



(12) Patentskrift

(10) SE 535 996 C2

(21) Patentansökningsnummer: 1151215-9
 (45) Patent meddelat: 2013-03-19
 (41) Ansökan allmänt tillgänglig: 2012-06-24
 (22) Patentansökan inkom: 2011-12-19
 (24) Löpdag: 2011-12-19
 (83) Deposition av mikroorganism: ---
 (30) Prioritetsuppgifter: 2010-12-23 US 12/977208

(51) Internationell klass:
H05H 13/00 (2006.01)
H02N 2/00 (2006.01)
G21K 5/10 (2006.01)

(73) Patenthavare: General Electric Company, 1 River Road, 12345 Schenectady, New York US

(72) Uppfinnare: Tomas ERIKSSON, Uppsala SE
 Bert HOLMGREN, Uppsala SE

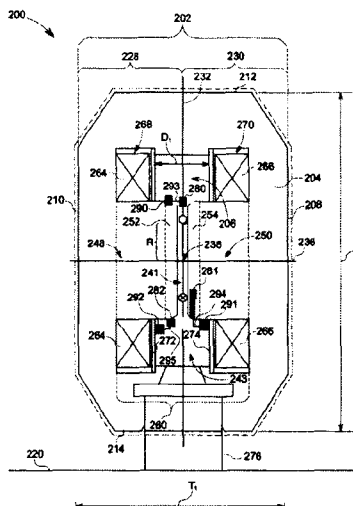
(74) Ombud: Kransell & Wennborg KB, Box 27834, 115 93 Stockholm SE

(54) Benämning: Partikelaccelerator med elektromekanisk motor samt förfarande för drift av partikelaccelerator

(56) Anförda publikationer: ---

(47) Sammandrag:

Partikelaccelerator (102) innefattande ett elektriskt fältsystem (106) och ett magnetfältsystem (108) konfigurerade för att rikta laddade partiklar längs en önskad väg i en accelerationskammare (206); Partikelacceleratorn innefattar också en mekanisk anordning (280, 282) som är placerad i accelerationskammaren. Den mekaniska anordningen är konfigurerad för att selektivt förflyttas till olika lägen i accelerationskammaren. Partikelacceleratorn innefattar också en elektromekanisk (EM) motor (290, 292) som har en anslutningskomponent (456) och piezoelektriska element (512) som är funktionsmässigt kopplade till anslutningskomponenten. Anslutningskomponenten är funktionsmässigt monterad på den mekaniska anordningen. EM-motorn driver anslutningskomponenten när de piezoelektriska elementen är aktiverade och förflyttar därigenom den mekaniska anordningen.



PARTIKELACCELERATORER SOM HAR ELEKTROMEKANISKA MOTORER SAMT FÖRFARANDEN FÖR DRIFT OCH FRAMSTÄLLNING AV SÅDANA

SAMMANDRAG

Partikelaccelerator (102) innefattande ett elektriskt fältsystem (106) och ett magnetfältsystem (108) konfigurerade för att rikta laddade partiklar längs en önskad väg i en accelerationskammare (206); Partikelacceleratorn innefattar också en mekanisk anordning (280, 282) som är placerad i accelerationskammaren. Den mekaniska anordningen är konfigurerad för att selektivt förflyttas till olika lägen i accelerationskammaren. Partikelacceleratorn innefattar också en elektromekanisk (EM) motor (290, 292) som har en anslutningskomponent (456) och piezoelektriska element (512) som är funktionsmässigt kopplade till anslutningskomponenten. Anslutningskomponenten är funktionsmässigt monterad på den mekaniska anordningen. EM-motorn driver anslutningskomponenten när de piezoelektriska elementen är aktiverade och förflyttar därigenom den mekaniska anordningen.

PARTIKELACCELERATOR MED ELEKTROMEKANISK MOTOR SAMT FÖRFARANDE FÖR DRIFT AV PARTIKELACCELERATOR

UPPFINNINGENS BAKGRUND

Utföringsformer av den här beskrivna uppfinningen hänför sig generellt till partikelacceleratorer, närmare bestämt till partikelacceleratorer som har rörliga mekaniska anordningar belägna inne i accelerationskammarna.

Partikelacceleratorer, t.ex. cyklotroner, kan ha en rad olika användningsområden inom industri, medicin och forskning. Partikelacceleratorer kan exempelvis användas för att producera radioisotoper (även kallade radionuklider), som kan användas inom medicinsk terapi, avbildning och forskning liksom för andra användningsområden som inte är medicinskt relaterade. System som producerar radioisotoper innefattar vanligen en cyklotron som har ett magnetok som omger en accelerationskammare. Cyklotronen kan innefatta motsatta poltoppar som är anordnade på avstånd från varandra. Elektriska fält och magnetfält kan genereras inne i accelerationskammaren för att accelerera och leda laddade partiklar längs en spiralliknande bana mellan polerna. För att producera radioisotoperna bildar cyklotronen en partikelstråle av de laddade partiklarna och riktar partikelstrålen ut ur accelerationskammaren och mot ett målsystem med ett målmaterial. I vissa fall kan målsystemet vara beläget i accelerationskammaren. Partikelstrålen träffar målaterialet som därigenom genererar radioisotoper.

Det kan vara önskvärt att använda olika mekaniska anordningar i accelerationskammaren under drift av en partikelaccelerator. Det kan exempelvis vara önskvärt att förflytta en foliehållare som håller en folie som strippar elektroner från laddade partiklar. Det kan också vara önskvärt att förflytta en diagnostikprob för att testa partikelstrålen längs olika delar av den önskade vägen. Dessa och andra mekaniska anordningar måste emellertid kunna användas i miljön i accelerationskammaren. Under drift av partikelacceleratorn kan accelerationskammaren vara evakuerad och ett starkt magnetfält kan existera däri. I vissa fall kan magnetiska komponenter störa det magnetfält som används för att rikta de laddade partiklarna. Vidare kan en stor strålningsmängd existera längs de inre ytorna som avgränsar accelerationskammaren. Förutom de ovan nämnda problemen beträffande miljön kan mekaniska anordningar inne i accelerationskammaren kräva mycket plats och vara svåra att driva eller kan sakna hög precisionsnivå. De mekaniska anordningarna i

accelerationskammaren kan dessutom vara mekaniskt kopplade till elektromagnetiska manöverdon/motorer utanför vakuumkammaren. Dessa motorer kan inte drivas effektivt i det starka magnetiska fältet i accelerationskammaren och kan också störa det väl avgränsade magnetfältet i kammaren. De elektromagnetiska motorerna vara sammankopplade med de mekaniska anordningarna i accelerationskammaren via mekaniska komponenter som går genom en vakuumgenomföring. De mekaniska komponenterna och vakuumgenomföringen ökar emellertid partikelacceleratorns komplexitet.

Det föreligger således ett behov av partikelacceleratorer som innefattar mekaniska anordningar i accelerationskammaren, som är mindre, kostar mindre och/eller är lättare att driva än kända mekaniska anordningar. Det finns också behov av partikelacceleratorer och förfaranden som minskar strålningsexponeringen för dem som driver eller underhåller partikelacceleratorerna. Det finns också ett generellt behov av alternativa anordningar som underlättar drift och/eller underhåll av partikelacceleratorer och/eller som inte är känsliga för strålningsexponering.

KORT BESKRIVNING AV UPPFINNINGEN

Enligt en utföringsform anordnas en partikelaccelerator som innefattar ett elektriskt-fältsystem och ett magnetfältsystem och som är konfigurerade för att rikta laddade partiklar längs en önskvärd väg i en accelerationskammare. Partikelacceleratorn innefattar också en mekanisk anordning som är belägen i accelerationskammaren. Den mekaniska anordningen är konfigurerad för att selektivt förflyttas till olika lägen i accelerationskammaren. Partikelacceleratorn innefattar också en elektromekanisk (EM) motor som har en anslutningskomponent och piezoelektriska element som är funktionsmässigt kopplade till den mekaniska anordningen. Anslutningskomponenten är funktionsmässigt monterad på den mekaniska anordningen. EM-motorn driver anslutningskomponenten när de piezoelektriska elementen är aktiverade.

Enligt en annan utföringsform anordnas ett förfarande för att driva en partikelaccelerator som innefattar en accelerationskammare. Förfarandet innefattar anordnande av en partikelstråle av laddade partiklar i accelerationskammaren. Partikelstrålen riktas av partikelacceleratorn längs en önskvärd väg. Förfarandet innefattar också selektiv förflyttning av en mekanisk anordning inne i accelerationskammaren. Den mekaniska anordningen förflyttas av en elektromekanisk (EM) motor som innefattar en anslutningskomponent och piezoelektriska element som är

funktionsmässigt kopplade till anslutningskomponenten. Anslutningskomponenten är funktionsmässigt monterad på den mekaniska anordningen. EM-motorn driver anslutningskomponenten när de piezoelektriska elementen är aktiverade.

Enligt en annan utföringsform anordnas ett förfarande för att framställa en partikelaccelerator som innefattar en accelerationskammare. Partikelacceleratorn innefattar ett system för elektriskt fält och ett system för magnetfält som är konfigurerade för att rikta laddade partiklar längs en önskvärd väg i accelerationskammaren. Förfarandet innefattar också placering av en mekanisk anordning inuti accelerationskammaren. Den mekaniska anordningen är konfigurerad för att selektivt förflyttas till olika lägen i accelerationskammaren. Förfarandet innefattar också funktionsmässig koppling av en elektromekanisk (EM) motor till den mekaniska anordning. EM-motorn har en anslutningskomponent och piezoelektriska element som är funktionsmässigt kopplade till anslutningskomponenten. Anslutningskomponenten är funktionsmässigt monterad på den mekaniska anordningen, där EM-motorn är konfigurerad att driva anslutningskomponenten när de piezoelektriska elementen är aktiverade och därigenom förflyttar den mekaniska anordningen.

KORT BESKRIVNING AV RITNINGARNA

Figur 1 är ett blockdiagram av en partikelaccelerator enligt en utföringsform.

Figur 2 är en schematisk sidovy av en partikelaccelerator enligt en utföringsform.

Figur 3 är en vy i perspektiv av en del av en ok- och polsektion som kan användas med en partikelaccelerator enligt en utföringsform.

Figur 4 är en förstorad vy av ok- och polsektionen i figur 3 och åskådliggör en strippningsenhet mer utförligt.

Figur 5 är en förstorad vy av ok- och polsektionen i figur 3 och åskådliggör en diagnostikprob mer utförligt.

Figur 6 är en förstorad vy av en ok- och polsektion och visar en RF-avstämninganordning enligt en utföringsform.

Figur 7 är en sprängvy av en elektromekanisk (EM) motor som kan användas i en olika utföringsformer.

Figur 8 är en vy i perspektiv av EM-motorn i figur 7.

Figur 9 åskådliggör rörelse hos ett piezoelektriskt element.

Figur 10 är en illustrativ vy av ett manöverdon som kan användas i olika utföringsformer.

DETALJERAD BESKRIVNING AV UPPFINNINGEN

Ett element eller steg som beskrivs i singularis i denna beskrivning och som föregås av ordet "en" eller "ett" ska förstås som att även innefatta pluralis av nämnda element eller steg, såvida detta inte är uttryckligen uteslutet. Vidare ska hänvisningar till "en utföringsform" inte tolkas som att förekomst av ytterligare utföringsformer där de angivna utarbetade dragen också finns inarbetade är uteslutna. Vidare, såvida motsatsen inte uttryckligen anges, kan utföringsformer som "innefattar" eller "har" ett element eller ett flertal element med någon viss egenskap, innefatta ytterligare sådana element som inte har denna egenskap.

Figur 1 är ett blockdiagram av ett isotop-produktionssystem 100 som utformats enligt en utföringsform. Systemet 100 innefattar en partikelaccelerator 102 som har flera undersystem som innefattar ett jonkällesystem 104, ett elektriskt fältsystem 106, ett magnetfältsystem 108 och ett vakuumssystem 110. Partikelacceleratorn 102 kan exempelvis vara en cyklotron eller mer specifikt en isokron cyklotron. Partikelacceleratorn 102 kan innefatta en accelerationskammare 103. Accelerationskammaren 103 kan avgränsas av en kåpa eller andra delar av partikelacceleratorn och har ett evakuerat tillstånd. I den partikelaccelerator som visas i figur 1 är åtminstone delar av undersystemen 104, 106, 108 och 110 belägna inne i accelerationskammaren 103. Under användning av partikelacceleratorn 102, placeras eller insprutas laddade partiklar i accelerationskammaren 103 för partikelacceleratorn 102 via jonkällesystemet 104. Magnetfältsystemet 108 och det elektriska fältsystemet 106 genererar respektive fält som samverkar för att framställa en partikelstråle 112 av de laddade partiklarna. De laddade partiklarna accelereras och leds i accelerationskammaren 103 längs en i förväg fastställd eller önskad väg. Under drift av partikelacceleratorn 102 kan accelerationskammaren 103 föreligga i ett vakuumtillstånd (eller evakuerat tillstånd) och utsättas för ett stort magnetiskt flöde. En genomsnittlig magnetfältstyrka mellan poltopparna i accelerationskammaren 103 kan vara åtminstone 1 Tesla. Innan partikelstrålen 112 skapas, kan trycket i accelerationskammaren 103 vara ca 1×10^{-7} millibar. Efter att partikelstrålen 112 skapats, kan trycket i accelerationskammaren 103 vara ca 2×10^{-5} millibar.

Som också framgår av figur 1, har systemet 100 ett extraheringssystem 115 och ett målsystem 114 som innefattar ett målmaterial 116. I den illustrerade utföringsformen är målsystemet 114 placerat intill partikelacceleratorn 102. För att generera isotoper riktas partikelstrålen 112 av partikelacceleratorn 102 genom extraheringssystemet 115 längs en stråltransportväg eller strålpassage 117 och in i målsystemet 114 så att partikelstrålen 112 träffar målmaterialiet 116 som är beläget vid en motsvarande målposition 120. När målmaterialiet 116 bestrålas med partikelstrålen 112, kan strålning från neutroner och gammastrålar genereras. Enligt alternativa utföringsformer kan systemet 100 ha ett målsystem som är beläget inne i eller som är direkt fäst vid acceleratorkammaren 103.

Systemet 100 kan ha multipla målpositioner 120A-C där separata målmaterial 116A-C är placerade. En växlingsanordning eller -system (ej visat) kan användas för att flytta om målpositionerna 120A-C i förhållande till partikelstrålen 112 så att partikelstrålen 112 träffar ett annat målmaterial 116. Ett vakuum kan också upprätthållas under växlingsförfarandet. Alternativt riktar partikelacceleratorn 102 och extraheringssystemet 115 partikelstrålen 112 inte bara längs en väg, utan riktar partikelstrålen 112 längs en unik väg för varje specifik målposition 120A-C. Strålpassagen 117 vara väsentligen linjär från partikelacceleratorn 102 till målpositionen 120 eller också kan strålpassagen 117 avböja eller vända vid en eller flera punkter längs vägen. Exempelvis magneter som är placerade längs strålpassagen 117 kan vara konfigurerade för att rikta om partikelstrålen 112 längs en annan väg.

Systemet 100 är konfigurerat för att producera radioisotoper (även kallade radionuklider) som kan användas för medicinsk avbildning, forskning och terapi, men också för andra användningsområden som inte är medicinskt relaterade, t.ex. vetenskaplig forskning eller analys. När radioisotoperna används för medicinska ändamål, t.ex. inom nukleärmedicinsk (NM) avbildning eller positronemissionstomografisk (PET) avbildning, kan radioisotoperna också kallas spårnuklider. Systemet 100 kan exempelvis generera protoner för att framställa ^{18}F -isotoper i flytande form, ^{11}C -isotoper i form av CO_2 - och ^{13}N -isotoper i form av NH_3 . Det målmaterial 116 som används för att framställa dessa isotoper kan vara anrikat ^{18}O -vatten, naturlig $^{14}\text{N}_2$ -gas, ^{16}O -vatten. Systemet 100 kan också generera protoner eller deutroner för att framställa ^{15}O -gaser (syre, koldioxid och kolmonoxid) och ^{15}O -märkt vatten.

I speciella utföringsformer av systemet 100 används ^1H -teknik, varvid de laddade partiklarna bromsas till låg energi (t.ex. ca 9,6 MeV) med en strålström på ca 10-30 μA . Enligt sådana utföringsformer bringas de negativa vätejonerna att accelerera och leds genom

partikelacceleratorn 102 och in i extraheringssystemet 115. De negativa vätejonerna kan då slå emot en strippningsfolie (ej visad i figur 1) i extraheringssystemet 115 för att därigenom avlägsna elektronparet och göra partikeln till en positiv jon, $^1\text{H}^+$. De här beskrivna utföringsformerna kan emellertid också tillämpas på andra typer av partikelacceleratorer och cyklotroner. Enligt alternativa utföringsformer kan de laddade partiklarna exempelvis vara positiva joner, såsom $^1\text{H}^+$, $^2\text{H}^+$ och $^3\text{He}^+$. Enligt sådana alternativa utföringsformer kan extraheringssystemet 115 innefatta en elektrostatiske deflektor som skapar ett elektriskt fält som leder partikelstrålen mot målmaterialet 116. Enligt andra utföringsformer kan strålströmmen dessutom vara upp till exempelvis ca 200 μA . Strålströmmen skulle alltså kunna vara på upp till 2000 μA eller mer.

Systemet 100 kan innefatta ett kylsystem 122 som transporterar en kylvätska eller arbetsvätska till olika komponenter i de olika systemen för att absorbera värme som genereras av de respektive komponenterna. Systemet 100 kan också innefatta ett styrsystem 118 som kan användas av en tekniker för att styra driften av de olika systemen och komponenterna. Styrsystemet 118 kan innefatta ett eller flera användargränssnitt som är belägna intill eller på avstånd från partikelacceleratorn 102 och målsystemet 114. Även om det inte visas i figur 1, kan systemet 100 också innefatta en eller flera strålnings- och/eller magnetskärmar för partikelacceleratorn 102 och målsystemet 114.

Systemet 100 kan också vara konfigurerat för att accelerera de laddade partiklarna till en i förväg fastställd energinivå. Några utföringsformer som beskrivs här accelererar exempelvis de laddade partiklarna till en energi på ca 18 MeV eller lägre. Enligt andra utföringsformer accelererar systemet 100 de laddade partiklarna till en energi på ca 16,5 MeV eller lägre. Enligt speciella utföringsformer accelererar systemet 100 de laddade partiklarna till en energi på ca 9,6 MeV eller lägre. Enligt mer speciella utföringsformer accelererar systemet 100 de laddade partiklarna till en energi på ca 7,8 MeV eller lägre. Utföringsformer som beskrivs här kan emellertid också ha en energi som är högre än 18 MeV. Utföringsformer kan exempelvis ha en energi som är högre än 100 MeV, 500 MeV eller mer.

Såsom kommer att behandlas mer utförligt längre fram kan systemet 100 innefatta olika mekaniska anordningar som är konfigurerade för att fungera inuti partikelacceleratorn 102. Enligt vissa utföringsformer kan de mekaniska anordningarna fungera effektivt inne i accelerationskammaren 103, t.ex. när partikelstrålen 112 produceras. De mekaniska anordningarna vara konfigurerade för att fungera effektivt i en miljö som föreligger i vakuum,

som är utsatt för stora magnetflödesfält, högfrekventa fält och högspänningsfält och/eller har en stor andel icke önskvärd strålning. Enligt andra utföringsformer kan de här beskrivna mekaniska anordningarna vara konfigurerade för att fungera i målsystemet 114.

Figur 2 är en schematisk sidovy av en cyklotron 200 som konstruerats enligt en utföringsform. Även om följande beskrivning avser cyklotronen 200, är det tydligt att utföringsformer kan innefatta andra partikelacceleratorer och förfaranden där dessa är inbegripna. Såsom framgår av figur 2, innefattar cyklotronen 200 ett magnetok 202 som har en okhuvuddel 204 som omger en accelerationskammare 206. Enligt alternativa utföringsformer kan accelerationskammaren vara omgiven eller avgränsad av andra komponenter än ett magnetok, t.ex. en kåpa eller en skärm. Okhuvuddelen 204 har motsatta sidytor 208 och 210 med en tjocklek T_1 som sträcker sig däremellan och har också topp- och bottenändar 212 och 214 och ett avstånd L som sträcker sig däremellan. Enligt den som exempel angivna utföringsformen har okhuvuddelen 204 en väsentligen cirkelformig tvärsnitt varvid avståndet L kan beteckna en diameter för okhuvuddelen 204. Okhuvuddelen 204 kan vara tillverkad av järn och vara dimensionerad och formad för att producera ett önskvärt magnetfält när cyklotronen 200 är i drift.

Okhuvuddelen 204 kan ha motsatta okdelar 228 och 230 som mellan sig avgränsar accelerationskammaren 206. Okdelarna 228 och 230 är konfigurerade för att placeras intill varandra längs ett mittplan 232 för magnetoket 202. Såsom framgår kan cyklotronen 200 vara orienterad vertikalt (i förhållande till tyngdkraften) så att mittplanet 232 sträcker sig vinkelrätt mot en horisontell plattform 220 som bär vikten för cyklotronen 200. Cyklotronen 200 har en central axel 236 som sträcker sig horisontellt mellan och genom okdelarna 228 och 230 (och motsvarande sidytor 210 resp. 208). Den centrala axeln 236 sträcker sig vinkelrätt mot mittplanet 232 genom ett centrum för okunderdelen 204. Accelerationskammaren 206 har en central region 238 belägen vid en skärningspunkt mellan mittplanet 232 och den centrala axeln 236. Enligt vissa utföringsformer ligger den centrala regionen 238 vid det geometriska centrum för accelerationskammaren 206.

Okdelarna 228 och 230 innefattar poler 248 resp. 250, som ligger mittemot varandra över mittplanet 232 i accelerationskammaren 206. Polerna 248 och 250 kan vara åtskilda från varandra genom ett polgap G . Polen 248 innefattar en poltopp 252 och polen 250 innefattar en poltopp 254 som ligger mittemot poltoppen 252. Polerna 248 och 250 och polgapet G

däremellan är dimensionerade och formade för att producera ett önskat magnetfält när cyklotronen 200 är i drift. Enligt vissa utföringsformer kan polgapet G vara exempelvis 3 cm.

Cyklotronen 200 innefattar också en magnetenhet 260 som är belägen i eller intill accelerationskammaren 206. Magnetenhetsen 260 är konfigurerad för att underlätta framställning av magnetfältet med polerna 248 och 250 för att styra laddade partiklar längs en önskad strålningsväg. Magnetenhetsen 260 innefattar ett motsatt par magnetpoler 264 och 266 som är anordnade på avstånd från varandra över mittplanet 232 på avståndet D_1 . Magnetpolerna kan vara väsentligen cirkelformiga och sträcka sig kring den centrala axeln 236. Okdelarna 228 och 230 kan bilda magnetpolekaviteter 268 resp. 270, som är dimensionerade och formade för att ta emot de motsvarande magnetpolerna 264 resp. 266. Såsom också framgår av figur 2, kan cyklotronen 200 innefatta kammarväggar 272 och 274 som separerar magnetpolerna 264 och 266 från accelerationskammaren 206 och hjälper till att hålla magnetpolerna 264 och 266 i rätt läge.

Accelerationskammaren 206 är konfigurerad så att laddade partiklar, t.ex. $^1\text{H}^-$ -joner ska kunna accelereras i kammaren längs en i förväg fastställd krökt väg som på ett spiralliknande sätt lindas kring den centrala axeln 236 och hålls väsentligen längs mittplanet 232. De laddade partiklarna är initialt placerade intill den centrala regionen 238. När cyklotronen 200 aktiveras kan vägen för de laddade partiklarna gå i en bana kring den centrala axeln 236. Enligt den illustrerade utföringsformen är cyklotronen 200 en isokron cyklotron vari banan för de laddade partiklarna har delar som avböjs kring den centrala axeln 236 och delar som är relativt linjära. De utföringsformer som beskrivs här är emellertid inte begränsade till isokrona cyklotroner utan innefattar också andra typer av cyklotroner och partikelacceleratorer. Såsom framgår av figur 2, när de laddade partiklarna går i en bana kring den centrala axeln 236, kan de laddade partiklarna projiceras ut ur sidan för accelerationskammaren 206 och in i sidan för accelerationskammaren 206. När de laddade partiklarna går i en bana kring den centrala axeln 236, ökar radien R som sträcker sig mellan de laddade partiklarnas bana och den centrala regionen 238. När de laddade partiklarna når ett i förväg fastställt läge längs banan, riktas de laddade partiklarna in i eller genom ett extraheringssystem (ej visat) och ut ur cyklotronen 200. De laddade partiklarna kan exempelvis strippas på sina elektroner med hjälp av en folie, såsom kommer att behandlas längre fram.

Accelerationskammaren 206 kan föreligga i evakuerat tillstånd före och under bildande av partikelstrålen 112. Innan partikelstrålen skapas, kan trycket i accelerationskammaren 206 vara exempelvis ca 1×10^{-7} millibar. När partikelstrålen är aktiverad och H₂-gas strömmar genom en jonkälla (ej visad) som är belägen vid den centrala regionen 238, kan trycket i accelerationskammaren 206 vara ca 2×10^{-5} millibar. Cyklotronen 200 kan innefatta en vakuumpump 276 som kan föreligga intill mittplanet 232. Vakuumpumpen 276 kan innefatta en del som är radiellt utskjutande från änden 214 för okhuvuddelen 204.

Enligt vissa utföringsformer kan okdelarna 228 och 230 förflyttas mot och bort från varandra för att ge tillgång till accelerationskammaren 206 (t.ex. för reparation eller underhåll). Exempelvis kan okdelarna 228 och 230 vara förenade via en led (ej visad) som sträcker sig längs okdelarna 228 och 230. Den ena eller båda okdelarna 228 och 230 kan öppnas genom svängning av motsvarande okdel(ar) kring ledens axeln. Alternativt kan okdelarna 228 och 230 separeras från varandra genom förflyttning av den ena okdelen rakt åt sidan från den andra. Enligt alternativa utföringsformer kan okdelarna 228 och 230 vara odelat utformade eller förbli förseglade mot varandra när accelerationskammaren 206 görs tillgänglig (t.ex. genom ett hål eller öppning i magnetoket 202 som leder in i accelerationskammaren 206). Enligt alternativa utföringsformer kan okhuvuddelen 204 innefatta delar som inte är jämnt indelade och/eller kan innefatta mer än två delar.

Accelerationskammaren 206 kan ha en form som sträcker sig längs och är väsentligen symmetrisk kring mittplanet 232. Accelerationskammaren 206 kan exempelvis vara väsentligen skivformig och innefatta ett inre utrymme 241 som definieras mellan poltopparna 252 och 254 och ett yttre utrymme 243 som definieras mellan kammarväggarna 272 och 274. Partiklarnas bana när cyklotronen 200 är i drift kan ligga i utrymmet 241. Accelerationskammaren 206 kan också innefatta passager som leder radiellt utåt och bort från utrymmet 243, t.ex. en passage som sträcker sig genom okhuvuddelen 204 till ett målsystem.

Vidare kan polerna 248 och 250 (eller mer specifikt poltopparna 252 och 254) separeras av utrymmet 241 däremellan, där de laddade partiklarna riktas längs den önskvärda vägen. Magnetpolarna 264 och 266 kan också separeras av utrymmet 243. Närmare bestämt kan kammarväggarna 272 och 274 mellan sig innefatta utrymmet 243. Vidare kan periferin för utrymmet 243 avgränsas av en väggyta 255 som definierar en periferi för accelerationskammaren 206. Väggytan 255 kan sträcka sig i omkretsled kring den centrala axeln 236. Såsom framgår har utrymmet 241 en utsträckning som är lika med en polspält G

längs den centrala axeln 236 och utrymmet 243 har en utsträckning som är lik med sträckan D_1 längs den centrala axeln 236.

Såsom framgår av figur 2, omger utrymmet 243 utrymmet 241 kring den centrala axeln 236. Rummen 241 och 243 kan tillsammans bilda accelerationskammaren 206. Enligt den åskådliggjorda utföringsformen innefattar cyklotronen 200 således inte någon separat behållare eller vägg som endast omger utrymmet 241 och därigenom avgränsar utrymmet 241 som accelerationskammare för cyklotronen. Exempelvis kan vakuumpumpen 276 vara flödesmässigt kopplad till utrymmet 241 via utrymmet 243. Gas som kommer in i utrymmet 241 kan evakueras från utrymmet 241 via utrymmet 243. Enligt den åskådliggjorda utföringsformen är vakuumpumpen 276 flödesmässigt kopplad till och belägen angränsande till utrymmet 243.

Såsom också visas i figur 2, kan cyklotronen 200 innefatta en eller flera mekaniska anordningar 280-282 som är funktionsmässigt monterade på elektromekaniska (EM) motorer 290-292. Enligt vissa utföringsformer är de mekaniska anordningarna 280-282 konfigurerade för att förflyttas selektivt för att påverka funktionen hos cyklotronen 200 eller, mer specifikt, påverka partikelstrålen. De mekaniska anordningarna 280 och 281 kan exempelvis förflyttas selektivt så att de laddade partiklarna träffar den mekaniska anordningen. Den mekaniska anordningen 282 kan förflyttas selektivt för att påverka den önskvärda vägen för partikelstrålen. De mekaniska anordningarna 280 och 281 kan dessutom sträcka sig in i accelerationskammarens 206 utrymme 241 mellan poltopparna 252 och 254. Den mekaniska anordningen 282 kan vara belägen i accelerationskammarens 206 utrymme 243.

EM-motorerna 290-292 är funktionsmässigt monterade på de respektive mekaniska anordningarna 280-282. När två element eller enheter här beskrivs som "funktionsmässigt monterade", "funktionsmässigt kopplade", "funktionsmässigt anslutna" och liknande, innebär detta att de två elementen eller enheterna är anslutna till varandra på ett sätt som gör att de två elementen eller enheterna kan fylla en önskvärd funktion. Exempelvis är EM-motorerna 290-292 monterade på respektive mekaniska anordningar 280-282 på ett sådant sätt att de respektive EM-motorerna selektivt kan förflytta en respektive mekanisk anordning. Vid funktionsmässig koppling (eller liknande) kan EM-motorn och motsvarande mekaniska anordning vara direkt anslutna till varandra utan några mellanliggande delar eller komponenter eller också kan de vara indirekt anslutna till varandra. I båda fallen kommer en rörelse hos EM-motorn att orsaka en förflyttning av den mekaniska anordningen.

Enligt speciella utföringsformer är EM-motorerna 290-292 monterade vid någon av poltopparna 252 eller 254 eller är placerade intill någon av poltopparna 252 eller 254. Såsom framgår av figur 2 är EM-motorn 292 är placerad direkt angränsande till poltoppen 252. EM-motorerna 290 och 291 är exempelvis monterade vid poltopparna 252 resp. 254. EM-motorn 292 kan vara monterad på kammarväggen 272. Enligt andra utföringsformer är EM-motorerna inte monterade vid eller placerade intill poltopparna 252 eller 254.

EM-motorerna 290-292 kan innefatta var sin anslutningskomponent 293-295, som är funktionsmässigt monterad på den respektive mekaniska anordningen 280-282. Anslutningskomponenten kan vara vilken som helst slags fysisk del, t.ex. en stav, axel, bygel, fjäder, kåpa på EM-motorn eller liknande. EM-motorerna 290-292 kan också innefatta piezoelektriska element (ej visade) som är funktionsmässigt kopplade till motsvarande anslutningskomponent. De piezoelektriska elementen kan aktiveras för att förflytta anslutningskomponenten och därigenom förflytta den motsvarande mekaniska anordningen. Aktiveringen kan åstadkommas genom applicering av en spänning eller elektriskt fält på de piezoelektriska elementen eller genom att orsaka töjning av de piezoelektriska elementen. Den därav följande rörelsen hos anslutningskomponenten kan exempelvis ha linjär riktning eller roterande riktning. Enligt vissa utföringsformer är EM-motorerna 290-292 piezoelektriska motorer eller ultraljudsmotorer.

Figur 3 är en delvy i perspektiv av en okdel 330 enligt en utföringsform. Okdelen 330 kan föreligga mittemot en annan okdel (ej visad). När den motsatta okdelen och okdelen 330 är förseglade vid varandra kan en accelerationskammare bildas däremellan. När de båda okdelarna är förseglade kan de utgöra magnetoket i en cyklotron, t.ex. magnetoket 202 i den cyklotron 200 som beskrivits tidigare. Okdelen 330 kan ha liknande komponenter och utarbetade drag som beskrivits med hänvisning till okdelarna 228 och 230 (figur 2). Såsom visas innefattar okdelen 330 en ringdel 321 som definierar en kavitet 320 med öppen sida och med en magnetpol 350 placerad däri. Kaviteten 320 med öppen sida kan innefatta delar av inre och yttre utrymmen (ej visade) i accelerationskammaren, t.ex. de inre och yttre utrymmena 241 och 243 som beskrivits ovan. Ringdelen 321 kan innefatta en passningsyta 324 som är konfigurerad för att ingripa i en passningsyta hos den motsatta okdelen under användning av cyklotronen. Okdelen 330 innefattar en ok- eller strålpassage 349. Såsom anges med streckade linjer, går strålpassagen 349 genom ringdelen 321 och åstadkommer en väg längs vilken en partikelstråle med strippade partiklar kan lämna accelerationskammaren.

Enligt vissa utföringsformer kan en poltopp 354 för polen 350 innefatta förhöjningar 331-334 och försänkningar 336-339. Förhöjningarna 331-334 och försänkningarna 336-339 kan underlägga riktande av de laddade partiklarna genom att man varierar det magnetfält som de laddade partiklarna utsätts för. Okdelen 330 kan också innefatta radiofrekvenselektroder (RF-elektroder) 340 och 342 som sträcker sig radiellt inåt mot varandra och mot ett centrum 344 för polen 350 (eller accelerationskammaren). RF-elektroderna 340 och 342 kan innefatta ihåliga D- 341 resp. 343, som sträcker sig från byglarna 345 resp. 347. D-elektroderna 341 och 343 är placerade i försänkningarna 336 resp. 338. Byglarna 345 och 347 kan vara kopplade till en inre väggyta 322 för ringdelen 321.

Såsom visas kan okdelen 330 också innefatta uppfångningspaneler 371 och 372 anordnade kring polen 350. Uppfångningspanelerna 371 och 372 är placerade för att fänga upp vilsekomna partiklar i accelerationskammaren. Uppfångningspanelerna 371 och 372 kan vara av aluminium. Även om bara två uppfångningspaneler 371 och 372 visas i figur 3, kan utföringsformer som beskrivs här innefatta ytterligare uppfångningspaneler. De utföringsformer som beskrivs här kan vidare innefatta strålskrapor (ej visade) som är belägna intill poltoppen 354 i det inre utrymmet.

RF-elektroderna 340 och 342 kan bilda ett RF-elektrodsystem 370, t.ex. det elektriska fältsystemet 106 som beskrivs med hänvisning till figur 1, i vilket RF-elektroderna 340 och 342 accelererar de laddade partiklarna i accelerationskammaren. RF-elektroderna 340 och 342 samverkar med varandra och bildar ett resonanssystem som innefattar induktiva och kapacitiva element avstämda till en i förväg fastställd frekvens (t.ex. 100 MHz). RF-elektrodsystemet 370 kan ha en högfrekvent effektgenerator (ej visad) som kan innefatta en frekvensoscillator i förbindelse med en eller flera förstärkare. RF-elektrodsystemet 370 skapar en elektrisk växelspanning mellan RF-elektroderna 340 och 342 och accelererar därigenom de laddade partiklarna.

Såsom också framgår av figur 3 kan ett flertal rörliga mekaniska anordningar vara anordnade i accelerationskammaren. Exempelvis kan en strippningsenhet 402 vara monterad vid polen 350 och en diagnostikprob 440 kan också vara monterad vid polen 350. Förutom strippnings- och prob-enheterna 402 och 440, kan de beskrivna utföringsformerna innefatta andra rörliga mekaniska anordningar i accelerationskammaren. De rörliga mekaniska anordningarna kan vara konfigurerade för att förflyttas under pågående drift av cyklotronen och/eller när magnetoket är förseglat. Närmare bestämt kan de mekaniska anordningarna vara

konfigurerade för återkommande rörelser (t.ex. förflyttas fram och tillbaka mellan olika positioner) medan de befinner sig i ett vakuumtillstånd och medan de utsätts för ett stort magnetiskt flöde.

Figur 4 är en förstorad vy av en del av okdelen 330 och åskådliggör mer utförligt strippningsenheten 402. Såsom framgår innefattar strippningsenheten 402 en vridbar arm 406 och en foliehållare 404 som är monterad på den vridbara armen 406. Den vridbara armen 406 sträcker sig från en proximal ände 408 som är belägen nära en yttre periferi 411 för poltoppen 354 (figur 3) mot mitten 344 (figur 3). Den vridbara armen 406 kan sträcka sig till en distal ände 410 (som visas i figur 3). Enligt vissa utföringsformer är den vridbara armen 406 konfigurerad för att kunna rotera kring den distala änden 410.

Foliehållaren 404 är konfigurerad för att placeras nära den yttre periferin 411. Enligt utföringsformen i exemplet är foliehållaren 404 fastsatt nära den proximala änden 408 för den vridbara armen 406. Foliehållaren 404 är konfigurerad för att hålla en strippningsfolie 412 så att strippningsfolien 412 placeras i den önskvärda vägen för partikelstrålen. Såsom visas kan foliehållaren 404 vara löstagbart sammankopplad med den roterbara armen 406, exempelvis med användning av en fästianordning 414. Fästianordningen 414 kan lossas för att korrigera foliehållaren 404 i förhållande till den vridbara armen 406 om så önskas. Foliehållaren 404 kan vidare innefatta en låsningsmekanism 416 med mot varandra riktade fingrar som är hålls fast mot varandra med användning av exempelvis en fästianordning 418. För att ta bort eller byta strippningsfolien 412, kan fästianordningen 418 lossas för att skilja fingrarna åt.

Såsom också framgår av figur 4, kan strippningsenheten 402 vara funktionsmässigt kopplad till en elektromekanisk (EM) motor 420. EM-motorn 420 kan vara kommunikativt kopplad till ett styrsystem (ej visat) via en kabel eller via ledningar 422. EM-motorn 420 kan innefatta ett manöverdon 424 och en anslutningskomponent 426 som är rörligt sammankopplad med manöverdonet 424. Anslutningskomponenten är funktionsmässigt monterad på strippningsenheten 402 (eller foliehållaren 404). Anslutningskomponenten 426 kan exempelvis vara monterad på den proximala änden 408 för den vridbara armen 406. Manöverdonet 424 kan innefatta ett flertal piezoelektriska element som är funktionsmässigt kopplade till anslutningskomponenten 426. EM-motorn 420 är konfigurerad för att driva anslutningskomponenten 426 när ett elektriskt fält appliceras på de piezoelektriska elementen och därigenom förflyttar den vridbara armen 406 och följaktligen foliehållaren 404 och

strippningsfolien 412. Anslutningskomponenten 426 kan förflyttas selektivt till olika lägen med hjälp av EM-motorn 420.

I den åskådliggjorda utföringsformen är EM-motorn 420 en linjär piezoelektrisk motor. EM-motorn 420 kan innefatta icke-magnetiskt material eller mer specifikt väsentligen bestå av icke-magnetiskt material. När EM-motorn väsentligen består av icke-magnetiskt material, har EM-motorn på sin höjd en försumbar effekt på det arbetande magnetfältet i accelerationskammaren. En EM-motor som väsentligen består av ett icke-magnetiskt material kan installeras i exempelvis en befintlig partikelaccelerator utan omkonfigurering av magnetfältssystemet med hänsyn till EM-motorn. Anslutningskomponenten 426 innefattar en stav eller en skena som via manöverdonet 424 förflyttas fram och tillbaka i linjär riktning såsom anges av dubbelriktade pilen. När anslutningskomponenten 426 förflyttas i en första riktning, kan den vridbara armen 406 vridas medurs kring den distala änden 410. När anslutningskomponenten 426 förflyttas i en motsatt andra riktning kan den vridbara armen 406 vridas moturs kring den distala änden 410. EM-motorn 420 och strippningsenheten 402 kan således samverka med varandra för att placera strippningsfolien 412 i den väg som är önskvärd för partikelstrålen. När de laddade partiklarna i partikelstrålen träffar strippningsfolien 412, kan elektronerna avlägsnas (eller strippas) från de laddade partiklarna. De strippade partiklarna kan sedan följa den önskvärda vägen genom strålpassagen 349 (figur 3).

Enligt alternativa utföringsformer kan strippningsenheten 402 innefatta andra delar eller komponenter som samverkar med varandra för att placera strippningsfolien 412. Enligt en alternativ utföringsform kan strippningsenheten 402 inte vridas kring den distala änden 410 utan istället vara konfigurerad för att vridas kring en axel som sträcker sig genom fästanordningen 414. En mängd olika sammankopplade mekaniska komponenter och delar kan således användas för att selektivt förflytta strippningsfolien. Strippningsenheten 402 och/eller EM-motorn 420 kan exempelvis innefatta länksystem, kugghjul, band, kammekanismer, spår, ramper, och förbindningar och kan vara konfigurerade för att selektivt förflytta strippningsfolien 412. På samma sätt kan alternativa EM-motorer användas för att förflytta folien 404. Exempelvis kan en linjär EM-motor direkt hålla strippningsfolien och vara konfigurerad för att flytta strippningsfolien 412 fram och tillbaka från exempelvis centrum 344. Enligt andra utföringsformer kan EM-motorn vara konfigurerad för att vridas kring en axel i stället för att åstadkomma en linjär förflyttning. Strippningsenheten 402 kan också innefatta eller väsentligen bestå av icke-magnetiskt material.

Figur 5 är en förstordad vy av en del av okdelen 330 och åskådliggör mer utförligt probenheten 440. Enligt den åskådliggjorda utföringsformen är probenheten 440 monterad vid poltoppen 354 och är placerad i försänkningen 337. Probenheten 440 innefattar ett basstöd 442 som är fäst intill den yttre periferin 411 och vid en skaftdel 444 som är vridbart kopplad till basstödet 442. Skaftdelen 444 sträcker sig radiellt inåt mot polens 350 centrum 344. Probenheten 440 innefattar också en stråldetektor 446 som är fäst vid en distal ände för skaftdelen 444. Enligt den illustrerade utföringsformen innefattar stråldetektorn 446 en flik eller en flagga 447. Probenheten 440 kan eventuellt innefatta ett distalt stöd 448 som är vridbart kopplat till skaftdelens 444 distala ände.

Såsom också visas i figur 5, kan probenheten 440 vara funktionsmässigt kopplad till en EM-motor 450. EM-motorn 450 och stråldetektorn 446 kan vara kommunikativt kopplade till ett styrsystem (ej visat) via en kabel eller ledningar 452. EM-motorn 450 kan innefatta ett manöverdon 454 och en anslutningskomponent 456 som är kopplad till manöverdonet 454. Anslutningskomponenten 456 är funktionsmässigt monterad på probenheten 440. Anslutningskomponenten 456 kan exempelvis vara fäst vid en proximal ände 458 för skaftdelen 444. Liksom EM-motorn 420 kan manöverdonet 454 innefatta ett flertal piezoelektriska element som är funktionsmässigt kopplade till anslutningskomponenten 456. EM-motorn 450 är konfigurerad för att driva anslutningskomponenten 456 när ett elektriskt fält är applicerat på de piezoelektriska elementen, och därigenom förflytta skaftdelen 444 och följaktligen stråldetektorn 446. Anslutningskomponenten 456 kan med hjälp av EM-motorn 450 förflyttas selektivt till olika positioner och därigenom selektivt förflytta skaftdelen 444.

I den åskådliggjorda utföringsformen är EM-motorn 450 en roterande piezoelektrisk motor. Enligt alternativa utföringsformer kan EM-motorn 450 vara en linjärmotor som är funktionsmässigt kopplad för att förflytta fliken 447 på lämpligt sätt. Enligt alternativa utföringsformer kan EM-motorn 450 innefatta en ultraljudsmotor. Enligt vissa utföringsformer kan EM-motorn 450 innefatta icke-magnetiskt material eller, närmare bestämt väsentligen bestå av icke-magnetiskt material. Såsom visas utgörs anslutningskomponenten 456 av en stav eller en skena som av manöverdonet 454 förflyttas fram och tillbaka i linjär riktning såsom anges av den dubbelriktade pilen. När anslutningskomponenten 456 förflyttas i en första riktning kan skaftdelen 444 förflytta stråldetektorn 446 in i den önskvärda vägen. När anslutningskomponenten 426 förflyttas i en

motsatt andra riktning kan skaftdelen 444 förflytta stråldetektorn 446 ut ur den önskvärda vägen. EM-motorn 450 och probenheten 440 kan således samverka med varandra för att placera stråldetektorn 446 i den önskvärda vägen så att laddade partiklar träffar stråldetektorn.

Probenheten 440 kan användas för att testa en egenskap eller ett tillstånd hos partikelstrålen vid olika punkter längs den önskade vägen. De mätningar som utförs vid en punkt hos den önskade vägen kan jämföras med mätningar som utförs vid andra punkter längs den önskade vägen. Mätningar som utförs av stråldetektorn 446 kan exempelvis användas för att bestämma förlusterna i partikelstrålen.

Figur 6 är en vy i perspektiv av den ihåliga D-elektroden (eller RF-resonatorn) 343 och en RF-anordning 460 som är funktionsmässigt kopplad till en EM-motor 462. Enligt den åskådliggjorda utföringsformen är RF-anordningen 460 monterad på EM-motorn 462 och är placerad intill en yttre periferi för den ihåliga D-elektroden 343. RF-anordningen 460 innefattar en kondensatorplatta 464 och en basförlängning 466 som är funktionsmässigt kopplad till EM-motorn 462. Kondensatorplattan 464 vetter väsentligen mot och är anordnad på avstånd från den ihåliga D-elektroden 343 genom en separationsavstånd SD. EM-motorn 462 är en roterande motor som är konfigurerad för att vrida RF-anordningen 460 kring en axel 470. När RF-anordningen 460 vrids kring axeln 470, förflyttas kondensatorplattan 464 till och från den ihåliga D-elektroden 343 för att ändra separationsavståndet SD. EM-motorn 462 kan således konfigureras för att selektivt förflytta kondensatorplattan 464 till och från den ihåliga D-elektroden 343 och därigenom ändra separationsavståndet SD. Genom förändring av separationsavståndet SD kan cyklotronens resonansfrekvens avstämmas för att påverka de laddade partiklarna i partikelstrålen.

Figurerna 7-10 åskådliggör mer utförligt EM-motorer som kan användas tillsammans med de utföringsformer som beskrivs här. De beskrivna EM-motorerna är emellertid bara exempel och andra EM-motorer kan också användas. Figurerna 7-9 åskådliggör mer utförligt en typ av linjär EM-motor 502, som kan likna den EM-motor 420 som visas i figur 4. EM-motors 420 och 502 kan vara exempelvis Piezo LEGS™-motorer som tillverkas av PiezoMotor®. Figur 7 är en sprängvy av EM-motorn 502 och figur 8 åskådliggör den monterade EM-motorn 502. Såsom framgår innefattar EM-motorn 502 sträckfjädrar 504, trissor 506, en hållare 507, en drivstav (eller anslutningskomponent) 508 och ett manöverdon 510. Manöverdonet 510 innefattar ett hus 511 i vilket ett flertal piezoelektriska element 512 (figur 7) är placerade. Drivstaven 508 är konfigurerad för att vara funktionsmässigt kopplad till manöverdonet 510

eller mer specifikt, de piezoelektriska elementen 512. Enligt den åskådliggjorda utföringsformen pressas drivstaven 508 mot de piezoelektriska elementen 512 med hjälp av trissorna 506 och sträckfjädrarna 504.

I figur 9 visas som exempel hur ett piezoelektriskt element 512 ändras i de olika stadierna A-D när det aktiverats via en applicerad spänning. När ett flertal piezoelektriska element 512 är anordnade i serie, t.ex. i EM-motorn 502, kan de piezoelektriska elementen 512 samverka för att förflytta drivstaven 508 i linjär riktning. Såsom visas innefattar det piezoelektriska elementet 512 en piezokeramisk bimorf 514 som består av två piezoelektriska skikt 516 och 518 med en mellanliggande elektrod och två externa elektroder (ej visade) separerade från varandra. En distal ände 520 för det piezoelektriska elementet 512 är konfigurerad för att funktionsmässigt ingripa i drivstaven 508. Varje skikt 516 eller 518 kan således aktiveras oberoende, via en applicerad spänning. Exempelvis, vid etapp A, är inget av skikten 516 eller 518 aktiverat och det piezoelektriska elementet 512 föreligger i sammandraget tillstånd. Vid etapp B aktiveras skiktet 518 vilket får skiktet 518 utvidgas. Eftersom skiktet 516 inte är aktiverat kommer det piezoelektriska elementet 512 att böjas eller luta i den ena riktningen. Vid etapp C är de båda skikten 516 och 518 aktiverade så att det piezoelektriska elementet 512 föreligger i utvidgat tillstånd. Vid etapp D, är skiktet 516 aktiverat så att skiktet 516 utvidgas. Eftersom skiktet 518 inte är aktiverat böjs det piezoelektriska elementet 512 i en riktning som är motsatt mot riktningen i etapp B. Genom applicering av en spänning på vart och ett av de piezoelektriska elementen i manöverdonet 510, kan de piezoelektriska elementen 512 fungera som fingrar eller ben som använder friktionskrafter för att förflytta drivstaven 508.

Figur 10 åskådliggör ett manöverdon 530 som innefattar en rotor 532 och en stator 534. Manöverdonet 530 kan byggas in i roterande EM-motorer, t.ex. EM-motorerna 450 och 462. Enligt speciella utföringsformer är manöverdonet 530 inbyggt i ultraljudsmotorer. Rotorn 532 kan vara funktionsmässigt kopplad till en drivaxel (ej visad) som i sin tur är funktionsmässigt kopplad till en mekanisk anordning. Såsom visas kan statorn 534 innefatta ett flertal piezoelektriska element 536 som är anordnade i serie och som bringas i kontakt med rotorn 532. En applicerad spänning kan skapa en vandrande våg TW längs ringen av piezoelektriska element 536 för att åstadkomma elliptisk rörelse. De aktiverade piezoelektriska elementen 536 kan ingripa i rotorn vid olika kontaktpunkter och bringa rotorn 532 att vridas kring en axel 540.

Enligt en utföringsform anordnas ett förfarande för att driva en partikelaccelerator som innefattar en accelerationskammare. Förfarandet kan också användas för att driva ett system för isotopproduktion, t.ex. systemet 100, eller en cyklotron, t.ex. cyklotronen 200. Förfarandet innefattar anordnande av en partikelstråle av laddade partiklar i accelerationskammaren. Partikelstrålen kan genereras på det sätt som behandlats tidigare, med användning av exempelvis elektriska fält och magnetfält för att rikta de laddade partiklarna längs en önskvärd väg.

Förfarandet kan också innefatta selektiv förflyttning av en mekanisk anordning i accelerationskammaren för att påverka partikelstrålen. Den mekaniska anordningen kan likna de mekaniska anordningarna 280-282, strippningsenheten 402, diagonistikprobenheten 440, eller RF-anordningen 460. Den mekaniska anordningen kan påverka partikelstrålen genom att, exempelvis, låta de laddade partiklar träffa den eller genom att påverka det elektriska fältet eller magnetfältet för att styra den önskvärda vägen. Enligt ett specifikt exempel kan en RF-anordning förflyttas i förhållande till en ihålig D-elektrod för att påverka resonansfrekvensen. Såsom beskrivits tidigare kan den mekaniska anordningen förflyttas med hjälp av en elektromekanisk (EM) motor som har en anslutningskomponent och piezoelektriska element som är funktionsmässigt kopplade till anslutningskomponenten. Anslutningskomponenten är funktionsmässigt monterad på den mekaniska anordningen och kan vara vilken som helst fysisk struktur som kan sättas i rörelse och manövreras för att styra rörelsen hos den mekaniska anordningen. När de piezoelektriska elementen aktiveras (t.ex. genom applicering av en spänning), kommer EM-motorn att driva anslutningskomponenten och därigenom förflytta den mekaniska anordningen.

Enligt speciella utföringsformer är de mekaniska anordningarna placerade mellan poltoppar för magnetoket som definierar ett inre utrymme eller är placerade intill polerna. Åtminstone en del av t.ex. en vridbar arm eller en skaftdel kan sträcka sig mellan poltopparna. Enligt vissa utföringsformer kan EM-motorerna också vara placerade mellan poltopparna eller intill polerna. Enligt några utföringsformer förflyttas de mekaniska anordningarna i förhållande till magnetoket eller, enligt vissa utföringsformer, poltopparna. De mekaniska anordningarna kan också vara placerade i någon av poltopparnas förhöjningar eller rännförsänkningar. Strippningsenheten 402 är exempelvis belägen längs förhöjningen 333 och probenheten 440 är belägen i försänkningen 337. Vidare kan EM-motorerna och de mekaniska anordningarna vara placerade eller anordnade på avstånd från en innerväggyta för magnetoket, t.ex. väggytan 322.

I vissa utföringsformer är partikelacceleratorerna och cyklotronerna dimensionerade, formade och konfigurerade för användning i sjukhus eller andra liknande miljöer för att producera radioisotoper för medicinsk avbildning. De utföringsformer som beskrivs här är emellertid inte avsedda att begränsas till att generera radioisotoper för medicinsk användning. Enligt de åskådliggjorda utföringsformerna är partikelacceleratorerna vertikalt orienterade isokrona cyklotroner. Alternativa utföringsformer kan emellertid innefatta andra typer av cyklotroner eller partikelacceleratorer och andra orienteringar (t.ex. horisontell orientering).

Det är tydligt att beskrivningen ovan är avsedd som illustration och inte som begränsning. Exempelvis kan de ovan beskrivna utföringsformerna (och/eller aspekter därav) användas i kombination med varandra. Dessutom kan många modifikationer göras för att anpassa en speciell situation eller ett speciellt material till vad som kan läras av uppfinningen utan att avvika från uppfinningens omfång. Även om de dimensioner och typer av material som beskrivits här avser att definiera parametrarna enligt uppfinningen är de på inget sätt begränsande och är exempel på utföringsformer. Många andra utföringsformer kommer att vara uppenbara för fackmannen vid genomläsning av denna beskrivning. Uppfinningens omfång bör därför fastställas med hänvisning till bifogade krav, tillsammans med den fulla omfattningen av likvärdiga utföringsformer som motsvarar sådana krav. I de bifogade kraven används uttrycken "innefattande" och "i vilken" som likvärdiga med de respektive uttrycken "innefattande" och "vari". I följande krav har uttrycken "första", "andra" och "tredje" osv. används endast såsom märkningar och avser inte att införa något numeriskt värde på de betecknade objekten. Begränsningarna för följande krav är inte skrivna i "medel-plus-funktions"-format och är inte avsedda att tolkas baserat på 35 U.S.C. § 112, sjätte stycket, såvida inte frasen "förfarande för" uttryckligen används i sådana kravbegränsningar följt av en redovisning av funktion i avsaknad av ytterligare struktur.

I denna beskrivning används exempel för att beskriva uppfinningen, innefattande bästa arbetssätt, men också för att möjliggöra för fackmannen att tillämpa uppfinningen, innefattande framställning och användning av anordningar eller system samt utförande av något av de ingående förfarandena. Det patenterbara omfånget för uppfinningen definieras av kraven och kan innefatta andra exempel som är uppenbara för fackmannen. Sådana andra exempel avser att falla inom omfånget för kraven om de har strukturella element som inte skiljer sig från den ordagranna formuleringen i kraven eller om de innefattar likvärdiga strukturella element med icke väsentliga skillnader från den ordagranna formuleringen i kraven.

PATENTKRAV

1. Partikelaccelerator (102) innefattande:

ett elektriskt fältssystem (106) och ett magnetfältssystem (108) konfigurerade för att rikta laddade partiklar längs en önskad väg i en accelerationskammare (206);

en mekanisk anordning (280, 282) placerad i accelerationskammaren, varvid den mekaniska anordningen är konfigurerad för att selektivt förflyttas till olika positioner i accelerationskammaren; och

en elektromekanisk (EM) motor (290, 292) innefattande en anslutningskomponent (456) och piezoelektriska element (512) som är funktionsmässigt kopplade till anslutningskomponenten, varvid anslutningskomponenten är funktionsmässigt fäst vid den mekaniska anordningen, varvid EM-motorn driver anslutningskomponenten när de piezoelektriska elementen är aktiverade och därigenom förflyttar den mekaniska anordningen.

2. Partikelaccelerator (102) enligt krav 1, varvid magnetfältssystemet (108) innefattar ett par poltoppar (252, 254) som är motsatt placerade över accelerationskammaren (206), varvid den mekaniska anordningen (280, 282) sträcker sig mellan poltopparna.

3. Partikelaccelerator (102) enligt krav 2 varvid EM-motorn (290, 292) är monterad på en av poltopparna (252, 254) eller gränsar till en av poltopparna.

4. Partikelaccelerator (102) enligt krav 1 varvid EM-motorn (290, 292) väsentligen består av icke-magnetiskt material.

5. Partikelaccelerator (102) enligt krav 1, varvid den mekaniska anordningen (280, 282) är konfigurerad för att förflyttas in i den önskvärda vägen så att de laddade partiklarna träffar den.

6. Partikelaccelerator (102) enligt krav 5, varvid den mekaniska anordningen (280, 282) innefattar en diagnostikprob som har en stråldetektor (446), varvid de laddade partiklarna träffar stråldetektorn.

7. Partikelaccelerator (102) enligt krav 5 varvid den mekaniska anordningen (280, 282) innefattar en strippningsenhet (402) med en strippningsfolie (412), varvid de laddade partiklarna träffar strippningsfolien.

8. Partikelaccelerator (102) enligt krav 1 varvid det elektriska fältsystemet (106) innefattar ihåliga D-elektroder (341, 343) och den mekaniska anordningen (280, 282) innefattar en kondensatorplatta (464), varvid kondensatorplatta är konfigurerad för att flyttas till och från en av de ihåliga D-elektroder.

9. Partikelaccelerator (102) enligt krav 1 varvid anslutningskomponenten (456) är konfigurerad för minst ett av att förflyttas i linjär riktning eller vridas kring en axel (236).

10. Förfarande för drift av en partikelaccelerator (102) som har en accelerationskammare (206), varvid förfarandet innefattar:

anordnande av en partikelstråle (112) av laddade partiklar i accelerationskammaren, varvid partikelstrålen riktas längs en önskvärd väg;

selektiv förflyttning av en mekanisk anordning (280, 282) i accelerationskammaren, varvid den mekaniska anordningen förflyttas av en elektromekanisk (EM) motor (290, 292) innefattande en anslutningskomponent (456) och piezoelektriska element (512) som är funktionsmässigt kopplade till anslutningskomponenten, varvid anslutningskomponenten är funktionsmässigt fäst vid den mekaniska anordningen, varvid EM-motorn driver anslutningskomponenten när de piezoelektriska elementen är aktiverade.

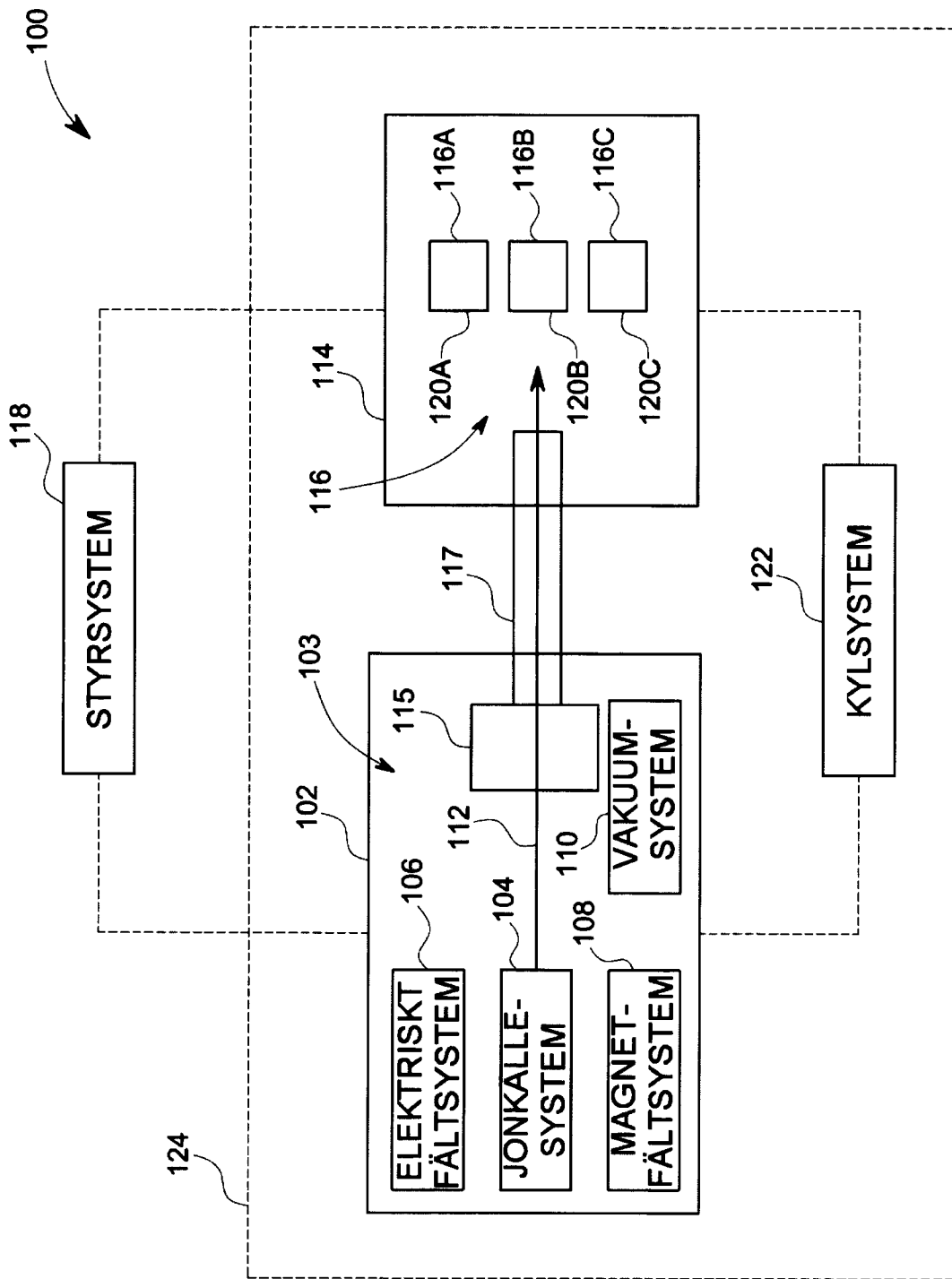


FIG. 1

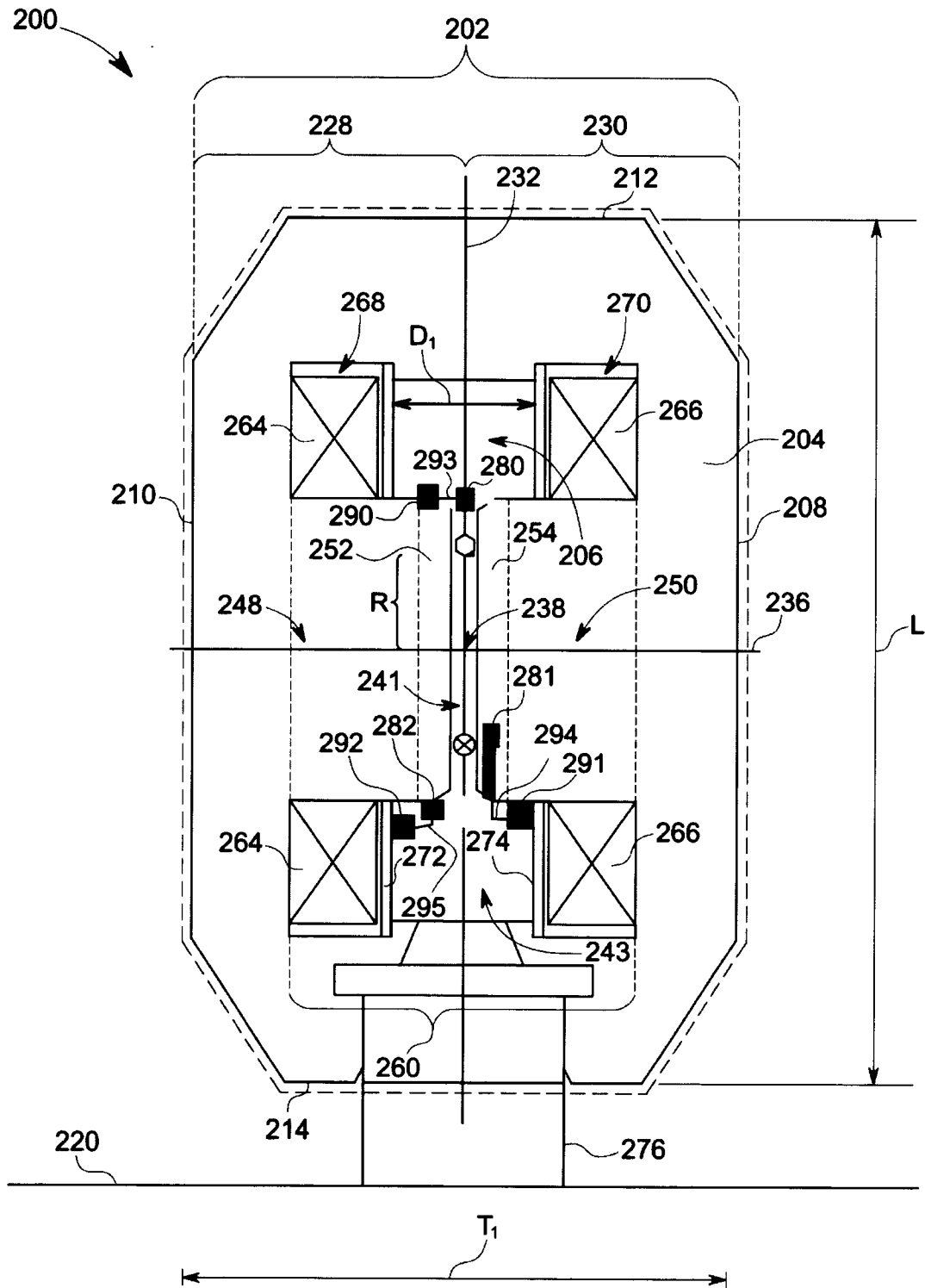
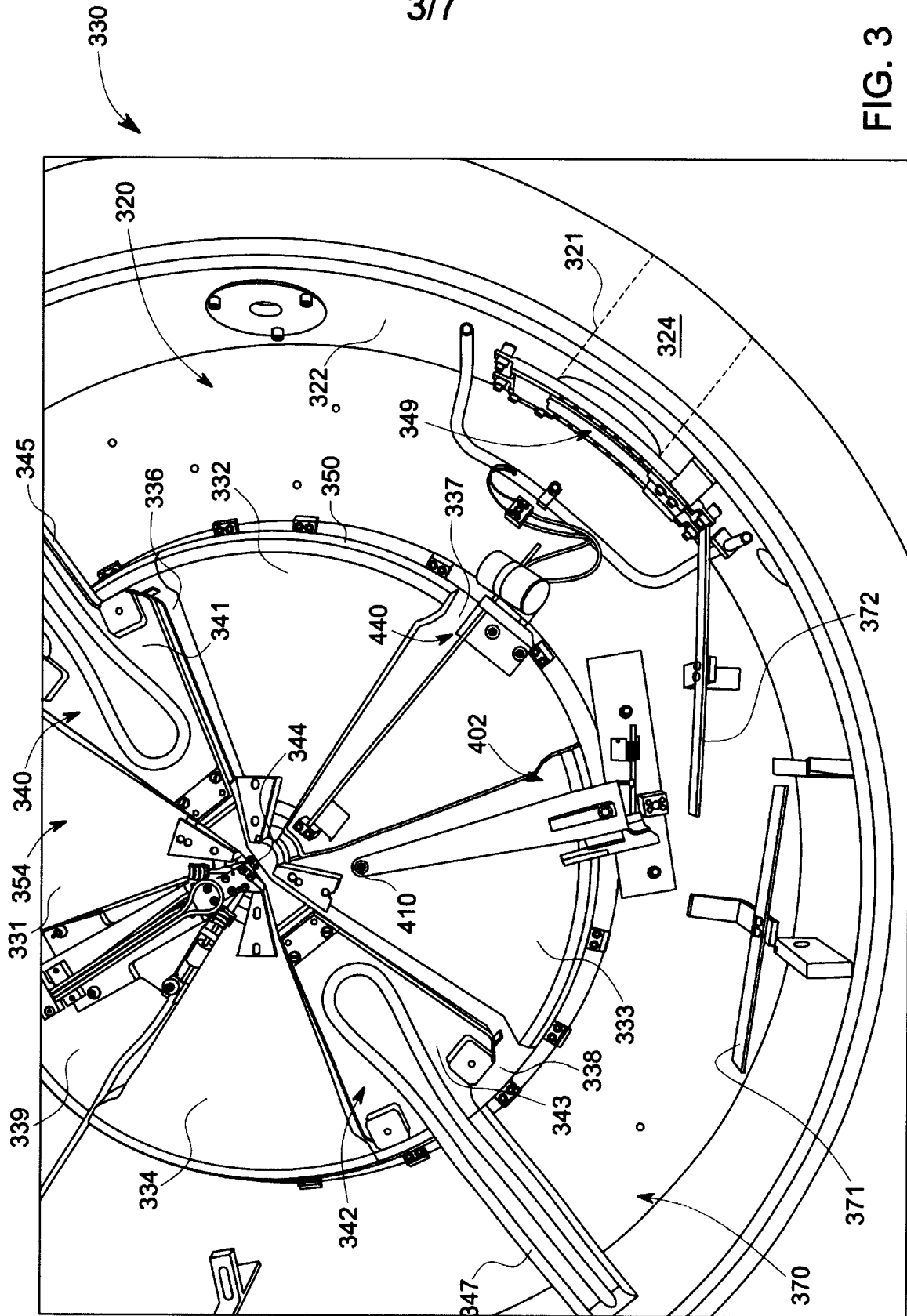


FIG. 2

FIG. 3



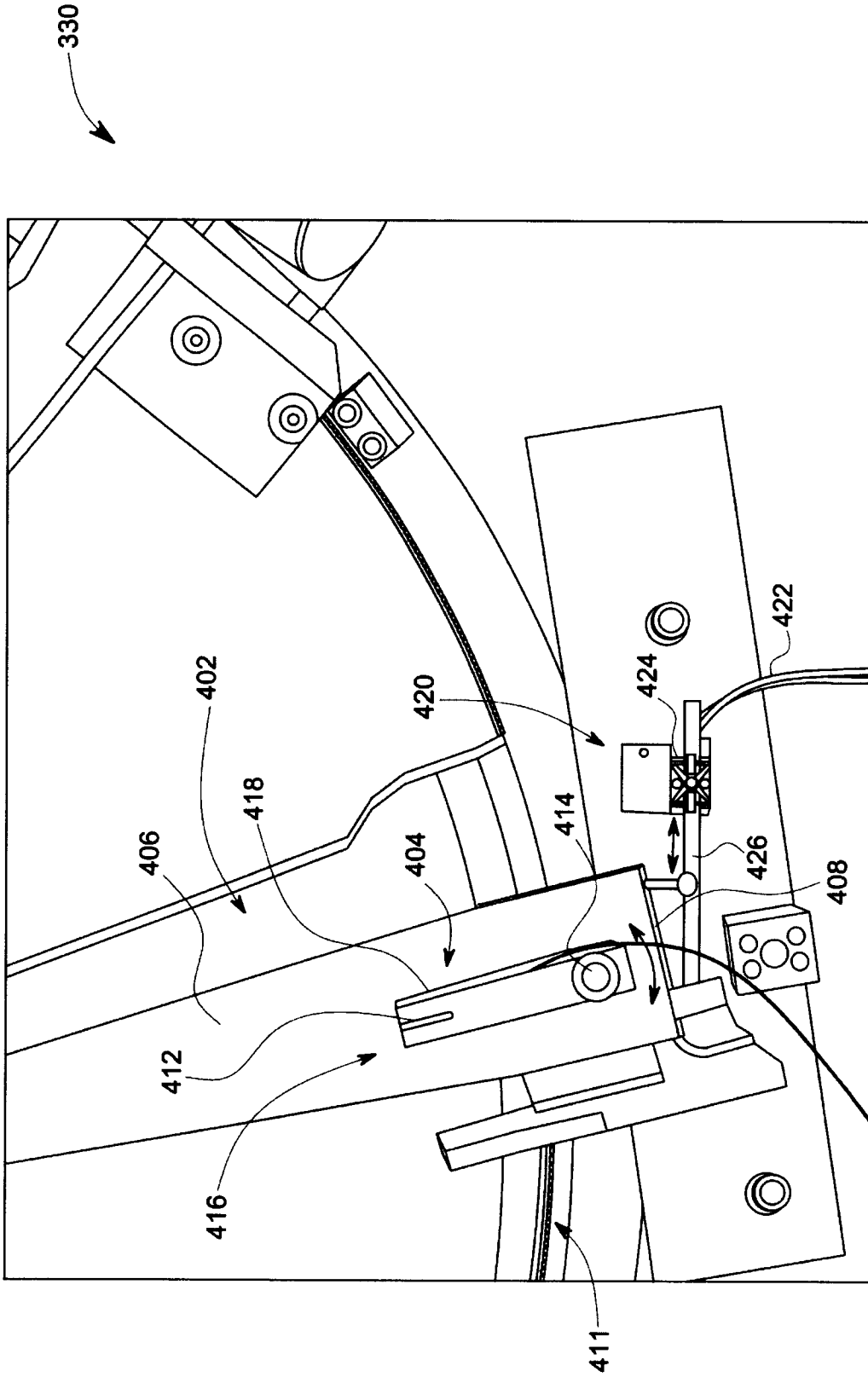


FIG. 4

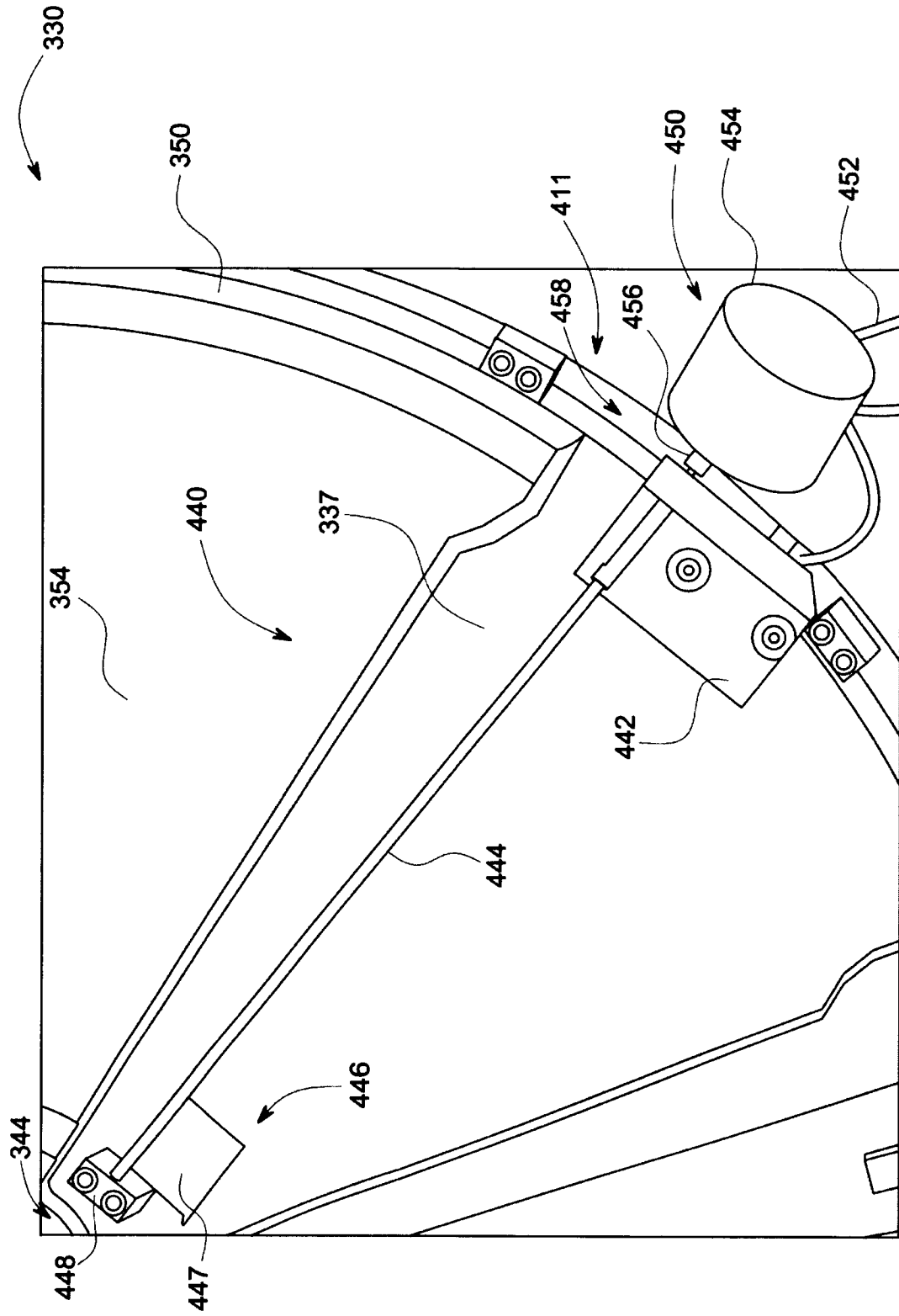


FIG. 5

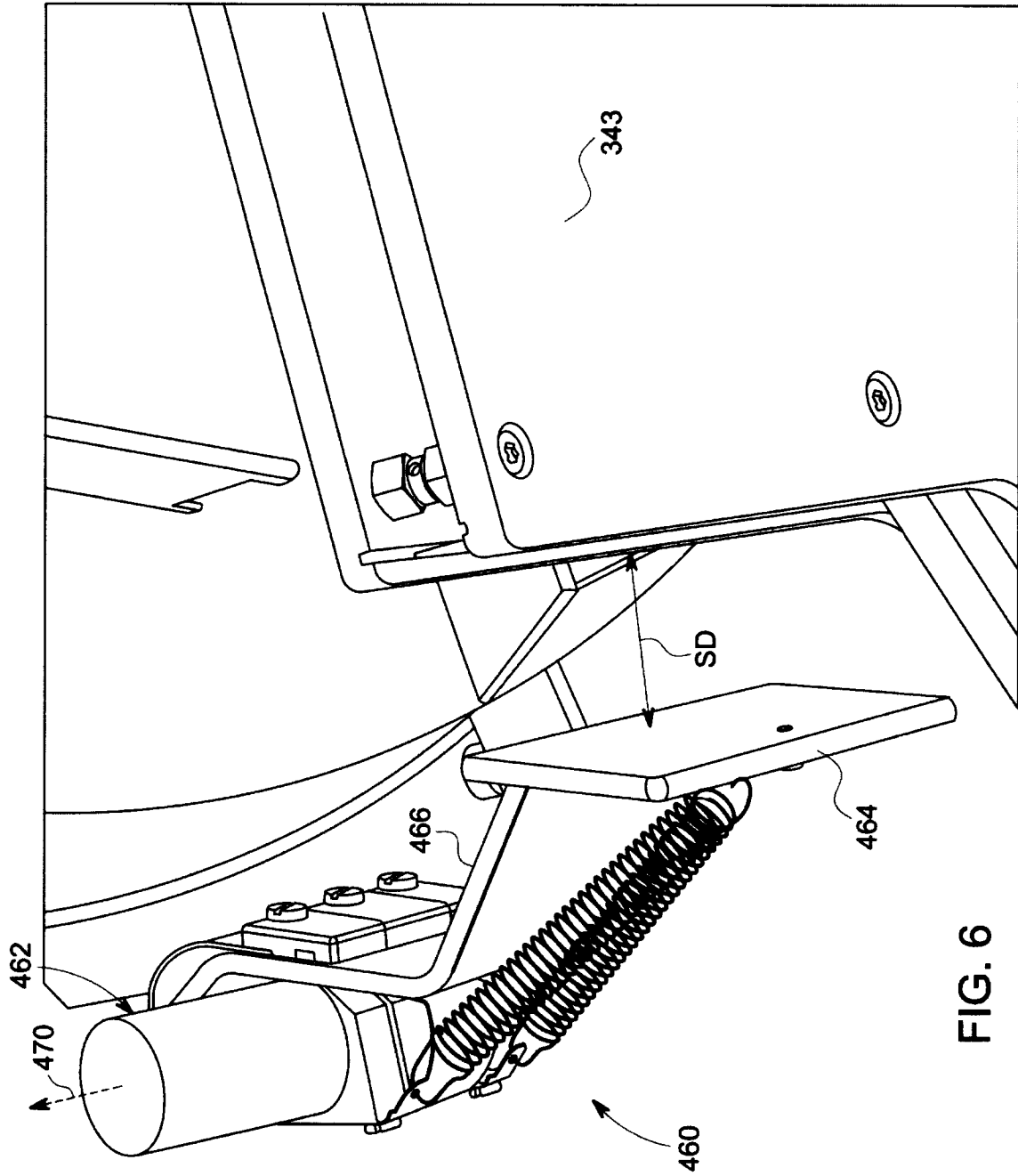


FIG. 6

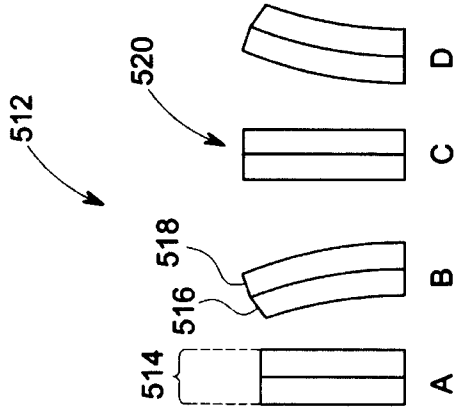


FIG. 9

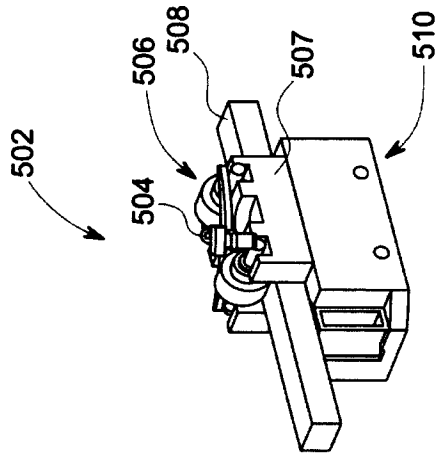


FIG. 8

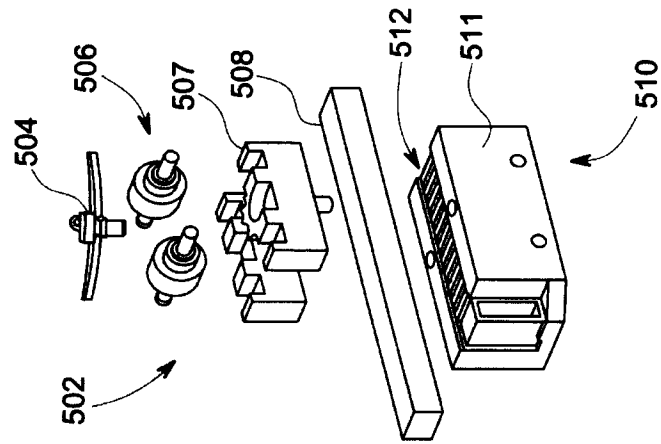


FIG. 7

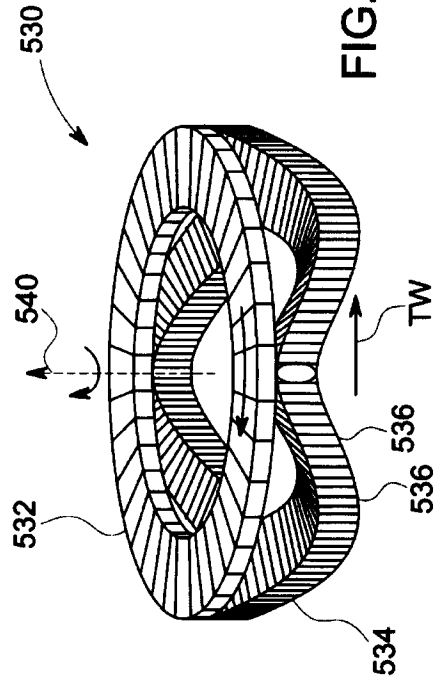


FIG. 10