

SVERIGE [B] (11) UTLÄGGNINGSSKRIFT

7707526-5

(19) SE

(51) Internationell klass<sup>2</sup>

H 05 H 9/00



(44) Ansökan utlagd och utläggningskriften publicerad 78-12-04 Publiceringsnummer

405 437

(41) Ansökan allmänt tillgänglig 78-12-04

(22) Patentansökan inkom 77-06-29

PATENT- OCH  
REGISTRERINGSVERKET

(30) Prioritetsuppgifter  
(32) Datum (33) Land (31) Nr

Siffrorna inom parentes anger internationell identifieringskod, INID-kod. Bokstav inom klammer anger internationell dokumentkod.

(71) Sökande: INSTITUT YADERNOI FIZIKI SIBIRSKOGO OTDELENIA AKADEMII  
NAUK SSSR, NOVOSIBIRSK, SU

(72) Uppfinnare: V L Auslender, G I Budker, G B Glagolev, A A Livshits,  
G N Ostreiko, A D Panfilov och V A Polyakov, Novosibirsk

(74) Ombud: Hjärne

(54) Benämning: Högfrekvent elektronaccelerator

Uppfinningen avser en högfrekvent elektronaccelerator enligt patentkravets 1 ingress, som är avsedd att kunna användas industriellt som kraftig källa för joniserande strålning.

Inom detta tekniska område finns redan direktverkande elektronacceleratorer med ett accelerationsrör och en högspänningskälla, som bibringar accelererade partiklar erforderlig energi. Nackdelen med dessa kända acceleratorer är, att accelerationsröret är komplicerat att framställa och att det är svårt att utföra röret med önskad elektrisk hållfasthet mot överslag o.d. Dessa svårigheter blir ännu mera utpräg- lade, om elektronenergin skall uppgå till minst 1 MeV och om elektronstrålen skall ha hög effekt.

Det finns även högfrekventa vandringsvågselektronacceleratorer i form av linjära acceleratorer, vilka innehåller dels en rad av med varandra seriekopplade accelerationsresonatorer i form av en s.k. diafragmavägledare, dels en elektronkanon, dels en högfrekvens-effektkälla, som utgör en självständig generator, exempelvis en magnetron, dels ett system för överföring av högfrekvens-effekten från generatorn till de seriekopplade resonatorerna och således till elektronstrålen, dels ett vakuumsystem, dels en anpassningsbelastning och dels ett magnetiskt system för fokusering av elektronstrålen längs acceleratorn. Genom att dessa kända acceleratorer saknar accelerationsrör, blir det lättare att

lösa problemet med erforderlig dielektrisk hållfasthet.

Vid dessa kända accelerators begränsas emellertid möjligheten att erhålla hög effekt å ena sidan av avsevärda effektförluster vid accelerationskonstruktionen och å andra sidan av att elektronknippet alstrar parasitära svängningar vid resonatorerna.

På grund av den självständiga generatoren, som bestämmer svängningsfrekvensen och effekten, begränsas dessutom möjligheten att reglera den ström genom acceleratoren, som påverkar resonansaccelerationssystemets högfrekventa egenskaper. Dessutom kräves noggrann konstanthållning av detta systems egenfrekvens, vanligtvis medelst termostatregering av accelerationssystemet. Behovet av nämnda anpassningsbelastning medför en minskning av denna kända accelerators verkningsgrad, som dessutom även minskas av systemet för överföring av den högfrekventa effekten från generatoren till resonansaccelerationssystemet. Eftersom accelerationssystemet har stor utsträckning, erfordras det att åstadkomma ett extra magnetiskt fokuseringssystem, som möjliggör elektronstrålens passage genom acceleratoren.

Uppfinningen enligt patentkravet 1 gör det framför allt möjligt att åstadkomma en högfrekvent elektronaccelerator på basis av en sådan högfrekvent effektkälla, vid vilken generators exciteringsfrekvens (fältfrekvens) automatiskt bringas att sammanfalla med egenfrekvensen hos accelerators accelerationsresonator. Med denna accelerator kan man alstra en elektronstråle, som har en avsevärd medeleffekt, varjämte en hög elektronisk verkningsgrad erhålles.

Genom att utföra acceleratoren i enlighet med krav 2 kan man uppnå, att högfrekventa resonansurladdningsförlopp undertryckes eller förhindras och att joner bortledes från accelerationssträckan.

Det är även önskvärt att utföra acceleratoren i enlighet med något eller några av kraven 3-5. Om acceleratoren är avsedd för pulserande drift, bör den lämpligen utföras åtminstone enligt krav 4.

Med en högfrekvent elektronaccelerator enligt uppfinningen kan man erhålla en hög medeleffekt hos den accelererade elektronstrålen. Genom att man kombinerar funktionerna av en självsvängande generators svängningskrets och av elektronaccelerationen kan man avsevärt öka accelerators elektronverkningsgrad, minska dess yttermått och förenkla accelerators konstruktion och framställning.

Ett exempel på en accelerator enligt uppfinningen beskrives närmare nedan i samband med bifogade ritning. Fig. 1 visar accelerators elektriska kopplingsschema. Fig. 2 visar ett kopplingsschema för samma accelerator, dock med ett system för undertryckning av högfrekventa

resonansurladdningar och för avledande av joner från accelerationssträckan. Fig. 3 visar ett kopplingsschema över samma accelerator, vid vilken kanten av resonatorns yttre del längs hela omkretsen är kopplad till ett evakuerat hölje. Fig. 4 visar ett kopplingsschema över samma accelerator med en separat likspänningskälla, som är kopplad till en anod. Fig. 5 visar en konstruktiv utformning av samma accelerator, vid vilken en kopplingsslinga med vakuomtät isolerande kopplingskondensator är utformad som av plåtar med vakuumpalter.

Den i fig. 1 visade högfrekventa elektronacceleratorn enligt uppfinningen innehåller en i ett vakuumhölje 1 av metall anordnad cylindrisk resonator 2 med inåtriktade inre mittutsprång på sina ändytor. Elektroner, som skall injiceras från en på ett av resonatorns 2 utsprång anordnad elektronkanon 3, accelereras längs resonatorns 2 axel. En högfrekvent effektkälla för överföring av högfrekvensenergi till en elektronstråle utgöres av en självexciterad generator, som är kopplad som generatorkrets med jordat galler hos ett generatorrör 4, som här utgöres av en högeffektpulstriod. Generatorröret 4 är anordnat på resonatorn 2 och kopplad med dess hålrum medelst en kopplingsslinga 5, som innehåller en likströmsspärr i form av en kondensator 6 för att hindra likströmskomponenten av triodens 4 anodspänning från att kunna nå själva kopplingsslingan 5, som är direktkopplad till generatorrörets 4 anod och tillsammans med kondensatorn 6, rörets 4 utgångskapacitans och anodens fördelade reaktans bildar en första svängningskrets i ett av två svängningskretsar bestående svängningssystem i rörets 4 anodkrets. Detta systems andra svängningskrets utgöres av accelerationsresonatorn 2 och är kopplad med den första svängningskretsen, varigenom högfrekvensenergi överföres från röret till resonatorn 2 och till elektronstrålen, som skall accelereras.

Den självexciterade, dvs självsvängande generatorn är försedd med en inre återkopplingskrets, som är bildad av en kondensator 7 mellan generatorrörets 4 katod och anod. Generatorrörets 4 galler är högfrekvensmässigt jordat genom en kondensator 8. Gallerförspänningen är förinställbar medelst ett förspänningsmotstånd 9 mellan rörets 4 galler och generatorhuset. Generatorrörets glödström erhålles från en glödspänningskälla 10. Anodspänningen tillföres från en anodspänningskälla 11, som - ifall acceleratorsen arbetar pulserande - innehåller en pulstransformator 12. Återkopplingsspänningens amplitud och fas är finjusterbara medelst en katodslinga 13.

Vid den i fig. 2 visade varianten av acceleratoren är accelerationsresonatoren uppbyggd av två skålformade delar 2a och 2b. I och för kortslutning av högfrekventa strömmar är delarna 2a och 2b kopplade till varandra genom en kondensator 14, som kan vara sammansatt av ett stort antal parallellkopplade keramiska kondensatorer mellan resonatorns båda delar 2a och 2b. För att höja acceleratorens funktions-säkerhet är det emellertid lämpligt, att kondensatorn 14 är bildad av resonatorns båda skålformade delar 2a och 2b genom att dessa är delvis inskjutbara i varandra, dock med en mellanliggande spalt. Resonatorndelen 2b är förbunden med en elektrisk strömkällas 16 negativa pol.

Vid den i fig. 3 visade utföringsformen av den högfrekventa elektronacceleratoren enligt uppfinningen är en kant 17 av resonatorns yttre del 2a - till skillnad från utföringsformen enligt fig. 2 - elektriskt kopplad till vakuumhöljet 1 av metall.

Den i fig. 4 visade utföringsformen av acceleratoren utmärker sig av, att den är utförd och dimensionerad för pulserande drift. Generatorrörets 4 anod är kopplad till en extra likspänningskällas 18 positiva pol via pulstransformatorns 12 sekundärlindning.

I fig. 5 visas konstruktionen av en accelerator enligt uppfinningen, dock utan de elektriska strömkällorna.

Den torusformade accelerationsresonatoren 2 består av koppar och utgör en del av den självsvängande generatorns anodkrets samt är uppbyggd av två mot varandra elektriskt isolerade skålformade delar 2a, 2b, vilka med sina öppna sidor delvis är så införda i varandra att en spalt 19 finns mellan dem och bildar kondensatorn 14 (fig. 2), som kortsluter den genom resonatorn 2 flytande högfrekvensströmmen. Resonatoren 2 är anordnad i det av metall bestående vakuumhöljet 1, som är försett med tätningsanordning 20 av indium. I och för minskning av förluster av den högfrekventa effekt, som kan läcka ut genom spalten 19 mellan resonatorns 2 delar 2a och 2b, är kanten 17 av resonatorns 2 yttre del 2a längs hela sin omkrets elektriskt ansluten (exempelvis genom svetsning) till vakuumhöljet 1. Egenfrekvensen hos hålrummet mellan resonatorns 2 inre del 2b och manteln 1 är genom konstruktiva åtgärder så vald, att den ligger långt bort från accelerationsresonatorns 2 egenfrekvens. Resonatorns 2 inre del 2b matas över en högfrekvent drosselspole 5 med en negativ spänning i och för undertryckning av högfrekventa resonansurladdningsförlopp och avledande av joner från en accelerationssträcka 21. Resonatorns 2 mot den yttre

delen 2a isolerade inre del 2b är uppbyuren av tre stödisolatorer 22. Generatorröret 4 är anordnat direkt på resonatorns 2 yttre ändyta. Rörets 4 anod är kopplad till resonatorn 2 medelst den induktiva kopplings slingan 5 utan någon mellanledning (feeder). Isolerkondensatorn 6 är uppbyggd i form av ett system av plåtar 23 med vakuumspalter.

Generatorns anodkrets består av rörets 4 utgångskapacitans, fördelade reaktanser hos anoden med en kopparskärm 24, en anodvatten-tank 25, kopplings slingans 5 motstånd och den resistans, som skall införas av resonatorn i slingans 5 krets. Denna anodkrets bildar ett av två svängningskretsar bestående svängningssystem, vid vilket en av frekvenserna ligger nära egenresonansfrekvensen hos accelerationsresonatorn med högt godhetstal (Q-värde), varvid denna egenfrekvens bestämmer generatorns svängningsfrekvens.

Vid generatorn användes en inre återkopplingskrets, som bildas av den extra kapacitansen 7 mellan rörets 4 katod och anod. Denna kapacitans är utformad som en skiva, som är anordnad ovanför rörets 4 anod och skild från densamma medelst ett luftgap. Det i fig. 5 visade rörets 4 anod är skyddad av skärmen 24. Återkopplingsfaktorn och -fasen är noggrant justerbara medelst katodslingan 13.

Elektronkanonen 3 är anordnad direkt på det inre utsprånget på resonatorns 2 del 2a längs dess centrumlinje. Resonatorn 2 är så utformad, att den dessutom kan arbeta i kombination med en yttre injektor för laddade partiklar. Den accelererade elektronstrålen passerar ut från resonatorn 2 genom en central öppning 26, som befinner sig i väggen hos det inre utsprånget på resonatorns 2 del 2b. Vakuumhöljet 1 är evakuerbart medelst magneturladdningspumpar 27. Vid vakuumhöljets 1 undre bottendel (fig. 5) är fäst en utloppsanordning 28 för svepning och utstrålning av elektronknippet till atmosfären.

Den högfrekventa elektronacceleratorn arbetar på följande sätt.

Sedan vakuummanteln 1 enligt fig. 1 och 5 evakuerats, inkopplas strömkällan för matning av elektronkanonen 3 och glödspänningskällan 10 för matning av generatorrörets 4 glödtråd. Då anodspänningskällan 11 inkopplas, självsvänger generatorn med en frekvens, som är nära frekvensen hos accelerationsresonatorn 2, som har ett högt godhetstal. Samtidigt uppkommer över resonatorns 2 accelerationssträcka 21 en hög spänning, vilken beror på kopplings slingans 5 yta och anodspänningen. Elektronerna dras ut från elektronkanonens 3 katod medelst högfrekvensspänningens positiva halvvåg och accelereras i resonatorns 2 accelerationssträcka 21. Genom reglering av kopplings slingans 5 yta

kan man vid en i förväg bestämd effekt hos elektronstrålen anpassa systemet till olika accelerationsspänningar. Genom reglering av katodslingans 13 längd kan man noggrant justera återkopplingsfaktorn och -fasen.

För att dels göra accelerators funktion mera stabil, dels öka livslängden av elektronkanonens 3 (fig. 2,5) katod och dels undertrycka högfrekventa resonansurladdningsförlopp i resonatorn 2 påtryckes resonatorns 2 undre inre del 2b en negativ likspänning av flera kilovolt från strömkällan 16, varvid de i accelerationssträckan 21 bildade jonerna bortföres från densamma genom en öppning 26.

För att minska förlusten av högfrekvent effekt, som kan läcka ut genom spalten 19 (fig. 3,5) mellan resonatorns 2 delar 2a och 2b, är kanten 17 hos resonatorns 2 yttre del 2a längs hela sin omkrets elektriskt kopplad till det av metall bestående vakuumlösljet 1, medan egenfrekvensen hos rummet mellan resonatorns 2 inre del 2b och vakuumlösljet 1 är så vald, att det skiljer sig kraftigt från accelerationsresonatorns egenfrekvens. Genom att resonatorns 2 yttre del 2a är förbunden med lösljet 1, förhindras att högfrekvenseffekt eventuellt passerar genom mellanrummet mellan lösljet 1 och delen 2a mot detsamma.

Fig. 4 visar acceleratoren så utförd, att den - till skillnad från de ovan beskrivna utföringsformerna, vilka kan användas både för kontinuerlig och pulserande drift - endast är avsedd för pulserande drift, varvid inställningstiden för stationär svängningsamplitud icke endast bestäms av accelerationsresonatorns 2 godhetstal och återkopplingsfaktorn utan även väsentligt är beroende av initialsvängningsamplituden dvs på begynnelsestartförhållandena eller med andra ord på förekomsten av förexciteringen av accelerationsresonatorn 2 vid den tidpunkt, då nästföljande puls inkommer. För att minska stigtiden för svängningarna i accelerationsresonatorn 2, vilket är ekvivalent med en ökning av verkningsgraden genom ökning av pulsens nyttiga varaktighet, matas rörets 4 anod av ovanstående skäl över pulstransformatorn 12 med en positiv likspänning från den separata strömkällan 18, vilket resulterar i att resonatorn 2 är förexciterad under pulspauserna.

Den högfrekventa elektronacceleratorn enligt den i fig. 5 visade konstruktiva utformningen uppvisar följande parametrar. Arbetsfrekvensen är 110 MHz och resonatorns shuntresistans är 2-4 Mohm. Förexciteringsspanningen är 800 V. Den spänning, som uppträder över resonatorns 2 inre del 2b, är 6 kV. Spänningen över accelerations-

7707526-5

7

sträckan 21 med en längd av 10 cm är vid en anodspänning av 25 kV lika med 1,5 MV. Pulsvaraktigheten är 400  $\mu$ s, och pulsfrekvensen är 50 Hz.

Generatorröret 4 är en pulsgeneratortriod 4 med en pulseffekt av upp till 2 MW. Medelläckeeffekten i resonatorn 2 är 4-5 kW, medan elektronstrålens medeleffekt är 20 kW, vilket innebär att elektronverkningsgraden är 80 %. Vid provning arbetade denna accelerator kontinuerligt med nämnda parametrar under en tid av 500 timmar utan några avbrott. Den högsta spänning, som erhålles över accelerationssträckan 21, uppgår till 2 MV. För matning av generatorröret 4 kan användas en godtycklig i och för sig känd modulator av lämplig effekt. Ifall spänningen över resonatorn 2 är högst 350 kV, tål acceleratorm att drivas kontinuerligt. Den föreslagna acceleratorm är funktions-säker och enkel att framställa.

Patentkrav

1. Högfrekvent elektronaccelerator med en i ett metallhölje (1) anordnad accelerationsresonator (2), en elektronkanon (3) för att rikta en elektronstråle längs resonatorns (2) centrumlinje och en högfrekvent effektkälla för överföring av högfrekvent effekt till elektronknippet, k ä n n e t e c k n a d av att den högfrekventa effektkällan är en självexciterad generator med ett på resonatorn (2) anordnat generatorrör (4), och av att resonatorns hålrum innehåller en kopplings slinga (5), som över en isolerkondensator (6) är direktkopplad till rörets (4) anod och tillsammans med denna kondensator, rörets (4) utgångskapacitans och den vid anoden verksamma fördelade reaktansen bildar en första svängningskrets, vilken är kopplad med en av resonatorn (2) bildad andra svängningskrets, varvid dessa båda svängningskretsar tillsammans bildar ett svängningssystem i generatorrörets (4) anodkrets med en resonansfrekvens som är lika eller ungefär lika med den av resonatorn (2) bildade andra svängningskretsens resonansfrekvens.

2. Accelerator enligt krav 1, k ä n n e t e c k n a d av att accelerationsresonatorn (2) är uppbyggd i form av två skålformade delar (2a,2b), vilka med sina öppna sidor delvis är införda i varandra och är elektriskt isolerade mot varandra medelst en mellanliggande spalt (19), som bildar en kondensator (14) för kortslutning av högfrekvensströmmar, varvid den ena resonatordelen (2b) är ansluten till en likspänning (16).

3. Accelerator enligt krav 2, k ä n n e t e c k n a d av att den till en likspänning (16) anslutna resonatordelen är resonatorns (2) inre del (2b), och att den yttre delens (2a) kant (17) längs hela sin omkrets är elektriskt förbunden med det nämnda metallhöljet (1).

4. Accelerator enligt krav 2 eller 3, k ä n n e t e c k n a d av att generatorrörets (4) anod vid pulserande drift av acceleratoren är ansluten till en separat positiv likspänningskälla (18) för förexcitering av accelerationsresonatorn (2)



7707526-5

under pulspauserna.

5. Accelerator enligt något av krav 2-4, k ä n n e -  
t e c k n a d av att kopplingsslingans (5) isolerkondensator  
(6) är utformad som ett system av plåtar (23) med vakuumpal-  
ter.

ANFÖRDA PUBLIKATIONER:

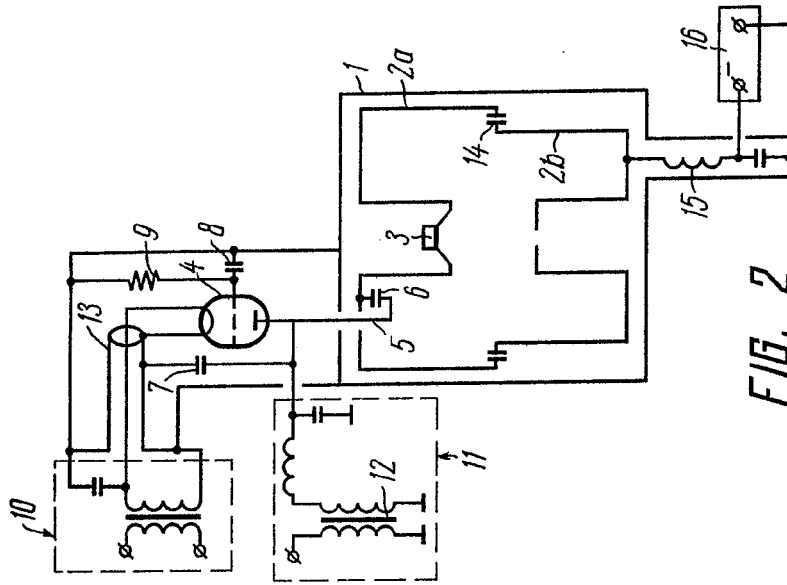


FIG. 2

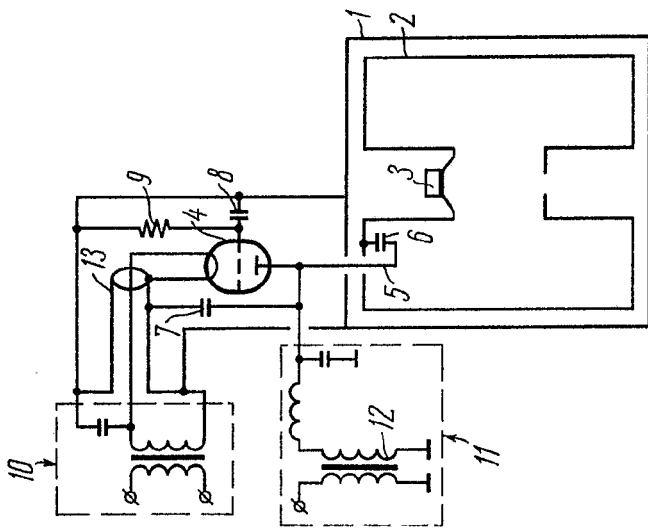


FIG. 1

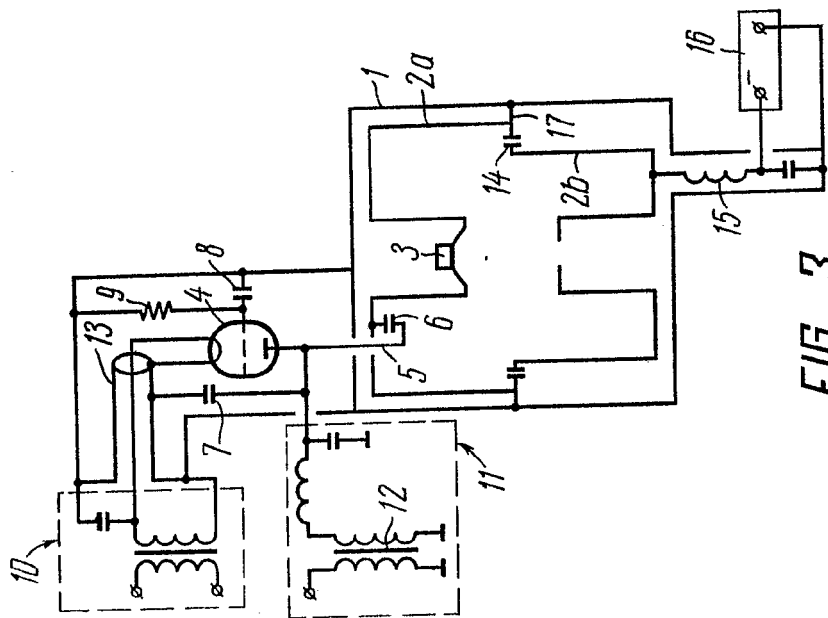


FIG. 3

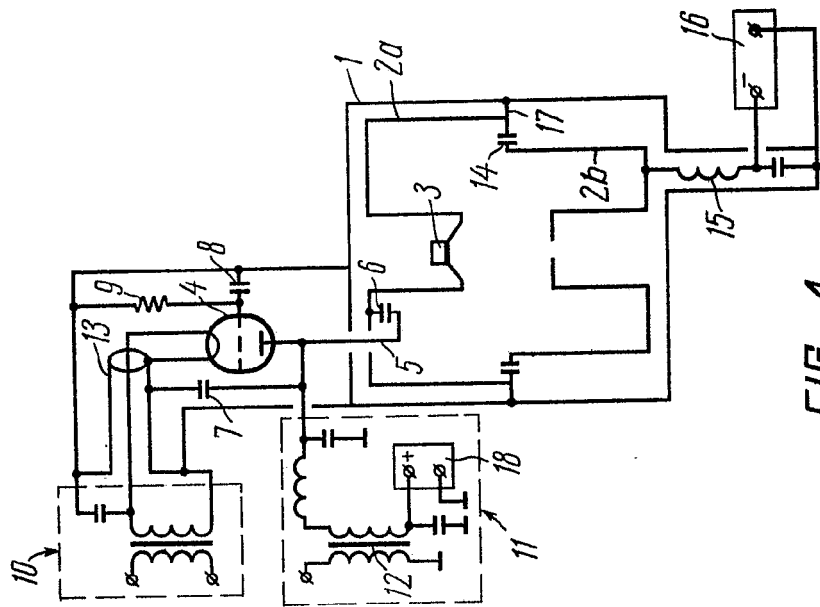


FIG. 4

7707526-5

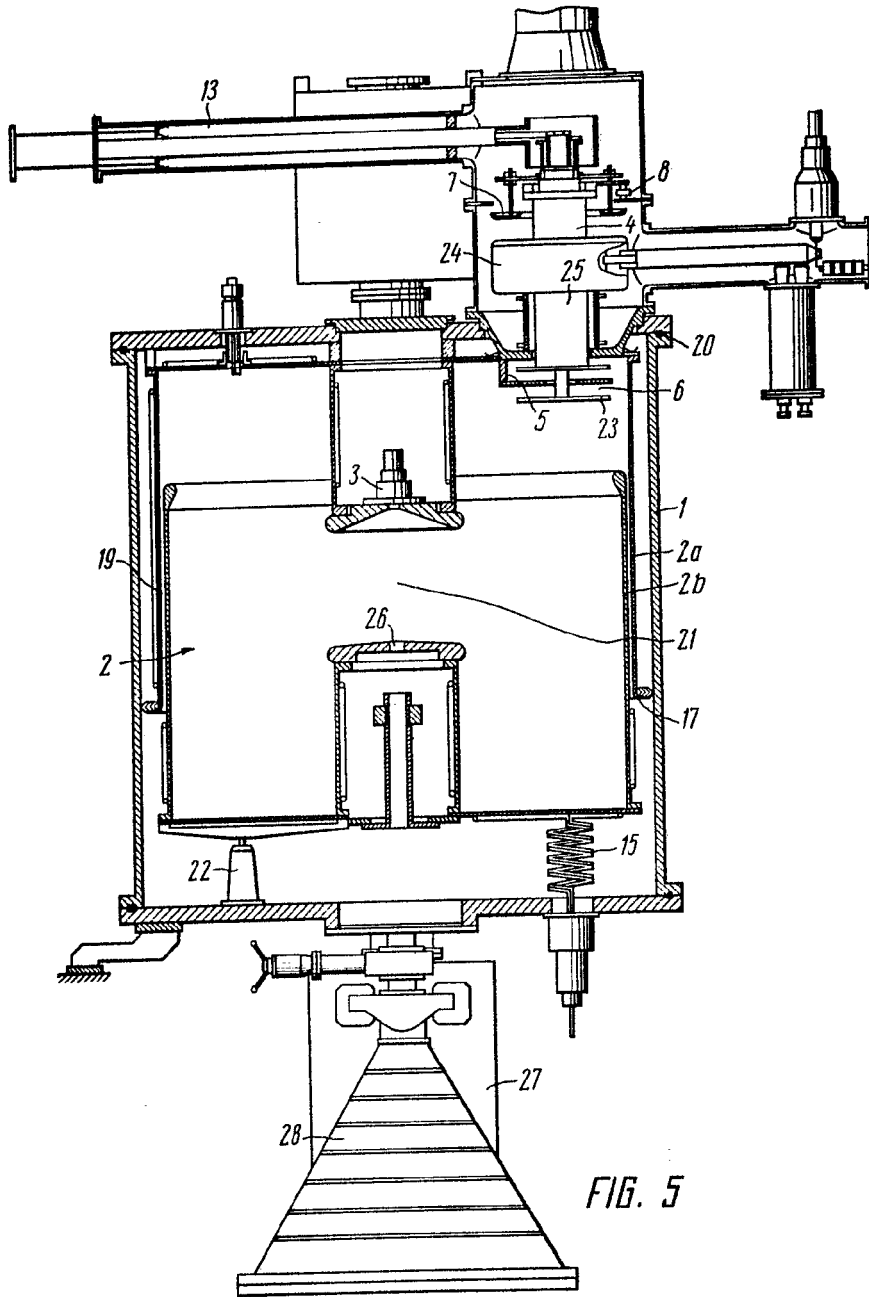


FIG. 5