnen het vat in evenwijdige betrekking tot en rond en langs het traject van de bundel van geladen deeltjes wordt ondersteund, waarbij de elektroden een zodanige structuur hebben dat zij een RFQ elektrisch veld opwekken dat
10 bruikbaar is voor het versnellen, focuseren of aan groepsvorming onderwerpen van de bundel van geladen deeltjes;

voedingsbronmiddelen verbonden met de elektroden voor het daaraan toevoeren van elektrisch vermogen teneinde de elektroden het RFQ elektrische veld te doen opwekken;
15

variabele inductantiemiddelen met een inductantie die over een aanzienlijk bereik kan worden gevarieerd, waarbij de variabele inductantiemiddelen elektrisch verbindbaar zijn met de elektroden zodanig dat de variabele inductantiemiddelen en de elektroden een LC resonantieschakeling vormen die op de voor het RFQ elektrische veld gewenste frequentie oscilleren, waarbij de frequentie gevarieerd kan worden door de inductantie van de variabele inductantiemiddelen te variëren; en
20

inductantiestuurmiddelen verbonden met de variabele inductantiemiddelen zodanig dat de inductantie van de variabele inductantiemiddelen vanaf het uitwendige van het geëvacueerde vat gestuurd kunnen worden.
25

2. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 1, waarin de variabele inductantiemiddelen een aantal inductieve schakelingselementen omvatten, waarbij elk zulk een element een variabele inductantie heeft, waarbij de elementen in ruimtelijke intervallen verbonden zijn met de elektroden zodanig dat elk element tezamen met een deel van de elektroden een LC resonantieschakeling vormt die oscilleert op de voor het RFQ elektrische veld gewenste frequentie; en waarin de inductantiestuurmiddelen een aantal elementstuurmiddelen omvatten die
30 elk verbonden zijn met een van de inductieve schakelingselementen zodanig dat de inductantie van het element door de elementstuurmiddelen kan worden gestuurd, waarbij het aantal elementstuurmiddelen verder zodanig onderling verbonden is dat de resonantiefrequenties van alle LC resonantieschakelingen gelijk aan elkaar gehouden worden wanneer de inductantie van de elementen wordt gevarieerd.
40

3. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 2, waarin de voedingsbronmiddelen omvatten een variabele hoogfrequente spanningsgenerator in serie verbonden met een capacitieve impedantie die verder verbonden is met de elektroden zodanig dat de impedantie van de voedingsbronmiddelen capacitief is.

4. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 2, waarin elke van de inductieve schakelingselementen omvat:
een schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoel, waarbij een einde van elke draad van de spoel verbonden is met een helft van de organen van het even aantal elektroden; en

een tussen de twee draden van de schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoel opgenomen kortsluitstaaf die naar een aantal posities over de lengte van de spoeldraden bewogen kan worden, waardoor de inductantie van de spoel gevarieerd kan worden.

5. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 4, waarin de voedingsbronmiddelen omvatten een variabele hoogfrequente spanningsgenerator in serie verbonden met een capacitieve impedantie die verder verbonden is met de elektroden zodanig dat de impedantie van de voedingsbronmiddelen capacitief is.

6. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 4, waarin elke van de inductieve schakelingsmiddelen verder een schakelaar bevat opgenomen tussen de draadeinden van de spoel tegenover de einden van de spoeldraden verbonden met de elektroden, waardoor de spoel afgesloten kan worden door de schakelaar in open of gesloten kettten.

7. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 4, waarin de schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoelen van de inductieve schakelingsmiddelen in een aantal azimutale hoeken rond de as van het bundeltraject zijn geplaatst zodanig dat de assen van de spoel-schroeflijnen evenwijdig zijn aan het traject en verder zodanig dat de assen van alle spoelen onder dezelfde azimutale hoek samenvallen.

8. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 7, waarin de voedingsbronmiddelen omvatten een variabele hoogfrequente spanningsgenerator in serie verbonden met een capacitieve impedantie die verder verbonden is met de elektroden zodanig dat de impedantie van de voedingsbronmiddelen capacitief is.

9. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 7, waarin elke van de inductieve schakelingsmiddelen verder een schakelaar bevat opgenomen tussen de draadeinden van de spoel tegenover de einden van de spoeldraden verbonden met de elektroden, waardoor de

spoel afgesloten kan worden door de schakelaar in open of gesloten k-

ten.

10. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie
7, waarin de schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoelen van de in-
5 ductieve schakelingselementen, waarvoor de overeenkomstige delen van de
elektroden, die de LC resonantieschakelingen vormen, daaraan grenzen
aan tegenovergestelde zijden van de as van het bundeltraject zijn ge-
plaatst.

11. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie
10 10, waarin de voedingsbronmiddelen omvatten een variabele hoogfrequente
spanningsgenerator in serie verbonden met een capacitieve impedantie
die verder verbonden is met de elektroden zodanig dat de impedantie van
de voedingsbronmiddelen capacitief is.

12. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie
15 10, waarin elke van de inductieve schakelingsmiddelen verder een scha-
kelaar bevat opgenomen tussen de draadeinden van de spoel tegenover de
einden van de spoeldraden verbonden met de elektroden, waardoor de
spoel afgesloten kan worden door de schakelaar in open of gesloten ke-
ten.

20 13. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie
7, waarin het aantal elementstuurmiddelen omvat:

voor elk van de samenvallende schroeflijnvormige spoelassen, een
aandrijfasorgaan waarvan een as samenvalt met de spoelas en dat door
elke van de schroeflijnvormige spoelen met die as loopt, waarbij het
25 aandrijfasorgaan in staat is rond de as te draaien, welk aandrijfasor-
gaan verder door de wand van het vat steekt zodanig dat de hoekstand
van het aandrijfasorgaan vanaf de buitenzijde van het vat gestuurd kan
worden;

voor elk van de schroeflijnvormige spoelen, een stuurstaaforgaan
30 dat radiaal vanaf het aandrijfasorgaan zich uitstrekt naar de kort-
sluitstaaf en daarmee verbonden is, waarbij het stuurstaaforgaan aange-
grepen wordt door het aandrijfasorgaan zodanig dat de positie van de
kortsluitstaaf gestuurd kan worden door draaiing van het aandrijfasor-
gaan; en

35 verbindingsmiddelen tussen alle van de aandrijfasorganen zodanig
dat de hoekstanden van de aandrijfasorganen in samenwerkende relatie
met elkaar gehouden worden zodat de resonantiefrequenties van alle van
de LC resonantieschakelingen dezelfde zijn.

14. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie
40 13, waarin de voedingsbronmiddelen omvatten een variabele hoogfrequente

spanningsgenerator in serie verbonden met een capacatieve impedantie die verder verbonden is met de elektroden zodanig dat de impedantie van de voedingsbronmiddelen capacatief is.

15 13. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 13, waarin elke van de inductieve schakelingselementen verder een schakelaar bevat opgenomen tussen de draadeinden van de spoel tegenover de einden van de spoeldraden verbonden met de elektroden, waardoor de spoel afgesloten kan worden door de schakelaar in open of gesloten keten.

10 16. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 13, waarin elk van de inductieve schakelingselementen verder omvat klemmiddelen om de kortsluitstaaf aan de spoeldraden te klemmen, en waarin het aantal elementstuurmiddelen verder omvat:

15 voor elk van de inductieve schakelingselementen, een klemstaaforgaan dat radiaal vanaf de schroeflijnvormige spoelas naar de klemmiddelen loopt;

20 voor elk van de samenvallende spoelassen, een steunasorgaan waarvan een as samenvalt met het aandrijfasorgaan en dat verder door het einde van het klemstaaforgaan tegenover het einde verbonden met de klemmiddelen wordt aangegrepen zodanig dat de klemmiddelen door het steunasorgaan kan worden gestuurd; en

middelen om vanaf het uitwendige van het vat alle steunasorganen te sturen.

25 17. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 16, waarin de voedingsbronmiddelen omvatten een variabele hoogfrequente spanningsgenerator in serie verbonden met een capacatieve impedantie die verder verbonden is met de elektroden zodanig dat de impedantie van de voedingsbronmiddelen capacatief is.

30 18. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 16, waarin elk element van de inductieve schakelingselementen verder bevat een schakelaar die opgenomen is tussen de draadeinden van de spoel tegenover de einden van de spoeldraden verbonden met de elektroden, waardoor de spoel afgesloten kan worden door de schakelaar in open of gesloten keten.

++++++

Gewijzigde conclusies

1. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller voor het versnellen, focuseren of aan groepsvorming onderwerpen van een bundel van geladen deeltjes, omvattende:

5 een geëvacueerd vat waardoor de bundel van geladen deeltjes loopt;

een even aantal langwerpige elektroden, dat binnen het vat in evenwijdige betrekking tot het traject van de bundel van geladen deeltjes wordt ondersteund, waarbij de elektroden azimutaal rond het traject zijn geplaatst en de elektroden verder een zodanige structuur hebben dat zij een RFQ elektrisch veld opwekken dat bruikbaar is voor het versnellen, focuseren of aan groepsvorming onderwerpen van de bundel van geladen deeltjes;

15 voedingsbronmiddelen verbonden met de elektroden voor het daaraan toevoeren van hoogfrequent elektrisch vermogen teneinde de elektroden het RFQ elektrische veld te doen opwekken;

variabele inductantiemiddelen met een inductantie die over een aanzienlijk bereik kan worden gevarieerd, waarbij de variabele inductantiemiddelen elektrisch verbindbaar zijn met de elektroden zodanig dat de variabele inductantiemiddelen en de elektroden een LC resonantieschakeling vormen die op de voor het RFQ elektrische veld gewenste frequentie oscilleren, waarbij de frequentie gevarieerd kan worden door de inductantie van de variabele inductantiemiddelen te variëren; en

25 inductantiestuurmiddelen verbonden met de variabele inductantiemiddelen zodanig dat de inductantie van de variabele inductantiemiddelen vanaf het uitwendige van het geëvacueerde vat gestuurd kunnen worden.

2. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 1, waarin de variabele inductantiemiddelen een aantal inductieve schakelingselementen omvatten, waarbij elk zulk een element een variabele inductantie heeft, waarbij de elementen in ruimtelijke intervallen verbonden zijn met de elektroden zodanig dat elk element tezamen met een deel van de elektroden een LC resonantieschakeling vormt die oscilleert op de voor het RFQ elektrische veld gewenste frequentie; en waarin de inductantiestuurmiddelen een aantal elementstuurmiddelen omvatten die elk verbonden zijn met een van de inductieve schakelingselementen zodanig dat de inductantie van het element door de elementstuurmiddelen kan worden gestuurd, waarbij het aantal elementstuurmiddelen verder zodanig onderling verbonden is dat de resonantiefrequenties van alle LC resonantieschakelingen gelijk aan elkaar gehouden worden wanneer de induc-

tantie van de elementen wordt gevarieerd.

3. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 2, waarin de voedingsbronmiddelen omvatten:

5 een vermogensgenerator met een spanningsklem die een hoogfrequent elektrische spanning met een variabele frequentie verschaft; en
een capacitieve impedantie waarvan een klem verbonden is met de spanningsklem en waarvan een tegenovergestelde klem verbonden is met de elektroden zodanig dat de impedantie van de voedingsbronmiddelen bij de elektroden capacitief is.

10 4. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 2, waarin elke van de inductieve schakelingselementen omvat:

een schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoel, waarbij een einde van elke draad van de spoel verbonden is met een helft van de organen van het even aantal elektroden; en
15 een tussen de twee draden van de schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoel opgenomen kortsluitstaaf die klemmiddelen heeft voor het veilig klemmen van de kortsluitstaaf aan de draden teneinde een geleidende weg voor grote elektrische stromen te verschaffen, en voor het vrijgeven van de kortsluitstaaf zodat deze naar een aantal posities
20 over de lengte van de spoeldraden bewogen kan worden, waarbij de kortsluitstaaf en klemmiddelen verbonden zijn met en gestuurd worden door de elementstuurmiddelen, waardoor de inductantie van de spoel gevarieerd en gestuurd kan worden vanuit het uitwendige van het geëvacueerde vat.

25 5. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 4, waarin de voedingsbronmiddelen omvatten:

een vermogensgenerator met een spanningsklem die een hoogfrequente elektrische spanning met een variabele frequentie verschaft; en
een capacitieve impedantie waarvan een klem verbonden is met de
30 spanningsklem en waarvan een tegenovergestelde klem verbonden is met de elektroden zodanig dat de impedantie van de voedingsbronmiddelen bij de elektroden capacitief is.

6. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 4, waarin elke van de inductieve schakelingsmiddelen verder een schakelaar bevat opgenomen tussen de draadeinden van de spoel tegenover de
35 einden van de spoeldraden verbonden met de elektroden, waarbij de schakelaars onderling gekoppeld en op afstand bestuurbaar zijn waardoor het op afstand gelegen deel van de spoel voorbij de kortsluitstaaf afgesloten kan worden door de schakelaar in open of gesloten keten.

40 7. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie

4, waarin de schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoelen van de inductieve schakelingsmiddelen in een aantal azimuthale hoeken rond de as van het bundeltraject zijn geplaatst zodanig dat de assen van de spoel-schroeflijnen evenwijdig zijn aan het traject en verder zodanig dat de
5 assen van alle spoelen onder dezelfde azimuthale hoek samenvallen.

8. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 7, waarin de voedingsbronmiddelen omvatten:

een vermogensgenerator met een spanningsklem die een hoogfrequente elektrische spanning met een variabele frequentie verschaft; en

10 een capacitieve impedantie waarvan een klem verbonden is met de spanningsklem en waarvan een tegenovergestelde klem verbonden is met de elektroden zodanig dat de impedantie van de voedingsbronmiddelen bij de elektroden capacitief is.

9. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie
15 7, waarin elke van de inductieve schakelingsmiddelen verder een schakelaar bevat opgenomen tussen de draadeinden van de spoel tegenover de einden van de spoeldraden verbonden met de elektroden, waarbij de schakelaars onderling gekoppeld en op afstand stuurbaar zijn waardoor het op afstand gelegen deel van de spoel voorbij de kortsluitstaaf afgeslo-
20 ten kan worden door de schakelaar in open of gesloten keten.

10. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 7, waarin de schroeflijnvormige bifilaire inductantiespoelen van de inductieve schakelingselementen, waarvoor de overeenkomstige delen van de elektroden, die de LC resonantieschakelingen vormen, daaraan grenzen
25 aan tegenovergestelde zijden van de as van het bundeltraject zijn geplaatst.

11. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 10, waarin de voedingsbronmiddelen omvatten:

een vermogensgenerator met een spanningsklem die een hoogfrequente
30 elektrische spanning met een variabele frequentie verschaft; en

een capacitieve impedantie waarvan een klem verbonden is met de spanningsklem en waarvan een tegenovergestelde klem verbonden is met de elektroden zodanig dat de impedantie van de voedingsbronmiddelen bij de elektroden capacitief is.

35 12. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 10, waarin elke van de inductieve schakelingsmiddelen verder een schakelaar bevat opgenomen tussen de draadeinden van de spoel tegenover de einden van de spoeldraden verbonden met de elektroden, waarbij de schakelaars onderling gekoppeld en op afstand stuurbaar zijn waardoor het
40 op afstand gelegen deel van de spoel voorbij de kortsluitstaaf afgeslo-

ten kan worden door de schakelaar in open of gesloten keten.

13. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 7, waarin het aantal elementstuurmiddelen omvat:

voor elk van de samenvallende schroeflijnvormige spoelassen, een
5 aandrijfasorgaan waarvan een as samenvalt met de spoelas en dat door
elke van de schroeflijnvormige spoelen met die as loopt, waarbij het
aandrijfasorgaan in staat is rond de as te draaien, welk aandrijfasor-
gaan verder door de wand van het vat steekt zodanig dat de hoekstand
van het aandrijfasorgaan vanaf de buitenzijde van het vat gestuurd kan
10 worden;

voor elk van de schroeflijnvormige spoelen, een stuurstaaforgaan
dat radiaal vanaf het aandrijfasorgaan zich uitstrekt naar de kort-
sluitstaaf en daarmee verbonden is, waarbij het stuurstaaforgaan aange-
grepen wordt door het aandrijfasorgaan zodanig dat de positie van de
15 kortsluitstaaf gestuurd kan worden door draaiing van het aandrijfasor-
gaan; en

verbindingsmiddelen tussen alle van de aandrijfasorganen zodanig
dat de hoekstanden van de aandrijfasorganen in samenwerkende relatie
met elkaar gehouden worden zodat de resonantiefrequenties van alle van
20 de LC resonantieschakelingen dezelfde zijn.

14. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 13, waarin de voedingsbronmiddelen omvatten:

een vermogensgenerator met een spanningsklem die een hoogfrequente
elektrische spanning met een variabele frequentie verschaft; en
25 een capacitieve impedantie waarvan een klem verbonden is met de
spanningsklem en waarvan een tegenovergestelde klem verbonden is met de
elektroden zodanig dat de impedantie van de voedingsbronmiddelen bij de
elektroden capacitief is.

15. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie
30 13, waarin elke van de inductieve schakelingselementen verder een scha-
kelaar bevat opgenomen tussen de draadeinden van de spoel tegenover de
einden van de spoeldraden verbonden met de elektroden, waarbij de scha-
kelaars onderling gekoppeld en op afstand stuurbaar zijn waardoor het
op afstand gelegen deel van de spoel voorbij de kortsluitstaaf afgeslo-
35 ten kan worden door de schakelaar in open of gesloten keten.

16. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 13, waarin de klemmiddelen een klemorgaan omvatten dat de spoeldraden
aangrijpt zodanig dat de draden via wrijving worden geklemd door het
klemorgaan dat de draden tegen de kortsluitstaaf aandrukt, en waarin
40 het aantal elementstuurmiddelen verder omvat:

voor elk van de inductieve schakelingselementen, een klemstaaforgaan dat radiaal vanaf de schroeflijnvormige spoelas naar het klemorgaan loopt;

voor elke van de inductieve schakelingselementen, veerspringmiddelen die het klemstaaforgaan verbinden met het stuurstaaforgaan en het klemstaaforgaan zodanig aandrukken dat het klemorgaan door de veermiddelen tegen de draden wordt gedrukt;

voor elk van de samenvallende spoelassen, een steunasorgaan waarvan een as samenvalt met het aandrijfasorgaan en dat verder, voor elk van de as uitstekend klemstaaforgaan, een kam heeft dat bij de as door het einde van het klemstaaforgaan wordt aangegrepen zodanig dat het klemorgaan door beweging van het steunasorgaan wordt gestuurd; en middelen om vanaf het uitwendige van het geëvacueerde vat alle steunasorganen te sturen.

15 17. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 16, waarin de voedingsbronmiddelen bevatten:

een vermogensgenerator met een spanningsklem die een hoogfrequente elektrische spanning met een variabele frequentie verschaft; en

20 een capacitieve impedantie waarvan een klem verbonden is met de spanningsklem en waarvan een tegenovergestelde klem verbonden is met de elektroden zodanig dat de impedantie van de voedingsbronmiddelen bij de elektroden capacitief is.

18. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 16, waarin elk element van de inductieve schakelingselementen verder
25 bevat een schakelaar die opgenomen is tussen de draadeinden van de spoel tegenover de einden van de spoeldraden verbonden met de elektroden, welke schakelaars onderling gekoppeld en op afstand bestuurbaar zijn waardoor het op afstand gelegen deel van de spoel voorbij de kortsluitstaaf afgesloten kan worden door de schakelaar in open of gesloten ke-
30 ten.

19. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 1, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden gevarieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

35 20. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 2, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden gevarieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

21. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie
40 3, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden geva-

rieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

22. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 4, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden gevarieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

23. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 5, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden gevarieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

24. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 6, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden gevarieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

25. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 7, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden gevarieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

26. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 8, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden gevarieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

27. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 9, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden gevarieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

28. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 10, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden gevarieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

29. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 11, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden gevarieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

30. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 12, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden gevarieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

31. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 13, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden ge-

varieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

32. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 14, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden ge-
5 varieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

33. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 15, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden ge-
10 varieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

34. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 16, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden ge-
varieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

15 35. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 17, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden ge-
varieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

36. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 20 18, waarin de frequentie van oscillatie over een bereik kan worden ge-
varieerd zodanig dat de maximale frequentie de minimale frequentie overschrijdt in een verhouding in hoofdzaak groter dan 3 tot 1.

37. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 1, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een
25 bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

38. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 2, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een
bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

39. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 30 3, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een
bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

40. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 4, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een
bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

35 41. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 5, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een
bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

42. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 6, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een
40 bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

43. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 7, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

5 44. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 8, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

45. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 9, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

10 46. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 10, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

15 47. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 11, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

48. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 12, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

20 49. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 13, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

50. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 14, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

25 51. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 15, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

30 52. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 16, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

53. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 17, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

35 54. Variabele-frequentie RFQ lineaire versneller volgens conclusie 18, waarin de frequentie van oscillatie gevarieerd kan worden over een bereik in hoofdzaak van 10 MHz tot 100 MHz.

++++++



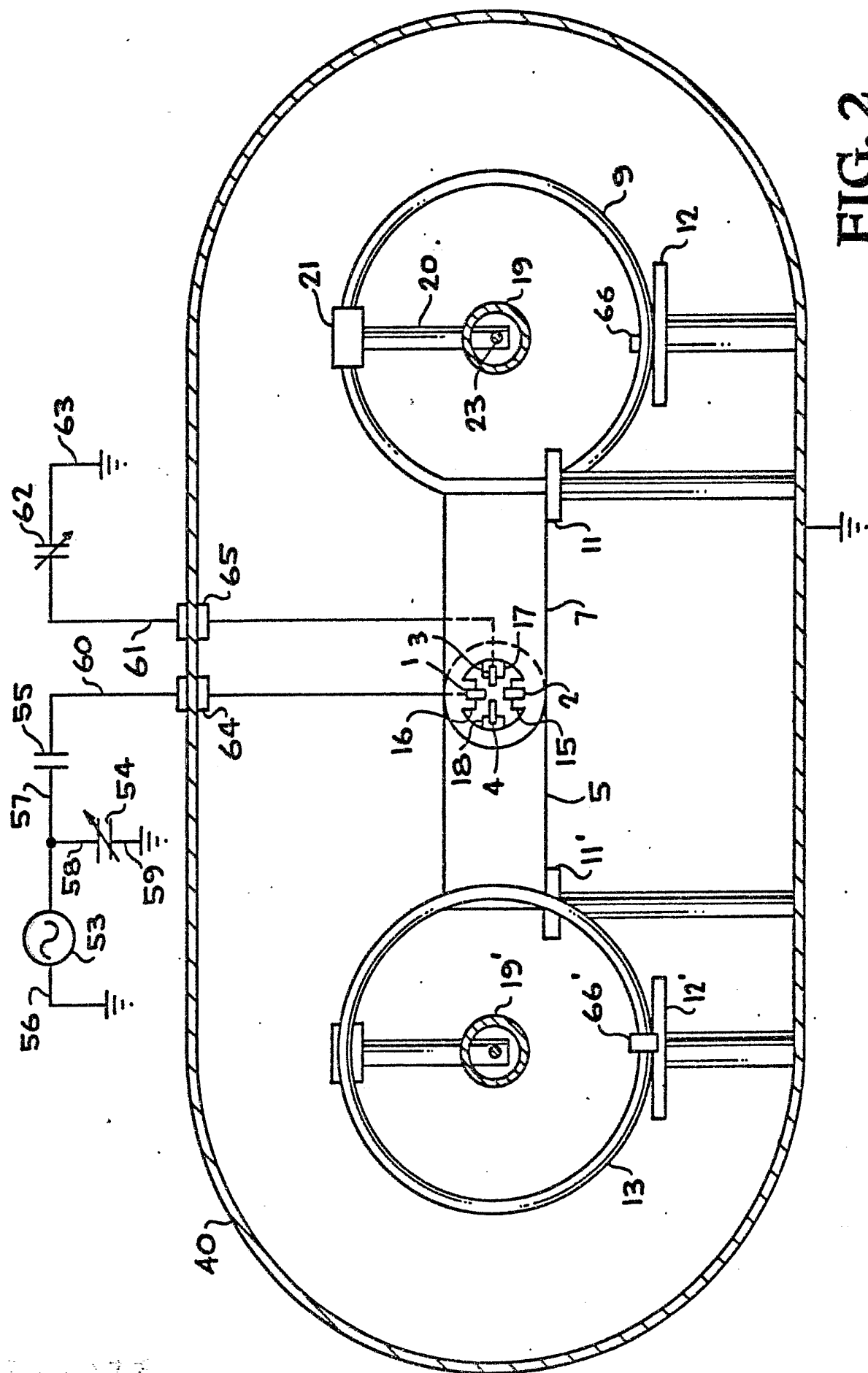
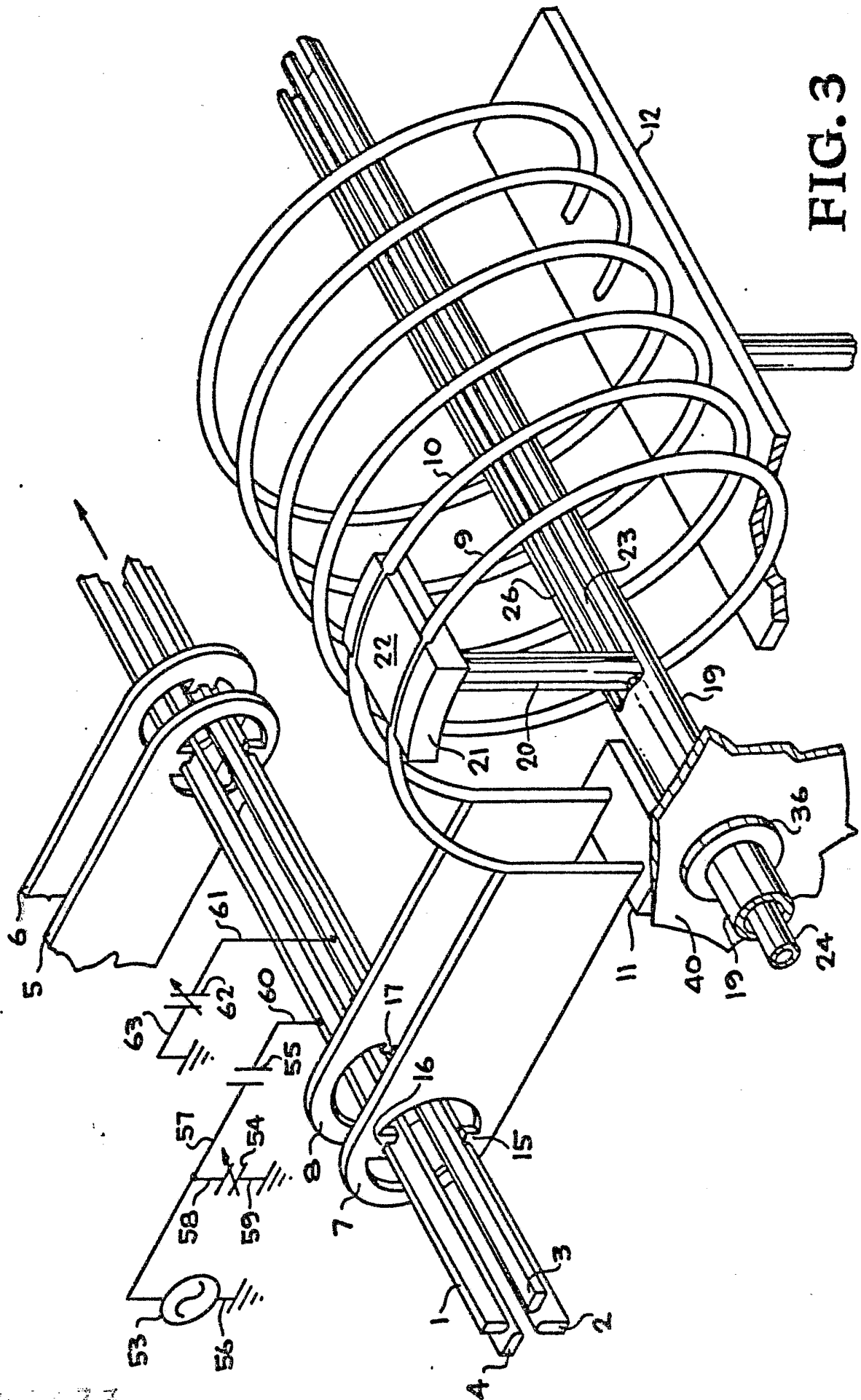


FIG. 3



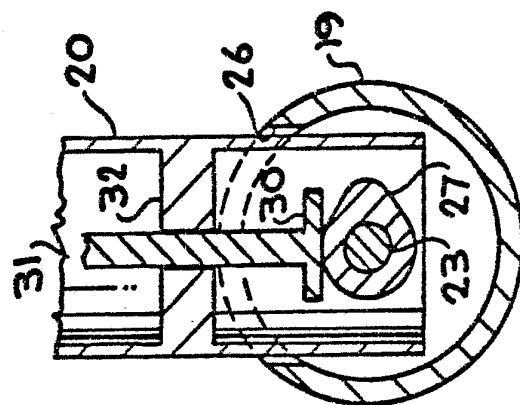


FIG. 5

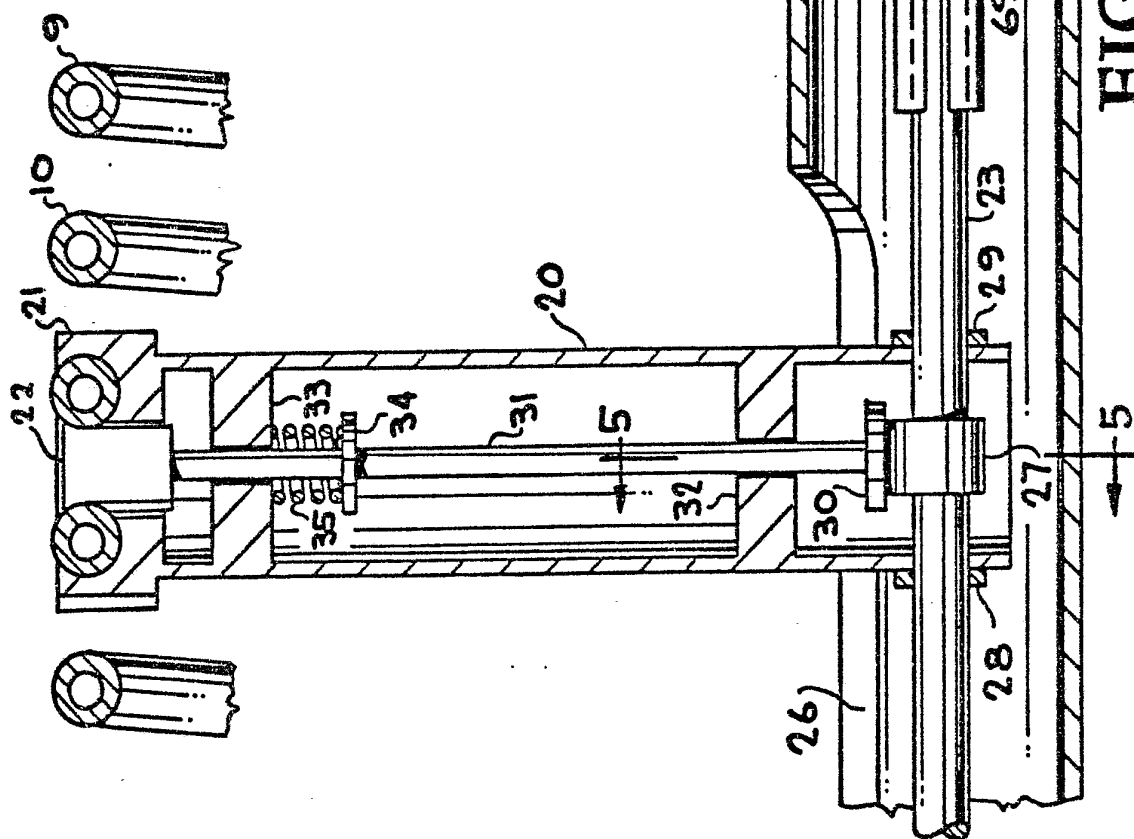


FIG. 4

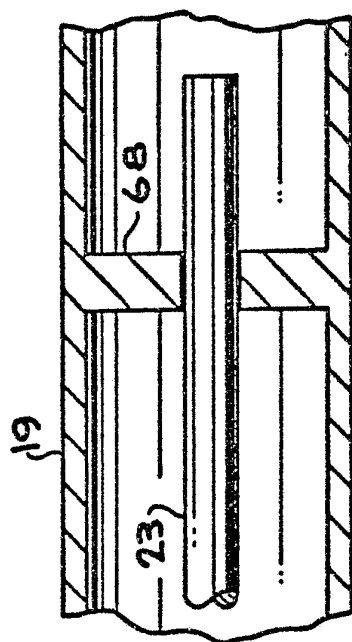


Fig. 6

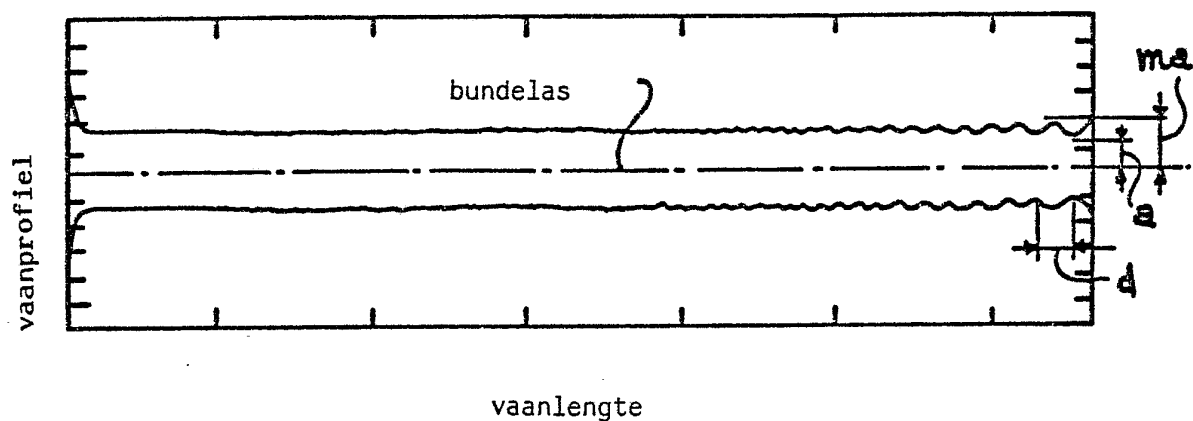


FIG. 7

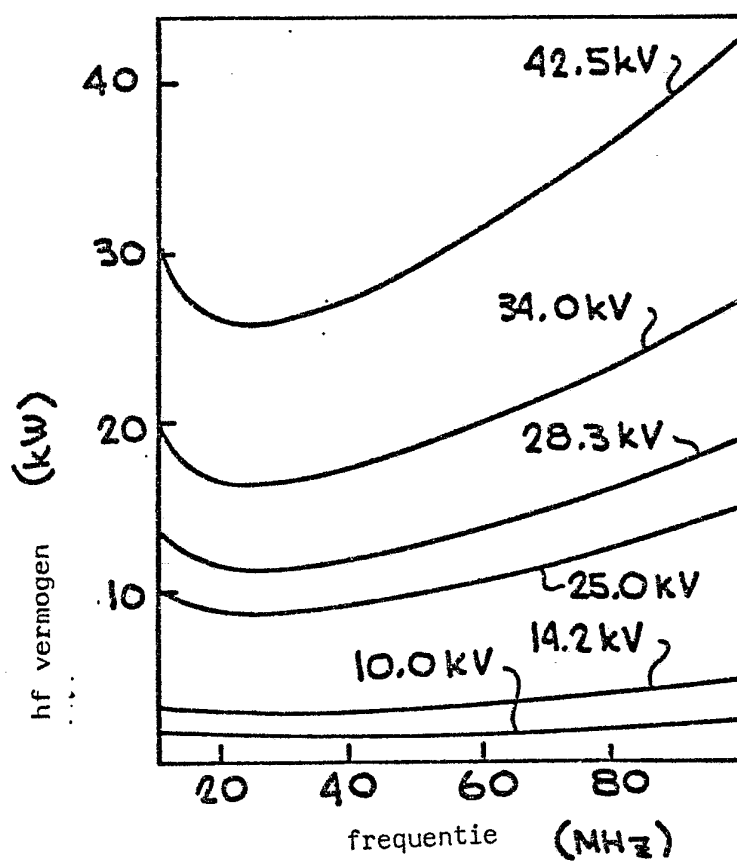


FIG. 8

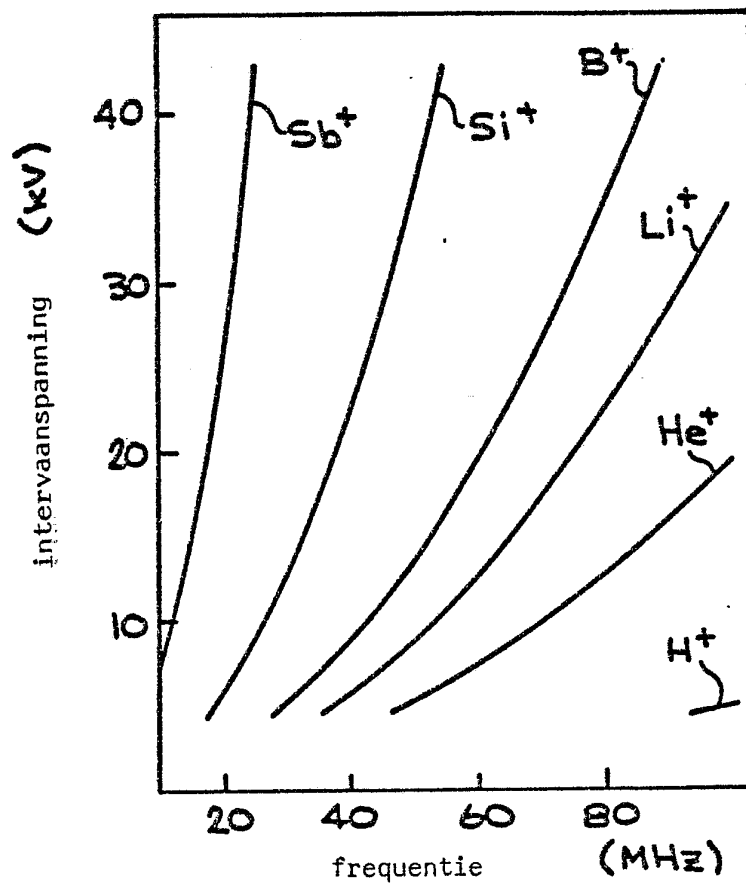


FIG. 9

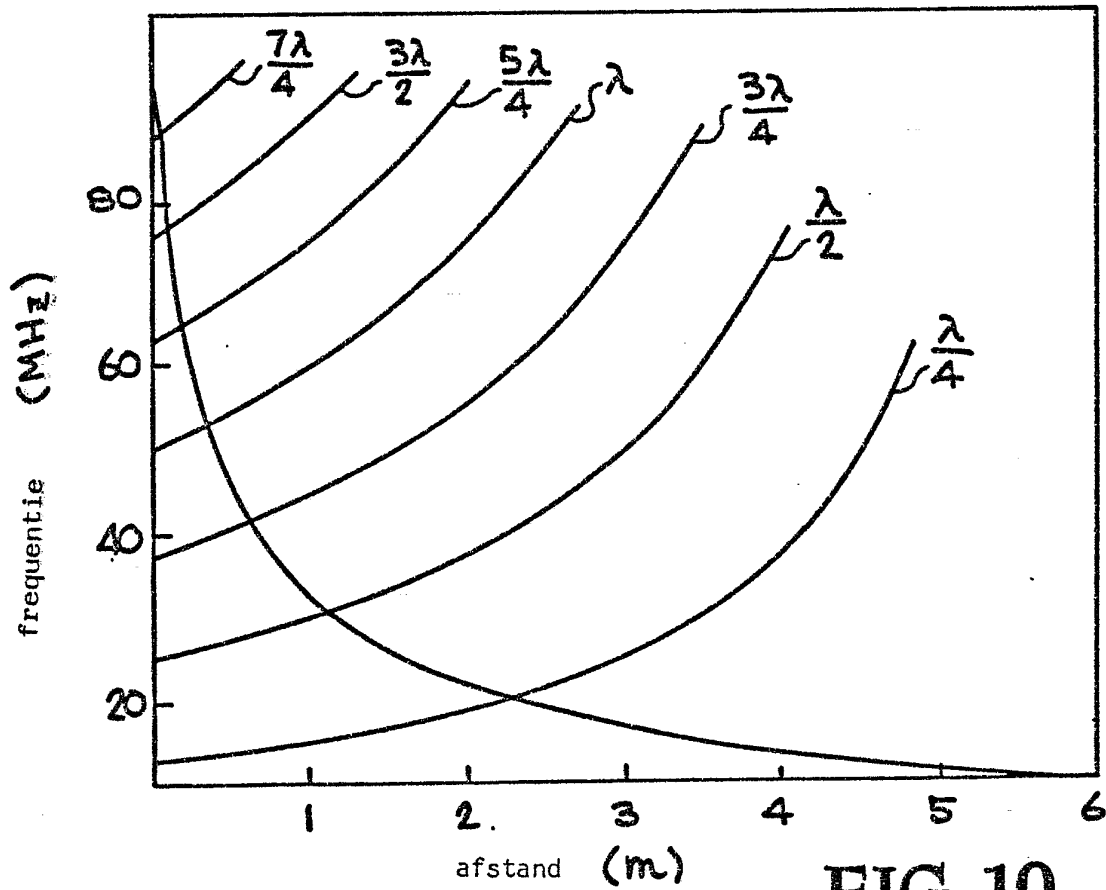


FIG. 10