



MD/EP 4041004 T2 2024.09.30

REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat
pentru Proprietatea Intelectuală

(11) MD/EP 4041004 (13) T2

(51) Int. Cl.:A24B 15/167 (2020.01.01)
A24F 40/05 (2020.01.01)
A24F 40/10 (2020.01.01)
A61M 11/00 (2006.01.01)
A61M 15/00 (2006.01.01)
B05B 17/06 (2006.01.01)
A24F 40/485 (2020.01.01)
B06B 1/02 (2006.01.01)
A24F 1/30 (2006.01.01)
B05B 17/00 (2006.01.01)

(12) BREVET DE INVENȚIE EUROPEAN VALIDAT

(21) Numărul de depozit: e 2022 0921 (22) Data de depozit: 2021.12.15 (96) Numărul cererii și data de depozit a cererii de brevet european:21835352.2, 2021.12.15 (97) Numărul de publicare și data publicării de către OEB a cererii de brevet european:4041004, 2022.08.17 (31) Numărul cererii prioritare: 202017122025; 202117220189; 202104872 (32) Data de depozit a cererii prioritare: 2020.12.15; 2021.04.01; 2021.04.06 (33) Țara cererii prioritare: US; US; GB	(49) Data publicării traducerii fascicului de brevet european validat: BOPI nr. 09/2024, 2024.09.30 (80) Data publicării mențiunii acordării de către OEB: EPB nr. 10/2024, 2024.03.06 (82) Data publicării solicitării de validare a brevetului european: BOPI nr. 09/2022, 2022.09.30
(71) Solicitant: SHAHEEN INNOVATIONS HOLDING LIMITED, AE (72) Inventatori: ALSHAIBA SALEH GHANNAM ALMAZROUEI Mohammed, AE; BHATTI Sajid, AE; MACHOVEC Jeff, AE; LAMOUREUX Clement, AE; , ** (73) Titular: SHAHEEN INNOVATIONS HOLDING LIMITED, AE (74) Mandatar autorizat: CORCODEL Angela	

(54) Un dispozitiv de tip narghilea

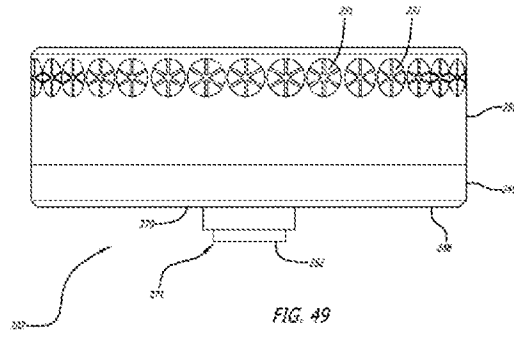
(57) Rezumat:

Dispozitiv de tip narghilea (200) pentru a genera un lichid pulverizat care conține nicotină pentru inhalare de către un utilizator. Dispozitivul cuprinde un dispozitiv generator de lichid pulverizat (201) și un dispozitiv de acționare (202). Dispozitivul de comandă (202) este configurat pentru a comanda dispozitivul generator de lichid pulverizat (201) la o frecvență optimă pentru a maximiza eficiența generării lichidului pulverizat de către dispozitivul generator de lichid pulverizat (201).

Revendicări: 15

Figuri: 59

MD/EP 4041004 T2 2024.09.30



Descriere:**(Descrierea se publică în varianta redactată de titular)**Domeniu

Prezenta invenție se referă la un dispozitiv de tip narghilea. Prezenta invenție se referă mai ales la un dispozitiv de tip narghilea care generează lichid pulverizat folosind vibrații ultrasonice.

Stadiul tehnicii

Narghilea tradițională este un dispozitiv de fumat care arde frunze de tutun care au fost zdrobite și pregătite special pentru a fi încălzite folosind cărbune. Căldura din cărbune face ca frunzele de tutun zdrobite să ardă, producând fum care este tras prin apă într-o cameră de sticlă și la utilizator prin inhalare. Apa este folosită pentru răcirea fumului fierbinte, pentru a facilita inhalarea.

Narghilele au început să fie utilizate cu secole în urmă în Persia antică și India. În prezent, cafeelele care oferă narghilele câștigă popularitate în întreaga lume, inclusiv în Regatul Unit, Franța, Rusia, Orientul Mijlociu și Statele Unite.

O narghilea modernă tipică are un cap (cu orificii în partea de jos), un corp metalic, un bol de apă și un furtun flexibil cu un muștiuc. Au fost introduse noi forme de produse electronice de tip narghilea, inclusiv pietre de abur și narghilele în formă de pix. Aceste produse sunt alimentate cu baterii sau conectate la o rețea de electricitate și încălzesc un lichid care conține nicotină, arome și alte substanțe chimice pentru a produce fum care este inhalat. Documentul de brevet US 2016324212 divulgă un dispozitiv electronic de tip narghilea care cuprinde un traductor ultrasonic utilizat pentru vaporizarea lichidului și un microcontroler pentru a controla procesul. Dispozitivul de tip narghilea poate cuprinde mai multe camere de lichid detașabile.

Deși mulți utilizatori consideră că este mai puțin dăunător decât fumatul țigărilor, fumatul narghilelor are multe dintre aceleași riscuri pentru sănătate ca și fumatul.

Astfel, există o necesitate în domeniu pentru un dispozitiv de tip narghilea îmbunătățit care să încerce să abordeze cel puțin unele dintre problemele descrise aici.

Scopul prezentei invenții este să ofere un dispozitiv de tip narghilea îmbunătățit.

Rezumat

Prezenta invenție prezintă un dispozitiv de tip narghilea după cum este revendicat în revendicarea 1 și o narghilea după cum este revendicat în revendicarea 15. Prezenta invenție furnizează, de asemenea, exemple de realizare preferate, după cum sunt revendicate în revendicările aferente.

Diferitele exemple ale acestei dezvăluiri, care sunt descrise mai jos, au multiple beneficii și avantaje față de dispozitivele de tip narghilea și narghilele convenționale. Aceste beneficii și avantaje sunt prezentate în descrierea de mai jos.

Dispozitivul de tip narghilea din exemplele acestei dezvăluiri are un beneficiu pentru mediu, deoarece dispozitivul de tip narghilea nu emite deloc fum, iar dispozitivul de tip narghilea elimină necesitatea de a arde cărbune.

Scurtă descriere a ilustrațiilor

Pentru ca prezenta invenție să poată fi mai ușor de înțeles, exemplele de realizare ale prezentei invenții vor fi descrise în continuare, prin exemple, cu referire la ilustrațiile însoțitoare, în care:

Figura 1 este o vedere detaliată a componentelor unui dispozitiv ultrasonic de inhalare a lichidului pulverizat.

Figura 2 este o vedere detaliată a componentelor structurii unui rezervor de lichid pentru dispozitivul de inhalare.

5 Figura 3 este o vedere în secțiune transversală a componentelor structurii unui rezervor de lichid pentru dispozitivul de inhalare.

Figura 4A este o vedere izometrică a unui element al fluxului de aer al structurii rezervorului de lichid pentru dispozitivul de inhalare, în conformitate cu Figurile 2 și 3.

10 Figura 4B este o vedere în secțiune transversală a elementului fluxului de aer prezentat în Figura 4A.

15 Figura 5 este o diagramă schematică care prezintă un traductor piezoelectric modelat ca un circuit RLC.

Figura 6 este graficul frecvenței comparativ cu impedanța de înregistrare a unui circuit RLC.

20 Figura 7 este un grafic al frecvenței comparativ cu impedanța de înregistrare care prezintă regiunile inductive și capacitive de funcționare ale unui traductor piezoelectric.

Figura 8 este o diagramă care prezintă funcționarea unui controler de frecvență.

25 Figura 9 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat al prezentei dezvoltări.

Figura 10 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat al prezentei dezvoltări.

30 Figura 11 este o vedere detaliată în perspectivă de tip diagramă a unui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat al prezentei dezvoltări.

35 Figura 12 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui suport al traductorului din prezenta dezvoltare.

Figura 13 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui suport al traductorului din prezenta dezvoltare.

40 Figura 14 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui element capilar al prezentei dezvoltări.

Figura 15 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui element capilar al prezentei dezvoltări.

45 Figura 16 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui suport al traductorului din prezenta dezvoltare.

Figura 17 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui suport al traductorului din prezenta dezvoltare.

50 Figura 18 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unei părți a carcasei din prezenta dezvoltare.

55 Figura 19 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui element de absorbție al prezentei dezvoltări.

Figura 20 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unei părți a carcasei din prezenta dezvoltare.

Figura 21 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unei părți a carcasei din prezenta dezvoltare.

5 Figura 22 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui element de absorbție al prezentei dezvoltări.

Figura 23 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unei părți a carcasei din prezenta dezvoltare.

10 Figura 24 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unei părți a carcasei din prezenta dezvoltare.

15 Figura 25 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unei părți a carcasei din prezenta dezvoltare.

Figura 26 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui panou de circuite al prezentei dezvoltări.

20 Figura 27 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui panou de circuite al prezentei dezvoltări.

Figura 28 este o vedere detaliată în perspectivă de tip diagramă a unui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat al prezentei dezvoltări.

25 Figura 29 este o vedere detaliată în perspectivă de tip diagramă a unui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat al prezentei dezvoltări.

Figura 30 este o diagramă schematică a unei dispunerii de circuite integrate din prezenta dezvoltare.

30 Figura 31 este o diagramă schematică a unui circuit integrat al prezentei dezvoltări.

Figura 32 este o diagramă schematică a unui generator de modulație a lății impulsului din prezenta dezvoltare.

35 Figura 33 este o diagramă de temporizare a unui exemplu al prezentei dezvoltări.

Figura 34 este o diagramă de temporizare a unui exemplu al prezentei dezvoltări.

40 Figura 35 este un tabel care prezintă funcțiile orificiilor dintr-un exemplu al prezentei dezvoltări.

Figura 36 este o diagramă schematică a unui circuit integrat al prezentei dezvoltări.

45 Figura 37 este o diagramă de circuit a unei punți H dintr-un exemplu al prezentei dezvoltări.

Figura 38 este o diagramă de circuit a unei dispunerii a unui senzor de curent dintr-un exemplu al prezentei dezvoltări.

50 Figura 39 este o diagramă de circuit a unei punți H dintr-un exemplu al prezentei dezvoltări.

Figura 40 este un grafic care prezintă tensiunile din timpul fazelor de funcționare ale punții H din figura 37.

55 Figura 41 este un grafic care prezintă tensiunile din timpul fazelor de funcționare ale punții H din figura 37.

Figura 42 este un grafic care arată tensiunea și curentul la un terminal al unui traductor ultrasonic în timp ce traductorul ultrasonic este acționat de puntea H din figura 37.

Figura 43 este o diagramă schematică care prezintă conexiunile dintre circuitele integrate ale prezentei dezvoltări.

Figura 44 este o diagramă schematică a unui circuit integrat al prezentei dezvoltări.

Figura 45 este o diagramă care ilustrează pașii unei metode de autentificare dintr-un exemplu al prezentei dezvoltări.

Figura 46 este o vedere în secțiune transversală a unui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat al prezentei dezvoltări.

Figura 47 este o vedere în secțiune transversală a unui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat al prezentei dezvoltări.

Figura 48 este o vedere în secțiune transversală a unui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat al prezentei dezvoltări.

Figura 49 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui dispozitiv de tip narghilea al prezentei dezvoltări.

Figura 50 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui dispozitiv de tip narghilea al prezentei dezvoltări, atașat la un corp de narghilea și un bol de apă al unui aparat de tip narghilea.

Figura 51 este o vedere detaliată în perspectivă de tip diagramă a unui dispozitiv de tip narghilea al prezentei dezvoltări.

Figura 52 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a componentelor unui dispozitiv de tip narghilea al prezentei dezvoltări.

Figura 53 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a componentelor unui dispozitiv de tip narghilea al prezentei dezvoltări.

Figura 54 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unei componente a unui dispozitiv de tip narghilea al prezentei dezvoltări.

Figura 55 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unei componente a unui dispozitiv de tip narghilea al prezentei dezvoltări.

Figura 56 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unei componente a unui dispozitiv de tip narghilea și a patru dispozitive de generare a lichidului pulverizat ale prezentei dezvoltări.

Figura 57 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a componentelor unui dispozitiv de tip narghilea al prezentei dezvoltări.

Figura 58 este o vedere în secțiune transversală de tip diagramă a componentelor unui dispozitiv de tip narghilea al prezentei dezvoltări.

Figura 59 este o vedere în perspectivă de tip diagramă a unui dispozitiv de tip narghilea al prezentei dezvoltări, atașat la un corp al narghilei și la un bol de apă al unui aparat de tip narghilea.

Descriere detaliată

Aspectele prezentei dezvoltări sunt cel mai bine înțelese din următoarea descriere detaliată atunci când sunt citite împreună cu figurile însoțitoare. Se remarcă faptul că, în conformitate cu practica standard din domeniu, diferite caracteristici nu sunt desenate la scară. În realitate, dimensiunile diferitelor caracteristici pot fi mărite sau reduse în mod arbitrar pentru claritatea discuției.

Următoarea dezvoltare oferă multe exemple de realizare sau exemple diferite pentru implementarea diferitelor caracteristici ale subiectului prezentat.

Exemple specifice de componente, concentrații, aplicații și dispuneri sunt descrise mai jos pentru a simplifica prezenta dezvoltare. Acestea sunt, desigur, doar exemple și nu sunt menite a fi limitative. De exemplu, atașarea unei prime caracteristici și a unei a doua caracteristici în descrierea care urmează poate include exemple de realizare în care prima caracteristică și a doua caracteristică sunt atașate în contact direct și poate include, de asemenea, exemple de realizare în care caracteristici suplimentare pot fi poziționate între prima caracteristică și a doua caracteristică, astfel încât prima caracteristică și a doua caracteristică să nu fie în contact direct. În plus, prezenta dezvoltare poate repeta numere și/sau litere de referință în diferitele exemple. Această repetiție are scopul simplificării și clarității și nu dictează în sine o relație între diferitele exemple de realizare și/sau configurații discutate.

Următoarea dezvoltare descrie dispuneri sau exemple reprezentative. Fiecare dispunere sau exemplu poate fi considerat a fi un exemplu de realizare și orice referire la o „dispunere” sau la un „exemplu” poate fi schimbată în „exemplu de realizare” în prezenta dezvoltare.

Un dispozitiv de tip narghilea al unor dispuneri încorporează tehnologia de aerosolizare ultrasonică. Dispozitivul de tip narghilea al unor dispuneri este configurat pentru a înlocui un cap de narghilea convențional (încălzit cu cărbune sau încălzit electronic). Dispozitivul de tip narghilea al unor dispuneri se atașează în mod detașabil la o tijă sau corp metalic existent și la o cameră /bol de apă în locul capului convențional de narghilea în care este plasat tutunul și cărbunele (sau elementul electronic de încălzire).

În alte dispuneri, dispozitivul de tip narghilea este prevăzut cu o tijă/corp și o cameră/bol de apă ca aparat complet de narghilea.

Bolurile de apă pentru narghilea sunt în diferite forme și dimensiuni, ornamentate cu decorațiuni tradiționale sau futuriste în funcție de preferințele individuale. Proiectarea și dezvoltarea dispozitivului de tip narghilea ultrasonic de aerosolizare din unele dispuneri a fost executată, luând în considerare tradiția, pentru a crea un cap înlocuibil care să se potrivească pe orice narghilea existentă.

Următoarea dezvoltare descrie componentele și funcționalitatea unui dispozitiv ultrasonic de generare a lichidului pulverizat. Dezvoltarea descrie apoi dispozitivul de tip narghilea al unor dispuneri care încorporează mai multe dispozitive ultrasonice de generare a lichidului pulverizat.

Dispozitivele de inhalare cu vaporizare electronice convenționale tind să se bazeze pe inducerea unor temperaturi ridicate ale unei componente metalice configurate pentru a încălzi un lichid în dispozitivul de inhalare, vaporizând astfel lichidul care poate fi inhalat. Lichidul conține, de regulă, nicotină și arome amestecate într-o soluție de propilenglicol (PG) și glicerină vegetală (VG), care este vaporizată printr-o componentă de încălzire la temperaturi ridicate. Problemele cu inhalatoarele convenționale pot include posibilitatea arderii metalului și inhalarea ulterioară a metalului împreună cu lichidul ars. În plus, este posibil ca unele persoane să nu prefere mirosul sau gustul de ars cauzat de lichidul încălzit.

Figurile 1-4 ilustrează un inhalator ultrasonic de lichid pulverizat care cuprinde o cameră de sonicare. Se remarcă faptul că expresia „lichid pulverizat” utilizată în următoarea dezvoltare înseamnă că lichidul nu este încălzit ca de obicei în inhalatoarele tradiționale cunoscute din tehnica anterioară. De fapt, inhalatoarele tradiționale folosesc elemente de încălzire pentru a încălzi lichidul peste temperatura sa de fierbere pentru a produce vapori, care sunt diferiți de lichidul pulverizat.

La sonicarea lichidelor la intensități ridicate, unde sonore care se propagă în mediul lichid au ca rezultat alternarea ciclurilor de înaltă presiune (compresie) și de joasă presiune (rarefiere), la viteze diferite în funcție de frecvență. În timpul ciclului de joasă presiune, unde ultrasonice de înaltă intensitate creează mici bule de vid sau goluri în lichid. Acest fenomen se numește cavitație. Când bulele ating un volum la care nu mai pot absorbi energie, fac implozie în mod violent în timpul unui ciclu de înaltă presiune. În timpul imploziei, sunt atinse presiuni foarte mari la nivel local. La cavitație, se generează valuri capilare sparte, iar picăturile mici sparg tensiunea de suprafață a lichidului și sunt eliberate rapid în aer, luând formă de lichid pulverizat.

În cele ce urmează se va explica mai precis fenomenul cavitației.

Când lichidul este atomizat de vibrațiile ultrasonice, în lichid se produc microbule de apă.

Producerea bulelor este un proces de formare a cavităților create de presiunea negativă generată de undele ultrasonice intense generate de vibrațiile ultrasonice.

- 5 Undele sonore ultrasonice de înaltă intensitate duc la creșterea rapidă a cavităților, cu o reducere relativ scăzută și neglijabilă a dimensiunii cavității în timpul ciclului de presiune pozitivă.

- 10 Undele de ultrasunete, ca toate undele sonore, constau din cicluri de comprimare și dilatare. Când sunt în contact cu un lichid, ciclurile de comprimare exercită o presiune pozitivă asupra lichidului, împingând moleculele una în cealaltă. Ciclurile de dilatare exercită o presiune negativă, separând moleculele.

- 15 Undele ultrasonice intense creează regiuni de presiune pozitivă și presiune negativă. O cavitate se poate forma și poate crește în timpul episoadelor de presiune negativă. Când cavitatea atinge o dimensiune critică, cavitatea implodează.

- 15 Cantitatea de presiune negativă necesară depinde de tipul și puritatea lichidului. Pentru lichide cu adevărat pure, rezistențele la tracțiune sunt atât de

- 20 mari încât generatoarele de ultrasunete disponibile nu pot produce suficientă presiune negativă pentru a genera cavități. În apa pură, de exemplu, ar fi necesare mai mult de 1.000 de atmosfere de presiune negativă, dar cele mai puternice generatoare de ultrasunete produc doar aproximativ 50 de atmosfere de presiune negativă. Rezistența la tracțiune a lichidelor este redusă de gazul prins în crăpăturile particulelor lichide. Efectul este analog cu reducerea rezistenței care apare din cauza fisurilor din materialele solide.
- 25 Atunci când o crăpătură umplută cu gaz este expusă la un ciclu de presiune negativă de la o undă sonoră, presiunea redusă face ca gazul din crăpătură să se dilate până când o mică bulă este eliberată în soluție.

- 30 Cu toate acestea, o bulă iradiată cu ultrasunete absoarbe în mod continuu energia din ciclurile alternative de comprimare și dilatare ale undei sonore. Acestea determină bulele să crească și să se contracte, atingând un echilibru dinamic între golul din interiorul bulei și lichidul din exterior. În unele cazuri, undele ultrasonice vor susține o bulă care pur și simplu oscilează în dimensiune. În alte cazuri, dimensiunea medie a bulei va crește.

- 35 Creșterea cavității depinde de intensitatea sunetului. Ultrasunetele de înaltă intensitate pot extinde cavitatea atât de rapid în timpul ciclului de presiune negativă, încât cavitatea nu are niciodată ocazia de a se micșora în timpul ciclului de presiune pozitivă. În acest proces, cavitățile pot crește rapid în cursul unui singur ciclu de sunete.

- 40 Pentru ultrasunetele de joasă intensitate, dimensiunea cavității oscilează în fază cu ciclurile de dilatare și comprimare. Suprafața unei cavități produsă de ultrasunetele de joasă intensitate este puțin mai mare în timpul ciclurilor de dilatare decât în timpul ciclurilor de comprimare. Deoarece cantitatea de gaz care difuzează în sau din cavitate depinde de suprafață, difuzia din cavitate în timpul ciclurilor de expansiune va fi ușor mai mare decât difuzia din timpul ciclurilor de compresie. Prin urmare, pentru fiecare ciclu de sunet, cavitatea se dilată puțin mai mult decât se contractă. De-a lungul mai multor cicluri, cavitățile vor crește lent.

- 50 S-a observat că o cavitate în creștere poate ajunge în cele din urmă la o dimensiune critică, la care va absorbi cel mai eficient energia de la ultrasunete. Dimensiunea critică depinde de frecvența undei de ultrasunete. După ce o cavitate a avut o creștere foarte rapidă cauzată de ultrasunetele de înaltă intensitate, aceasta nu mai poate absorbi energia la fel de eficient din undele sonore. Fără acest aport de energie, cavitatea nu se mai poate susține. Lichidul intră și cavitatea implodează din cauza unui răspuns neliniar.

- 55 Energia eliberată de implozie face ca lichidul să fie fragmentat în particule microscopice care sunt dispersate în aer sub formă de lichid pulverizat.

Ecuția pentru descrierea fenomenului de răspuns neliniar de mai sus poate fi descrisă prin ecuația „Rayleigh-Plesset”. Această ecuație poate fi derivată din ecuația „Navier-Stokes” utilizată în dinamica fluidelor.

Abordarea inventatorilor a fost de a rescrie ecuația „Rayleigh-Plesset” în care volumul bulei, V , este utilizat ca parametru dinamic și în care fizica ce descrie disiparea este la fel ca fizica utilizată în forma mai clasică în care raza este parametrul dinamic.

5 Ecuția utilizată este derivată după cum urmează:

$$\frac{\left| \frac{1}{c^2} \frac{\delta^2 \phi}{\delta t^2} \right|}{V^2 \phi} \sim \left(\frac{R}{\lambda} \right)^2 \ll 1$$

$$\frac{1}{4\pi} \left(\frac{4\pi}{3V} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\dot{V} - \frac{\dot{V}^2(t)}{6V} \right) = \frac{1}{\rho_0} \left(\left(p_0 + 2\sigma \left(\frac{4\pi}{3V_0} \right)^{\frac{1}{3}} - p_v \right) \left(\frac{V_0}{V} \right)^\kappa + p_v - 2\sigma \left(\frac{4\pi}{3V} \right)^{\frac{1}{3}} - p_0 - P(t) \right)$$

unde:

- 10 V este volumul bulei
 V_0 este volumul bulei de echilibru
 ρ_0 este densitatea lichidului (presupusă a fi constantă)
 σ este tensiunea de suprafață
 p_v este presiunea vaporilor
15 p_0 este presiunea statică în lichidul aflat imediat în afara peretelui de bule
 κ este indicele politropic al gazului
 t este timpul
 $R(t)$ este raza bulei
 $P(t)$ este presiunea aplicată
20 c este viteza sunetului lichidului
 ϕ este potențialul de viteză
 λ este lungimea de undă a câmpului de insonificare

25 În inhalatorul ultrasonic cu lichid pulverizat, lichidul are o viscozitate cinematică între 1,05 Pa.sec și 1,412 Pa.sec.

Prin rezolvarea ecuației de mai sus cu parametri potriviți de viscozitate, densitate și având un volum țintă dorit de bule de lichid pulverizat în aer, s-a constatat că intervalul de frecvență de la 2,8 MHz la 3,2 MHz pentru un interval de viscozitate a lichidului de 1,05 Pa.s și 1,412 Pa.s produce un volum de bule de aproximativ 0,25 până la 0,5 microni.

Procesul de cavitație ultrasonic are un impact semnificativ asupra concentrației de nicotină din lichidul pulverizat produs.

35 Nu sunt implicate elemente de încălzire, ceea ce duce la lipsa elementelor arse și la reducerea efectelor fumului pasiv.

40 În unele dispuneri, lichidul menționat cuprinde 57-70 % (g/g) glicerină vegetală și 30-43 % (g/g) propilenglicol, respectivul propilenglicol incluzând nicotină și, opțional, arome.

În inhalatorul ultrasonic cu lichid pulverizat, un element capilar se poate dilata între camera de sonicare și camera pentru lichid.

45 În inhalatorul ultrasonic cu lichid pulverizat, elementul capilar este un material cel puțin parțial din fibre de bambus.

Elementul capilar permite o capacitate mare de absorbție, o viteză ridicată a absorbției, precum și un raport ridicat de retenție a lichidelor.

50 S-a constatat că proprietățile inerente ale materialului propus utilizat pentru capilaritate au un impact semnificativ asupra funcționării eficiente a inhalatorului ultrasonic cu lichid pulverizat.

În plus, proprietățile inerente ale materialului propus includ o bună higroscopicitate, menținând în același timp o bună permeabilitate. Acest lucru permite lichidului extras să pătrundă eficient în capilar, în timp ce capacitatea mare de absorbție observată permite reținerea unei cantități considerabile de lichid, permițând astfel inhalatorul ultrasonic cu lichid pulverizat să dureze mai mult timp în comparație cu alte produse disponibile pe piață.

Un alt avantaj semnificativ al utilizării fibrelor de bambus este bio- agentul antimicrobian natural, și anume „Kun”, prezent în mod inerent în fibra de bambus, conferindu-i proprietăți antibacteriene, antifungice și de rezistență la miros, ceea ce înseamnă că este potrivită pentru aplicații medicale.

Proprietățile inerente au fost verificate folosind analiza numerică privind beneficiile fibrei de bambus pentru sonicare.

Următoarele formule au fost testate cu material din fibre de bambus și alte materiale, precum bumbac, hârtie sau alte fire de fibre pentru utilizare ca element capilar și demonstrează că fibrele de bambus au proprietăți mult mai bune pentru utilizarea în sonicare:

$$C = A + \frac{T}{W_f} - \frac{1}{P_f} + (1 - \alpha) \frac{V_d}{W_f}$$

unde:

C (cc/gm de lichid/gm) este volumul per masă de lichid absorbit împărțit la masa uscată a elementului capilar,

A (cm²) este suprafața totală a elementului capilar

T (cm) este grosimea elementului capilar,

W_f (gm) este masa elementului capilar uscat,

P_f (cc/g.sec) este densitatea elementului capilar uscat,

α este raportul dintre creșterea volumului elementului capilar la umezire și volumul de lichid difuzat în elementul capilar,

V_d (cc) este cantitatea de lichid difuzată în elementul capilar,

$$\text{Viteza de absorbție, } Q = \frac{\pi r \gamma \cos \theta}{2\eta} \cdot \left(\frac{T}{W_f} - \frac{1}{AP_f} \right)$$

Q (cc/sec) este cantitatea de lichid absorbită pe unitate de timp,

R (cm) este raza porilor din interiorul elementului capilar,

γ (N/m) este tensiunea superficială a lichidului;

θ (grade) este unghiul de contact al fibrei,

η (m²/sec) este viscozitatea fluidului.

Figura 1 prezintă un inhalator ultrasonic cu lichid pulverizat de unică folosință 100. După cum se poate observa în figura 1, inhalatorul ultrasonic cu lichid pulverizat 100 are un corp cilindric cu o lungime relativ mare în comparație cu diametrul. În ceea ce privește forma și aspectul, inhalatorul ultrasonic cu lichid pulverizat 100 este conceput pentru a imita aspectul unei țigări tipice. De exemplu, inhalatorul poate conține o primă porțiune 101 care simulează în principal porțiunea țigări de tutun a unei țigări și o a doua porțiune 102 care simulează în principal un filtru. În dispunerea de unică folosință, prima porțiune și a doua porțiune sunt regiuni ale unui singur dispozitiv, dar separabil. Denumirea unei prime porțiuni 101 și a unei a doua porțiuni 102 este utilizată pentru a diferenția în mod convenabil componentele care sunt conținute în principal în fiecare porțiune.

După cum se poate observa în figura 1, inhalatorul ultrasonic cu lichid pulverizat cuprinde un muștiuc 1, o structură de rezervor pentru lichid 2 și o carcasă 3. Prima porțiune 101 conține carcasa 3, iar a doua porțiune 102 conține muștiucul 1 și structura rezervorului 2.

Prima porțiune 101 conține energia de alimentare.

Un dispozitiv electric de stocare 30 alimentează inhalatorul ultrasonic cu lichid pulverizat 100. Dispozitivul electric de stocare 30 poate fi o baterie, inclusiv, fără limitare, o baterie cu litiu-ion, alcalină, cu zinc-carbon, cu hidrură de nichel-metal sau cu nichel-cadmium; un super condensator; sau o combinație a acestora. În dispunerea de unică folosință, dispozitivul de stocare electrică 30 nu este reîncărcabil, dar, în
5 dispunerea reutilizabilă, dispozitivul de stocare electrică 30 ar fi selectat pentru capacitatea sa de reîncărcare. În dispunerea de unică folosință, dispozitivul electric de stocare 30 este selectat în primul rând pentru a asigura o tensiune constantă pe toată durata de funcționare a inhalatorului 100. În caz contrar, performanța inhalatorului s-ar degrada în timp. Dispozitivele electrice de stocare preferate care sunt capabile să asigure o tensiune constantă pe toată durata de funcționare a dispozitivului includ baterii cu
10 litiu-ion și cu litiu-polimer.

Dispozitivul de stocare electrică 30 are un prim capăt 30a care corespunde în general unui terminal pozitiv și un al doilea capăt 30b care corespunde în general unui terminal negativ. Terminalul negativ se extinde până la primul capăt 30a.

Deoarece dispozitivul de stocare electrică 30 este amplasat în prima porțiune 101, iar structura rezervorului de lichid 2 este amplasată în a doua porțiune 102, îmbinarea trebuie să asigure comunicarea electrică dintre aceste componente.

Comunicarea electrică este stabilită folosind cel puțin un electrod sau o sondă care sunt comprimate împreună atunci când prima porțiune 101 este strânsă în cea de-a doua porțiune 102.

Pentru ca dispozitivul să fie reutilizabil, dispozitivul electric de stocare 30 este reîncărcabil. Carcasa 3 conține un port de încărcare 32.

Circuitul integrat 4 are un capăt apropiat 4a și un capăt îndepărtat 4b. Terminalul pozitiv de la primul capăt 30a al dispozitivului de stocare electrică 30 comunică electric cu un cablu pozitiv al circuitului integrat flexibil 4. Terminalul negativ de la al doilea capăt 30b al dispozitivului de stocare electrică 30 comunică electric cu un cablu negativ al circuitului integrat 4. Capătul îndepărtat 4b al circuitului integrat 4 cuprinde un microprocesor. Microprocesorul este configurat pentru a procesa datele de la un senzor, pentru a controla o lumină, pentru a direcționa fluxul de curent către mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5 din a doua porțiune 102 și pentru a opri fluxul de curent după o perioadă de timp preprogramată.

Senzorul detectează când se utilizează inhalatorul ultrasonic cu lichid pulverizat 100 (când utilizatorul utilizează inhalatorul) și activează microprocesorul. Senzorul poate fi selectat pentru a detecta modificările de presiune, flux de aer sau vibrații. Într-o singură dispunere, senzorul este un senzor de presiune. În dispozitivul digital, senzorul efectuează citiri continue, ceea ce, la rândul său, necesită ca senzorul digital să extragă curent în mod continuu, dar cantitatea este mică și durata totală de funcționare a bateriei ar fi afectată în mod neglijabil.

În unele dispuneri, circuitul integrat 4 cuprinde o punte H, care poate fi formată din 4 unități MOSFET pentru a converti un curent continuu într-un curent alternativ la frecvență înaltă.

În ceea ce privește Figura 2 și Figura 3, sunt prezentate ilustrații ale structurii unui rezervor de lichid 2 conform unei dispuneri. Structura rezervorului de lichid 2 cuprinde o cameră pentru lichid 21 adaptată pentru a primi lichidul care urmează a fi atomizat și o cameră de sonicare 22 în comunicarea fluidului cu camera pentru lichid 21.

În dispunerea prezentată, structura rezervorului de lichid 2 cuprinde un canal de inhalare 20 care asigură un pasaj de aer din camera de sonicare 22 spre zonele învecinate.

Ca o dispunere a poziției senzorului, senzorul poate fi amplasat în camera de sonicare 22.

Canalul de inhalare 20 are un element frustoconic 20a și un recipient interior 20b.

După cum este ilustrat în Figurile 4A și 4B, în plus, canalul de inhalare 20 are un element de flux de aer 27 pentru furnizarea fluxului de aer din zonele învecinate către camera de sonicare 22.

Elementul de flux de aer 27 are o punte a fluxului de aer 27a și o țevă pentru fluxul de aer 27b realizate dintr-o singură bucată, puntea fluxului de aer 27a având două deschideri ale căilor de aer 27a' formând o porțiune a canalului de inhalare 20 și țeava fluxului de aer 27b care se extinde în camera de sonicare 22 de la puntea fluxului de aer 27a pentru furnizarea fluxului de aer din zonele învecinate către camera de sonicare.

Puntea fluxului de aer 27a cooperează cu elementul frustoconic 20a la al doilea diametru 20a2.

Puntea fluxului de aer 27a are două deschideri periferice opuse 27a" care furnizează fluxul de aer la țeava fluxului de aer 27b.

Cooperarea cu puntea fluxului de aer 27a și elementul frustoconic 20a este dispusă astfel încât cele două deschideri periferice opuse 27a" să funcționeze împreună cu deschiderile complementare 20a" din elementul frustoconic 20a.

Muștiucul 1 și elementul frustoconic 20a sunt distanțate radial și o cameră a fluxului de aer 28 este dispusă între acestea.

După cum este ilustrat în figurile 1 și 2, muștiucul 1 are două deschideri periferice opuse 1".

Deschiderile periferice 27a", 20a", 1" ale punții fluxului de aer 27a, elementul frustoconic 20a și muștiucul 1 furnizează în mod direct fluxul maxim de aer la camera de sonicare 22.

Elementul frustoconic 20a include un pasaj intern, aliniat în aceeași direcție ca și canalul de inhalare 20, cu un prim diametru 20a1 mai mic decât cel al unui al doilea diametru 20a2, astfel încât pasajul intern se reduce în diametru peste elementul frustoconic 20a.

Elementul frustoconic 20a este poziționat aliniat cu mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5 și un element capilar 7, în care primul diametru 20a1 este legat de o țevă interioară 11 a muștiucului 1 și al doilea diametru 20a2 este legat de recipientul interior 20b.

Recipientul interior 20b are un perete interior care delimitează camera de sonicare 22 și camera pentru lichid 21.

Structura rezervorului de lichid 2 are un recipient exterior 20c care delimitează peretele exterior al camerei pentru lichid 21.

Recipientul interior 20b și recipientul exterior 20c reprezintă peretele interior și, respectiv, peretele exterior al camerei pentru lichid 21.

Structura rezervorului pentru lichid 2 este dispusă între muștiucul 1 și carcasă 3 și se poate detașa de muștiucul 1 și carcasă 3.

Structura rezervorului de lichid 2 și muștiucul 1 sau carcasa 3 pot include dispuneri complementare pentru interacțiunea reciprocă; În plus, astfel de dispuneri complementare pot include una dintre următoarele: o dispunere de tip baionetă; o dispunere de tip cuplaj filetat; o dispunere magnetică; sau o dispunere de potrivire prin frecare; în care structura rezervorului pentru lichid 2 include o

porțiune a dispunerii, iar muștiucul 1 sau carcasa 3 include porțiunea complementară a dispunerii.

În dispunerea reutilizabilă, componentele sunt în mare parte aceleași. Diferențele în dispunerea reutilizabilă față de dispunerea de unică folosință sunt dispunerile făcute pentru a înlocui structura rezervorului pentru lichid 2.

După cum se arată în Figura 3, camera lichidului 21 are un perete superior 23 și un perete inferior 25 care închide recipientul interior 20b și recipientul exterior 20c al camerei pentru lichid 21.

Elementul capilar 7 este dispus între o primă secțiune 20b1 și o a doua secțiune 20b2 a recipientului interior 20b.

Elementul capilar 7 are o formă plată care se extinde de la camera de sonicare la camera pentru lichid.

5 Așa cum este ilustrat în Figura 2 sau 3, elementul capilar 7 cuprinde o porțiune centrală 7a în formă de U și o porțiune periferică 7b în formă de L.

Porțiunea în formă de L 7b se extinde în camera pentru lichid 21 de pe recipientul interior 20b și de-a lungul peretelui inferior 25.

10

Porțiunea în formă de U 7a este conținută în camera de sonicare 21. Porțiunea în formă de U 7a de pe recipientul interior 20b și de-a lungul peretelui inferior 25.

15

În inhalatorul ultrasonic cu lichid pulverizat, porțiunea în formă de U 7a are o porțiune interioară 7a1 și o porțiune exterioară 7a2, porțiunea interioară 7a1 fiind în contact de suprafață cu o suprafață de atomizare 50 a mijloacelor de vibrații ultrasonice 5, iar porțiunea exterioară 7a2 nu este în contact de suprafață cu mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5.

20

Peretele inferior 25 al camerei lichide 21 este o placă inferioară 25 care închide camera pentru lichid 21 și camera de sonicare 22. Placa inferioară 25 este etanșată, prevenind astfel scurgerea lichidului din camera de sonicare 22 la carcasă 3.

25

Placa inferioară 25 are o suprafață superioară 25a cu un locaș 25b pe care este introdus un element elastic 8. Mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5 sunt susținute de elementul elastic 8. Elementul elastic 8 este format dintr-un cauciuc inelar în formă de placă având un orificiu interior 8' în care o canelură este concepută pentru a menține mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5.

30

Peretele superior 23 al camerei pentru lichid 21 este un capac 23 care închide camera pentru lichid 23.

Peretele superior 23 are o suprafață superioară 23 care reprezintă nivelul maxim de lichid pe care îl poate conține camera pentru lichid 21 și suprafața inferioară 25 care reprezintă nivelul minim de lichid din camera pentru lichid 21.

35

Peretele superior 23 este etanș, prevenind astfel scurgerea lichidului din camera lichidului 21 către muștiuc 1.

40

Peretele superior 23 și peretele inferior 25 sunt fixate pe structura rezervorului de lichid 2 prin fixare, cum ar fi șuruburi, adeziv sau frecare.

45

După cum este prezentat în Figura 3, elementul elastic este în contact direct cu mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5 și previne contactul dintre mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5 și pereții inhalatorului, suprimarea vibrațiilor structurii rezervorului pentru lichid fiind prevenită mai eficient. Astfel, particulele fine ale lichidului atomizat de elementul de atomizare pot fi pulverizate mai departe.

După cum se arată în figura 3, recipientul interior 20b are deschideri 20b' între prima secțiune 20b1 și a doua secțiune 20b2 din care elementul capilar 7 se extinde din camera de sonicare 21. Elementul capilar 7 absoarbe lichidul din camera pentru lichid 21 prin orificiile 20b'. Elementul capilar 7 este un fitil.

50

Elementul capilar 7 transportă lichidul în camera de sonicare 22 prin acțiune capilară. În unele dispuneri, elementul capilar 7 este realizat din fibre de bambus.

În unele dispuneri, elementul capilar 7 poate avea o grosime cuprinsă între 0,27 mm și 0,32 mm și poate avea o densitate cuprinsă între 38 g/m² și 48 g/m².

55

După cum se poate observa în Figura 3, mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5 sunt dispuse direct sub elementul capilar 7.

Mijlocul vibrațiilor ultrasonice 5 poate fi un traductor ultrasonic. Pentru dispunere, mijlocul vibrațiilor ultrasonice 5 poate fi un traductor piezoelectric, care poate fi proiectat în formă de placă circulară. Materialul traductorului piezoelectric poate fi ceramic.

5 Diverse materiale traductoare pot fi, de asemenea, utilizate pentru mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5.

10 Capătul țevii fluxului de aer 27b1 este orientat spre mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5. Mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5 sunt în comunicare electrică cu contactoarele electrice 101a, 101b. Se remarcă faptul că respectivul capăt distal 4b al circuitului integrat 4 are un electrod interior și un electrod exterior. Electrocul interior intră în contact cu primul contact electric 101a, care este o sondă de contact cu arc, iar electrocul exterior intră în contact cu cel de-al doilea contact electric 101b, care este un știft lateral. Prin intermediul circuitului integrat 4, primul contact electric 101a este în comunicare electrică cu borna pozitivă a dispozitivului electric de stocare 30 prin intermediul microprocesorului, în timp ce al doilea contact electric 101b este în comunicare electrică cu borna negativă a dispozitivului electric de stocare 30.

20 Contactele electrice 101a, 101b au traversat placa inferioară 25. Placa inferioară 25 este proiectată pentru a fi primită în interiorul peretelui perimetral 26 al structurii rezervorului pentru lichid 2. Placa inferioară 25 se sprijină pe muchii complementare, creând astfel camera pentru lichid 21 și camera de sonicare 22.

 Cutia interioară 20b cuprinde o fantă interioară circulară 20d pe care este aplicat un arc mecanic.

25 Prin împingerea porțiunii centrale 7a1 pe mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5, arcul mecanic 9 asigură o suprafață de contact între acestea.

 Structura rezervorului de lichid 2 și placa inferioară 25 pot fi realizate folosind diverse materiale termoplastice.

30 Când utilizatorul trage din inhalatorul ultrasonic cu lichid pulverizat 100, un flux de aer este extras din deschiderile periferice 1" și pătrunde în camera fluxului de aer 28, trece prin deschiderile periferice 27a" ale punții de flux de aer 27a și elementul frustoconic 20a și curge în jos în camera de sonicare 22 prin conducta de flux de aer 27b direct pe elementul capilar 7. În același timp, lichidul este aspirat din camera rezervorului 21 prin capilaritate, prin orificiile 20b' și în elementul capilar 7. Elementul capilar 7 aduce lichidul în contact cu ajutorul vibrațiilor ultrasonice 5 ale inhalatorului 100. Tragerea de către utilizator determină, de asemenea, senzorul de presiune să activeze circuitul integrat 4, care direcționează curentul către mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5. Astfel, atunci când utilizatorul folosește muștiucul 1 al inhalatorului 100, au loc două acțiuni în același timp. În primul rând, senzorul activează circuitul integrat 4, care declanșează mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5 pentru a începe să vibreze. În al doilea rând, aspirația reduce presiunea în afara camerei rezervorului 21 astfel încât începe curgerea lichidului prin orificiile 20b', ceea ce saturează elementul capilar 7. Elementul capilar 7 transportă lichidul către mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5, ceea ce determină formarea de bule într-un canal capilar prin intermediul vibrațiilor ultrasonice 5 și pulverizarea lichidului. Apoi, lichidul pulverizat este tras de utilizator.

45 În unele dispuneri, circuitul integrat 4 cuprinde un controler de frecvență care este configurat pentru a controla frecvența la care funcționează mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5. Controlerul de frecvență cuprinde un procesor și o memorie, memoria stocând instrucțiuni executabile care, atunci când sunt executate de procesor, determină procesorul să îndeplinească cel puțin o funcție a controlerului de frecvență.

50 După cum s-a descris mai sus, în unele dispuneri, inhalatorul ultrasonic cu lichid pulverizat 100 acționează mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5 cu un semnal având o frecvență de la 2,8 MHz până la 3,2 MHz pentru a vaporiza un lichid cu o vâscozitate lichidă de la 1,05 Pa.s la 1,412 Pa.s pentru a produce un volum de bule de aproximativ 0,25 până la 0,5 microni. Cu toate acestea, pentru lichidele cu o vâscozitate diferită sau pentru alte aplicații, mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5 pot fi acționate la o frecvență diferită.

55 Pentru fiecare aplicație diferită pentru un sistem de pulverizare, există o frecvență sau un interval de frecvență optim pentru acționarea mijloacelor vibrațiilor ultrasonice 5 pentru a optimiza pulverizarea. În dispunerile în care mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5 sunt reprezentate de un traductor piezoelectric, frecvența sau intervalul de frecvență optim va depinde de cel puțin următorii patru parametri:

1. Procesele de fabricare a traductoarelor

În unele dispuneri, mijlocul vibrațiilor ultrasonice 5 cuprinde un material ceramic piezoelectric. Materialul ceramic piezoelectric este fabricată prin amestecarea compușilor pentru a obține un pastă ceramică, iar acest proces de amestecare poate să nu fie consecvent pe tot parcursul producției. Această inconsecvență poate da naștere unei game de frecvențe de rezonanță diferite ale materialului ceramic piezoelectric întărit.

Dacă frecvența de rezonanță a materialului ceramic piezoelectric nu corespunde frecvenței necesare de funcționare a dispozitivului, atunci nu se produce lichid pulverizat în timpul funcționării dispozitivului. În cazul unui inhalator cu nicotină lichidă pulverizată, chiar și o ușoară compensare a frecvenței de rezonanță a materialului ceramic piezoelectric este suficientă pentru a afecta pulverizarea, ceea ce înseamnă că dispozitivul nu va furniza utilizatorului niveluri adecvate de nicotină.

2. Sarcina de pe traductor

În timpul funcționării, orice modificare a sarcinii pe traductorul piezoelectric va inhiba deplasarea generală a oscilației traductorului piezoelectric.

Pentru a obține o deplasare optimă a oscilației traductorului piezoelectric, frecvența de acționare trebuie ajustată pentru a permite circuitului să furnizeze o putere adecvată pentru o deplasare maximă.

Tipurile de sarcini care pot afecta eficiența oscilatorului pot include cantitatea de lichid de pe traductor (umezeala materialului fitilului) și forța arcului aplicată materialului de fitil pentru a menține contactul permanent cu traductorul. De asemenea, poate include mijloacele de conectare electrică.

3. Temperatura

Oscilațiile ultrasonice ale traductorului piezoelectric sunt parțial amortizate de asamblarea acestuia într-un dispozitiv. Aceasta poate include plasarea traductorului într-un inel de silicon/cauciuc și exercitarea unei presiuni asupra materialului de suflare care se află deasupra traductorului. Această atenuare a oscilațiilor determină creșterea temperaturilor locale pe și în jurul traductorului.

O creștere a temperaturii afectează oscilația datorită modificărilor comportamentului molecular al traductorului. O creștere a temperaturii înseamnă mai multă energie la moleculele ceramicii, ceea ce afectează temporar structura sa cristalină. Deși efectul este inversat pe măsură ce temperatura se reduce, este necesară o modulare a frecvenței furnizate pentru a menține oscilația optimă.

Această modulare a frecvenței nu poate fi realizată cu un dispozitiv convențional cu frecvență fixă.

O creștere a temperaturii reduce, de asemenea, viscozitatea soluției (lichid pentru dispozitive electronice) care este vaporizată, ceea ce poate necesita o modificare a frecvenței de acționare pentru a induce cavitația și a menține pulverizarea continuă. În cazul unui dispozitiv convențional cu frecvență fixă, o reducere a viscozității lichidului fără nicio modificare a frecvenței de acționare va reduce sau va opri complet pulverizarea, făcând ca dispozitivul să fie inoperabil.

Distanța până la sursa de alimentare

Frecvența de oscilație a circuitului electronic se poate modifica în funcție de lungimile firului dintre traductor și dispozitivul de acționare al oscilatorului. Frecvența circuitului electronic este invers proporțională cu distanța dintre traductor și circuitul rămas.

Deși parametrul de distanță este fixat în primul rând într-un dispozitiv, acesta poate varia în timpul procesului de fabricare a dispozitivului, reducând eficiența generală a dispozitivului. Prin urmare, este dorit să se modifice frecvența de acționare a dispozitivului pentru a compensa variațiile și a optimiza eficiența dispozitivului.

Un traductor piezoelectric poate fi modelat ca un circuit RLC într-un circuit electronic, după cum se arată în Figura 5. Cei patru parametri descriși mai sus pot fi modelați ca modificări ale inductanței

generale, capacității și/sau rezistenței circuitului RLC, modificând intervalul de frecvență de rezonanță furnizat traductorului. Pe măsură ce frecvența circuitului crește până în jurul punctului de rezonanță al traductorului, impedanța de înregistrare a circuitului general scade la minimum și apoi crește la maxim înainte de a se stabili la un interval median.

5

Figura 6 prezintă un grafic generic care explică modificarea impedanței generale cu creșterea frecvenței într-un circuit RLC. Figura 7 arată cum un traductor piezoelectric acționează ca un condensator într-o primă regiune capacitivă la frecvențe sub o primă frecvență predeterminată f_s și într-o a doua regiune capacitivă la frecvențe peste o a doua frecvență predeterminată f_p .

10

Traductorul piezoelectric acționează ca un inductor într-o regiune inductivă la frecvențe cuprinse între prima și a doua frecvență predeterminată f_s , f_p . Pentru a menține oscilația optimă a traductorului și, prin urmare, eficiența maximă, curentul care trece prin traductor trebuie menținut la o frecvență în regiunea inductivă.

15

Controlerul de frecvență al dispozitivului din unele dispuneri este configurat pentru a menține frecvența de oscilație a traductorului piezoelectric (mijloacele vibrațiilor ultrasonice 5) în regiunea inductivă, pentru a maximiza eficiența dispozitivului.

20

Controlerul de frecvență este configurat pentru a efectua o operațiune de baleiaj în care controlerul de frecvență acționează traductorul la frecvențe care urmăresc progresiv o gamă de frecvențe de baleiaj predeterminată. În timp ce controlerul de frecvență efectuează baleiajul, controlerul de frecvență monitorizează o valoare de conversie analogică-digitală (ADC) a unui convertor analogic-digital care este cuplat la traductor. În unele dispuneri, valoarea ADC este un parametru al ADC care este proporțional cu tensiunea pe traductor. În alte dispuneri, valoarea ADC este un parametru al ADC care este proporțional cu curentul care trece prin traductor.

25

După cum va fi descris mai detaliat mai jos, controlerul de frecvență al unor dispuneri determină puterea activă utilizată de traductorul ultrasonic prin monitorizarea curentului care trece prin traductor.

30

În timpul operațiunii de baleiaj, controlerul de frecvență localizează regiunea inductivă a frecvenței pentru traductor. După ce controlerul de frecvență a identificat regiunea inductivă, controlerul de frecvență înregistrează valoarea ADC și blochează frecvența de acționare a traductorului la o frecvență din regiunea inductivă (respectiv între prima și a doua frecvență predeterminată f_s , f_p) pentru a optimiza cavitația ultrasonică de către traductor. Când frecvența de acționare este blocată în regiunea inductivă, factorul de cuplare electromecanică al traductorului este maximizat, maximizând astfel eficiența dispozitivului.

35

40

În unele dispuneri, controlerul de frecvență este configurat să efectueze operația de baleiaj pentru a localiza regiunea inductivă de fiecare dată când oscilația este pornită sau repornită. În dispuneri, controlerul de frecvență este configurat pentru a bloca frecvența de acționare la o nouă frecvență în regiunea inductivă de fiecare dată când este pornită oscilația și, astfel, pentru a compensa orice modificări ale parametrilor care afectează eficiența funcționării dispozitivului.

45

În unele dispuneri, controlerul de frecvență asigură pulverizarea optimă și maximizează eficiența livrării medicamentelor către utilizator. În unele dispuneri, controlerul de frecvență optimizează dispozitivul și îmbunătățește eficiența și maximizează livrarea de nicotină către utilizator.

50

În alte dispuneri, controlerul de frecvență optimizează dispozitivul și îmbunătățește eficiența oricărui alt dispozitiv care utilizează ultrasunete. În unele dispuneri, controlerul de frecvență este configurat pentru utilizarea cu tehnologia de ultrasunete pentru aplicații terapeutice pentru a extinde îmbunătățirea eliberării medicamentului dintr-un sistem de administrare a medicamentelor receptiv la ultrasunete. Având o frecvență precisă și optimă în timpul funcționării, se asigură că microbulele, nanobulele, nanopicăturile, lipozomii, emulsiile, miclele sau orice alte sisteme de administrare sunt extrem de eficiente.

55

În unele dispuneri, pentru a asigura pulverizarea optimă și livrarea optimă a compușilor descriși mai sus, controlerul de frecvență este configurat să funcționeze într-un mod recursiv. Atunci când controlerul de frecvență funcționează în modul recursiv, controlerul de frecvență aplică în mod periodic baleiajul frecvențelor în timpul funcționării dispozitivului și monitorizează valoarea ADC pentru a determina dacă valoarea ADC este peste un prag predeterminat care indică oscilația optimă a traductorului.

În unele dispuneri, controlerul de frecvență execută operațiunea de baleiaj în timp ce dispozitivul este în proces de aerosolizare a lichidului, în cazul în care controlerul de frecvență este capabil să identifice o posibilă frecvență mai bună pentru traductor. În cazul în care controlerul de frecvență identifică o frecvență mai bună, controlerul de frecvență blochează frecvența de acționare la frecvența mai bună nou identificată pentru a menține funcționarea optimă a dispozitivului.

În unele dispuneri, controlerul de frecvență aplică în mod periodic baleiajul frecvențelor pentru o durată predeterminată în timpul funcționării dispozitivului. În cazul dispozitivului din dispunerile descrise mai sus, durata predeterminată a baleiajului și perioada de timp dintre baleiaje sunt selectate pentru a optimiza funcționalitatea dispozitivului. Atunci când este implementat într- un dispozitiv de inhalare ultrasonic cu lichid pulverizat, acest lucru va asigura o livrare optimă către un utilizator pe tot parcursul inhalării utilizatorului.

Figura 8 prezintă o diagramă a funcționării controlerului de frecvență al unor dispuneri.

Următoarea dezvoltare prezintă dispuneri suplimentare ale dispozitivelor de pulverizare care cuprind multe dintre aceleași elemente ca și dispunerile descrise mai sus. Elementele dispunerilor descrise mai sus pot fi schimbate cu oricare dintre elementele dispunerilor descrise în partea rămasă a prezentei dezvoltări.

Dispozitivele de pulverizare descrise mai jos sunt utilizate cu sau sunt destinate utilizării cu un dispozitiv pentru narghilea 202, care este, de asemenea, descris mai jos. În alte dispuneri, dispozitivul pentru narghilea 202 cuprinde o multitudine de alte dispozitive de pulverizare în locul dispozitivului de pulverizare 201 descris aici.

Pentru a asigura o generare adecvată a aerosolilor, dispozitivul de pulverizare 201 din unele dispuneri cuprinde un traductor ultrasonic/piezoelectric cu diametrul exact sau de aproximativ 16 mm. Acest traductor este fabricat la valori specifice de capacitate și impedanță pentru a controla frecvența și puterea necesare pentru generarea volumului de aerosoli dorit.

Un traductor ultrasonic în formă de disc cu diametrul de 16 mm plasat orizontal ar avea ca rezultat un dispozitiv de pulverizare mare. Pentru a minimiza dimensiunea, traductorul ultrasonic al acestei dispuneri este ținut în poziție verticală în camera de sonicare (suprafața plană a traductorului ultrasonic este, în general, paralelă cu deplasarea lichidului pulverizat sub formă de aerosoli și/sau, în general, paralelă cu lungimea longitudinală a dispozitivului de pulverizare). Altfel spus, traductorul ultrasonic este, în general, perpendicular pe o bază a dispozitivului de pulverizare.

Referindu-ne acum la Figurile 9-11 din ilustrațiile însoțitoare, dispozitivul de pulverizare 201 cuprinde o carcasă a generatorului de pulverizare 204 care este alungită și formată opțional din două porțiuni de carcasă 205, 206 care sunt prinse una de cealaltă. Carcasa generatorului de pulverizare 204 cuprinde un orificiu de intrare a aerului 207 și un orificiu de ieșire a lichidului pulverizat 208.

În această dispunere, carcasa generatorului de lichid pulverizat 204 este din plastic turnat prin injecție, în special polipropilenă, care este utilizată de obicei pentru aplicații medicale. În această dispunere, carcasa generatorului de lichid pulverizat 204 are un copolimer heterofazic. Mai ales un copolimer heterofazic BF970MO, care are o combinație optimă de rigiditate foarte ridicată și rezistență ridicată la impact. Piesele carcasei generatorului de lichid pulverizat turnate cu acest material au performanțe antistatice bune.

Un copolimer heterofazic, cum ar fi polipropilena, este deosebit de potrivit pentru carcasa generatorului de lichid pulverizat 204, deoarece acest material nu provoacă condensarea aerosolului în timp ce curge din camera de sonicare 219 prin portul de ieșire a lichidului pulverizat 208. Acest material plastic poate fi, de asemenea, reciclat în mod direct cu ușurință, folosind procese industriale de mărunțire și curățare.

În Figura 10, orificiul de ieșire a lichidului pulverizat 208 este închis de un element de închidere 209. Cu toate acestea, este de apreciat faptul că atunci când este utilizat dispozitivul inhalatorului de lichid

pulverizat 200, elementul de închidere 209 este îndepărtat din orificiul de ieșire a lichidului pulverizat 208, așa cum se arată în Figura 9.

Referindu-ne acum la Figurile 12 și 13, dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 200 cuprinde un suport pentru traductor 210 care este ținut în carcasa generatorului de pulverizare 204. Suportul traductorului 210 cuprinde o porțiune de corp 211 care, în această dispunere, are formă cilindrică sau în general cilindrică, cu deschideri circulare superioare și inferioare 212, 213.

Suportul traductorului 210 este prevăzut cu un canal intern 214 pentru a primi o margine a unui traductor ultrasonic 215, așa cum se arată în Figura 13.

Suportul traductorului 210 încorporează o secțiune decupată 216 prin care un electrod 217 se extinde de la traductorul ultrasonic 215, astfel încât electrodul 217 să poată fi conectat electric la un dispozitiv de acționare c.a. al dispozitivului de tip narghilea 202, așa cum este descris mai detaliat mai jos.

Referindu-ne din nou la Figura 11, dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 cuprinde o cameră pentru lichid 218 care este prevăzută în carcasa de generare a lichidului pulverizat 204. Camera pentru lichid 218 conține un lichid care urmează să fie atomizat. În unele dispuneri, camera pentru lichid 218 conține un lichid. În alte dispuneri, camera pentru lichid 218 este goală inițial, iar camera pentru lichid este umplută ulterior cu un lichid.

Un lichid (denumit aici și lichid pentru dispozitive electronice) cu compoziție adecvată pentru utilizare într-un dispozitiv ultrasonic de generare a lichidului pulverizat 201 din unele dispuneri constă dintr-o sare de nicotină constând din levulinat de nicotină, în care:

Cantitatea relativă de glicerină vegetală din compoziție este: de la 55 la 80 % (g/g) sau de la 60 la 80 % (g/g) sau de la 65 la 75 % (g/g) sau 70 % (g/g); și/ sau cantitatea relativă de propilenglicol din compoziție este: de la 5 la 30 % (g/g) sau de la 10 la 30 % (g/g) sau de la 15 la 25 % (g/g) sau 20 % (g/g); și/sau cantitatea relativă de apă din compoziție este: de la 5 la 15 % (g/g) sau de la 7 la 12 % (g/g) sau 10 % (g/g); și/sau

Cantitatea de nicotină și/sau sare de nicotină din compoziție este: de la 0,1 la 80 mg/ml sau de la 0,1 la 50 mg/ml sau de la 1 la 25 mg/ml sau de la 10 la 20 mg/ml sau 17 mg/ml.

În unele dispuneri, dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 conține un lichid pentru dispozitive electronice cu o viscozitate cinematică între 1,05 Pa•s și 1,412 Pa•s.

În unele dispuneri, camera pentru lichid 218 conține un lichid cuprinzând o sare de levulinat de nicotină într-un raport molar de 1:1.

În unele dispuneri, camera pentru lichid 218 conține un lichid pentru dispozitive electronice care cuprinde nicotină, propilenglicol, glicerină vegetală, apă și arome. În unele exemple, concentrația % a fiecărei componente în lichidul pentru dispozitive electronice este prezentată mai jos în Tabelul 1, Tabelul 2, Tabelul 3 sau Tabelul 4.

Tabelul 1: Concentrația % a fiecărei componente din lichidul pentru dispozitive electronice (lichidul pentru dispozitive electronice 1).

Componentă	% (g/g)
Propilenglicol	15,1
Glicerină vegetală	70
Apă	10
Nicotină	1,7
Acid levulinic	0,2
Arome	3

Tabelul 2: Concentrația % a fiecărei componente din lichidul pentru dispozitive electronice (lichidul pentru dispozitive electronice 2). (Aproximativ, raportul molar de 2:1 dintre acidul levulinic și nicotină.)

Componentă	% (g/g)
Propilenglicol	12,87
Glicerină vegetală	70
Apă	10
Nicotină	1,7
Acid levulinic	2,43
Arome	3

5

Tabelul 3: Concentrația % a fiecărei componente din lichidul pentru dispozitive electronice (lichidul pentru dispozitive electronice 3). (Aproximativ, raport molar de 1:1 între acid levulinic și nicotină.)

Componentă	% (g/g)
Propilenglicol	14,08
Glicerină vegetală	70
Apă	10
Nicotină	1,7
Acid levulinic	1,22
Arome	3

10

Tabelul 4: Concentrația % a fiecărei componente în lichidul pentru dispozitive electronice (lichidul pentru dispozitive electronice 4). (Aproximativ, raport molar de 3:1 între acid levulinic și nicotină.)

Componentă	% (g/g)
Propilenglicol	11,64
Glicerină vegetală	70
Apă	10
Nicotină	1,7
Acid levulinic	3,66
Arome	3

15

În exemplele nelimitative, nicotina din soluție este total sau parțial sub formă de levulinat de nicotină.

20

Sarea de levulinat de nicotină se formează prin combinarea nicotinei și a acidului levulinic în soluție. Acest lucru duce la formarea levulinatului de nicotină pe bază de sare, care cuprinde un anion de levulinat și un cation de nicotină.

25

Concentrația % de nicotină din lichidul pentru dispozitive electronice prezentată în Tabelul 1, Tabelul 2, Tabelul 3 și Tabelul 4 este aproximativ echivalentă cu 17 mg/ml.

În unele dispuneri, camera pentru lichid 218 conține un lichid cu o vâscozitate cinematică cuprinsă între 1,05 Pa•s și 1,412 Pa•s și o densitate a lichidului între 1,1 g/ml și 1,3 g/ml.

În unele dispuneri, lichidul din camera lichidului 218 cuprinde o aromă (de exemplu, o aromă de fructe) care este gustată de un utilizator atunci când utilizatorul inhalează lichidul pulverizat generat de dispozitivul de tip narghilea.

Prin utilizarea unui lichid pentru dispozitive electronice cu parametrii corecți de vâscozitate, densitate și cu un volum țintă dorit de pulverizare a lichidului în aer, s-a constatat că intervalul de frecvență de la 2,8 MHz la 3,2 MHz pentru un interval de vâscozitate a lichidului de 1,05 Pa•s și 1,412 Pa•s și densitatea de aproximativ 1,1-1,3 g/ml (se obține intervalul de densitate de la Hertz) produce un volum de picături în care 90 % din picături sunt sub 1 micron și 50 % dintre acestea sunt mai mici de 0,5 microni.

Dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 cuprinde o cameră de sonicare 219 care este prevăzută în carcasa generatorului de lichid pulverizat 204.

Revenind la figurile 12 și 13, suportul traductorului 210 cuprinde o porțiune de separator 220 care asigură o barieră între camera lichidului 218 și camera de sonicare 219. Barierea furnizată de porțiunea de divizare 220 minimizează riscul ca respectiva cameră de sonicare 219 să fie inundată cu lichid din camera pentru lichid 218 sau ca un element capilar peste traductorul ultrasonic 215 să devină suprasaturat, oricare dintre care ar supraîncărca și reduce eficiența traductorului ultrasonic 215. Mai mult decât atât, inundarea camerei de sonicare 219 sau suprasaturarea elementului capilar ar putea provoca, de asemenea, o experiență neplăcută cu lichidul aspirat de utilizator în timpul inhalării. Pentru a atenua acest risc, porțiunea de divizare 220 a suportului traductorului 210 stă ca un perete între camera de sonicare 219 și camera pentru lichid 218.

Porțiunea despărțitoare 220 cuprinde un orificiu capilar 221, care este singurul mijloc prin care lichidul poate curge din camera pentru lichid 218 în camera de sonicare 219, printr-un element capilar. În această dispunere, orificiul capilar 221 este o fantă alungită cu o lățime de 0,2 mm până la 0,4 mm.

Dimensiunile orificiului capilar 221 sunt astfel încât marginile deschiderii capilare 221 să furnizeze o forță de polarizare care acționează asupra unui element capilar care se extinde prin deschiderea capilară 221 pentru un control suplimentar al fluxului de lichid către camera de sonicare 219.

În această dispunere, suportul traductorului 210 este din cauciuc siliconic lichid (LSR). În această dispunere, cauciucul siliconic lichid are o duritate Shore A 60. Acest material LSR se asigură că traductorul ultrasonic 215 vibrează fără ca suportul traductorului 210 să atenueze vibrațiile. În această dispunere, deplasarea vibratorie a traductorului ultrasonic 215 este de 2-5 nanometri și orice efect de amortizare poate reduce eficiența traductorului ultrasonic 215. Prin urmare, acest material LSR și duritatea sunt selectate pentru performanțe optime, cu compromisuri minime.

Referindu-ne acum la Figurile 14 și 15, dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 cuprinde un capilar sau element capilar 222 pentru transferul unui lichid (care conține un medicament sau altă substanță) din camera pentru lichid 218 în camera de sonicare 219. Elementul capilar 222 este planar sau în general planar cu o primă porțiune 223 și o a doua porțiune 224. În această dispunere, prima porțiune 223 are o formă dreptunghiulară sau în general dreptunghiulară, iar cea de-a doua porțiune 224 are o formă parțial circulară.

În această dispunere, elementul capilar 222 cuprinde o a treia porțiune 225 și o a patra porțiune 226, care au forme identice cu prima și a doua porțiune 223, 224. Elementul capilar 222 al acestei dispuneri este pliat în jurul unei linii de pliure 227 astfel încât prima și a doua porțiune 223, 224 și a treia și a patra porțiune 225, 226 să fie suprapuse una peste alta, așa cum se arată în Figura 15.

În această dispunere, elementul capilar are o grosime de aproximativ 0,28 mm. Atunci când elementul capilar 222 este pliat pentru a avea două straturi, așa cum se arată în Figura 15, grosimea totală a elementului capilar este de aproximativ 0,56 mm. Acest strat dublu asigură, de asemenea, că există întotdeauna suficient lichid pe traductorul ultrasonic 215 pentru o generare optimă de aerosoli.

În această dispunere, atunci când elementul capilar 222 este pliat, capătul inferior al primei și celei de-a treia părți 223, 225 definește un capăt inferior mărit 228 care mărește suprafața elementului capilar 222 în porțiunea elementului capilar 222 care se află în lichid în camera pentru lichid 218 pentru a maximiza viteza cu care elementul capilar 222 absoarbe lichidul.

În această dispunere, elementul capilar 222 este 100 % fibră de bambus. În alte dispuneri, elementul capilar este de cel puțin 75 % fibră de bambus. Beneficiile utilizării fibrei de bambus ca element capilar sunt cele descrise mai sus.

5 Referindu-ne acum la Figurile 16 și 17, elementul capilar 222 este reținut de suportul traductorului 210 astfel încât suportul traductorului 210 reține a doua porțiune 224 a elementului capilar 222 suprapusă pe o parte a unei suprafețe de atomizare a traductorului ultrasonic 215. În această dispunere, a doua porțiune circulară 224 se află în adâncitura interioară 214 a suportului traductorului 210.

10 Prima porțiune 223 a elementului capilar 222 se extinde prin deschiderea capilară 221 din suportul traductorului 210.

15 Referindu-ne acum la Figurile 18 la 20, a doua porțiune 206 a carcasei generatorului de lichid pulverizat 204 cuprinde un perete în general circular 229 care primește suportul traductorului 222 și face parte din peretele camerei de sonicare 219.

20 Deschiderile de contact 230 și 231 sunt prevăzute într-un perete lateral al celei de-a doua porțiuni 206 pentru primirea contactelor electrice 232 și 233 care formează conexiuni electrice cu electrozii traductorului ultrasonic 215.

În această dispunere, un vârf absorbant sau un element absorbant 234 este prevăzut adiacent orificiului de ieșire a lichidului pulverizat 208 pentru a absorbi lichidul la orificiul de ieșire a lichidului pulverizat 208. În această dispunere, elementul absorbant 234 este din fibră de bambus.

25 Referindu-ne acum la Figurile 21 la 23, prima porțiune 205 a carcasei generatorului de lichid pulverizat 204 are o formă similară cu a doua porțiune 206 și cuprinde o altă porțiune de perete în general circulară 235 care formează o porțiune suplimentară a peretelui camerei de sonicare 219 și reține suportul traductorului 210.

30 În această dispunere, un alt element absorbant 236 este prevăzut adiacent orificiului de ieșire a lichidului pulverizat 208 pentru a absorbi lichidul la orificiul de ieșire a lichidului pulverizat 208.

35 În această dispunere, prima porțiune 205 a carcasei generatorului de lichid pulverizat 204 cuprinde o dispunere de susținere a arcului 237 care susține capătul inferior al unui arc de reținere 238, așa cum se arată în Figura 24.

40 Un capăt superior al arcului de reținere 238 intră în contact cu cea de-a doua porțiune 224 a elementului capilar 222, astfel încât arc de reținere 238 oferă o forță de polarizare care deplasează elementul capilar 222 pe suprafața de atomizare a traductorului ultrasonic 215.

Referindu-ne la Figura 25, suportul traductorului 210 este prezentat în poziție și este reținut de a doua porțiune 206 a carcasei generatorului de lichid pulverizat 204, înainte ca cele două porțiuni 205, 206 ale carcasei generatorului de lichid pulverizat 204 să fie atașate una la cealaltă.

45 Referindu-ne la Figurile 26-29, în această dispunere, dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 cuprinde un dispunere de identificare 239. Dispunerea de identificare 239 cuprinde o placă de circuite imprimate 240 având contactele electrice 241 prevăzute pe o parte și un circuit integrat 242 și o altă componentă opțională 243 prevăzută pe cealaltă parte.

50 Circuitul integrat 242 are o memorie care stochează un identificator unic pentru dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201. Contactele electrice 241 asigură o interfață electronică pentru comunicarea cu circuitul integrat 242.

55 Placa de circuite imprimate 240 este, în această dispunere, montată într-o adâncitură 244 pe o parte a carcasei generatorului de lichid pulverizat 204. Circuitul integrat 242 și alte componente electronice opționale 243 se află într-o adâncitură suplimentară 245, astfel încât placa de circuit imprimat 240 să fie, în general, la același nivel cu partea laterală a carcasei generatorului de lichid pulverizat 204.

În această dispunere, circuitul integrat 242 este un dispozitiv programabil cu o singură utilizare (OTP) care oferă o caracteristică anti- contrafacere care permite utilizarea cu dispozitivul numai a dispozitivelor generatoare de lichid pulverizat autentice de la producător. Această caracteristică anti-
5 contrafacere este implementată în dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 ca un circuit integrat (CI) specific personalizat care este legat (cu placa de circuit imprimat 240) la dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201. OTP ca IC conține o informație cu adevărat unică care permite o trasabilitate completă a dispozitivului de generare a lichidului pulverizat 201 (și a conținutului acestuia) pe durata sa de viață, precum și o monitorizare precisă a consumului de către utilizator. OTP IC permite dispozitivului de generare a lichidului pulverizat 201 să funcționeze pentru a genera lichid pulverizat numai atunci când este
10 autorizat.

OTP, ca o caracteristică, dictează starea autorizată a unui dispozitiv specific de generare a lichidului pulverizat 201. Într-adevăr, pentru a preveni emisiile de carbonili și pentru a menține aerosolul la standarde sigure, experimentele au arătat că dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 este
15 considerat gol de lichid în camera pentru lichid 218 după aproximativ 1.000 de secunde de aerosolizare. În acest fel, un dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201 care nu este autentic sau gol nu va putea fi activat după această durată predeterminată de utilizare.

OTP, ca o caracteristică, poate face parte dintr-un lanț complet cu conjuncția punctului de vânzare digital, a aplicației mobile însoțitoare și a dispozitivului de generare a lichidului pulverizat 201. Numai un dispozitiv de generare a lichidului pulverizat autentic 201 fabricat de o parte de încredere și vândut la punctul de vânzare digital poate fi utilizat în dispozitivul de tip narghilea

202. OTP IC este citit de dispozitivul de tip narghilea 202, care recunoaște dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201.

În unele dispuneri, OTP IC este de unică folosință în același mod ca dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201. Ori de câte ori dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 este considerat gol, acesta nu va fi activat dacă este introdus într-un dispozitiv de tip narghilea 202. În mod similar, un dispozitiv de generare a lichidului pulverizat contrafăcut 201 nu ar fi funcțional în dispozitivul de tip
30 narghilea 202.

Referindu-ne acum la figura 30 din ilustrațiile însoțitoare, dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde mai multe microcipuri cu dispozitiv de acționare al traductorului ultrasonic, fiecare dintre acestea fiind denumit aici circuit integrat de gestionare a energiei sau PMIC 300. Fiecare PMIC 300 este un
35 microcip pentru acționarea unui traductor ultrasonic 215 respectiv într-unul dintre dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201. În exemplele acestei dezvăluiri, numărul de PMIC din dispozitivul de tip narghilea 202 corespunde numărului de dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201 care sunt destinate utilizării cu dispozitivul de tip narghilea 202. În exemplul descris mai jos, există patru dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201, iar dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde patru PMIC - uri 300 corespunzătoare.
40 În alte exemple de realizare, dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde două până la opt unități PMIC 300 care sunt configurate să acționeze două până la opt dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201 care sunt cuplate la dispozitivul de tip narghilea 202.

În această dezvăluire, termenii cip, microcip și circuit integrat sunt interschimbabili. Microcipul sau circuitul integrat este o singură unitate care cuprinde mai multe componente și subsisteme încorporate interconectate.

Microcipul este, de exemplu, cel puțin parțial dintr-un semiconductor, cum ar fi siliciul, și este fabricat folosind tehnici de fabricare a semiconductorilor.

Dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde, de asemenea, mai multe microcipuri secundare, fiecare dintre acestea fiind denumit în prezentul document circuit integrat de tip punte sau IC 301 punte. Fiecare punte IC 301 este conectată electric la una dintre unitățile PMIC 300. Fiecare punte IC 301 este un microcip pentru acționarea unui traductor ultrasonic 215 respectiv într-unul dintre dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201. În exemplele acestei dezvăluiri, numărul de circuite integrate de punte 301 din dispozitivul
50 de tip narghilea 202 corespunde numărului de dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201 care sunt destinate utilizării cu dispozitivul de tip narghilea 202. Fiecare punte IC 301 este o singură unitate care cuprinde mai multe componente și subsisteme încorporate interconectate. În exemplul descris mai jos, există patru circuite integrate de punte 301, iar dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde patru unități PMIC 300 corespunzătoare.
55

În acest exemplu, fiecare unitate PMIC 300, respectiv IC 301 al punții sale conectate, este montată pe același PCB al dispozitivului de tip narghilea 202. După cum este descris mai jos, fiecare punte IC 301 este conectată la PMIC 300 respectiv prin conexiuni pe un PCB și nu printr-o magistrală de comunicații (de exemplu, magistrala I2C descrisă mai jos). În acest exemplu, dimensiunile fizice ale PMIC 300 sunt de 1-3 mm lățime și 1-3 mm lungime, iar dimensiunile fizice ale punții IC 301 sunt de 1-3 mm lățime și 1-3 mm lungime.

Pentru simplitate, figura 43 prezintă doar un PMIC 300 și un IC de punte 301, iar următoarea descriere se referă la un singur PMIC 300 și un IC de punte 301. Cu toate acestea, trebuie apreciat faptul că dispozitivul de tip narghilea 202 încorporează mai multe unități PMIC 300 și mai multe circuite integrate de punte respective 301 care sunt conectate în aceeași configurație ca aceea prezentată în figura 43. După cum este descris mai jos, fiecare PMIC 300 este conectat la o magistrală de comunicații (I2C) 302, astfel încât fiecare unitate PMIC 300 poate fi controlată independent de semnalele de la un microcontroler 303 care sunt trimise prin magistrala de comunicații 302.

Așa cum s-a descris mai sus, dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 cuprinde un circuit integrat programabil sau programabil o singură dată sau OTP IC 242. Atunci când dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 este cuplat la dispozitivul de tip narghilea 202, OTP IC este conectat electric la PMIC 300 pentru a primi energie de la PMIC 300 astfel încât PMIC 300 să poată gestiona tensiunea furnizată către OTP IC 242. OTP IC 242 este, de asemenea, conectat la o magistrală de date sau la o magistrală de comunicații 302 în dispozitivul de tip narghilea 202. În acest exemplu, magistrala de comunicații 302 este o magistrală I2C, dar, în alte exemple, magistrala de comunicații 302 este un alt tip de magistrală de date.

Traductorul ultrasonic 215 din dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 este conectat electric la puntea IC 301, astfel încât traductorul ultrasonic 215 să poată fi acționat de un semnal de acționare AC generat de puntea IC 301 atunci când este utilizat dispozitivul de tip narghilea 202.

Dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde un procesor sub forma microcontrolerului 303 care este cuplat electric pentru comunicarea cu magistrala de comunicații 302. În acest exemplu, microcontrolerul 303 este un microcontroler Bluetooth™ cu consum redus de energie (BLE). Microcontrolerul 303 este alimentat de un regulator de tensiune neregulată (LDO) 304 care este acționat de o baterie sau, în acest exemplu, de o sursă de alimentare externă. LDO 304 furnizează o tensiune reglată stabilă microcontrolerului 303 pentru a permite microcontrolerului 303 să funcționeze constant chiar și atunci când există o variație a tensiunii bateriei sau a altei surse de alimentare.

Dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde un regulator de tensiune sub forma unui convertor de impuls c.c.-c.c. 305 care este alimentat de baterie sau de o sursă de alimentare externă. În figura 43 este prezentat un singur convertor de amplificare c.c.-c.c. 305, dar în unele exemple dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde mai multe convertitoare de amplificare c.c.-c.c. 305 care furnizează fiecare energie unuia dintre circuitele integrate de punte 301. În alte exemple, dispozitivul de tip narghilea 305 cuprinde un singur convertor de amplificare c.c.-c.c. 305 care este configurat pentru a furniza energie fiecăruia dintre circuitele integrate de punte 301.

Convertorul de amplificare 305 crește tensiunea bateriei sau a sursei de alimentare la o tensiune VBOOST programabilă. Tensiunea programabilă VBOOST este setată de convertorul de amplificare 305 ca răspuns la un semnal de control al tensiunii VCTL de la PMIC 300. După cum va fi descris mai detaliat mai jos, convertorul de amplificare 305 emite tensiunea VBOOST către puntea IC 301. În alte exemple, regulatorul de tensiune este un convertor de coborâre a tensiunii sau un alt tip de regulator de tensiune care emite o tensiune selectabilă.

Semnalul de control al tensiunii VCTL este generat de un convertor digital-analogic (DAC) care, în acest exemplu, este implementat în cadrul PMIC 300. DAC nu este vizibil în figura 30, deoarece DAC este integrat în PMIC 300.

DAC și beneficiile tehnice ale integrării DAC în PMIC 300 sunt descrise în detaliu mai jos.

În acest exemplu, PMIC 300 este conectat la un conector al sursei de alimentare 306, astfel încât PMIC 300 să poată primi o tensiune de încărcare VCHRG atunci când conectorul sursei de alimentare 306 este cuplat la un încărcător USB. În alte exemple, PMIC 300 este conectat la o priză de alimentare diferită, ceea ce permite dispozitivului de tip narghilea 202 să fie conectat și să fie alimentat de o sursă de alimentare externă.

Dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde un prim senzor de presiune 307 care, în acest exemplu, este un senzor de presiune statică. Dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde, de asemenea, un al doilea senzor de presiune 308 care, în acest exemplu, este un senzor de presiune dinamică. Cu toate acestea, în alte exemple, dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde doar unul dintre cei doi senzori de presiune 307, 308. Senzorii de presiune 307, 308 detectează o modificare a presiunii aerului pentru a detecta când un utilizator extrage narghilea și trage aer prin dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201.

În acest exemplu, dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde mai multe leduri 308 care sunt controlate de PMIC 300. În alte exemple, unul sau mai multe leduri 308 sunt omise.

Microcontrolerul 303 funcționează ca un dispozitiv principal pe magistrala de comunicații 302, PMIC 300 fiind un prim dispozitiv secundar, OTP IC 242 fiind un al doilea dispozitiv secundar, al doilea senzor de presiune 308 fiind un al treilea dispozitiv secundar și primul senzor de presiune 307 fiind un al patrulea dispozitiv secundar. Fiecare unitate PMIC 300 suplimentară din unitățile PMIC 300 este un alt dispozitiv secundar de pe magistrala de comunicații 302.

Magistrala de comunicații 302 permite microcontrolerului 303 să controleze următoarele funcții în dispozitivul de tip narghilea 202:

Toate funcțiile fiecărui PMIC 300 pot fi configurate de microcontrolerul 303.

1. Curentul care trece prin traductorul ultrasonic 215 este detectat de un senzor de lățime de bandă mare și de un circuit redresor la o tensiune ridicată în mod comun (partea superioară a punții). Curentul detectat este convertit într-o tensiune proporțională cu curentul rms și furnizat ca tensiune tamponată la un pin de ieșire de detectare a curentului 309 al punții IC 301. Această tensiune este alimentată și eșantionată în PMIC 300 și pusă la dispoziție ca reprezentare digitală prin solicitări I2C. Detectarea curentului care trece prin traductorul ultrasonic 215 face parte din funcționalitatea rezonantă de urmărire a frecvenței. Așa cum este descris în prezentul document, capacitatea dispozitivului de a permite această funcționalitate în cadrul punții IC 301 oferă beneficii tehnice semnificative.

2. Unitatea DAC (nu este prezentată în figura 30) integrată în PMIC 300 permite ca tensiunea VBOOST a convertorului de amplificare c.c.-c.c. să fie programată pentru a fi cuprinsă între 10 V și 20 V.

3. Microcontrolerul 303 permite subsistemului încărcătorului dispozitivului 202 să gestioneze încărcarea unei baterii, care poate fi o baterie cu o singură celulă.

4. Un modul de acționare a diodei electroluminiscente (LED) (nu este prezentat) este alimentat de PMIC 300 pentru a conduce și a diminua în mod digital ledurile 308 fie în modul liniar, fie în modul corectat gama.

5. Microcontrolerul 303 este capabil să citească valorile senzorului Presiune nr. 1 și Presiune nr. 2 de la senzorii de presiune 307, 308.

Referindu-ne acum la figura 31 din ilustrațiile însoțitoare, fiecare PMIC 300 este, în acest exemplu, un cip autonom sau un circuit integrat care cuprinde subsisteme integrate și mai mulți pini care furnizează intrări și ieșiri electrice către PMIC 300. Referințele la un circuit integrat sau la un cip din prezenta dezvăluire sunt interschimbabile și oricare termen cuprinde un dispozitiv semiconductor care poate, de exemplu, să fie din siliciu.

PMIC 300 cuprinde un miez analogic 310 care cuprinde componente analogice incluzând un bloc de referință (BG) 311, o unitate LDO 312, un senzor de curent 313, un senzor de temperatură 314 și un oscilator 315.

După cum este descris mai detaliat mai jos, oscilatorul 315 este cuplat la o buclă blocată cu întârziere (DLL) care emite fazele A și B ale modulației lățimii impulsului (PWM). Oscilatorul 315 și DLL generează o ieșire PWM aliniată la centru în două faze, care acționează o punte H în puntea IC 301.

DLL cuprinde mai multe linii de întârziere conectate de la un capăt la altul, în care întârzierea totală a liniilor de întârziere este egală cu perioada semnalului principal de ceas clk_m. În acest exemplu, DLL este implementat într-un subsistem de procesor digital, denumit aici un miez digital 316, al PMIC 300 care primește un semnal de ceas de la oscilatorul 315 și o tensiune de alimentare reglată de la LDO 312. DLL este implementat într-un număr mare (de exemplu, de ordinul milioanelor) de porți de întârziere care sunt conectate de la un capăt la altul în miezul digital 316.

Implementarea oscilatorului 315 și a DLL în același circuit integrat al PMIC 300 pentru a genera un semnal PWM aliniat la un centru bifazic este unică, deoarece în prezent nicio componentă generatoare de semnal de pe piața circuitelor integrate nu cuprinde această implementare.

După cum este descris aici, PWM face parte din funcționalitatea care permite dispozitivului de tip narghilea 202 să urmărească cu precizie frecvența de rezonanță a traductorului ultrasonic 215 pentru a menține un transfer eficient de la energia electrică la energia cinetică cu scopul de a optimiza generarea de lichid pulverizat.

În acest exemplu, PMIC 300 cuprinde un circuit de încărcare 317 care controlează încărcarea unei baterii, de exemplu prin alimentarea de la o sursă de alimentare USB.

PMIC 300 cuprinde un comutator de alimentare integrat VSYS care configurează PMIC 300 pentru a alimenta miezul analogic 310 prin alimentare de la o baterie sau prin alimentare de la o sursă de alimentare externă.

PMIC 300 cuprinde un subsistem încorporat al unui convertor analogic- digital (ADC) 318. Implementarea ADC 318 împreună cu oscilatorul 315 în același circuit integrat este, în sine, unică, deoarece nu există niciun alt circuit integrat pe piața circuitelor integrate care să cuprindă un oscilator și un ADC implementate ca sub-blocuri în cadrul circuitului integrat. Într-un dispozitiv convențional, o unitate ADC este de obicei furnizată ca o componentă separată de un oscilator, cu ADC și oscilator separate montate pe același PCB. Problema cu această dispunere convențională este că acele două componente separate ale ADC și oscilatorului ocupă spațiu inutil pe PCB. O altă problemă este că ADC și oscilatorul convențional sunt de obicei conectate între ele printr-o magistrală serială de comunicații de date, cum ar fi o magistrală I2C, care are o viteză de comunicație limitată de până la numai 400 kHz. Spre deosebire de dispozitivele convenționale, PMIC 300 cuprinde ADC 318 și oscilatorul 315 integrat în același circuit integrat care elimină orice întârziere în comunicarea dintre ADC 318 și oscilatorul 315, ceea ce înseamnă că ADC 318 și oscilatorul 315 pot comunica între ele la viteză mare, cum ar fi la viteza oscilatorului 315 (de exemplu, 3 MHz până la 5 MHz).

În PMIC 300 din acest exemplu, oscilatorul 315 rulează la 5 MHz și generează un semnal de ceas SYS CLOCK la 5 MHz. Cu toate acestea, în alte exemple, oscilatorul 315 generează un semnal de ceas la o frecvență mult mai mare de până la 105 MHz. Circuitele integrate descrise aici sunt toate configurate să funcționeze la frecvența înaltă a oscilatorului 315.

ADC 318 cuprinde mai multe terminale de intrare de feedback sau intrări analogice 319 care cuprind mai multe intrări GPIO (IF_GPIO1-3). Cel puțin unul dintre terminalele de intrare de feedback sau intrările analogice 319 primește un semnal de feedback de la un circuit de punte H din IC 301 a punții, semnalul de feedback indicând un parametru al funcționării circuitului de punte H sau un semnal de acționare cu curent alternativ atunci când circuitul de punte H acționează un circuit rezonant, cum ar fi traductorul ultrasonic 215, cu semnalul de acționare c.a.. După cum este descris mai jos, intrările GPIO sunt utilizate pentru a recepționa un semnal de detectare a curentului de la IC 301 al punții, care arată curentul pătrat mediu (rms) al traseului raportat de IC 301 al punții. În acest exemplu, una dintre intrările GPIO este un terminal de intrare a feedbackului care primește un semnal de feedback de la puntea H din puntea IC 301.

Subsistemul ADC 318 eșantionează semnale analogice recepționate la terminalele de intrare ADC 319 la o frecvență de eșantionare care este proporțională cu frecvența semnalului de ceas principal. Subsistemul ADC 318 generează apoi semnale digitale ADC utilizând semnalele analogice eșantionate.

În acest exemplu, ADC 318, care este încorporat în PMIC 300, eșantionează nu numai curentul RMS care trece prin puntea H 334 și traductorul ultrasonic 215, ci și tensiunile disponibile în sistem (de exemplu, VBAT, VCHRG, VBOOST), temperatura PMIC 300, temperatura unei baterii și intrările GPIO (IF_GPIO1-3) care permit extensii viitoare.

Miezul digital 316 primește semnalele digitale generate de ADC de la subsistemul ADC și procesează semnalele digitale ADC pentru a genera semnalul de control al dispozitivului de acționare. Miezul digital 316 comunică semnalul de control al dispozitivului de acționare către subsistemul generator de semnal PWM (DLL 332) pentru a controla subsistemul generator de semnal PWM.

Circuitele de rectificare existente pe piață astăzi au o lățime de bandă foarte limitată (de obicei mai mică de 1 MHz). Deoarece oscilatorul 315 al PMIC 300 rulează până la 5 MHz sau chiar până la 105 Mhz, un circuit redresor cu lățime de bandă mare este implementat în PMIC 300. După cum se va descrie mai jos, detectarea curentului RMS într-o punte H a punții IC 301 face parte dintr-o buclă de feedback care permite dispozitivului de tip narghilea 202 să acționeze traductorul ultrasonic 215 cu o precizie ridicată. Bucla de feedback a revoluționat domeniul acționării traductoarelor cu ultrasunete, deoarece se adaptează la orice variație de proces în producția de traductoare piezoelectrice (variații ale frecvențelor de rezonanță) și compensează efectele de temperatură ale frecvenței de rezonanță. Acest lucru se realizează, în parte, prin realizarea inventivă a integrării ADC 318, oscilatorului 315 și DLL în același circuit integrat al PMIC 300. Integrarea permite acestor subsisteme să comunice între ele la viteză mare (de exemplu, la frecvența de ceas de 5 MHz sau până la 105 MHz). Reducerea decalajului dintre aceste subsisteme a revoluționat domeniul echipamentelor ultrasonice, în special în domeniul dispozitivelor generatoare de lichid pulverizat.

ADC 318 cuprinde o intrare de monitorizare a tensiunii bateriei VBAT și o intrare de monitorizare a tensiunii de intrare a încărcătorului VCHG, precum și intrări de monitorizare a tensiunii VMON și VRTH, precum și o intrare de monitorizare a temperaturii TEMP.

Intrarea de monitorizare a temperaturii TEMP primește un semnal de temperatură de la senzorul de temperatură 314 care este încorporat în PMIC 300. Acest lucru permite PMIC 300 să detecteze cu precizie temperatura reală din PMIC 300, astfel încât PMIC 300 să poată detecta orice defecțiune din PMIC 300, precum și funcționarea defectuoasă a altor componente de pe placa de circuite imprimate care afectează temperatura PMIC 300. PMIC 300 poate controla apoi puntea IC 301 pentru a preveni excitația traductorului ultrasonic 215 în cazul în care există o defecțiune, pentru a menține siguranța dispozitivului de inhalare a lichidului pulverizat 200 și, prin urmare, siguranța dispozitivului de tip narghilea 202.

Intrarea suplimentară a senzorului de temperatură VRTH primește un semnal de detectare a temperaturii de la un senzor de temperatură extern din dispozitivul de tip narghilea 202, care monitorizează temperatura din dispozitivul de tip narghilea 202. Astfel, PMIC 300 poate reacționa la oprirea dispozitivului de tip narghilea 202 pentru a reduce riscul de deteriorare cauzat de o temperatură de funcționare excesiv de ridicată.

PMIC 300 cuprinde un dispozitiv de acționare LED 320 care, în acest exemplu, primește un semnal de unitate digitală de la miezul digital 316 și furnizează semnale de ieșire a unității LED către șase leduri 321-326 care sunt configurate pentru a fi cuplate la pinii de ieșire ai PMIC 300. Astfel, driverul LED 320 poate acționa și diminua intensitatea ledurilor 321-326 în până la șase canale independente.

PMIC 300 cuprinde un prim convertor digital în analogic (DAC) 327 care convertește semnalele digitale din PMIC 300 într-un semnal analogic de control al tensiunii care este emis de PMIC 300 printr-un pin de ieșire VDAC0. Primul DAC 327 convertește un semnal de comandă digital generat de miezul digital 316 într-un semnal analogic de control al tensiunii care este emis prin pinul de ieșire VDAC0 pentru a controla un circuit de reglare a tensiunii, cum ar fi convertorul de impuls 305. Semnalul de control al tensiunii controlează astfel circuitul regulatorului de tensiune pentru a genera o tensiune predeterminată pentru modulare de către circuitul punții H pentru a acționa traductorul ultrasonic 215 ca răspuns la semnalele de feedback care indică funcționarea traductorului ultrasonic 215.

În acest exemplu, PMIC 300 cuprinde o a doua unitate DAC 328 care convertește semnalele digitale din PMIC 300 într-un semnal analogic care este emis de PMIC 300 printr-un al doilea pin de ieșire analogic VDAC1.

5 Încorporarea unităților DAC 327, 328 în același microcip ca și celelalte subsisteme ale PMIC 300 permite unităților DAC 327, 328 să comunice cu miezul digital 316 și cu alte componente din PMIC 300 la viteză mare, fără întârziere de comunicare sau cu întârzieri minime de comunicare. Unitățile DAC 327, 328 furnizează ieșiri analogice care controlează buclele de feedback externe. De exemplu, primul DAC 327 furnizează semnalul de control VCTL către convertorul de impuls 305 pentru a controla funcționarea
10 convertorului de impuls 305. În alte exemple, DAC-urile 327, 328 sunt configurate pentru a furniza un semnal de acționare către un convertor de coborâre a tensiunii c.c.-c.c. în locul sau în plus față de convertorul de impuls 305. Integrarea celor două canale DAC independente în PMIC 300 permite PMIC 300 să manipuleze bucla de feedback a oricărui regulator utilizat în dispozitivul de tip narghilea 202 și permite dispozitivului de tip narghilea 202 să regleze puterea de sonicare a traductorului ultrasonic 215 sau
15 să stabilească praguri analogice pentru setările absolute de curent și temperatură maximă ale traductorului ultrasonic 215.

PMIC 300 cuprinde o interfață de comunicație serială care, în acest exemplu, este o interfață I2C care încorporează adrese I2C externe setate prin pini.

20 PMIC 300 cuprinde, de asemenea, diferite blocuri funcționale care includ o mașină digitală (FSM) pentru a implementa funcționalitatea microcipului. Aceste blocuri vor fi descrise mai detaliat mai jos.

Referindu-ne acum la figura 32 din ilustrațiile însoțitoare, un subsistem generator de semnal de modulație a lății impulsului (PWM) 329 este încorporat în PMIC 300. Sistemul generator PWM 329 cuprinde oscilatorul 315 și divizorul de frecvență 330, un multiplexor 331 și o buclă blocată cu întârziere (DLL) 332. Așa cum va fi descris mai jos, sistemul generator PWM 329 este un generator PWM aliniat central în două faze.

30 Divizorul de frecvență 330, multiplexorul 331 și DLL 332 sunt implementate în componente logice digitale (de exemplu, tranzistoare, porți logice etc.) din miezul digital 316.

În exemplele acestei dezvăluiri, gama de frecvență care este acoperită de oscilatorul 315 și, respectiv, de sistemul generator PWM 329 este de 50 kHz până la 5 MHz sau până la 105 MHz. Precizia de frecvență a sistemului generator PWM 329 este de $\pm 1\%$, iar temperatura de propagare este de $\pm 1\%$. Pe piața CI de astăzi, niciun CI nu are un oscilator încorporat și un generator PWM aliniat central bifazat care să poată oferi un interval de frecvență de la 50 kHz la 5 MHz sau până la 105 MHz.

Oscilatorul 315 generează un semnal principal de ceas (clk_m) cu o frecvență de 50 kHz până la 5 MHz sau până la 105 MHz. Ceasul principal clk_m este introdus în divizorul de frecvență 330 care împarte frecvența ceasului principal clk_m la una sau mai multe valori predeterminate ale divizorului. În acest exemplu, divizorul de frecvență 330 împarte frecvența ceasului principal clk_m la 2, 4, 8 și 16 și furnizează ceasurile de frecvență divizate ca ieșiri către multiplexorul 331. Multiplexorul 331 multiplexează ceasurile de frecvență divizate și asigură o ieșire de frecvență divizată către DLL 332. Acest semnal care este transmis către DLL 332 este un semnal de referință de frecvență care controlează DLL 332 pentru a emite semnale la o frecvență dorită. În alte exemple, divizorul de frecvență 330 și multiplexorul 331 sunt omise.

Oscilatorul 315 generează, de asemenea, două faze; un semnal de ceas de primă fază - Faza 1 și un semnal de ceas de fază a doua - Faza 2. Fazele primului semnal de ceas de fază și ale celui de-al doilea semnal de ceas de fază sunt aliniate central. După cum este ilustrat în figura 33:

- Semnalul de ceas de primă fază - Faza 1 este ridicat un timp variabil al semi-perioadei pozitive a clk_m și scăzut în timpul semi-perioadei negative a clk_m.

- Semnalul de ceas de fază a doua - Faza 2 este ridicat un timp variabil al semi-perioadei negative a clk_m și scăzut în timpul semi-perioadei pozitive a clk_m.

Faza 1 și Faza 2 sunt apoi trimise către DLL 332, care generează un semnal de ceas cu dublă frecvență utilizând semnalul de ceas de primă fază - Faza 1 și semnalul de ceas de faza a doua - Faza 2. Semnalul de ceas cu dublă frecvență este dublu față de frecvența semnalului principal de ceas clk_m. În acest exemplu, o poartă „OR” din DLL 332 generează semnalul de ceas cu dublă frecvență utilizând semnalul de ceas de primă fază - Faza 1 și semnalul de ceas de faza a doua - Faza 2. Acest ceas cu frecvență dublă sau frecvența divizată care provine de la separatorul de frecvență 330 este selectat pe baza unei frecvențe țintă selectate și apoi utilizat ca referință pentru DLL 332.

În cadrul DLL 332, un semnal denumit în continuare „clock” reprezintă ceasul principal clk_m înmulțit cu 2, iar un semnal denumit în continuare „clock_del” este o replică a ceasului întârziat cu o perioadă a frecvenței. Clock și clock_del sunt trecute printr-un detector de frecvență de fază. Un nod Vc este apoi încărcat sau descărcat de o pompă de încărcare pe baza polarității erorii de fază. O tensiune de control este alimentată în mod direct pentru a controla întârzierea fiecărei unități de întârziere din DLL 332 până când întârzierea totală a DLL 332 este exact o perioadă.

DLL 332 controlează marginea ascendentă a semnalului de ceas de primă fază - Faza 1 și a semnalului de ceas de faza a doua - Faza 2, pentru a fi sincron cu marginea ascendentă a semnalului de ceas cu frecvență dublă. DLL 332 ajustează frecvența și ciclul de funcționare ale semnalului de ceas de primă fază - Faza 1 și al semnalului de ceas de faza a doua - Faza 2 ca răspuns la un semnal de referință de frecvență respectiv și la un semnal de control al ciclului de funcționare pentru a produce un prim semnal de ieșire de fază A și un al doilea semnal de ieșire de fază B pentru a acționa o punte H sau un invertor pentru a genera un semnal de acționare c.a. pentru a conduce un traductor ultrasonic.

PMIC 300 cuprinde un terminal de semnal de ieșire de primă fază PHASE_A care semnalul de ieșire de primă fază - Fază A către un circuit de punte în formă de H și un terminal de semnal de ieșire de faza a doua PHASE_B care transmite semnalul de ieșire de faza a doua - Faza B către un circuit de punte în formă de H.

În acest exemplu, DLL 332 reglează ciclul de funcționare al semnalului de ceas de primă fază - Faza 1 și al semnalului de ceas de faza a doua - Faza 2, ca răspuns la semnalul de control al ciclului de funcționare prin variația întârzierii fiecărei linii de întârziere din răspunsul DLL 332 la semnalul de control al ciclului de funcționare.

Ceasul este folosit la dublul frecvenței sale, deoarece garantează o precizie mai bună. După cum se arată în figura 34, în scopul explicării dacă se utilizează frecvența clk_m principală a ceasului (care nu este în exemplele prezentei dezvoltării), Faza A este sincronă cu marginea R ascendentă a ceasului, în timp ce Faza B este sincronă cu marginea F descendentă a ceasului. Linia de întârziere a DLL 332 controlează marginea ascendentă R și astfel, pentru marginea descendentă F, sistemul generator PWM 329 ar trebui să se bazeze pe o potrivire perfectă a unităților de întârziere ale DLL 332, care pot fi imperfecte. Cu toate acestea, pentru a elimina această eroare, sistemul generator PWM 329 folosește ceasul cu dublă frecvență, astfel încât atât Faza A, cât și Faza B sunt sincrone cu marginea ascendentă R a ceasului cu dublă frecvență.

Pentru a efectua un ciclu de funcționare de la 20 % la 50 % cu o dimensiune a pasului de 2 %, linia de întârziere a DLL 332 cuprinde 25 de unități de întârziere, puterea fiecărei unități de întârziere respectivă reprezentând o fază n. În cele din urmă, faza de ieșire a unității de întârziere finală va corespunde ceasului de intrare. Având în vedere că toate întârzierile vor fi aproape aceleași, se obține un anumit ciclu de funcționare cu ieșirea unității de întârziere specifice cu logică simplă în miezul digital 316.

Este important să se acorde atenție pornirii DLL 332, deoarece DLL 332 ar putea să nu poată bloca o perioadă de întârziere, ci două sau mai multe perioade, ducând DLL 332 într-o zonă fără convergență. Pentru a evita această problemă, în sistemul generator PWM 329 este implementat un circuit de pornire care permite DLL 332 să pornească de la o condiție cunoscută și deterministă. Circuitul de pornire permite, de asemenea, DLL 332 să pornească cu o întârziere minimă.

În exemplele acestei dezvoltări, gama de frecvență acoperită de sistemul generator PWM 329 este extinsă și astfel unitățile de întârziere din DLL 332 pot furniza întârzieri de la 4 ns (pentru o frecvență oscilatoare de 5 MHz) la 400 ns (pentru o frecvență oscilatoare de 50 kHz). Pentru a face față acestor întârzieri diferite, condensatoarele Cb sunt incluse în sistemul generator PWM 329, valoarea condensatorului fiind selectată pentru a asigura întârzierea necesară.

Faza A și Faza B sunt emise de la DLL 332 și trecute printr-un IO digital către puntea IC 301, astfel încât Faza A și Faza B pot fi utilizate pentru a controla funcționarea IC 301 a punții.

5 Funcționalitatea de încărcare a bateriei a unor exemple de dispozitiv de tip narghilea 202 va fi acum descrisă mai detaliat. Cu toate acestea, este de apreciat faptul că funcționalitatea de încărcare a bateriei poate fi omisă în alte exemple în care dispozitivul de tip narghilea 202 este configurat pentru a fi alimentat de o sursă de alimentare externă în loc de o baterie.

10 În acest exemplu, subsistemul de încărcare a bateriei cuprinde circuitul încărcătorului 317 care este încorporat în PMIC 300 și controlat de un controler de încărcare digital introdus în PMIC 300. Circuitul încărcătorului 317 este controlat de microcontrolerul 303 prin intermediul magistralei de comunicații 302.

Subsistemul de încărcare a bateriei este capabil să încarce o baterie litiu polimer cu o singură celulă (LiPo) sau cu litiu-ion (Li-ion).

15 În acest exemplu, subsistemul de încărcare a bateriei este capabil să încarce una sau mai multe baterii cu un curent de încărcare de până la 1 A de la o sursă de alimentare de 5 V (de exemplu, o sursă de alimentare USB). Unul sau mai mulți dintre următorii parametri pot fi programați prin magistrala de comunicații 302 (interfața I2C) pentru a adapta parametrii de încărcare pentru baterie:

- 20
 - Tensiunea de încărcare poate fi setată între 3,9 V și 4,3 V în unități de 100 mV.
 - Curentul de încărcare poate fi setat între 150 mA și 1000 mA în unități de 50 mA.

25
 - Curentul de pre-încărcare este de 1/10 din curentul de încărcare.
 - Timpul de expirare a preîncărcării și încărcării rapide poate fi setat între 5 și 85 de minute, respectiv 20 și 340 de minute.

30
 - Opțional, un termistor extern cu coeficient de temperatură negativă (NTC) poate fi utilizat pentru a monitoriza temperatura bateriei.

În unele exemple, subsistemul de încărcare a bateriei raportează unul sau mai multe dintre următoarele evenimente prin creșterea unei întreruperi a microcontrolerului gazdă 303:

- 35
 - Baterie detectată
 - Bateria este în curs de încărcare

40
 - Bateria este complet încărcată
 - Bateria nu este prezentă
 - S-a ajuns la expirarea încărcării

45 Alimentarea de încărcare este sub limita de subtensiune Principalul avantaj al instalării circuitului încărcătorului 317 încorporat în

PMIC 300 este că permite implementarea tuturor opțiunilor de programare și a indicațiilor de eveniment enumerate în cadrul PMIC 300, ceea ce garantează funcționarea în siguranță a subsistemului de încărcare a bateriei. În plus, se pot realiza economii semnificative ale costurilor de fabricare și economii semnificativă de spațiu PCB în comparație cu dispozitivele de inhalare a lichidului pulverizat convenționale care cuprind componente discrete ale unui sistem de încărcare montate separat pe un PCB. Circuitul încărcătorului 317 permite, de asemenea, setarea extrem de versatilă a curentului și tensiunii de încărcare, diferite perioade de expirare a defecțiunilor și numeroase marcatoare de evenimente pentru o analiză detaliată a stării.

Convertorul analogic-digital (ADC) 318 va fi acum descris în detaliu. Inventatorii au trebuit să depășească dificultăți tehnice semnificative pentru a integra ADC 318 în PMIC 300 cu oscilatorul de mare

viteză 315. În plus, integrarea ADC 318 în PMIC 300 contravine abordării convenționale în domeniu, care se bazează pe utilizarea unuia dintre numeroasele dispozitive ADC discrete disponibile pe piața CI.

5 În acest exemplu, ADC 318 eșantionează cel puțin un parametru din cipul de acționare al traductorului ultrasonic (PMIC 300) la o viteză de eșantionare care este egală cu frecvența semnalului principal de ceas `clk_m`. În acest exemplu, ADC 318 este un convertor analogic-digital pe 10 biți care este capabil să descarcă eșantionarea digitală de pe microprocesorul 303 pentru a economisi resursele microprocesorului 303. Integrarea ADC 318 în PMIC 300 evită, de asemenea, necesitatea de a utiliza o magistrală I2C care altfel ar încetini capacitatea de eșantionare a ADC (un dispozitiv convențional se bazează pe o magistrală I2C pentru a comunica date între un ADC discret dedicat și un microcontroler la o viteză de ceas limitată de obicei la 400 kHz).

15 În exemplele prezentei dezvăluiri, unul sau mai mulți dintre următorii parametri pot fi eșantionați în mod secvențial de ADC 318:

i. Un semnal de curent rms care este recepționat la cipul dispozitivului de acționare al traductorului ultrasonic (PMIC 300) de la un circuit învertor extern care acționează un traductor ultrasonic. În acest exemplu, acest parametru este un curent cu rădăcină medie pătrată (rms) raportat de puntea IC 301. Detectarea curentului rms este importantă pentru implementarea buclei de feedback utilizate pentru acționarea traductorului ultrasonic 215. ADC 318 este capabil să depisteze curentul rms direct de la IC 301 printr-un semnal cu întârziere minimă sau fără nicio întârziere, deoarece ADC 318 nu se bazează pe transmiterea acestor informații printr-o magistrală I2C. Acest lucru oferă un beneficiu semnificativ de viteză și precizie față de dispozitivele convenționale care sunt limitate de vitezele relativ scăzute ale unei magistrale I2C.

25 ii. Tensiunea unei baterii conectate la PMIC 300.

iii. Tensiunea unui încărcător conectat la PMIC 300.

30 iv. Un semnal de temperatură, cum ar fi un semnal de temperatură care indică temperatura cipului PMIC 300. După cum s-a descris mai sus, această temperatură poate fi măsurată foarte precis datorită senzorului de temperatură 314 încorporat în același circuit integrat ca și oscilatorul 315. De exemplu, dacă temperatura PMIC 300 crește, curentul, frecvența și PWM sunt reglate de PMIC 300 pentru a controla oscilația traductorului care, la rândul său, controlează temperatura.

35 v. Doi pini externi.

Senzor de temperatură NTC extern pentru monitorizarea temperaturii acumulatorului.

40 În unele exemple, ADC 318 eșantionează în mod secvențial una sau mai multe dintre sursele menționate mai sus, de exemplu într-o schemă de alocare prin rotație. ADC 318 eșantionează sursele la viteză mare, cum ar fi viteza oscilatorului 315, care poate fi de până la 5 MHz sau de până la 105 MHz.

45 În unele exemple, dispozitivul 202 este configurat astfel încât un utilizator sau producătorul dispozitivului să poată specifica numărul de eșantioane prelevate din fiecare sursă pentru calcularea mediei. De exemplu, un utilizator poate configura sistemul pentru a preleva 512 eșantioane de la intrarea de curent rms, 64 de probe de la tensiunea bateriei, 64 de la tensiunea de intrare a încărcătorului, 32 de eșantioane de la pini externi și 8 de la pinul NTC. În plus, utilizatorul poate specifica, de asemenea, dacă una dintre sursele menționate mai sus trebuie omisă. În unele exemple de realizare, dispozitivul de tip narghilea 202 este configurat de un utilizator prin intermediul unui dispozitiv de calcul extern care comunică fără fir cu dispozitivul de tip narghilea 202 (de exemplu, prin BLE).

50 În unele exemple, pentru fiecare sursă, utilizatorul poate specifica două praguri digitale care împart întreaga gamă în mai multe zone, cum ar fi 3 zone.

55 Ulterior, utilizatorul poate seta sistemul să deblocheze o întrerupere atunci când valoarea eșantionată schimbă zonele, de exemplu, dintr-o zonă 2 într-o zonă 3.

Niciun circuit integrat convențional disponibil pe piață astăzi nu poate îndeplini caracteristicile de mai sus ale PMIC 300. Eșantionarea cu o astfel de flexibilitate și granularitate este esențială atunci când se acționează un traductor cu ultrasunete.

5 În acest exemplu, PMIC 300 cuprinde un port digital de ieșire-intrare de uz general (GPIO) de 8 biți. Fiecare port poate fi configurat ca intrare digitală și ieșire digitală. Unele porturi au o funcție de intrare analogică, așa cum se arată în tabelul din figura 35.

10 Porturile GPIO7-GPIO5 ale PMIC 300 pot fi utilizate pentru a seta adresa dispozitivului pe magistrala de comunicare (I2C) 302. Ulterior, opt dispozitive identice pot fi utilizate pe aceeași magistrală I2C. Aceasta este o caracteristică unică în industria CI, deoarece permite utilizarea a opt dispozitive identice pe aceeași magistrală I2C fără adrese conflictuale. Acest lucru este implementat de fiecare dispozitiv citind starea GPIO7-GPIO5 în primele 100 μs după pornirea PMIC 300 și stocând acea porțiune a adresei la nivel intern în PMIC 300. După pornirea PMIC 300, unitățile GPIO pot fi utilizate în orice alt scop.

15 Așa cum s-a descris mai sus, PMIC 300 cuprinde un dispozitiv de acționare LED cu șase canale 320. În acest exemplu, dispozitivul de acționare LED 320 cuprinde surse de curent N-Channel Metal-Oxid Semiconductor (NMOS) care sunt tolerante la 5 V. Dispozitivul de acționare LED 320 este configurat pentru a seta curentul LED la patru niveluri discrete; 5 mA, 10 mA, 15 mA și 20 mA. Dispozitivul de acționare LED 320 este configurat pentru a diminua fiecare canal LED cu un semnal PWM pe 12 biți, cu sau fără corecție gama. Dispozitivul de acționare LED 320 este configurat pentru a varia frecvența PWM de la 300 Hz la 1,5 KHz. Această caracteristică este unică în domeniul dispozitivelor inhalatoare ultrasonice cu lichid pulverizat, deoarece funcționalitatea este încorporată ca un subsistem al PMIC 300.

25 În acest exemplu, PMIC 300 cuprinde două convertoare independente digital-analogic (DAC) pe 6 biți 327, 328 care sunt încorporate în PMIC 300.

30 Scopul unităților DAC 327, 328 este de a emite o tensiune analogică pentru a manipula calea de feedback a unui regulator extern (de exemplu, convertorul de amplificare c.c.-c.c. 305, un convertor de coborâre a tensiunii sau un LDO). În plus, în unele exemple, unitățile DAC 327, 328 pot fi, de asemenea, utilizate pentru a regla în mod dinamic nivelul de oprire a supracurentului al punții IC 301, așa cum este descris mai jos.

35 Tensiunea de ieșire a fiecărui DAC 327, 328 este programabilă între 0 V și 1,5 V sau între 0 V și $V_{baterie}$ (V_{bat}). În acest exemplu, controlul tensiunii de ieșire DAC se face prin comenzi I2C. Existența a două DAC încorporate în PMIC 300 este unică și va permite controlul dinamic al monitorizării curentului.

40 Dacă DAC 327, 328 ar fi un cip extern, viteza ar cădea sub aceleași restricții ale limitărilor de viteză datorită protocolului I2C. Dispunerea monitorizării active a puterii dispozitivului 202 funcționează cu eficiență optimă dacă toate aceste caracteristici încorporate sunt în PMIC. Dacă ar fi componente externe, dispunerea monitorizării active a puterii ar fi total ineficientă.

45 Referindu-ne acum la figura 36 din ilustrațiile însoțitoare, puntea IC 301 este un microcip care cuprinde un circuit de comutare a puterii încorporat 333. În acest exemplu, circuitul de comutare a puterii 333 este o punte în formă de H 334 care este prezentată în figura 37 și care este descrisă în detaliu mai jos. Cu toate acestea, trebuie apreciat faptul că puntea IC 301 din alte exemple poate încorpora un circuit de comutare a puterii alternativ la puntea H 334, cu condiția ca respectivul circuit de comutare a puterii să îndeplinească o funcție echivalentă pentru generarea unui semnal de acționare c.a. pentru a acționa traductorul ultrasonic 215.

50 Puntea IC 301 cuprinde o primă fază terminală FAZA A care primește un semnal de ieșire de primă fază - Faza A de la subsistemul generator de semnal PWM al PMIC 300. Puntea IC 301 cuprinde, de asemenea, un terminal de fază a doua FAZA B care primește un semnal de ieșire de fază a doua - Faza B de la subsistemul generator de semnal PWM al PMIC 300.

55 Puntea IC 301 cuprinde un circuit de detectare a curentului 335 care detectează în mod direct fluxul de curent în puntea H 334 și furnizează un semnal de ieșire a curentului RMS prin pinul RMS_CURR al punții IC 301. Circuitul de detectare a curentului 335 este configurat pentru monitorizarea supracurentului, pentru a detecta când curentul care trece prin puntea H 334 depășește un prag prestabilit. Integrarea circuitului de comutare a puterii 333 care cuprinde puntea H 334 și circuitul de detectare a curentului 335,

toate în același circuit încorporat al punții IC 301, este o combinație unică pe piața circuitelor integrate. În prezent, niciun alt circuit integrat de pe piața circuitelor integrate nu cuprinde o punte H cu circuite încorporate pentru detectarea curentului RMS care trece prin puntea H.

5 Puntea IC 301 cuprinde un senzor de temperatură 336 care include monitorizarea supratemperaturii. Senzorul de temperatură 336 este configurat pentru a închide puntea IC 301 sau pentru a dezactiva cel puțin o parte a punții

10 IC 336 în cazul în care senzorul de temperatură 336 detectează că puntea IC 301 funcționează la o temperatură peste un prag predeterminat. Prin urmare, senzorul de temperatură 336 asigură o funcție de siguranță integrată care previne deteriorarea punții IC 301 sau a altor componente din dispozitivul de tip narghilea 202 în cazul în care puntea IC 301 funcționează la o temperatură excesiv de ridicată.

15 Puntea IC 301 cuprinde o mașină digitală 337 care este conectată integral la circuitul de comutare a puterii 333. Mașina digitală 337 primește semnalele de fază A și de fază B de la PMIC 300 și un semnal ACTIVARE, de exemplu de la microcontrolerul 303. Mașina digitală 337 generează semnale de temporizare bazate pe semnalul de ieșire de primă fază - Faza A și semnalul de ieșire de faza a doua - Faza B.

20 Mașina digitală 337 emite semnale de temporizare corespunzătoare semnalelor de fază A și de fază B, precum și semnale BRIDGE_PR și BRIDGE_EN către circuitul de comutare a puterii 333 pentru a controla circuitul de comutare a puterii 333. Astfel, mașina digitală 337 transmite semnalele de sincronizare către comutatoarele T₁-T₄ ale circuitului de punte H 334 pentru a controla comutatoarele T₁-T₄ să pornească și să se oprească într-o secvență astfel încât circuitul de punte H să emită un semnal de acționare AC pentru
25 acționarea unui circuit rezonant, cum ar fi traductorul ultrasonic 215.

 După cum este descris mai detaliat mai jos, secvența de comutare cuprinde o perioadă de variație liberă în care primul comutator T₁ și al doilea comutator T₂ sunt oprite și al treilea comutator T₃ și al patrulea comutator T₄ sunt pornite pentru a disipa energia stocată de circuitul rezonant (traductorul ultrasonic 215).
30

 Puntea IC 301 cuprinde un controler de testare 338 care permite testarea circuitului integrat 301 pentru a determina dacă componentele încorporate în IC 301 funcționează corect. Controlerul de testare 338 este cuplat la pinii TEST_DATA, TEST_CLK și TEST_LOAD, astfel încât puntea IC 301 să poată fi
35 conectată la un dispozitiv de control extern care introduce și scoate date în și din IC 301 pentru a testa funcționarea IC 301 a punții. Puntea IC 301 cuprinde, de asemenea, o magistrală de testare care permite testarea magistralei de comunicații digitale din cadrul IC 301 prin intermediul unui pin TST_PAD.

40 Puntea IC 301 cuprinde un circuit de resetare (POR) 339 care controlează operațiunea de pornire a punții IC 301. POR 339 asigură faptul că puntea IC 301 pornește corect numai dacă tensiunea de alimentare se încadrează într-un interval prestabilit. Dacă tensiunea de alimentare este în afara intervalului prestabilit, de exemplu dacă tensiunea de alimentare este prea mare, POR 339 întârzie pornirea punții IC 301 până când tensiunea de alimentare se încadrează în intervalul predeterminat.

45 Puntea IC 301 cuprinde un bloc de referință (BG) 340 care furnizează o tensiune de referință precisă pentru utilizarea de către celelalte subsisteme ale punții IC 301.

 Puntea IC 301 cuprinde un curent de referință 341 care transmite un curent precis la circuitul de comutare a puterii 333 și/sau la alte subsisteme din cadrul punții IC 301, cum ar fi senzorul de curent 335.
50

 Senzorul de temperatură 336 monitorizează în mod continuu temperatura siliciului punții IC 301. Dacă temperatura depășește pragul de temperatură predeterminat, circuitul de comutare de alimentare 333 este oprit automat. În plus, supratemperatura poate fi raportată unei gazde externe pentru a informa gazda externă că a avut loc un eveniment de supratemperatură.
55

 Mașina în stare digitală (FSM) 337 generează semnalele de temporizare pentru circuitul de comutare de putere 333 care, în acest exemplu, sunt semnale de temporizare pentru controlul punții H 334.

Puntea IC 301 cuprinde comparatoare 342,343 care compară semnalele de la diferitele subsisteme ale punții IC 301 cu referințele de tensiune și curent 340,341 și furnizează semnale de ieșire de referință prin pinii punții IC 301.

Referindu-ne din nou la figura 37 din ilustrațiile însoțitoare, puntea H 334 din acest exemplu cuprinde patru comutatoare sub formă de comutatoare cu efect de câmp NMOS (FET) pe ambele părți ale punții H 334. Puntea H 334 cuprinde patru comutatoare sau tranzistoare T_1 - T_4 care sunt conectate într-o configurație de punte H, fiecare tranzistor T_1 - T_4 fiind acționat de o intrare logică respectivă A-D. Tranzistorii T_1 - T_4 sunt configurați pentru a fi acționați de o tensiune de ridicare care este generată la nivel intern cu două condensatoare externe C_b care sunt conectate după cum este ilustrat în figura 37.

Puntea H 334 cuprinde diferite intrări și ieșiri de putere care sunt conectate la pinii respectivi ai punții IC 301. Puntea H 334 primește tensiunea programabilă VBOOST, care este emisă de convertorul de amplificare 305 printr-un prim terminal de alimentare, etichetat VBOOST în figura 37. Puntea H 334 cuprinde un al doilea terminal de alimentare cu electricitate, etichetat VSS_P în figura 37.

Puntea în formă de H 334 cuprinde ieșirile OUTP, OUTN care sunt configurate pentru a se conecta la bornele respective ale traductorului ultrasonic 215, astfel încât semnalul de acționare c.a. de ieșire de pe puntea H 334 să poată acționa traductorul ultrasonic 215.

Comutarea celor patru comutatoare sau tranzistoare T_1 - T_4 este controlată prin comutarea semnalelor de la mașina în stare digitală 337 prin intrarea logică A-D. Este de apreciat că, în timp ce figura 37 prezintă patru tranzistoare T_1 - T_4 , în alte exemple, puntea H 334 cuprinde un număr mai mare de tranzistoare sau alte componente de comutare pentru a implementa funcționalitatea punții H.

În acest exemplu, puntea H 334 funcționează la o putere de comutare de la 22 W la 37 W pentru a furniza un semnal de acționare c.a. cu o putere suficientă pentru a acționa traductorul ultrasonic 215 pentru a genera lichid pulverizat în mod optim. Tensiunea care este comutată de puntea H 334 din acest exemplu este de ± 15 V. În alte exemple, tensiunea este de ± 20 V.

În acest exemplu, puntea H 334 comută la o frecvență de la 3 MHz la 5 MHz sau până la 105 MHz. Aceasta este o viteză mare de comutare în comparație cu punțile H cu circuite integrate convenționale care sunt disponibile

pe piața circuitelor integrate. De exemplu, un circuit integrat convențional cu punte H disponibil astăzi pe piața circuitelor integrate este configurat să funcționeze la o frecvență maximă de numai 2 MHz. În afară de puntea IC 301 descrisă aici, niciun circuit integrat convențional cu punte H disponibil pe piața IC nu este capabil să funcționeze la o putere de 22 V până la 37 V la o frecvență de până la 5 MHz și în niciun caz până la 105 MHz.

Referindu-ne acum la figura 38 din ilustrațiile însoțitoare, senzorul de curent 335 cuprinde rezistențe de detectare a curentului pozitiv și negativ RshuntP, RshuntN, care sunt conectate în serie cu laturile înalte și joase respective ale punții H 334, așa cum se arată în figura 37. Rezistențele de detectare actuale RshuntP, RshuntN sunt rezistențe de valoare mică care, în acest exemplu, sunt de 0,1 Ω . Senzorul de curent 335 cuprinde un prim senzor de tensiune sub forma unui prim amplificator operațional 344 care măsoară căderea de tensiune pe primul rezistor de senzor de curent RshuntP și un al doilea senzor de tensiune sub forma unui al doilea amplificator operațional 345 care măsoară căderea de tensiune pe al doilea rezistor de senzor de curent RshuntN. În acest exemplu, câștigul fiecărui amplificator operațional 344, 345 este de 2 V/V. Ieșirea fiecărui amplificator operațional 344, 345 este, în acest exemplu, 1 mA/V. Senzorul de curent 335 cuprinde un rezistor de scădere R_{cs} care, în acest exemplu, este de 2 k Ω . Ieșirile amplificatoarelor operaționale 344, 345 furnizează o ieșire CSout care trece printr-un filtru de trecere joasă 346 care elimină curenții tranzitorii din semnalul CSout. Un Vout de ieșire al filtrului de trecere joasă 346 este semnalul de ieșire al senzorului de curent 335.

Senzorul de curent actual 335 măsoară astfel curentul c.a. care trece prin puntea H 334 și, respectiv, prin traductorul ultrasonic 215. Senzorul de curent 335 convertește curentul c.a. într-o tensiune de ieșire RMS echivalentă (Vout) în raport cu împănântarea. Senzorul actual 335 are o capacitate mare de lățime de bandă, deoarece puntea H 334 poate fi operată la o frecvență de până la 5 MHz sau, în unele exemple, până la 105 MHz. Vout de ieșire a senzorului de curent 335 raportează o tensiune pozitivă care este echivalentă cu curentul măsurat c.a. rms care trece prin traductorul ultrasonic 215. Tensiunea de ieșire Vout a senzorului

de curent 335 este, în acest exemplu, alimentată înapoi la circuitele de comandă din interiorul punții IC 301 pentru a permite punții IC 301 să închidă puntea H 334 în cazul în care curentul care trece prin puntea H 334 și, prin urmare, prin traductorul 215 depășește un prag prestabilit. În plus, evenimentul de prag de curent excedentar este raportat primului comparator 342 din puntea IC 301, astfel încât unitatea IC 301 a punții să poată raporta evenimentul de curent excedentar prin intermediul pinului OVC_TRIGG al punții IC 301.

Referindu-ne acum la figura 39 din ilustrațiile însoțitoare, controlul punții H 334 va fi acum descris și cu referire la modelul piezoelectric echivalent al traductorului ultrasonic 215.

Pentru a dezvolta o tensiune pozitivă la ieșirile OUP, OUTN ale punții H 334, așa cum este indicat de V_{out} în figura 39 (a se observa direcția săgeții), secvența de comutare a tranzistorilor T_1 - T_4 prin intrările A-D este după cum urmează:

1. Tensiune de ieșire pozitivă pe traductorul ultrasonic 215: A- PORNIT, B-OPRIT, C-OPRIT, D-PORNIT

2. Trecerea de la tensiunea de ieșire pozitivă la zero: A-OPRIT, B- OPRIT, C-OPRIT, D-PORNIT. În timpul acestei tranziții, C este oprit mai întâi pentru a minimiza sau a evita pierderea de putere prin minimizarea sau evitarea curentului care trece prin A și C dacă există o eroare de comutare sau o întârziere în A.

3. Tensiune de ieșire zero: A-OPRIT, B-OPRIT, C-PORNIT, D- PORNIT. În timpul acestei faze de tensiune de ieșire zero, terminalele ieșirilor OUP, OUTN ale punții H 334 sunt împământate de comutatoarele C și D care rămân pornite. Acest lucru disipează energia stocată de condensatoare în circuitul echivalent al traductorului ultrasonic, ceea ce minimizează depășirea tensiunii în tensiunea formei de undă de comutare care se aplică traductorului ultrasonic.

4. Trecerea de la tensiunea de ieșire zero la cea negativă: A-OPRIT, B-OPRIT, C-PORNIT, D-OPRIT.

5. Tensiune de ieșire negativă pe traductorul ultrasonic 215: A- OPRIT, B-PORNIT, C-PORNIT, D-OPRIT

La frecvențe înalte de până la 5 MHz sau chiar până la 105 MHz, se va aprecia că timpul pentru fiecare parte a secvenței de comutare este foarte scurt și de ordinul nanosecundelor sau picosecundelor. De exemplu, la o frecvență de comutare de 6 MHz, fiecare parte a secvenței de comutare are loc la aproximativ 80 ns.

Un grafic care arată tensiunea de ieșire OUP, OUTN a punții H 334 în conformitate cu secvența de comutare de mai sus este prezentat în figura 40 din ilustrațiile însoțitoare. Porțiunea de tensiune de ieșire zero a secvenței de comutare este inclusă pentru a se adapta la energia stocată de traductorul ultrasonic 215 (de exemplu, energia stocată de condensatoare în circuitul echivalent al traductorului ultrasonic). După cum s-a descris mai sus, acest lucru minimizează depășirea tensiunii în tensiunea formei de undă de comutare care se aplică traductorului ultrasonic și, prin urmare, minimizează disiparea inutilă a puterii și încălzirea în traductorul ultrasonic.

Minimizarea sau eliminarea depășirii tensiunii reduce, de asemenea, riscul de deteriorare a tranzistorilor din puntea IC 301, împiedicând tranzistoarele să fie supuse unor tensiuni care depășesc tensiunea nominală. În plus, minimizarea sau eliminarea depășirii tensiunii permite punții IC 301 să acționeze traductorul ultrasonic cu precizie într-un mod care minimizează întreruperea buclei de feedback de detectare a curentului descrisă aici. Prin urmare, puntea IC 301 este capabilă să acționeze traductorul ultrasonic la o putere mare de 22 W până la 50 W sau chiar până la 70 W la o frecvență ridicată de până la 5 MHz sau chiar până la 105 MHz.

Puntea IC 301 din acest exemplu este configurată pentru a fi controlată de PMIC 300 pentru a funcționa în două moduri diferite, denumite aici mod forțat și mod de frecvență nativ. Aceste două moduri de operare sunt noi față de circuitele integrate de tip punte existente. În special, modul de frecvență nativă este o inovație majoră care oferă beneficii substanțiale în ceea ce privește precizia și eficiența acționării unui traductor ultrasonic în comparație cu dispozitivele convenționale.

Mod de frecvență forțată (FFM)

În modul de frecvență forțată, puntea H 334 este controlată în secvența descrisă mai sus, dar la o frecvență selectabilă de către utilizator. Prin urmare, tranzistoarele punții H T₁-T₄ sunt controlate într-un mod forțat, indiferent de frecvența de rezonanță inerentă a traductorului ultrasonic 215 pentru a comuta tensiunea de ieșire pe traductorul ultrasonic 215. Prin urmare, modul de frecvență forțată permite punții H 334 să acționeze traductorul ultrasonic 215, care are o frecvență de rezonanță f₁, la o frecvență diferită f₂.

Acționarea unui traductor ultrasonic la o frecvență diferită de frecvența sa de rezonanță poate fi adecvată pentru a adapta operațiunea la diferite aplicații. De exemplu, poate fi adecvat să se acționeze un traductor ultrasonic la o frecvență care este ușor în afara frecvenței de rezonanță (din motive mecanice, pentru a preveni deteriorarea mecanică a traductorului). În mod alternativ, poate fi adecvat să se acționeze un traductor ultrasonic la o frecvență scăzută, dar traductorul ultrasonic are, datorită dimensiunii sale, o frecvență de rezonanță nativă diferită.

Dispozitivul de tip narghilea 202 controlează puntea IC 301 pentru a acționa traductorul ultrasonic 215 în modul de frecvență forțată ca răspuns la configurația dispozitivului de tip narghilea 202 pentru o anumită aplicație sau un anumit traductor ultrasonic. De exemplu, dispozitivul pentru narghilea 202 poate fi configurat să funcționeze în modul de frecvență forțată atunci când dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat 200 este utilizat pentru o anumită aplicație, cum ar fi generarea unui lichid pulverizat dintr-un lichid cu o anumită viscozitate care conține un medicament pentru livrare către un utilizator.

Mod de frecvență nativă (NFM)

Următorul mod de funcționare cu frecvență nativă este o evoluție semnificativă și oferă beneficii în îmbunătățirea preciziei și eficienței față de driverele ultrasonice convenționale, care sunt disponibile astăzi pe piața CI.

Modul de funcționare cu frecvență nativă urmează aceeași secvență de comutare ca aceea descrisă mai sus, dar sincronizarea porțiunii de ieșire zero a secvenței este ajustată pentru a minimiza sau a evita problemele care pot apărea din cauza impulsurilor de curent în funcționarea modului de frecvență forțată.

Aceste impulsuri de curent apar atunci când tensiunea pe traductorul ultrasonic 215 este comutată la polaritatea sa de tensiune opusă. Un traductor ultrasonic care cuprinde un cristal piezoelectric are un circuit electric echivalent care încorporează un condensator conectat paralel (de exemplu, a se vedea modelul piezo din figura 39). În cazul în care tensiunea pe traductorul ultrasonic este comutată forțat de la o tensiune pozitivă la o tensiune negativă, din cauza dV/dt ridicat poate exista un flux mare de curent pe măsură ce energia stocată în condensator se disipează.

Modul de frecvență nativă evită comutarea forțată a tensiunii pe traductorul ultrasonic 215 de la o tensiune pozitivă la o tensiune negativă (și invers). În schimb, înainte de aplicarea tensiunii inversate, traductorul ultrasonic 215 (cristal piezoelectric) este lăsat să varieze liber, cu tensiune zero aplicată la terminalele sale într-o perioadă de variație liberă. PMIC 300 setează frecvența de acționare a punții IC 301 astfel încât puntea 334 stabilește perioada de variație liberă astfel încât fluxul de curent din interiorul traductorului ultrasonic 215 (datorită energiei stocate în cristalul piezoelectric) inversează tensiunea pe terminalele traductorului ultrasonic 215 în perioada de variație liberă.

Prin urmare, când puntea H 334 aplică tensiunea negativă la terminalele traductorului ultrasonic 215, traductorul ultrasonic 215 (condensatorul din circuitul echivalent) a fost deja încărcat invers și nu apar impulsuri de curent, deoarece nu există dV/dt ridicat.

Cu toate acestea, trebuie apreciat faptul că este nevoie de timp pentru ca încărcarea din traductorul ultrasonic 215 (cristal piezoelectric) să se acumuleze când traductorul ultrasonic 215 este activat prima dată. Prin urmare, situația ideală în care energia din traductorul ultrasonic 215 este de a inversa tensiunea în perioada de variație liberă are loc numai după ce oscilația din interiorul traductorului ultrasonic 215 a acumulat încărcarea. Pentru a se adapta la această situație, atunci când puntea IC 301 activează traductorul ultrasonic 215 prima dată, PMIC 300 controlează puterea livrată prin puntea H 334 către traductorul ultrasonic 215 la o primă valoare care este o valoare scăzută (de exemplu, 5 V).

PMIC 300 controlează apoi puterea livrată prin puntea H 334 către traductorul ultrasonic 215 pentru a crește într-o perioadă de timp la o a doua valoare (de exemplu, 15 V) care este mai mare decât prima valoare pentru a construi energia stocată în traductorul ultrasonic 215. Impulsurile de curent apar încă în timpul acestei creșteri a oscilației până când curentul din interiorul traductorului ultrasonic 215 s-a dezvoltat suficient. Cu toate acestea, prin utilizarea unei prime tensiuni scăzute la pornire, aceste impulsuri de curent sunt menținute suficient de scăzute pentru a minimiza impactul asupra funcționării traductorului ultrasonic 215.

Pentru a implementa modul de frecvență nativă, dispozitivul de tip narghilea 202 controlează cu o precizie ridicată frecvența oscilatorului 315 și ciclul de funcționare (raportul dintre timpul de pornire și timpul de variație liberă) al semnalului de acționare c.a. de ieșire de pe puntea H 334. În acest exemplu, dispozitivul de tip narghilea 202 efectuează trei bucle de comandă pentru a regla frecvența oscilatorului și ciclul de funcționare astfel încât inversarea tensiunii la terminalele traductorului ultrasonic 215 să fie cât mai precisă posibil și impulsurile de curent să fie reduse la minimum sau evitate pe cât posibil. Comanda precisă a oscilatorului și a ciclului de funcționare utilizând buclele de comandă reprezintă un progres semnificativ în domeniul dispozitivelor de acționare ultrasonice CI.

În timpul modului de funcționare de frecvență nativă, senzorul de curent 335 detectează curentul care curge prin traductorul ultrasonic 215 (circuit rezonant) în perioada de variație liberă. Mașina în stare digitală 337 adaptează semnalele de sincronizare pentru a porni fie primul comutator T_1 , fie al doilea comutator T_2 atunci când senzorul de curent 335 detectează că respectivul curent care trece prin traductorul ultrasonic 215 (circuit rezonant) în perioada de variație liberă este zero.

Figura 41 din ilustrațiile însoțitoare prezintă forma de undă a tensiunii oscilatorului 347 (V(osc)), o formă de undă de comutare 348 care rezultă din pornirea și oprirea comutatorului înalt din partea stângă T_1 a punții H 334 și o formă de undă de comutare 349 care rezultă din pornirea și oprirea comutatorului înalt din partea dreaptă T_2 a punții H 334. Într-o perioadă intermediară de variație liberă 350, ambele comutatoare înalte T_1 , T_2 ale punții H 334 sunt oprite (faza de variație liberă). Durata perioadei de variație liberă 350 este controlată de mărimea tensiunii de control a variației libere 351 (V_{phioff}).

Figura 42 din ilustrațiile însoțitoare arată forma de undă a tensiunii 352 la un prim terminal al traductorului ultrasonic 215 (forma de undă a tensiunii este inversată la cel de-al doilea terminal al traductorului ultrasonic 215) și curentul piezo 353 care curge prin traductorul ultrasonic 215. Curentul piezo 353 reprezintă o formă de undă sinusoidală (aproape) ideală (acest lucru nu este niciodată posibil în modul de frecvență forțată sau în orice punte de pe piața CI).

Înainte ca unda sinusoidală a curentului piezo 353 să ajungă la zero, comutatorul înalt din partea stângă T_1 al punții H 334 este oprit (aici, comutatorul T_1 este oprit când curentul piezo 353 este de aproximativ 6 A). Curentul piezo rămas 353 care circulă în traductorul ultrasonic 215 datorită energiei stocate în traductorul ultrasonic 215 (condensatorul circuitului echivalent piezo) este responsabil pentru inversarea tensiunii în perioada de variație liberă 350. Curentul piezo 353 se descompune la zero în timpul perioadei de plutare liberă 350 și în domeniul fluxului de curent negativ ulterior. Tensiunea terminală la traductorul ultrasonic 215 scade de la tensiunea de alimentare (în acest caz 19 V) la mai puțin de 2 V și căderea se oprește atunci când curentul piezo 353 ajunge la zero.

Acesta este momentul perfect pentru a porni comutatorul lateral jos T_3 al punții H 334 pentru a minimiza sau a evita impulsurile de curent.

Comparativ cu modul de frecvență forțată descris mai sus, modul de frecvență nativ are cel puțin trei avantaje:

1. Impulsul de curent actual asociat cu comutarea dură a condensatorului de pachet este redus semnificativ sau evitat complet.

2. Pierderea de putere din cauza comutării forțate este aproape eliminată.

3. Frecvența este reglată de buclele de control și va fi menținută aproape de rezonanța cristalului piezo (respectiv frecvența de rezonanță nativă a cristalului piezo).

În cazul reglării frecvenței de către buclele de control (avantajul 3 de mai sus), PMIC 300 pornește prin controlul punții IC 301 pentru a acționa traductorul ultrasonic 215 la o frecvență mai mare decât rezonanța cristalului piezo. PMIC 300 controlează apoi puntea IC 301 astfel încât frecvența semnalului de acționare c.a. să scadă/să se reducă în timpul pornirii. De îndată ce frecvența se apropie de frecvența de rezonanță a cristalului piezo, curentul piezo se va dezvolta/va crește rapid. Când curentul piezo este suficient de mare pentru a provoca inversarea dorită a tensiunii, degradarea/reducerea frecvenței este oprită de PMIC 300. Buclele de control ale PMIC 300 preiau apoi reglarea frecvenței și a ciclului de funcționare a semnalului de acționare c.a..

În modul de frecvență forțată, puterea furnizată traductorului ultrasonic 215 este controlată prin ciclul de funcționare și/sau printr-o deplasare a frecvenței și/sau prin varierea tensiunii de alimentare. Cu toate acestea, în acest exemplu, în modul de frecvență nativă, puterea furnizată traductorului ultrasonic 215 este controlată numai prin tensiunea de alimentare.

În acest exemplu, în timpul unei faze de configurare a funcționării dispozitivului de tip narghilea, puntea IC 301 este configurată pentru a măsura durata de timp necesară pentru ca respectivul curent care trece prin traductorul ultrasonic 215 (circuit rezonant) să scadă la zero atunci când primul comutator T_1 și al doilea comutator T_2 sunt oprite și al treilea comutator T_3 și al patrulea comutator T_4 sunt pornite. Puntea IC 301 stabilește apoi durata perioadei de plutire liberă ca fiind egală cu durata de timp măsurată.

Referindu-ne acum la figura 43 din desenele însoțitoare, PMIC 300 și puntea IC 301 din acest exemplu sunt proiectate să funcționeze împreună ca un set de cipuri însoțitor. PMIC 300 și puntea IC 301 sunt conectate împreună electric pentru a comunica unul cu celălalt. În acest exemplu, există interconexiuni între PMIC 300 și puntea IC 301 care permit următoarele două categorii de comunicații:

1. Semnale de control
2. Semnale de feedback

Conexiunile dintre pinii PHASE_A și PHASE_B ai PMIC 300 și puntea IC 301 transportă semnalele de control modulate PWM care acționează puntea H 334. Conexiunea dintre pinii de EN_BR ai PMIC 300 și puntea IC 301 transmite semnalul de control al EN_BR care declanșează pornirea punții H 334. Sincronizarea între semnalele de control PHASE_A, PHASE_B și EN_BR este importantă și gestionată de controlul punții digitale al PMIC 300.

Conexiunile dintre pinii CS, OC și OT ai PMIC 300 și puntea IC 301 transmit semnale de feedback CS (sensul curentului), OC (curentul excedentar) și OT (temperatura excedentară) de la puntea IC 301 înapoi la PMIC 300. În special, semnalul de feedback CS (sensul curentului) cuprinde o tensiune echivalentă cu curentul rms care trece prin traductorul ultrasonic 215, care este măsurat de senzorul de curent 335 al punții IC 301.

Semnalele de feedback OC (curent excedentar) și OT (temperatură excedentară) sunt semnale digitale care indică faptul că a fost detectat fie un eveniment de curent excedentar, fie un eveniment de tensiune excedentară de către puntea IC 301. În acest exemplu, pragurile pentru curentul excedentar și temperatura excedentară sunt stabilite cu o rezistență externă. În mod alternativ, pragurile pot fi, de asemenea, setate dinamic ca răspuns la semnalele transmise către pinul de OC_REF al punții IC 301 de la unul dintre cele două canale DAC VDAC0, VDAC1 de la PMIC 300.

În acest exemplu, proiectarea PMIC 300 și a punții IC 301 permite ca pinii acestor două circuite integrate să fie conectați în mod direct unul la celălalt (de exemplu, prin linii de cupru pe un PCB), astfel încât să existe o întârziere minimă sau să nu existe nicio întârziere în comunicarea semnalelor între PMIC 300 și puntea IC 301. Acest lucru oferă un avantaj semnificativ de viteză față de podurile convenționale de pe piața circuitelor integrate, care sunt de obicei controlate de semnale prin intermediul unei magistrale de comunicații digitale. De exemplu, o magistrală I2C standard este programată la numai 400 kHz, prea lent pentru comunicarea datelor eșantionate la viteze mari de ceas de până la 5 MHz din exemplele prezentei dezvăluiri.

Deși exemplele prezentei dezvăluiri au fost descrise mai sus în legătură cu hardware-ul microcipului, este de apreciat că alte exemple ale acestei dezvăluiri cuprind o metodă de operare a

componentelor și subsistemelor fiecărui microcip pentru a îndeplini funcțiile descrise aici. De exemplu, metodele de operare a PMIC 300 și a circuitului integrat 301 fie în modul de frecvență forțată, fie în modul de frecvență nativă.

Referindu-ne acum la figura 44 din ilustrațiile însoțitoare, OTP IC 242 cuprinde un circuit de resetare de pornire (POR) 354, o referință de distanță a benzii (BG) 355, un regulator de scădere scăzut fără prag (LDO) 356, o interfață de comunicație (de exemplu, I2C) 357, o bancă de memorie programabilă cu o singură utilizare (eFuse) 358, un oscilator 359 și o interfață de intrare-ieșire de uz general 360. OTP IC 242 cuprinde, de asemenea, un miez digital 361 care include un autentificator criptografic. În acest exemplu, autentificatorul criptografic utilizează Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA) pentru criptarea/decriptarea datelor stocate în OTP IC 242, precum și a datelor transmise către și de la OTP IC 242.

POR 354 asigură pornirea corectă a circuitului integrat OTP 242 numai dacă tensiunea de alimentare se încadrează într-un interval prestabilit. Dacă tensiunea de alimentare este în afara intervalului prestabilit, POR 354 resetează OTP IC 242 și așteaptă până când tensiunea de alimentare se încadrează în intervalul predeterminat.

BG 355 furnizează tensiuni și curenți de referință preciși la LDO 356 și la oscilatorul 359. LDO 356 furnizează miezul digital 361, interfața de comunicație 357 și banca de memorie eFuse 358.

OTP IC 242 este configurat să funcționeze în cel puțin următoarele moduri:

- Programarea siguranțelor: În timpul programării efuse (programarea memoriei programabile o singură dată) este necesar un curent mare pentru a arde siguranțele relevante din banca de memorie eFuse 358. În acest mod, sunt furnizați curenți de polarizare mai mari pentru a menține avansul și lățimea de bandă a buclei de reglare.

- Citirea siguranțelor: În acest mod, este necesar un curent de nivel mediu pentru a menține citirea siguranței în banca de memorie eFuse 358. Acest mod este executat la pornirea OTP IC 242 pentru a transfera conținutul siguranțelor în registrele de umbră. În acest mod, avansul și lățimea de bandă a buclei de reglare sunt setate la o valoare mai mică decât în modul Fusing.

- Funcționare normală: În acest mod, LDO 356 este acționat într-o stare de curent de polarizare foarte scăzut pentru a opera OTP IC 242 cu o putere redusă, astfel încât OTP IC 242 să consume cât mai puțină energie posibilă.

Oscilatorul 359 furnizează ceasul necesar pentru miezul digital/motorul 361 în timpul testării (Test SCAN), în timpul programării siguranțelor și în timpul funcționării normale. Oscilatorul 359 este redus pentru a face față cerințelor stricte de temporizare în timpul modului de fuziune.

În acest exemplu, interfața de comunicație 357 este conformă cu specificația FM+ a standardului I2C, dar respectă și modul lent și rapid. OTP IC 242 utilizează interfața de comunicație 357 pentru a comunica cu dispozitivul de tip narghilea 202 (gazda) pentru schimbul de date și chei.

Miezul digital 361 implementează funcționalitatea de control și comunicare a OTP IC 242. Autentificatorul criptografic al miezului digital 361

permite OTP IC 242 să se autentifice (de exemplu, folosind mesaje criptate ECDSA) cu dispozitivul de tip narghilea 202 (de exemplu, pentru o anumită aplicație) pentru a se asigura că OTP IC 242 este autentic și că OTP IC 242 este autorizat să se conecteze la dispozitivul de tip narghilea 202.

Cu referire la figura 45 din ilustrațiile însoțitoare, OTP IC 242 efectuează următoarea procedură PKI pentru a autentifica OTP IC 242 pentru a fi utilizat cu o gazdă (de exemplu, dispozitivul de tip narghilea 202):

1. Verificarea cheii publice a semnatarului: Gazda solicită cheia publică de fabricație și certificatul. Gazda verifică certificatul cu cheia publică a autorității.

2. Verificarea cheii publice a dispozitivului: Dacă verificarea reușește, gazda solicită cheia publică a dispozitivului și certificatul. Gazda verifică certificatul cu cheia publică de fabricație.

5 3. Testare - Răspuns: Dacă verificarea are succes, gazda creează o testare cu numere aleatorii și o trimite dispozitivului. Produsul final semnează testarea numărului aleatoriu cu cheia privată a dispozitivului.

10 4. Semnătura este trimisă înapoi gazdei pentru verificare utilizând cheia publică a dispozitivului.

Dacă toți pașii procedurii de autentificare se finalizează cu succes, atunci lanțul de încredere a fost verificat înapoi la rădăcina încrederii și OTP IC 242 este autentificat cu succes pentru a fi utilizat cu gazda. Cu toate acestea, dacă oricare dintre etapele procedurii de autentificare eșuează, atunci IC OTP 242 nu este autentificat pentru utilizare cu gazda și utilizarea dispozitivului care încorporează IC OTP 242 este restricționată sau împiedicată.

15 Figurile 46 până la 48 ilustrează modul în care aerul trece prin dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 în timpul funcționării.

20 Sonicarea medicamentului lichid (de exemplu, nicotina) îl transformă în lichid pulverizat (aerosolizare). Cu toate acestea, acest lichid pulverizat s-ar așeza

peste traductorul ultrasonic 215 dacă nu ar fi disponibil suficient aer ambiant pentru a înlocui aerosolul în creștere. În camera de sonicare 219, este necesară o alimentare continuă cu aer, deoarece lichidul pulverizat (aerosolul) este generat și scos prin portul de ieșire a lichidului pulverizat 208. Pentru a satisface această cerință, este prevăzut un canal de flux de aer. În această dispunere, canalul fluxului de aer are o suprafață medie a secțiunii transversale de $11,5 \text{ mm}^2$, care este calculată și proiectată în camera de sonicare 219 pe baza presiunii negative a aerului de la un utilizator mediu. Acest aspect controlează, de asemenea, raportul lichid pulverizat-aer al aerosolului inhalat, controlând cantitatea de medicament livrată utilizatorului.

Pe baza cerințelor de proiectare, canalul fluxului de aer este dirijat astfel încât să se inițieze din partea inferioară a camerei de sonicare 219.

35 Deschiderea din partea inferioară a camerei de aerosoli se aliniază cu deschiderea către o punte de flux de aer din dispozitiv și este strâns adiacentă acesteia. Canalul de curgere a fluxului de aer rulează vertical în sus de-a lungul rezervorului și continuă până în centrul camerei de sonicare (concentric cu traductorul ultrasonic 215). Aici, se întoarce 90° spre interior. Calea de trecere continuă apoi până la aproximativ 1,5 mm de la traductorul ultrasonic 215.

40 Această direcționare asigură maximizarea aerului ambiant furnizat direct în direcția suprafeței de atomizare a traductorului ultrasonic 215. Aerul curge prin canal, spre traductor, colectează lichidul pulverizat generat pe măsură ce iese prin portul de ieșire a lichidului pulverizat 208.

45 Referindu-ne acum la figurile 49 și 50 din desenele însoțitoare, un dispozitiv narghilea 202 al unor dispuneri este configurat pentru a se atașa în mod detașabil la o narghilea 246 existentă. Dispozitivul de tip narghilea 202 se atașează la tija 247 în locul unui cap convențional de narghilea, în care în caz contrar ar fi introdus tutunul și cărbunele (sau elementul electronic de încălzire).

50 Narghileaua 246 cuprinde o cameră de apă și o tijă alungită 247 având un prim capăt care este atașat la camera pentru apă. Tija 247 cuprinde o cale de curgere a lichidului pulverizat care se extinde de la un al doilea capăt al tijei 247, prin tija 247, până la primul capăt și în camera pentru apă.

În această dispunere, dispozitivul pentru narghilea 202 este atașat în mod detașabil la al doilea capăt al tijei 247 a narghilei 246. Cu toate acestea, în alte dispuneri, dispozitivul pentru narghilea 202 nu este conceput pentru a fi detașabil, ci este fixat sau format integral cu tija 247 a narghilei 246.

55 Referindu-ne la figurile 51-59 din ilustrațiile însoțitoare, dispozitivul pentru narghilea 202 cuprinde o carcasă 248 care încorporează o bază 249 și un capac 250, care sunt atașate sau atașate în mod detașabil una la cealaltă. În această dispunere, carcasa 248 este cilindrică și, în general, în formă de disc.

În această dispunere, capacul 250 este prevăzut cu mai multe orificii de intrare a aerului 251 pentru a permite aspirarea aerului în dispozitivul de tip narghilea 202. Baza 249 este prevăzută cu un orificiu de ieșire pentru narghilea 252 pentru a permite aerului și lichidului pulverizat să iasă din dispozitivul de tip narghilea 202 și să curgă în narghilea 246. Diametrul orificiului de ieșire a narghilei 252 este suficient pentru a permite utilizatorului să tragă aer rapid prin dispozitivul pentru narghilea 202 și prin narghilea 246 pentru a genera bule de lichid pulverizat care călătoresc prin apă în narghilea 246.

În această dispunere, orificiul de ieșire a narghilei 252 este un orificiu circular care primește capătul tijei 247 a narghilei 246. Dispozitivul de tip narghilea 202 este sprijinit pe tija 247 a narghilei 246, formându-se o etanșare în general etanșă la gaz între dispozitivul de tip narghilea 202 și tija 247.

În această dispunere, dispozitivul pentru narghilea 202 este un dispozitiv autonom, componentele electronice și dispozitivele generatoare de lichid pulverizat care conțin lichidul pentru dispozitive electronice fiind introduse în carcasa 248.

În această dispunere, dispozitivul pentru narghilea 202 cuprinde o placă de sprijin superioară 253, o placă de sprijin mediană 254 și o placă de sprijin inferioară 255, care sunt stivuite una deasupra celeilalte. Plăcile de suport 253- 255 susțin mai multe dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201 în cadrul dispozitivului pentru narghilea 202. Fiecare dispozitiv de generare a lichidului pulverizat este un dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201, așa cum este descris în prezenta dezvăluire. În această dispunere, dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 sunt atașate detașabil la dispozitivul de tip narghilea 202, astfel încât dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 să poată fi înlocuite atunci când sunt goale (adică atunci când lichidul pentru dispozitive electronice este parțial sau complet epuizat).

În această dispunere, dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde patru dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201 care sunt controlate de microcontrolerul 303 al dispozitivului de tip narghilea 202 (prin fiecare PMIC 300 și punte IC 301 respective). În alte dispuneri, dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde mai multe dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201, cum ar fi cel puțin două dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201 sau până la opt dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201.

Dispozitivul de tip narghilea 202 este prevăzut cu terminale de contact principal 259 care stabilesc conexiunea electrică între controlerul dispozitivului de tip narghilea 202 și contactele electrice 232 și 233 ale fiecărui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201. Dispozitivul de tip narghilea 202 este prevăzut cu terminale de contact secundar 260 care stabilesc o conexiune electrică între controlerul dispozitivului de tip narghilea 202 și contactele electrice 241 de pe PCB-ul OTP al fiecărui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201.

În această dispunere, dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde o placă de circuite imprimate superioară (PCB) 256 care este poziționată deasupra plăcii de suport superioare 253 și un PCB central 257 care este poziționat între placa de suport mediană 254 și placa de suport inferioară 255. Un PCB inferior 258 este poziționat sub placa de suport inferioară 255. Unitățile PCB 256-258 conțin componentele electronice care alcătuiesc un dispozitiv de acționare al dispozitivului de tip narghilea 202. PCB-urile 256-258 sunt cuplate electric între ele pentru a permite componentelor electronice de pe fiecare PCB 256-258 să comunice între ele.

Deși există trei unități PCB 256-258 în această dispunere, alte dispuneri cuprind doar un PCB sau mai multe unități PCB care îndeplinesc aceleași funcții ale dispozitivului de acționare al dispozitivului de tip narghilea 202.

În această dispunere, dispozitivul pentru narghilea 202 cuprinde mai mulți magneți 261 care permit ca plăcile de suport 253-255 să fie fixate în mod detașabil una de cealaltă. Odată ce dispozitivul pentru narghilea 202 este asamblat cu plăcile de suport 253-255 și PCB-urile 256-258 stivuite una peste alta, cu dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 reținut între plăcile de suport 253-255, capacul 250 este așezat pe baza 249 și se utilizează mai multe șuruburi 262 pentru a fixa în mod detașabil capacul 250 la baza 249.

Placa de susținere superioară 253 cuprinde un distribuitor 263 care este poziționat central pe o parte a plăcii de sprijin superioare 253. În această dispunere, colectorul 263 este prevăzut cu patru orificii 264 (dintre care numai unul este vizibil în figura 56), care primesc fiecare orificiul de ieșire 208 al unui

dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201 respectiv. În această dispunere, dispozitivul pentru narghilea 202 cuprinde patru dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201 care sunt cuplate în mod detașabil la colector la 90° unul față de celălalt. În alte dispuneri, colectorul 263 cuprinde un număr diferit de orificii 264 pentru a corespunde numărului de dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201 utilizate cu dispozitivul de tip narghilea 202.

Colectorul 263 cuprinde o țeavă colectoare 265 care comunică fluidic cu orificiile 264, astfel încât lichidul pulverizat generat de dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 se poate combina și curge în jos din colector 263 și din țeava colectoare 265. Atunci când este asamblat dispozitivul pentru narghilea 202, țeava colectorului 265 se extinde printr-o deschidere 266 în placa de susținere mediană 254 și o deschidere 267 în unitatea PCB mediană 257. Țeava colectorului 265 se conectează apoi la o țeavă de evacuare 268 care se extinde prin placa de suport inferioară 255 pentru a asigura o cale de curgere a fluidului prin placa de suport inferioară către portul de ieșire a narghilei 252 a dispozitivului de tip narghilea 202.

În timpul utilizării, fiecare dintre dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 este menținut de colector în orientare orizontală. Respectiv, lungimea longitudinală a fiecărui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201 este perpendiculară sau în general perpendiculară pe direcția de curgere a lichidului pulverizat, deoarece lichidul pulverizat curge în jos de la baza dispozitivului de tip narghilea 202.

Țeava de evacuare 268 se extinde în jos de la partea inferioară a plăcii de suport inferioare 255 și prin deschiderea 269 din unitatea PCB inferioară 258. Țeava de evacuare 268 se extinde apoi printr-un orificiu 270 în baza 249 a dispozitivului pentru narghilea 202. În această dispunere, țeava de evacuare 268 și portul de ieșire a narghilei 252 sunt o dispunere de atașare a narghilei 271 care atașează sau este configurat să atașeze dispozitivul de tip narghilea 202 la o narghilea 246. În această dispunere, dispozitivul de tip narghilea 202 este atașat la narghilea 246 prin introducerea unei părți a țigii 247 a narghilei în orificiul de ieșire a narghilei 252.

Orificiul de ieșire a narghilei 252 asigură o cale de curgere a fluidului 272, așa cum se arată în Figurile 58 și 59, de la orificiile de ieșire a lichidului pulverizat 208 ale dispozitivelor generatoare de lichid pulverizat 201 și din dispozitivul de tip narghilea 202, astfel încât lichidul pulverizat generat de dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 să se scurgă din dispozitivul de tip narghilea 202 în narghilea 246. Amestecul de aer și lichid pulverizat creează bule în apa narghilei 246. Bulele scapă de suprafața apei cu lichidul pulverizat care se ridică deasupra suprafeței apei din vasul pentru apă al narghilei și se deplasează prin țeavă către utilizator în timpul inhalării.

În această dispunere, unitatea PCB superioară 256 are un senzor de presiune care detectează presiunea aerului în vecinătatea orificiilor de ieșire a lichidului pulverizat 208 ale dispozitivelor generatoare de lichid pulverizat 201. Senzorul de presiune detectează astfel o presiune negativă în vecinătatea orificiilor de ieșire a lichidului pulverizat 208 atunci când un utilizator inhalează din narghilea și trage aer prin dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 de-a lungul traseului de curgere a fluidului 272. Senzorul de presiune furnizează un semnal către controlerul dispozitivului de tip narghilea, așa cum este descris mai jos, pentru ca acesta să activeze cel puțin unul dintre dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 pentru a genera lichid pulverizat în timp ce utilizatorul trage din narghilea.

În această dispunere, unitatea PCB inferioară 258 are componente de control al puterii 273 care controlează și distribuie puterea către celelalte componente electronice ale dispozitivului de tip narghilea 202. În unele dispuneri, componentele de control al alimentării 273 primesc energie de la o sursă de alimentare externă, cum ar fi un adaptor de alimentare de la rețea, care este atașat în mod detașabil la dispozitivul de tip narghilea 202. În această dispunere, capul de narghilea 202 este configurat pentru a fi alimentat de un adaptor de alimentare extern la o tensiune continuă în intervalul de la 20 V la 40 V.

În alte dispuneri, dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde o baterie integrată în dispozitivul de tip narghilea 202 și conectată la componentele de control al puterii 273. În unele dispuneri, bateria este o baterie Li-Po reîncărcabilă. În unele dispuneri, bateria este configurată pentru a emite o tensiune de la 20 V la 40 V c.c. În unele dispuneri, bateria are o viteză ridicată de descărcare. Viteza mare de descărcare este necesară pentru amplificarea tensiunii necesare traductoarelor ultrasonice ale dispozitivelor generatoare de lichid pulverizat 201.

Datorită cerinței de a avea o viteză ridicată de descărcare, bateria Li-Po din unele dispuneri este proiectată special pentru consumul continuu de curent. În unele dispuneri, un port de încărcare este prevăzut pe dispozitivul de tip narghilea 202 pentru a permite încărcarea bateriei de la o sursă de alimentare externă.

5 Unitatea PCB din mijloc 257 încorporează un procesor 274 și o memorie 275 a unui controler sau dispozitiv de calcul al dispozitivului de tip narghilea 202. În acest exemplu, fiecare unitate PMIC 300 și fiecare punte IC 301 este montată pe PCB 257 împreună cu celelalte componente electrice ale dispozitivului de tip narghilea 22. În această dispunere, procesorul 274 și memoria 275 sunt componente ale dispozitivului de acționare din dispozitivul de tip narghilea 202. În această dispunere, funcționalitatea dispozitivului de acționare este implementată în instrucțiuni executabile care sunt stocate în memoria 275 care, atunci când sunt executate de procesorul 274, determină procesorul 274 să controleze dispozitivul de acționare să efectueze cel puțin o funcție. Dispozitivul de acționare este conectat electric la fiecare dintre dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201. În această dispunere, dispozitivul de acționare al dispozitivului de tip narghilea 202 este cuplat pentru comunicarea cu fiecare dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201 printr-o magistrală de comunicații sau o magistrală de date, cum ar fi o magistrală de date I2C, așa cum este descris mai sus. În această dispunere, fiecare dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201 este identificat printr-un identificator unic care este utilizat la controlul dispozitivului de generare a lichidului pulverizat 201 prin intermediul magistralei de date (microcontrolerul 303 controlează fiecare PMIC 300 prin intermediul magistralei de date care, la rândul său, controlează dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 201 respectiv). În unele dispuneri, identificatorul unic este stocat în OTP IC 242 al dispozitivului de generare a lichidului pulverizat 201.

25 În unele dispuneri, dispozitivul de acționare (microcontrolerul 303) controlează în mod independent fiecare dispozitiv de generare a lichidului pulverizat respectiv. În unele dispuneri, funcționalitatea de control este implementată în instrucțiunile executabile stocate în memoria 275. Configurația controlului independent permite dispozitivului de acționare să activeze sau să dezactiveze fiecare dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201 independent de celelalte dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201. Prin urmare, dispozitivul de acționare poate controla unul sau mai multe dintre dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 pentru a genera lichid pulverizat în mod simultan sau alternativ, în conformitate cu cerințele predeterminate.

35 În unele dispuneri, dispozitivul de acționare controlează dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 pentru a se activa și/sau dezactiva succesiv în ordine. În unele dispuneri, secvența de activare a dispozitivelor generatoare de lichid pulverizat 201 optimizează funcționarea dispozitivului de tip narghilea 202, asigurându-se că lichidul pulverizat este generat suficient de rapid pentru a permite lichidului pulverizat să treacă în bule prin apa din camera pentru apă a narghilei. Dispozitivul pentru narghilea 202 din unele dispuneri permite astfel bulelor de lichid pulverizat să fie trase la viteză mare prin apa din camera pentru apă, pe măsură ce un utilizator folosește muștiucul pentru narghilea. Prin urmare, compușii solubili în apă (de exemplu, glicerină vegetală, arome etc.) sunt capabili să se deplaseze prin apă în bulele de lichid pulverizat pentru a fi inhalați de către un utilizator.

45 În unele dispuneri, dispozitivul de acționare controlează dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 pentru a se activa pentru o perioadă predeterminată de timp, unul după altul, în ordine. În unele dispuneri, dispozitivul de acționare controlează dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 pentru a se activa prin rotație, astfel încât dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 să fie activate unul după altul și/sau unul câte unul în sensul acelor de ceasornic sau în sens invers acelor de ceasornic.

50 În unele dispuneri, dispozitivul de acționare controlează dispozitivele generatoare de lichid pulverizat 201 pentru a se activa în perechi. În unele dispuneri, dispozitivul de acționare controlează două dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201 pentru a se activa în mod simultan; Fie două dispozitive generatoare de lichid pulverizat 201 care sunt adiacente unul față de celălalt, fie două dispozitive generatoare de lichid pulverizat care sunt opuse unul față de celălalt.

55 În unele dispuneri, dispozitivul de acționare este configurat pentru a se asigura că un dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201 nu este activat dacă nu are un fitil corespunzător cu lichidul pentru dispozitive electronice în capilarul său 222 sau dacă respectiva cameră pentru lichid 218 este goală sau aproape goală de lichidul pentru dispozitive electronice. Acest aspect oferă protecție dispozitivului de tip narghilea 202, asigurându-se că dispozitivul de tip narghilea 202 menține funcționarea corectă.

Componentele electronice ale dispozitivului de acționare al dispozitivului de tip narghilea 202 (distribuită pe unitățile PCB 256-258) este împărțită după cum se discută mai jos. Următoarea descriere se referă la controlarea unui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201, dar este de apreciat faptul că dispozitivul de acționare al dispozitivului de tip narghilea 202 controlează fiecare dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201 în mod independent în același mod.

Pentru a obține cea mai eficientă aerosolizare, cu dimensiunea particulelor sub 1 um, dispozitivul de acționare furnizează plăcuțele de contact care primesc traductorul ultrasonic 215 (disc ceramic piezoelectric (PZT)) cu frecvență adaptivă ridicată (aproximativ 3 MHz).

Această secțiune nu numai că trebuie să asigure o frecvență ridicată, ci și să protejeze traductorul ultrasonic 215 împotriva defecțiunilor, oferind în același timp o cavitație optimizată constantă.

Deformarea mecanică PZT este legată de amplitudinea tensiunii c.a. care i se aplică și, pentru a garanta funcționarea optimă și livrarea sistemului la fiecare sonicare, deformarea maximă trebuie asigurată PZT tot timpul.

Cu toate acestea, pentru a preveni defectarea PZT, puterea activă transferată acestuia trebuie controlată cu precizie.

Procesorul 274 și memoria 275 sunt configurate pentru a controla modularea puterii active date PZT în fiecare moment, fără a compromite amplitudinea mecanică a vibrațiilor PZT.

Prin modularea lățimii impulsului (PWM) a tensiunii AC aplicată la PZT, amplitudinea mecanică a vibrațiilor rămâne aceeași.

Într-adevăr, tensiunea RMS aplicată ar fi aceeași cu modularea efectivă a ciclului de funcționare ca și cu modularea tensiunii, dar puterea activă transferată către PZT s-ar degrada. Într-adevăr, având în vedere formula de mai jos:

$$Pa = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} Irms * Vrms * \cos\phi$$

Puterea activă afișată la PZT fiind

Unde

ϕ este schimbarea de fază dintre curent și tensiune

I_{rms} este curentul cu rădăcină medie pătrată

V_{rms} este tensiunea cu rădăcină medie pătrată.

Când se ia în considerare prima armonică, I_{rms} este o funcție a amplitudinii reale de tensiune aplicată traductorului, deoarece modulația lățimii impulsului modifică durata tensiunii furnizate traductorului, controlând I_{rms} .

Designul specific al PMIC utilizează un design de ultimă generație, permițând un control ultra-precis al gamei de frecvențe și al pașilor care se aplică PZT, inclusiv un set complet de bucle de feedback și o cale de monitorizare pentru secțiunea de comandă de utilizat.

În această dispunere, dispozitivul de acționare cuprinde un convertor de impuls c.c./c.c. și un transformator care transferă puterea necesară la plăcuțele de contact PZT.

În această dispunere, dispozitivul de acționare cuprinde un dispozitiv de acționare c.a. pentru conversia unei tensiuni de la baterie într-un semnal de acționare c.a. la o frecvență predeterminată pentru a acționa traductorul ultrasonic.

Dispozitivul de acționare cuprinde o dispunere de monitorizare a puterii active pentru monitorizarea puterii active utilizate de traductorul ultrasonic (după cum este descris mai sus) atunci când traductorul ultrasonic este acționat de semnalul de acționare c.a.. Dispunerea de monitorizare a puterii active oferă un semnal de monitorizare care indică o putere activă utilizată de traductorul ultrasonic.

Procesorul 274 din dispozitivul de acționare controlează dispozitivul de acționare c.a. și primește unitatea de semnal de monitorizare de la sistemul de monitorizare activă a puterii.

5 Memoria 275 a dispozitivului de acționare stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, determină procesorul:

10 A. să controleze dispozitivul de acționare c.a. pentru a emite un semnal de acționare c.a. către traductorul ultrasonic la o frecvență de baleiaj.

 B. să calculeze puterea activă utilizată de traductorul ultrasonic pe baza semnalului de monitorizare;

15 C. să controleze dispozitivul de acționare c.a. pentru a modula semnalul de acționare c.a. pentru a maximiza puterea activă utilizată de traductorul ultrasonic;

 D. să stocheze o înregistrare în memoria puterii active maxime utilizate de traductorul ultrasonic și frecvența de baleiaj a semnalului de acționare c.a.;

20 E. să repete etapele A-D pentru un număr predeterminat de iterații cu creșterea sau descreșterea frecvenței de baleiaj cu fiecare iterație, astfel încât, după ce a avut loc numărul predeterminat de iterații, frecvența de baleiaj a fost crescută sau scăzută de la o frecvență de baleiaj inițială la o frecvență de baleiaj finală;

25 F. să identifice din înregistrările stocate în memorie frecvența optimă pentru semnalul de acționare c.a., care este frecvența de baleiaj a semnalului de acționare c.a. la care este utilizată o putere activă maximă de către traductorul ultrasonic; și

30 G. să controleze dispozitivul de acționare c.a. pentru a emite un semnal de acționare c.a. către traductorul ultrasonic la frecvența optimă pentru a conduce traductorul ultrasonic pentru a atomiza un lichid.

 În unele dispuneri, dispunerea de monitorizare a puterii active cuprinde o dispunere de detectare a curentului pentru detectarea unui curent de acționare a semnalului de acționare c.a. care acționează traductorul ultrasonic, în care dispunerea de monitorizare a puterii active furnizează un semnal de monitorizare care arată curentul de acționare detectat.

35 În unele dispuneri, dispunerea de detectare a curentului cuprinde un convertor analogic-digital care convertește curentul de acționare detectat într-un semnal digital pentru a fi procesat de către procesor.

40 În unele dispuneri, frecvența inițială este de 2.900 kHz, iar frecvența finală este de 3.100 kHz. În alte dispuneri, frecvența inițială este de 3.100 kHz, iar frecvența finală este de 2.900 kHz.

45 În unele dispuneri, memoria stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, determină procesorul: să repete pașii A-D de mai sus, frecvența de baleiaj fiind crescută în mod gradual de la o frecvență inițială de 2.900 kHz la o frecvență de baleiaj finală de 2.960 kHz.

 În unele dispuneri, memoria stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, determină procesorul: să repete pașii A-D de mai sus, frecvența de baleiaj fiind crescută în mod gradual de la o frecvență inițială de 2.900 kHz la o frecvență de baleiaj finală de 3.100 kHz.

50 În unele dispuneri, memoria stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, determină procesorul: în pasul G, să controleze dispozitivul de acționare c.a. să emită un semnal de acționare c.a. către traductorul ultrasonic la o frecvență care este modificată cu o cantitate de deplasare predeterminată de la frecvența optimă.

55 În unele dispuneri, durata predeterminată a schimbului este între 1- 10 % din frecvența optimă.

Senzorul de presiune utilizat în dispozitiv are două scopuri. Primul scop este de a preveni pornirea nedorită și accidentală a motorului sonic (acționând traductorul ultrasonic). Această funcționalitate este implementată în dispunerea de procesare a dispozitivului, dar optimizată pentru putere redusă, pentru a

măsura în mod constant parametrii de mediu, cum ar fi temperatura și presiunea ambiantă, cu compensare internă și setare de referință, pentru a detecta și clasifica în mod precis ceea ce se numește o inhalare reală.

Al doilea scop al senzorului de presiune este de a putea monitoriza nu numai durata exactă a inhalărilor de către utilizator pentru măsurarea precisă a volumului de inhalare, ci și de a putea determina puterea inhalării utilizatorului. În general, suntem capabili să trasăm complet profilul de presiune al fiecărei inhalări și să anticipăm sfârșitul unei inhalări pentru optimizarea aerosolizării.

În unele dispoziții, dispozitivul de tip narghilea 202 cuprinde un microcontroler Bluetooth™ cu consum redus de energie (BLE). Într-adevăr, acest aspect permite configurației să ofere timpi de inhalare extrem de preciși, aerosolizare optimizată, să monitorizeze numeroși parametri pentru a garanta pulverizarea sigură și pentru a împiedica utilizarea lichidului pentru dispozitive electronice sau a camerelor de aerosoli neautentice și pentru a proteja atât dispozitivul împotriva riscurilor de supraîncălzire, cât și utilizatorul împotriva pulverizării excesive dintr-o singură utilizare.

Utilizarea microcontrolerului BLE permite actualizarea fără fir pentru a oferi în mod continuu software îmbunătățit utilizatorilor pe baza colectării de date anonimizate și a AI instruit pentru modelarea PZT. Microcontrolerul BLE permite, de asemenea, unui dispozitiv de calcul la distanță să comunice cu dispozitivul de tip narghilea 202, astfel încât dispozitivul de calcul la distanță să poată controla funcționarea dispozitivului de tip narghilea 202. Într-un exemplu, mai multe dispozitive pentru narghilea sunt controlate de unul sau mai multe dispozitive de calcul la distanță, de exemplu într-un bar în care se consumă narghilea sau shisha pentru a permite managerului barului să controleze funcționarea și/sau să monitorizeze starea fiecărui dispozitiv de tip narghilea.

Într-un exemplu, datele care indică starea fiecărui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat din fiecare dispozitiv de tip narghilea sunt transmise de dispozitivul de tip narghilea către un dispozitiv de calcul la distanță, astfel încât dispozitivul de calcul la distanță să poată monitoriza starea fiecărui dispozitiv de generare a lichidului pulverizat individual. Aceasta permite unui manager sau utilizatorului să urmărească când fiecare dispozitiv de generare a lichidului pulverizat are un nivel scăzut de lichid sau nu funcționează corect, astfel încât dispozitivul de generare a lichidului pulverizat să poată fi înlocuit.

Dispozitivul de tip narghilea 202 este o soluție de aerosolizare precisă, fiabilă și sigură pentru utilizarea zilnică de către clienți și, ca atare, trebuie să ofere o aerosolizare controlată și de încredere.

Acest aspect se realizează printr-o metodă internă care poate fi împărțită în mai multe secțiuni, după cum urmează:

Sonicare

Pentru a asigura cea mai optimă aerosolizare, traductorul ultrasonic (PZT) sau fiecare dispozitiv de generare a lichidului pulverizat 201 trebuie să vibreze în cel mai eficient mod.

Frecvență

Proprietățile electromecanice ale materialului ceramic piezoelectric indică că respectiva componentă are cea mai mare eficiență la frecvența de rezonanță. De asemenea, vibrarea unui PZT la rezonanță pentru o durată lungă de timp se va încheia inevitabil cu defectarea și ruperea componentei, ceea ce face ca respectiva cameră de aerosoli să fie inutilizabilă.

Un alt aspect important de luat în considerare atunci când se utilizează materiale piezoelectrice este variabilitatea inerentă în timpul fabricării și variabilitatea acestora în funcție de temperatură și durata de funcționare.

Rezonarea unui PZT la 3 MHz pentru a crea picături de o dimensiune <1 um necesită o metodă adaptivă pentru a localiza și ținti „punctul optim” al PZT special în interiorul fiecărei camere pentru aerosoli utilizate cu dispozitivul pentru fiecare inhalare.

Baleiaj

Deoarece dispozitivul trebuie să localizeze „punctul optim” pentru fiecare inhalare și din cauza utilizării excesive, temperatura PZT variază, deoarece dispozitivul utilizează o metodă internă de baleiaj dublu.

Prima baleiaj este utilizată atunci când dispozitivul nu a fost utilizat cu o anumită cameră de aerosoli un timp considerat suficient pentru ca întreaga disipare termică să aibă loc și pentru ca PZT să se răcească la „temperatura implicită”. Această procedură se mai numește și pornire la rece. În timpul acestei proceduri, PZT are nevoie de un impuls pentru a produce aerosolul necesar. Acest proces se realizează doar prin parcurgerea unui mic subset de frecvențe între 2.900 kHz și 2.960 kHz care, luând în considerare studii și experimente ample, acoperă punctul de rezonanță.

Pentru fiecare frecvență din acest interval, motorul sonic este activat și curentul care trece prin PZT este monitorizat în mod activ și stocat de microcontroler printr-un convertor analogic-digital (ADC) și convertit înapoi în curent pentru a putea deduce cu precizie puterea utilizată de PZT.

Acest proces generează profilul la rece al acestui PZT în ceea ce privește frecvența, iar frecvența utilizată pe tot parcursul inhalării este cea care utilizează cea mai mare frecvență, respectiv cea mai mică frecvență de impedanță.

Al doilea baleiaj se efectuează în timpul oricărei inhalări ulterioare și acoperă întreaga gamă de frecvențe între 2.900 kHz și 3.100 kHz datorită modificării profilului PZT în ceea ce privește temperatura și deformarea. Acest profil la cald este utilizat pentru a determina schimbarea de aplicat.

Schimbare

Deoarece aerosolizarea trebuie să fie optimă, schimbarea nu este utilizată în timpul inhalării la rece și, prin urmare, PZT va vibra la frecvența de rezonanță. Acest lucru se poate întâmpla doar pentru o durată scurtă și nerepetată de timp, altfel PZT s-ar rupe în mod inevitabil.

Cu toate acestea, schimbarea este utilizată în timpul majorității inhalărilor ca o modalitate de a viza în continuare o frecvență de impedanță scăzută, rezultând astfel o funcționare cvasi-optimă a PZT, protejându-l în același timp împotriva defectărilor.

Deoarece profilurile la cald și la rece sunt stocate în timpul inhalării, microcontrolerul poate selecta apoi frecvența schimbată adecvată în funcție de valorile măsurate ale curentului prin PZT în timpul baleiajului și poate asigura funcționare mecanică sigură.

Alegerea direcției de deplasare este crucială, deoarece componenta piezoelectrică se comportă într-un mod diferit dacă se află în afara frecvenței rezonante dublet/anti-rezonante sau în interiorul acestui interval. Schimbarea selectată ar trebui să fie întotdeauna în acest interval definit de frecvențe rezonante până la anti-rezonante, deoarece PZT este inductiv și nu capacitiv.

În cele din urmă, procentul de schimbare este menținut sub 10 % pentru a rămâne în continuare aproape de cea mai mică impedanță, dar suficient de departe de rezonanță.

Ajustare

Datorită naturii intrinseci a PZT, fiecare inhalare este diferită. Numeroși parametri, alții decât elementul piezoelectric, influențează rezultatul inhalării, cum ar fi cantitatea de lichid pentru dispozitive electronice rămasă în interiorul camerei pentru aerosoli, starea de fitil a tiftonului sau nivelul bateriei dispozitivului.

În acest moment, dispozitivul monitorizează permanent curentul utilizat de PZT în interiorul camerei pentru aerosoli, iar microcontrolerul ajustează în mod constant parametrii, cum ar fi frecvența și ciclul de funcționare, pentru a oferi camerei pentru aerosoli cea mai stabilă putere posibilă într-un interval predefinit care urmează studiile și rezultatele experimentale pentru o aerosolizare cât mai sigură.

Monitorizarea bateriei

În unele dispuneri, o baterie este integrată în dispozitivul de tip narghilea 202. În aceste dispuneri, dispozitivul de tip narghilea 202 este alimentat de o baterie c.c. Li-Po care furnizează o tensiune necesară dispozitivului de tip narghilea 202. Datorită cerinței de a avea o viteză ridicată de descărcare, bateria Li-Po dintr-o anumită dispunere este proiectată special pentru consumul continuu de curent.

5

Deoarece tensiunea bateriei scade și variază foarte mult la activarea secțiunii de sonicare, microcontrolerul monitorizează în mod constant puterea utilizată de PZT în interiorul camerei de aerosoli pentru a asigura o aerosolizare adecvată, dar și sigură.

10

Și deoarece cheia aerosolizării este comanda, dispozitivul se asigură mai întâi că secțiunea de comandă și informații a dispozitivului funcționează întotdeauna și nu se oprește în detrimentul secțiunii de sonicare.

15

Acesta este motivul pentru care metoda de ajustare ține cont și de nivelul bateriei în timp real și, dacă este necesar, modifică parametri precum ciclul de funcționare, pentru a menține bateria la un nivel sigur, iar în cazul unei baterii descărcate înainte de a porni motorul sonic, secțiunea de comandă și informații va împiedica activarea.

20

Controlul puterii

După cum s-a spus, cheia aerosolizării este comanda, iar metoda utilizată în dispozitiv este o funcție multidimensională în timp real care ia în considerare profilul PZT, curentul din interiorul PZT și nivelul bateriei dispozitivului în orice moment.

25

Toate acestea sunt realizabile numai datorită utilizării unui microcontroler care poate monitoriza și controla fiecare element al dispozitivului pentru a produce o inhalare optimă.

Interval

30

Deoarece dispozitivul se bazează pe o componentă piezoelectrică, dispozitivul împiedică activarea secțiunii de sonicare în cazul în care se oprește o inhalare. Întârzierea de siguranță dintre două inhalări este adaptivă în funcție de durata celei anterioare. Acest lucru permite tifonului să funcționeze corect drept fitil înainte de următoarea activare.

35

Cu această funcționare, dispozitivul poate funcționa în siguranță, iar aerosolizarea devine mai optimă, fără riscul ruperii elementului PZT sau expunerea utilizatorului la componente toxice.

Conectivitate (BLE)

40

Secțiunea de control și informații a dispozitivului este compusă dintr-un sistem de comunicații fără fir sub forma unui microcontroler compatibil Bluetooth cu consum redus de energie. Sistemul de comunicații fără fir este în comunicare cu procesorul dispozitivului și este configurat pentru a transmite și a primi date între dispozitivul de acționare și un dispozitiv de calcul, cum ar fi un smartphone.

45

Conectivitatea prin Bluetooth Low Energy la o aplicație mobilă însoțitoare asigură că este necesară doar o putere mică pentru această comunicare, permițând astfel dispozitivului să rămână funcțional o perioadă mai lungă de timp dacă nu este utilizat deloc, în comparație cu soluțiile tradiționale de conectivitate fără fir, cum ar fi Wi-Fi, Bluetooth clasic, GSM sau chiar LTE-M și NB-IOT.

50

Cel mai important, această conectivitate este ceea ce permite OTP ca o caracteristică și controlul complet și siguranța inhalărilor. Fiecare date de la frecvența de rezonanță a unei inhalări la cea utilizată sau presiunea negativă creată de utilizator și durata sunt stocate și transferate prin BLE pentru analize ulterioare și îmbunătățiri ale software-ului încorporat.

55

În cele din urmă, această conectivitate permite actualizarea firmware-ului încorporat în interiorul dispozitivului și fără fir (OTA), ceea ce garantează că versiunile cele mai recente pot fi întotdeauna implementate rapid. Acest lucru oferă o mare scalabilitate dispozitivului și se asigură că dispozitivul poate fi întreținut.

Într-un exemplu, dispozitivul de tip narghilea încorporează un dispozitiv de inhalare a lichidului pulverizat 200 care cuprinde un monitor de putere activă care încorporează un senzor de curent, cum ar fi senzorul de curent 335 descris mai sus, pentru detectarea unui curent de acționare rms al semnalului de acționare c.a. care acționează traductorul ultrasonic 215. Sistemul de monitorizare a puterii active furnizează un semnal de monitorizare care arată curentul de acționare detectat, așa cum este descris mai sus.

Funcționalitatea suplimentară a acestui exemplu permite dispozitivului de inhalare a lichidului pulverizat 200 să monitorizeze funcționarea traductorului ultrasonic în timp ce traductorul ultrasonic este activat. Dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat 200 calculează o valoare a eficacității sau un indice de calitate, care arată cât de eficient funcționează traductorul ultrasonic pentru a atomiza un lichid din dispozitiv. Dispozitivul utilizează valoarea eficacității pentru a calcula cantitatea reală a lichidului pulverizat care a fost generată pe durata activării traductorului ultrasonic.

După ce a fost calculată cantitatea reală de lichid pulverizat, dispozitivul este configurat pentru a calcula cantitatea reală de medicament care a fost prezentă în lichidul pulverizat și, prin urmare, cantitatea reală de medicament care a fost inhalată de un utilizator pe baza concentrației medicamentului în lichid.

În practică, așa cum este descris mai sus, există mulți factori diferiți care afectează funcționarea unui traductor ultrasonic și care au un impact asupra cantității de lichid pulverizat generată de traductorul ultrasonic și, prin urmare, cantitatea reală de medicament care este livrată unui utilizator.

Configurația dispozitivului de inhalare a lichidului pulverizat și o metodă de generare a lichidului pulverizat utilizând dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat din câteva exemple vor fi descrise în detaliu mai jos.

În acest exemplu, dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat încorporează componentele dispozitivului de inhalare a lichidului pulverizat 200 descrise mai sus, dar memoria dispozitivului de acționare 202 stochează în plus instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, determină procesorul să activeze dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 200 într-o primă perioadă de timp predeterminată. După cum s-a descris mai sus, dispozitivul de generare a lichidului pulverizat este activat prin acționarea traductorului ultrasonic 215 în dispozitivul de generare a lichidului pulverizat 200 cu semnalul de acționare c.a., astfel încât traductorul ultrasonic 215 să atomizeze lichidul transportat de elementul capilar 222.

Instrucțiunile executate determină procesorul să detecteze, folosind un senzor de curent, în mod periodic, în prima perioadă de timp predeterminată, curentul semnalului de acționare c.a. care curge prin traductorul ultrasonic 215 și stochează valorile actuale măsurate în mod periodic în memorie.

Instrucțiunile executate determină procesorul să calculeze o valoare a eficacității utilizând valorile actuale stocate în memorie. Valoarea eficacității indică eficacitatea funcționării traductorului ultrasonic la atomizarea lichidului.

Într-un exemplu, instrucțiunile executate determină procesorul să calculeze valoarea eficacității folosind această ecuație:

$$Q_I = \frac{\sum_{t=0}^{t=D} \sqrt{Q_{A(t)}^2 + Q_{F(t)}^2}}{\sqrt{2} N}$$

unde:

Q_I este valoarea eficacității,
 Q_F este o valoare de sub-eficacitate a frecvenței care se bazează pe valoarea frecvenței monitorizate (frecvența la care este acționat traductorul ultrasonic 215),

Q_A este o valoare analogică a sub-eficacității convertorului digital care se bazează pe valoarea actuală măsurată (curentul rms care trece prin traductorul ultrasonic 215),

$t=0$ este începutul primei perioade de timp predeterminate,

$t=D$ este sfârșitul primei perioade de timp predeterminate,

N este numărul de măsurători periodice (probe) în timpul primei perioade de timp predeterminate și $\sqrt{2}$ este un factor de normalizare.

Într-un exemplu, memoria stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, determină procesorul să măsoare în mod periodic, în timpul primei perioade de timp predeterminate, ciclul de funcționare al semnalului de acționare AC care acționează traductorul ultrasonic și stochează valorile ciclului de funcționare măsurate în mod periodic în memorie. Dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat modifică apoi valoarea de sub-eficacitate a convertorului analogic în digital Q_A pe baza valorilor actuale stocate în memorie. Prin urmare, dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat din acest exemplu ia în considerare variațiile ciclului de funcționare care pot apărea pe parcursul activării traductorului ultrasonic 215 atunci când dispozitivul calculează valoarea eficacității. Prin urmare, dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat poate calcula cu precizie cantitatea reală de lichid pulverizat generată, luând în considerare variațiile ciclului de funcționare al semnalului de acționare c.a. care pot apărea în timp ce este activat traductorul ultrasonic.

Valoarea eficacității este utilizată de dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat ca pondere pentru a calcula cantitatea reală de lichid pulverizat generată de dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat prin reducerea proporțională a unei valori a cantității maxime de lichid pulverizat care ar fi generată dacă dispozitivul ar funcționa în mod optim.

Într-un exemplu, memoria stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, determină procesorul să măsoare în mod periodic, în prima perioadă de timp predeterminată, frecvența semnalului de acționare c.a. care acționează traductorul ultrasonic 215 și stochează valorile de frecvență măsurate periodic în memorie. Dispozitivul calculează apoi valoarea eficacității utilizând valorile de frecvență stocate în memorie, în plus față de valorile actuale descrise mai sus.

Într-un exemplu, memoria stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, determină procesorul să calculeze o valoare maximă a cantității de lichid pulverizat care ar fi generată dacă traductorul ultrasonic 215 ar funcționa în mod optim în prima perioadă de timp predeterminată. Într-un exemplu, valoarea maximă a cantității de lichid pulverizat este calculată pe baza modelării care determină cantitatea maximă de lichid pulverizat care ar fi generată atunci când traductorul ultrasonic ar funcționa în mod optim.

După ce a fost calculată valoarea cantității maxime de lichid pulverizat, dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat poate calcula o valoare reală a cantității de lichid pulverizat prin reducerea valorii cantității maxime de lichid pulverizat în mod proporțional pe baza valorii eficacității pentru a determina cantitatea reală de lichid pulverizat care a fost generată în prima perioadă de timp predeterminată.

După ce a fost calculată cantitatea efectivă de lichid pulverizat, dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat poate calcula o valoare a cantității de medicament care arată cantitatea de medicament din cantitatea reală de lichid pulverizat care a fost generată în prima perioadă de timp predeterminată.

Dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat stochează apoi o înregistrare a valorii cantității de medicament în memorie.

Într-un exemplu, memoria stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, determină procesorul să selecteze o a doua perioadă de timp predeterminată ca răspuns la valoarea eficacității. În acest caz, a doua perioadă de timp predeterminată este o perioadă de timp în care traductorul ultrasonic 215 este activat în timpul unei a doua inhalări sau trageri de către un utilizator. Într-un exemplu, a doua perioadă de timp predeterminată este egală cu prima perioadă de timp predeterminată, dar cu timpul redus sau crescut proporțional cu valoarea eficacității. De exemplu, dacă valoarea eficacității indică faptul că traductorul ultrasonic 215 nu funcționează eficient, a doua perioadă de timp predeterminată este prelungită de valoarea eficacității, astfel încât se generează o cantitate dorită de lichid pulverizat în a doua perioadă de timp predeterminată.

În ceea ce privește următoarea inhalare, dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat activează dispozitivul de generare a lichidului pulverizat în a doua perioadă de timp predeterminată, astfel încât dispozitivul de generare a lichidului pulverizat să genereze o cantitate predeterminată de lichid pulverizat în a doua perioadă de timp predeterminată. Astfel, dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat controlează cu precizie cantitatea de lichid pulverizat generată în a doua perioadă de timp predeterminată,

luând în considerare diverși parametri care sunt reflectați de valoarea eficacității care afectează funcționarea dispozitivului de inhalare a lichidului pulverizat.

Într-un exemplu, memoria stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, determină procesorul să activeze dispozitivul de generare a lichidului pulverizat în mai multe perioade de timp predeterminate. De exemplu, dispozitivul de generare a lichidului pulverizat este activat în timpul mai multor inhalări sau trageri succesive de către un utilizator.

Dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat stochează mai multe valori ale cantității de medicament în memorie, fiecare valoare a cantității de medicament indicând cantitatea de medicament din lichidul pulverizat care a fost generată în una dintre perioadele de timp predeterminate.

Inhalatorul de lichid pulverizat din unele exemple ale prezentei dezvăluiri este configurat pentru a transmite date indicative ale valorilor cantității de medicament de la dispozitivul de generare a lichidului pulverizat la un dispozitiv de calcul (de exemplu, prin comunicare Bluetooth™ cu consum redus de energie) pentru stocarea într-o memorie a dispozitivului de calcul (de exemplu, un smartphone). O aplicație executabilă care rulează pe dispozitivul de calcul poate astfel înregistra cantitatea de medicament care a fost livrată unui utilizator.

Aplicația executabilă poate controla, de asemenea, funcționarea dispozitivului de inhalare a lichidului pulverizat, astfel încât aplicația să poată modifica funcționarea fiecărui dispozitiv de inhalare a lichidului pulverizat din dispozitivul de tip narghilea

pentru a se adapta la dispozitivul de inhalare a lichidului pulverizat care nu funcționează în mod optim.

Deoarece aerosolizarea lichidului pentru dispozitive electronice se realizează prin acțiunea mecanică a discului piezoelectric și nu datorită încălzirii directe a lichidului, componentele individuale ale lichidului pentru dispozitive electronice (propilenglicol, glicerină vegetală, componente aromatizante etc.) rămân în mare parte intacte și nu sunt descompuse în componente mai mici, dăunătoare, cum ar fi acroleina, acetaldehida, formaldehida etc. la viteza ridicată observată în ENDS tradiționale.

Toate aplicațiile de mai sus care implică tehnologia ultrasonică pot beneficia de optimizarea realizată de controlerul de frecvență, care optimizează frecvența de sonicare pentru performanțe optime.

Este de apreciat faptul că dezvăluirile din prezentul document nu se limitează la utilizarea pentru administrarea nicotinei. Dispozitivele dezvăluite aici sunt destinate utilizării cu orice medicamente sau alți compuși (de exemplu, CBD), medicamentul sau compusul fiind furnizat într-un lichid din camera pentru lichid a dispozitivului pentru aerosolizare de către dispozitiv. Dispozitivul de tip narghilea 202 din unele dispuneri este o alternativă mai sănătoasă la capetele convenționale de narghilea care ard tutunul folosind căldura emanată de cărbune sau de un element electric. Cu toate acestea, dispozitivul de tip narghilea 202 din unele dispuneri oferă în continuare aceeași experiență de utilizare ca o narghilea convențională datorită bulelor de lichid pulverizat din apa narghilelei. Prin urmare, este posibil ca utilizatorii să dorească să utilizeze dispozitivul ultrasonic de tip narghilea 202 din unele dispuneri în locul unei narghilele convenționale de ardere a tutunului și, prin urmare, să evite pericolele fumului tutunului dintr-o narghilea.

Aspectele de mai sus prezintă caracteristicile mai multor dispuneri, exemple sau exemple de realizare, astfel încât specialiștii din domeniu să poată înțelege mai bine diferitele aspecte ale prezentei dezvăluiri. Trebuie remarcat și înțeles că pot fi aduse îmbunătățiri și modificări ale exemplurilor de realizare descrise mai sus, în cadrul domeniului de aplicare al revendicărilor anexate.

Deși subiectul a fost descris într-un limbaj specific caracteristicilor structurale sau actelor metodologice, trebuie înțeles că obiectul revendicărilor anexate nu se limitează neapărat la caracteristicile sau actele specifice descrise mai sus. Dimpotrivă, caracteristicile și actele specifice descrise mai sus sunt prezentate ca exemple ale formelor de implementare pentru cel puțin unele dintre revendicări. Domeniul de aplicare al invenției este definit de revendicările anexate.

În prezentul document sunt furnizate diferite operațiuni de exemple sau exemple de realizare. Ordinea în care sunt descrise unele sau toate operațiunile nu trebuie interpretată a însemna că aceste operațiuni depind neapărat de ordine. Ordinea alternativă va fi apreciată beneficiind de această descriere.

În plus, termenul „exemplificativ” este folosit în prezentul document cu sensul de a servi drept exemplu, instanță, ilustrație etc. - și nu neapărat la fel de avantajos. Potrivit prezentului document, „sau” este un „sau” incluziv, și nu un „sau” exclusiv. În plus, „o” și „un”, așa cum sunt utilizate în această solicitare și revendicările anexate, sunt în general interpretate ca însemnând „unul/una sau mai mulți/multe”, cu excepția cazului în care se specifică altfel sau în mod clar din context pentru a fi direcționat către o formă singulară. De asemenea, cel puțin unul dintre A și B și/sau altele asemenea înseamnă în general A sau B sau atât A, cât și B. În plus, în măsura în care se utilizează termenii „include”, „având”, „are”, „cu” sau variante ale acestora, acești termeni sunt mențiți a fi incluzivi într-un mod similar cu termenul „cuprinzând”. De asemenea, dacă nu se specifică altfel, „primul”, „al doilea” sau altele asemenea nu sunt menite să implice un aspect temporal, un aspect spațial, o ordonare etc. Dimpotrivă, astfel de termeni sunt folosiți doar ca identificatori, nume etc. pentru caracteristici, elemente, articole etc. De exemplu, un prim element și un al doilea element corespund în general elementului A și elementului B sau două elemente diferite sau două elemente identice sau aceluiasi element.

De asemenea, deși dezvăluirea a fost prezentată și descrisă în legătură cu una sau mai multe implementări, vor apărea schimbări și modificări echivalente pentru alți specialiști din domeniu, pe baza citirii și înțelegerii prezentei specificații și a ilustrațiilor anexate. Dezvăluirea cuprinde toate aceste modificări și schimbări și este limitată numai de scopul următoarelor revendicări. În special în ceea ce privește diferitele funcții îndeplinite de caracteristicile descrise mai sus (de exemplu, elemente, resurse etc.), termenii utilizați pentru a descrie astfel de caracteristici sunt mențiți a corespunde, cu excepția cazului în care se indică altfel, oricăror caracteristici care îndeplinesc funcția specificată a caracteristicilor descrise (de exemplu, care este echivalentă din punct de vedere funcțional), chiar dacă nu este echivalentă din punct de vedere structural cu structura dezvăluită. În plus, deși este posibil ca o anumită caracteristică a dezvăluirii să fi fost dezvăluită doar în ceea ce privește una dintre mai multe implementări, o astfel de caracteristică poate fi combinată cu una sau mai multe alte caracteristici ale celorlalte implementări, după cum poate fi de dorit și avantajos pentru orice aplicație dată sau specifică. Scopul invenției este definit de revendicările anexate.

Exemple sau exemple de realizare ale subiectului și operațiunilor funcționale descrise aici pot fi implementate în circuite electronice digitale sau în software, firmware sau hardware pentru computere, inclusiv structurile dezvăluite în această specificație și echivalentele lor structurale sau în combinații ale unuia sau mai multora dintre acestea.

Unele exemple sau exemple de realizare sunt implementate utilizând unul sau mai multe module de instrucțiuni de programe pentru computere codificate pe un suport care poate fi citit de un computer pentru execuție de către sau pentru a controla funcționarea unui aparat de prelucrare a datelor. Suportul care poate fi citit de un computer poate fi un produs fabricat, cum ar fi un hard disk într-un sistem informatic sau un sistem încorporat. Suportul care poate fi citit de un computer poate fi achiziționat separat și ulterior codificat cu unul sau mai multe module de instrucțiuni pentru programele pentru computere, cum ar fi prin livrarea unuia sau mai multor module de instrucțiuni de programe pentru computere printr-o rețea cu fir sau fără fir. Suportul care poate fi citit de un computer poate fi un dispozitiv de stocare care poate fi citit automat, un substrat de stocare care poate fi citit automat, un dispozitiv de memorie sau o combinație a unuia sau mai multora dintre acestea.

Termenii „dispozitiv de calcul” și „aparat de prelucrare a datelor” cuprind toate aparatele, dispozitivele și mașinile de prelucrare a datelor, inclusiv, de exemplu, un procesor programabil, un computer sau mai multe procesoare sau computere. Aparatul poate include, pe lângă hardware, cod care creează un mediu de execuție pentru programul de computer respectiv, de exemplu, cod care constituie firmware-ul procesorului, o stivă de protocoale, un sistem de gestionare a bazelor de date, un sistem de operare, un mediu de execuție sau o combinație a unuia sau mai multor dintre acestea. În plus, aparatul poate utiliza diverse infrastructuri diferite de modele de calcul, cum ar fi servicii web, infrastructuri de calcul distribuit și de calcul de rețea.

Procesele și fluxurile logice descrise în această specificație pot fi efectuate de unul sau mai multe procesoare programabile care execută unul sau mai multe programe de computer pentru a îndeplini funcții prin operarea datelor de intrare și generarea de ieșiri.

- Procesoarele adecvate pentru execuția unui program de computer includ, de exemplu, microprocesoare atât cu destinație generală, cât și cu destinație specială și unul sau mai multe procesoare ale oricărui tip de computer digital. În general, un procesor va primi instrucțiuni și date dintr-o memorie doar cu citire sau dintr-o memorie cu acces aleatoriu sau ambele. Elementele esențiale ale unui computer
- 5 sunt un procesor pentru executarea instrucțiunilor și unul sau mai multe dispozitive de memorie pentru stocarea instrucțiunilor și a datelor. În general, un computer va include, sau va fi cuplat în mod operativ pentru a primi date de la, sau pentru a transfera date către, sau ambele, unul sau mai multe dispozitive de stocare în masă pentru stocarea datelor, de exemplu, discuri magnetice, magneto-optice sau optice. Cu toate acestea, un computer nu trebuie neapărat să aibă astfel de dispozitive. Dispozitivele adecvate pentru
- 10 stocarea instrucțiunilor și datelor programelor de calculator includ toate formele de memorie nevolatilă, suporturi și dispozitive de memorie.

În prezenta specificație, „cuprinde” înseamnă „include sau constă în” și „cuprinzând” înseamnă „incluzând sau constând în”.

(56) Referințe bibliografice citate în raportul de documentare:

- WO-A1-2019/238064
- US-A1- 2016 324 212
- US-B1- 9 242 263

(57) Revendicări:

1. Un dispozitiv de tip narghilea care cuprinde:

mai multe dispozitive ultrasonice de generare a lichidului pulverizat (201), în care fiecare dispozitiv de generare a lichidului pulverizat (201) cuprinde:

o carcasă a dispozitivului de generare a lichidului pulverizat (204) care este alungită și cuprinde un orificiu de intrare a aerului (207) și un orificiu de ieșire a lichidului pulverizat (208);

o cameră pentru lichid (218) prevăzută în carcasa dispozitivului de generare a lichidului pulverizat (204), camera pentru lichid (218) conținând un lichid care urmează a fi atomizat;

o cameră de sonicare (219) prevăzută în carcasa dispozitivului de generare a lichidului pulverizat (204);

un element capilar (222) care se extinde între camera pentru lichid (218) și camera de sonicare (219), astfel încât o primă porțiune (223) a elementului capilar (222) să se afle în camera pentru lichid (218) și o a doua porțiune (224) a elementului capilar (222) să se afle în camera de sonicare (219);

un traductor ultrasonic (215) cu o suprafață de atomizare, în care o parte din a doua porțiune (224) a elementului capilar (222) este suprapusă pe o parte a suprafeței de atomizare și în care, atunci când traductorul ultrasonic (215) este acționat de un semnal de acționare c.a., suprafața de atomizare vibrează pentru a atomiza lichidul transportat de a doua porțiune (224) a elementului capilar (222) pentru a genera lichid pulverizat cuprinzând lichidul atomizat și aerul în camera de sonicare (219); și

o dispunere a fluxului de aer care asigură o cale de deplasare a aerului între orificiul de intrare a aerului (207), camera de sonicare (219) și orificiul de ieșire a aerului, în care dispozitivul de tip narghilea cuprinde în plus:

un microcontroler (303); și

o dispunere de prindere a narghilelei (271) care este configurată pentru a prinde dispozitivul de tip narghilea (202) la o narghilea (246), dispunerea accesoriului de prindere a narghilelei (271) având un orificiu de ieșire a narghilelei

(252) care asigură o cale de curgere a fluidului de la orificiile de ieșire a lichidului pulverizat (208) ale dispozitivelor de generare a lichidului pulverizat (201) și din dispozitivul de tip narghilea (202) astfel încât, atunci când cel puțin unul dintre dispozitivele de generare a lichidului pulverizat (201) este activat de dispozitivul de acționare (202), lichidul pulverizat generat de fiecare dispozitiv de generare a lichidului pulverizat activat (201) se deplasează de-a lungul căii de curgere a fluidului și din dispozitivul de tip narghilea (202) către narghilea (246);

caracterizat prin faptul că dispozitivul de tip narghilea cuprinde în plus:

mai multe circuite punte H (334), în care fiecare circuit punte H (334) dintre multiplele circuite punte H (334) este conectat la unul dintre traductoarele ultrasonice (215) respective și este configurat pentru a genera un semnal de acționare c.a. pentru a acționa traductorul ultrasonic (215);

o magistrală de date care este conectată electric la microcontroler pentru a comunica date către și de la microcontroler (303);

mai multe microcipuri (300) care sunt conectate electric la magistrala de date pentru a primi date de la și a transmite date la microcontroler (303), în care fiecare microcip (300) din multiplele microcipuri (300) este conectat la unul dintre circuitele punte H (334) pentru a controla circuitul punte H (334) pentru a genera semnalul de acționare c.a., în care fiecare microcip (300) este o singură unitate care cuprinde mai multe componente și subsisteme încorporate interconectate, cuprinzând:

un oscilator (315) care este configurat pentru a genera: un semnal de ceas principal,

un semnal de ceas de primă fază care este la nivel ridicat prima dată în timpul semi-perioadei pozitive a semnalului de ceas principal și la nivel scăzut în timpul semi-perioadei negative a semnalului de ceas principal; și

un semnal de ceas de faza a doua care este la nivel ridicat a doua oară în timpul semi-perioadei negative a semnalului de ceas principal și la nivel scăzut în timpul semi-perioadei pozitive a semnalului de ceas principal, în care semnalul de ceas de primă fază și semnalul de ceas de faza a doua sunt aliniate central;

un subsistem de generare a semnalului „PWM” cu modulare a lățimii de impuls (329) care cuprinde:

o buclă cu calare întârziată (332) care este configurată pentru a genera un semnal de ceas cu dublă frecvență utilizând semnalul de ceas de primă fază și semnalul de ceas de faza a doua, semnalul de ceas cu dublă frecvență având frecvență dublă față de cea a semnalului de ceas principal, în care bucla cu calare întârziată este configurată pentru a controla valoarea marginală în creștere a semnalului de ceas de primă fază și a semnalului de ceas de faza a doua pentru a fi sincron cu valoarea marginală ascendentă a semnalului de ceas cu frecvență dublă și în care bucla cu calare întârziată este configurată pentru a regla frecvența și ciclul de funcționare ale semnalului de ceas de primă fază și ale semnalului de ceas de faza a doua ca răspuns la un semnal de comandă a dispozitivului de acționare pentru a produce un semnal de ieșire de primă fază și un semnal de ieșire de faza a doua, în care semnalul de ieșire de primă fază și semnalul de ieșire de faza a doua sunt configurate pentru a acționa circuitul punte H (334) conectat la microcip (300) pentru a genera un semnal de acționare c.a. pentru a acționa traductorul ultrasonic (215);

un terminal al semnalului de ieșire de primă fază care este configurat pentru a emite semnalul de ieșire de primă fază către circuitul punte H (334) conectat la microcip (300);

un terminal al semnalului de ieșire de faza a doua care este configurat pentru a emite semnalul de ieșire de faza a doua către circuitul punte H (334) conectat la microcip (300);

un terminal de intrare a feedbackului care este configurat pentru a primi un semnal de feedback de la circuitul punte H (334), semnalul de feedback indicând un parametru al funcționării circuitului punte H (334) conectat la microcip (300) sau un semnal de acționare c.a. atunci când circuitul punte H (334) acționează traductorul ultrasonic (215) cu semnalul de acționare c.a. pentru a atomiza lichidul;

un subsistem „ADC” cu convertor analog-digital (318) care cuprinde:

mai multe terminale de intrare ADC (319) care sunt configurate pentru a recepționa mai multe semnale analogice respective, în care un terminal de intrare ADC din terminalele de intrare ADC (319) este conectat la terminalul de intrare a feedbackului astfel încât subsistemul ADC (318) să primească semnalul de feedback de la circuitul punte H (334) conectat la microcip (300) și în care subsistemul ADC (318) este configurat pentru a eșantiona semnalele analogice recepționate la terminalele de intrare ADC (319) la o frecvență de eșantionare care este proporțională cu frecvența semnalului de ceas principal, iar subsistemul ADC (318) este configurat pentru a genera semnale digitale ADC utilizând semnale analogice eșantionate;

un subsistem de procesor digital (316) care este configurat să primească semnalele digitale ADC de la subsistemul ADC (318) și să proceseze semnalele digitale ADC pentru a genera semnalul de control al dispozitivului de acționare, în care subsistemul de procesor digital (316) este configurat să comunice semnalul de control al dispozitivului de acționare către subsistemul de generare a semnalului PWM (329) pentru a controla subsistemul de generare a semnalului PWM (329); și

un subsistem de convertor digital-analogic „DAC” care cuprinde:

un convertor digital-analogic „DAC” (327) care este configurat pentru a converti un semnal de comandă digital generat de subsistemul de procesor digital

(316) într-un semnal analogic de control al tensiunii pentru a controla un circuit al regulatorului tensiunii care generează o tensiune pentru modulare de către circuitul punții H (334) conectat la microcip (300); și

un terminal de ieșire DAC care este configurat să emită semnalul de control al tensiunii analogic pentru a controla circuitul regulatorului de tensiune pentru a genera o tensiune predeterminată pentru modularea de către circuitul punții H (334) conectat la microcip (300) pentru a acționa traductorul ultrasonic (215) ca răspuns la semnalele de feedback care indică operarea traductorului ultrasonic (215).

2. Dispozitivul de tip narghilea din revendicarea 1, în care microcontrolerul (303) este configurat pentru a identifica și controla fiecare dispozitiv de generare a lichidului pulverizat (201) folosind un identificator unic respectiv pentru dispozitivul de generare a lichidului pulverizat (201).

3. Dispozitivul de tip narghilea din revendicarea 1 sau revendicarea 2, în care fiecare dispozitiv de generare a lichidului pulverizat (201) cuprinde:

o dispunere de identificare (239) care cuprinde:

un circuit integrat (242) cu o memorie care stochează un identificator unic pentru dispozitivul de generare a lichidului pulverizat (201); și

o conexiune electrică (241) care furnizează o interfață electronică pentru comunicarea cu circuitul integrat (242).

4. Dispozitivul de tip narghilea din oricare dintre revendicările anterioare, în care microcontrolerul (303) este configurat pentru a controla fiecare microcip (300) și fiecare dispozitiv de generare a aburilor respectiv (201) pentru a activa în mod independent celelalte dispozitive de generare a lichidului pulverizat (201).

5. Dispozitivul de tip narghilea din revendicarea 4, în care microcontrolerul (303) este configurat pentru a controla dispozitivele de generare a lichidului pulverizat (201) pentru a le activa într-o succesiune predeterminată.

6. Dispozitivul de tip narghilea din oricare dintre revendicările anterioare, în care dispozitivul de tip narghilea (202) cuprinde:

un colector (263) cu o țevă a colectorului (265) care este în comunicare fluidă cu orificiile de ieșire a lichidului pulverizat (208) ale dispozitivelor de generare a lichidului pulverizat (201), în care lichidul pulverizat care ies din orificiile de ieșire a lichidului pulverizat (208) se combină în țeava colectorului

(265) și curg prin țeava colectorului (265) și ies din dispozitivul de tip narghilea (202); și opțional

în care dispozitivul de tip narghilea (202) cuprinde patru dispozitive de generare a lichidului pulverizat (201) care sunt cuplate în mod detașabil cu colectorul (263) la 90° unul față de celălalt.

7. Dispozitivul de tip narghilea din oricare dintre revendicările anterioare, în care terminalul de intrare a feedbackului este configurat pentru a primi un semnal de feedback de la circuitul punții H (334) în forma unei tensiuni care indică un curent rms al unui semnal de acționare c.a. care acționează traductorul ultrasonic (215).

8. Dispozitivul de tip narghilea din oricare dintre revendicările anterioare, în care fiecare microcip (300) cuprinde în mod suplimentar:

un senzor de temperatură (314) incorporat în microcip (300), în care senzorul de temperatură (314) este configurat pentru a genera un semnal de temperatură care indică temperatura microcipului (300) și în care semnalul de temperatură este primit de la un alt terminal de intrare ADC al subsistemului ADC (318), iar semnalul de temperatură este eșantionat de ADC.

9. Dispozitivul de tip narghilea din oricare dintre revendicările anterioare, în care subsistemul ADC (318) este configurat pentru a eșantiona semnalele primite la terminalele de intrare ADC în mod secvențial, fiecare semnal fiind eșantionat de subsistemul ADC (318) un număr de ori predeterminat respectiv.

10. Dispozitivul de tip narghilea din oricare dintre revendicările anterioare, în care dispozitivul cuprinde în mod suplimentar:

mai multe microcipuri suplimentare (301), în care fiecare microcip suplimentar (301) dintre microcipurile suplimentare (301) este conectat la un microcip respectiv (300) dintre microcipuri (300) și cuprinde un circuit al punții H

(334) dintre circuitele punții H (334), în care fiecare microcip suplimentar (301) este o singură unitate care cuprinde mai multe componente și subsisteme încorporate interconectate care cuprind:

un prim terminal de alimentare cu electricitate; și

un al doilea terminal de alimentare cu electricitate, în care

circuitul punții H (334) din microcipul suplimentar încorporează un prim comutator, un al doilea comutator, un al treilea comutator și un al patrulea comutator, în care:

primul comutator și al treilea comutator sunt conectate în serie între primul terminal de alimentare cu electricitate și al doilea terminal de alimentare cu electricitate;

un prim terminal de ieșire este conectat electric între primul comutator și al treilea comutator, în care primul terminal de ieșire este conectat la un prim terminal al traductorului ultrasonic (215),

al doilea comutator și al patrulea comutator sunt conectate în serie între primul terminal de alimentare cu electricitate și al doilea terminal de alimentare cu electricitate și

un al doilea terminal de ieșire este conectat electric între al doilea comutator și al patrulea comutator, în care al doilea terminal de ieșire este conectat la un al doilea terminal al traductorului ultrasonic;

un terminal de primă fază care este configurat pentru a primi semnalul de ieșire de primă fază de la subsistemul de generare a semnalului de modulare a lășimii impulsului (PWM) (329);

un terminal de a doua fază care este configurat pentru a primi un semnal de ieșire de a doua fază de la subsistemul de generare a semnalului PWM (329);

o mașină în stare digitală (337) care este configurată să genereze semnale de temporizare pe baza semnalului de ieșire de primă fază și semnalului de ieșire de a doua fază și să emită semnalele de temporizare către comutatoarele circuitului punții H (334) pentru a controla comutatoarele pentru a se porni și a se opri într-o succesiune astfel încât circuitul punții H (334) să emită un semnal de acționare c.a. pentru acționarea traductorului ultrasonic (215), în care succesiunea cuprinde o perioadă de variație liberă în care primul comutator și al doilea comutator sunt oprite și al treilea comutator și al patrulea comutator sunt pornite pentru a disipa energia stocată de traductorul ultrasonic (215);

un senzor de curent (335) care cuprinde:

un prim rezistor de depistare a curentului care este conectat în serie între primul comutator și primul terminal de alimentare cu electricitate;

un prim senzor de tensiune (344) care este configurat pentru a măsura variația de tensiune la primul rezistor de detectare a curentului și a furniza o primă ieșire a tensiunii care să indice trecerea curentului prin primul rezistor de detectare a curentului;

un al doilea rezistor de depistare a curentului care este conectat în serie între al doilea comutator și primul terminal de alimentare cu electricitate;

un al doilea senzor de tensiune (345) care este configurat pentru a măsura variația de tensiune la al doilea rezistor al senzorului de curent și a furniza o a doua ieșire a tensiunii care să indice trecerea curentului prin al doilea rezistor de detectare a curentului; și

un terminal de ieșire al senzorului de curent (335) care este configurat pentru a furniza o tensiune de ieșire rms față de pământ care este echivalentă cu prima ieșire de tensiune și a doua ieșire de tensiune,

în care tensiunea de ieșire rms indică un curent rms care trece prin primul comutator sau al doilea comutator și curentul care trece prin traductorul ultrasonic (215) care este conectat între primul terminal de ieșire și al doilea terminal de ieșire.

11. Dispozitivul de tip narghilea din revendicarea 10, în care circuitul punții H (334) din fiecare microcip (301) este configurat să genereze o putere de 22 W până la 50 W la traductorul ultrasonic (215) care este conectat la primul terminal de ieșire și al doilea terminal de ieșire; și opțional

în care fiecare microcip (301) cuprinde:

un senzor de temperatură (336) care este incorporat în microcipul suplimentar (301), în care senzorul de temperatură (336) este configurat pentru a măsura temperatura microcipului suplimentar (301) și a dezactiva cel puțin o parte din microcipul suplimentar (301) în cazul în care senzorul de temperatură (336) depistează că microcipul suplimentar (301) are o temperatură care a depășit un prag predeterminat; și opțional

în care dispozitivul mai cuprinde:

un circuit al unui convertor de amplificare (305) care este configurat pentru a crește o tensiune de alimentare cu electricitate ca răspuns la semnalul analogic de ieșire a tensiunii de la terminalul de ieșire DAC, în care circuitul convertorului de amplificare este configurat pentru a furniza tensiunea de amplificare la primul terminal de alimentare cu electricitate astfel încât tensiunea de amplificare să fie modulată de comutarea comutatoarelor circuitului punții H (334).

12. Dispozitivul de tip narghilea din revendicarea 10 sau 11, în care senzorul de curent (335) este configurat pentru a depista trecerea curentului prin traductorul ultrasonic în perioada de variație liberă și mașina în stare digitală este configurată să adapteze semnalele de temporizare pentru a porni fie primul comutator, fie al

doilea comutator când senzorul de curent (335) depistează că respectivul curent care trece prin traductorul ultrasonic în perioada de variație liberă este zero.

13. Dispozitivul de tip narghilea din oricare dintre revendicările 10-12, în care, în timpul fazei de configurare a funcționării dispozitivului, microcipul suplimentar este configurat:

să măsoare durata în care curentul care trece prin traductorul ultrasonic ajunge la zero când primul comutator și al doilea comutator sunt oprite și al treilea comutator și al patrulea comutator sunt pornite; și

să stabilească durata perioadei de variație liberă a fi egală cu durata măsurată.

14. Dispozitivul de tip narghilea din oricare dintre revendicările anterioare, în care dispozitivul cuprinde în mod suplimentar:

o memorie care să stocheze instrucțiuni care, atunci când sunt executate de microcontroler (303), să determine microcipul (300):

A. să controleze circuitul punții H (334) să emită un semnal de acționare c.a. la traductorul ultrasonic (215) la o frecvență de baleiaj;

B. să calculeze puterea activă folosită de traductorul ultrasonic (215) pe baza semnalului de feedback;

C. să controleze circuitul H (334) pentru a modula semnalul de acționare c.a. cu scopul de a maximiza puterea activă folosită de traductorul ultrasonic(215);

D. să stocheze o înregistrare în memoria puterii active maxime folosite de traductorul ultrasonic (215) și frecvența de baleiaj a semnalului de acționare c.a.;

E. să repete etapele A-D pentru un număr predeterminat de iterații cu creșterea sau descreșterea frecvenței de baleiaj cu fiecare iterație, astfel încât, după

F. ce a avut loc numărul predeterminat de iterații, frecvența de baleiaj a fost crescută sau scăzută de la o frecvență de baleiaj inițială la o frecvență de baleiaj finală;

G. să identifice din înregistrările stocate în memorie frecvența optimă pentru semnalul de acționare c.a. care este frecvența de baleiaj a semnalului de acționare c.a. la care este folosită o putere activă maximă de către traductorul ultrasonic (215); și

H. să controleze circuitul punții H (334) pentru a emite un semnal de acționare c.a. la traductorul ultrasonic (215) la frecvența optimă pentru a acționa traductorul ultrasonic (215) pentru a atomiza un lichid; și opțional

în care frecvența de baleiaj inițială este 2900 kHz și frecvența de baleiaj finală este 3100 kHz.

15. O narghilea care cuprinde: o cameră de apă;
o tijă alungită (247) care are un prim capăt atașat la camera de apă, tija (247) cuprinzând o cale de trecere a lichidului pulverizat care se extinde de la un al doilea capăt al tije, prin tijă (247), la primul capăt; și

un dispozitiv de tip narghilea (202) în conformitate cu oricare dintre revendicările anterioare, în care dispunerea accesoriului narghilei (271) al dispozitivului de tip narghilea (202) este atașată la tija (247) a narghilei (246) la al doilea capăt al tije (247).

58

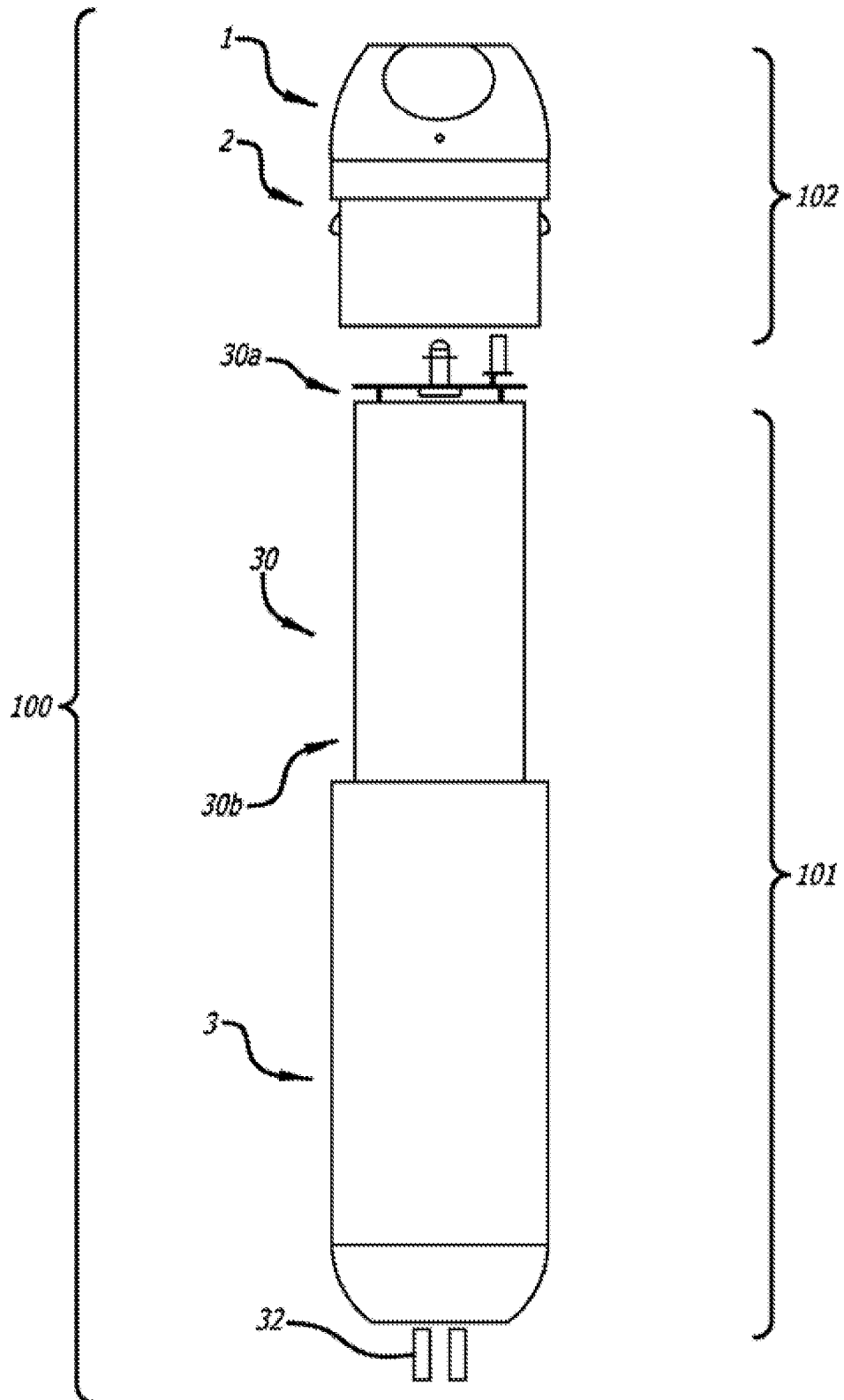


FIG. 1

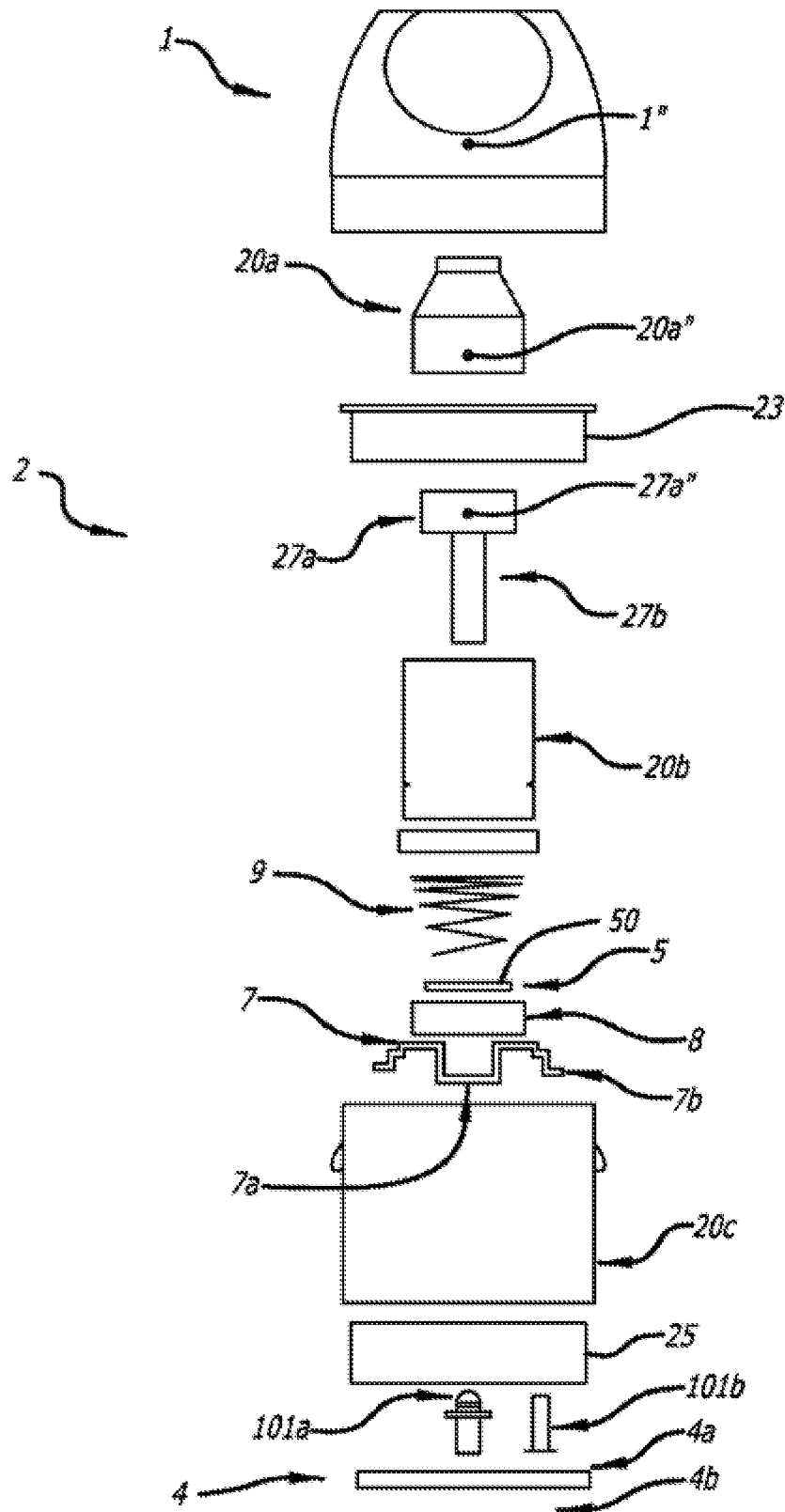


FIG. 2

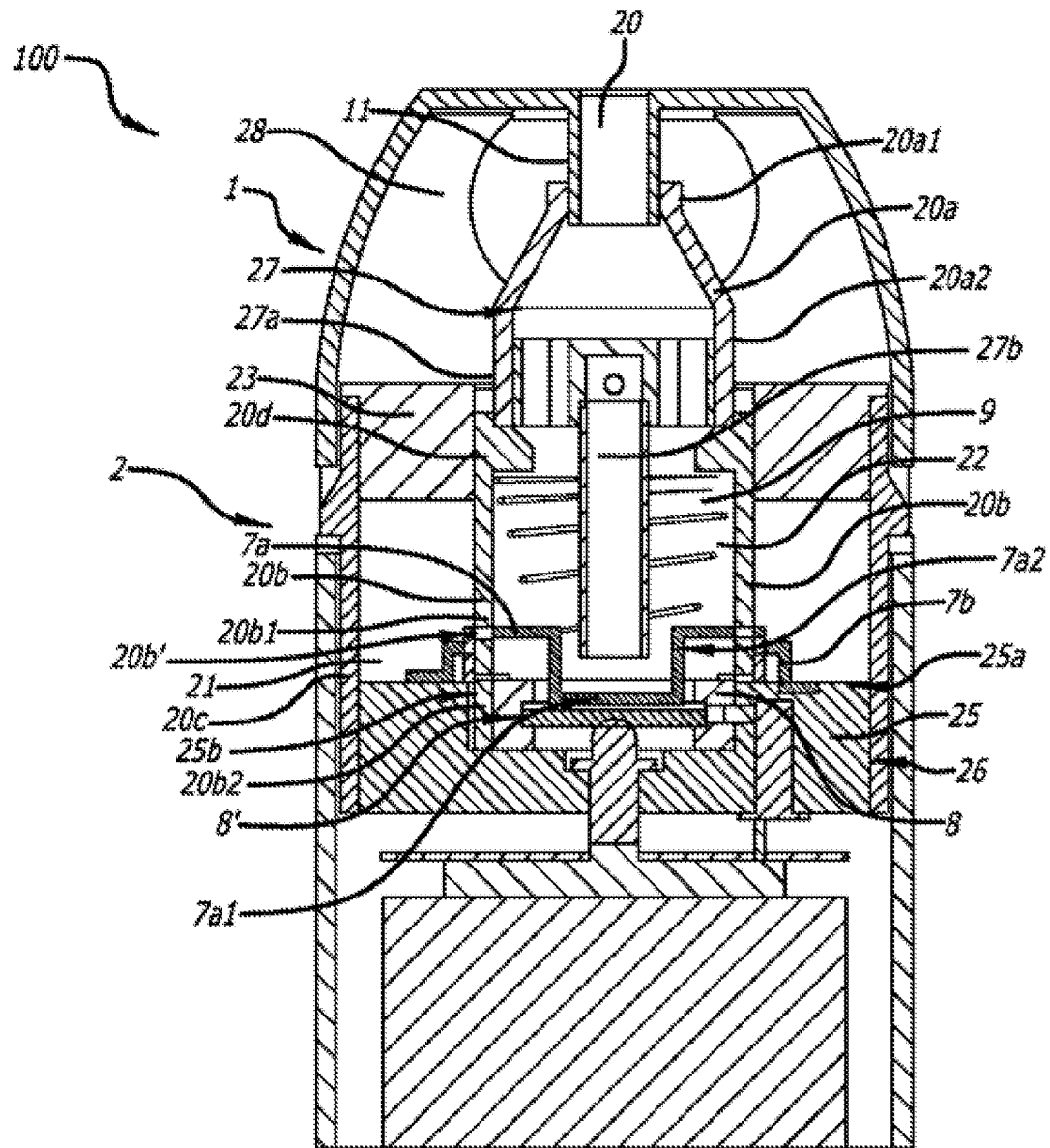
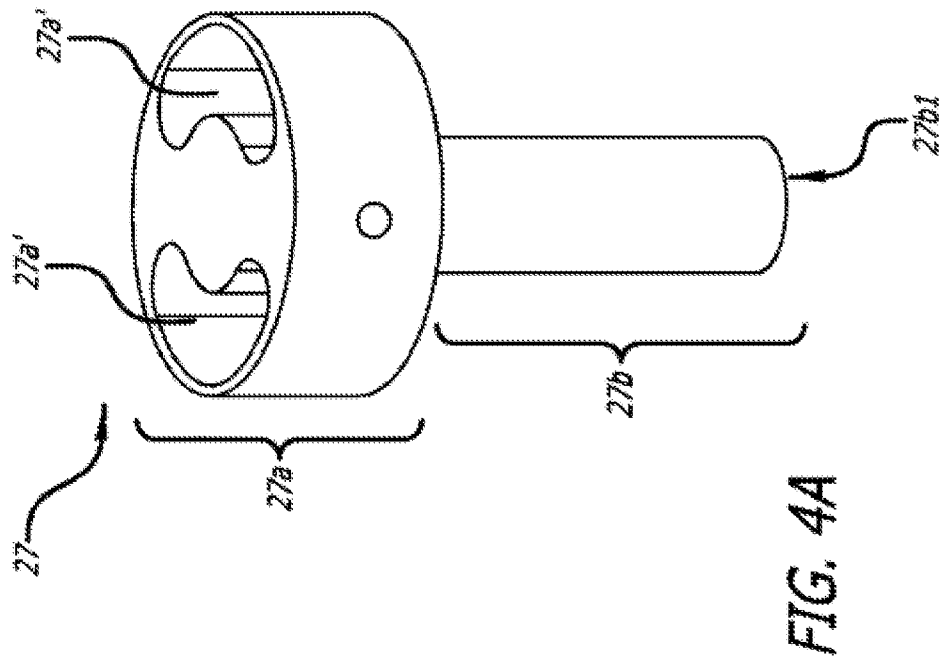
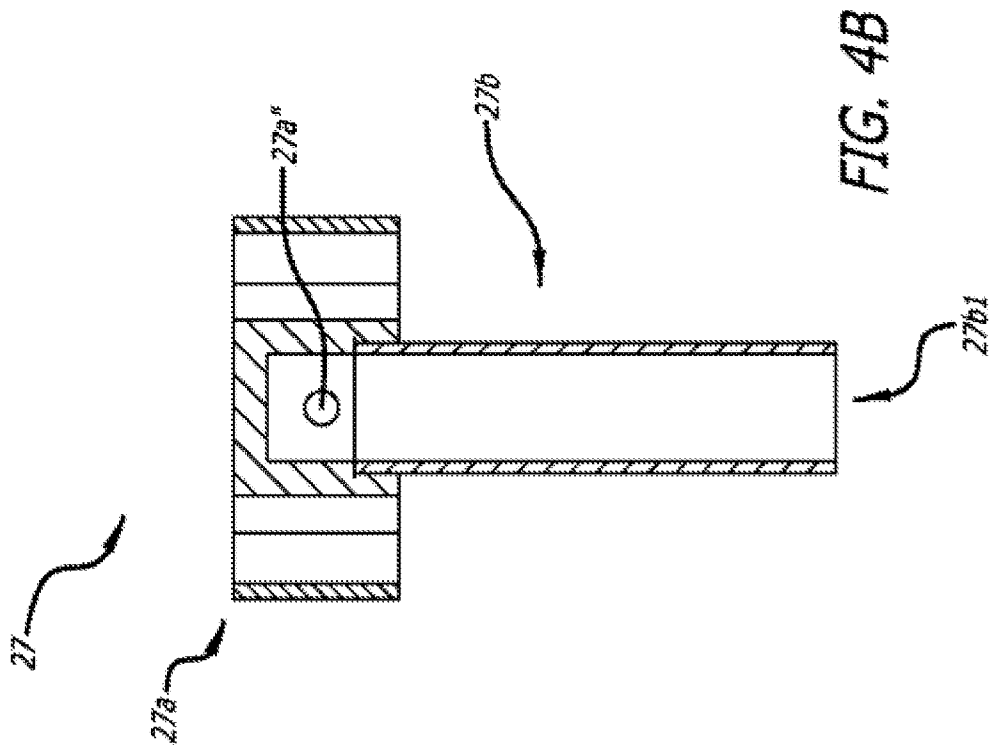
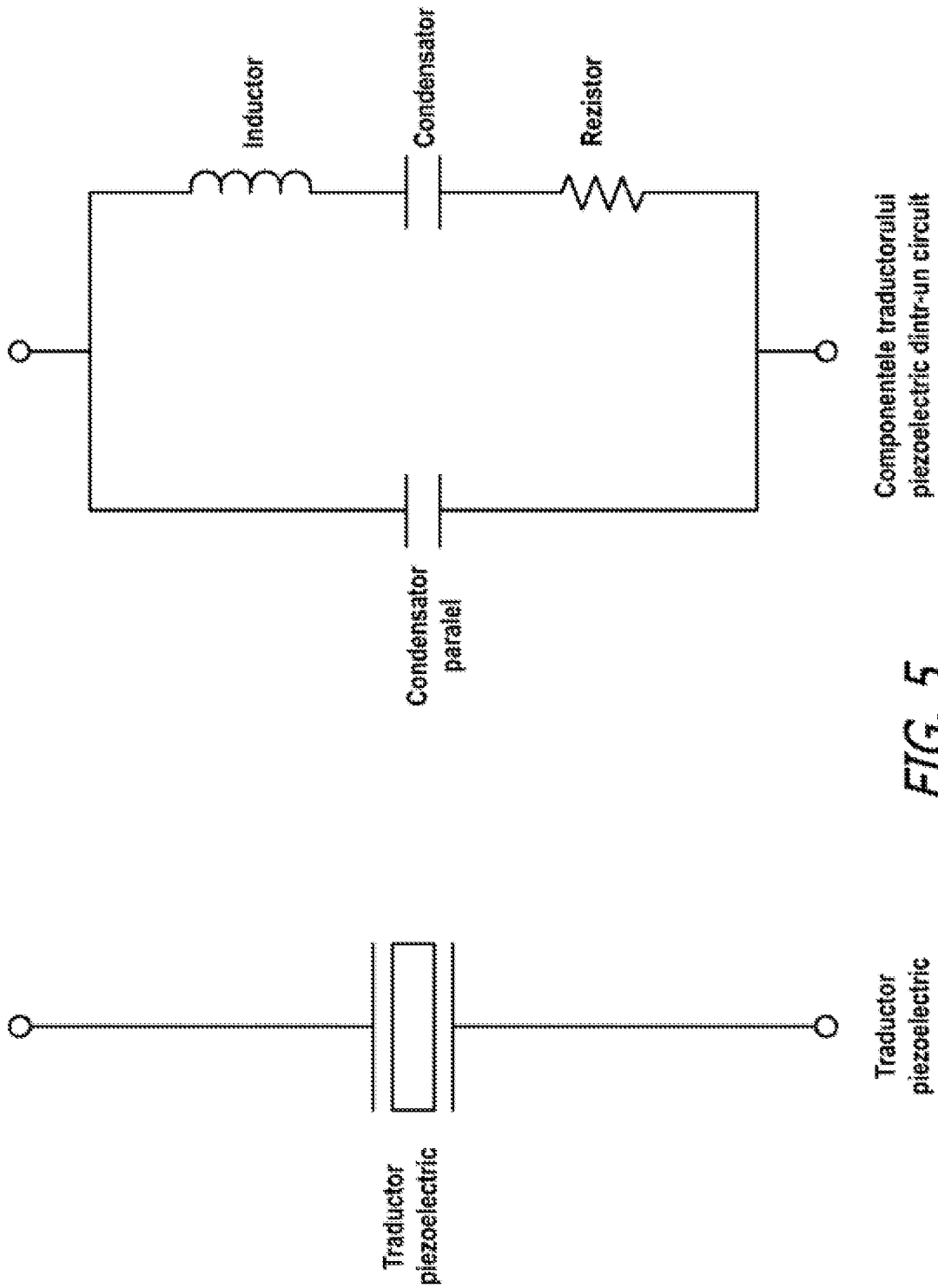


FIG. 3



*FIG. 5*

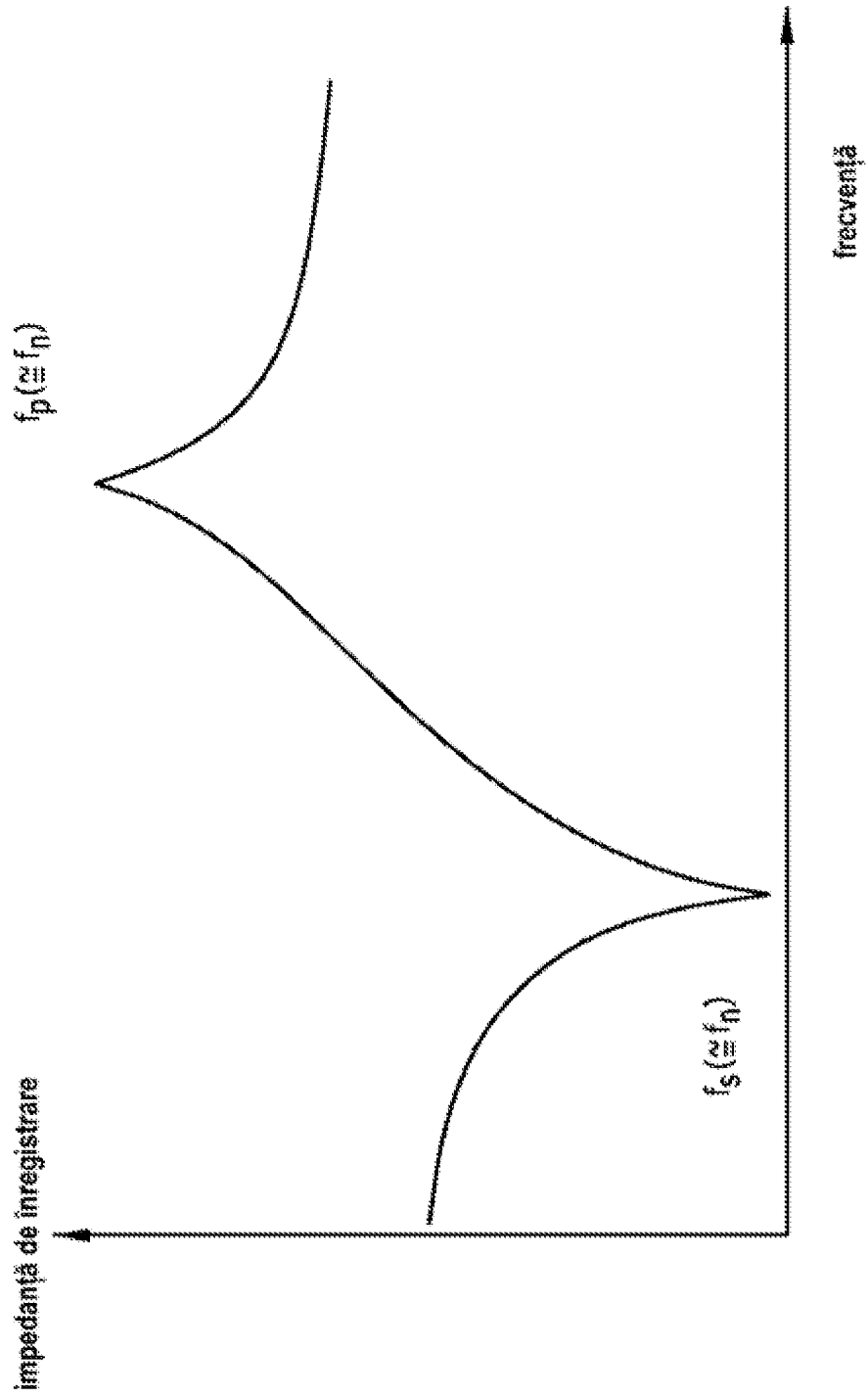


FIG. 6

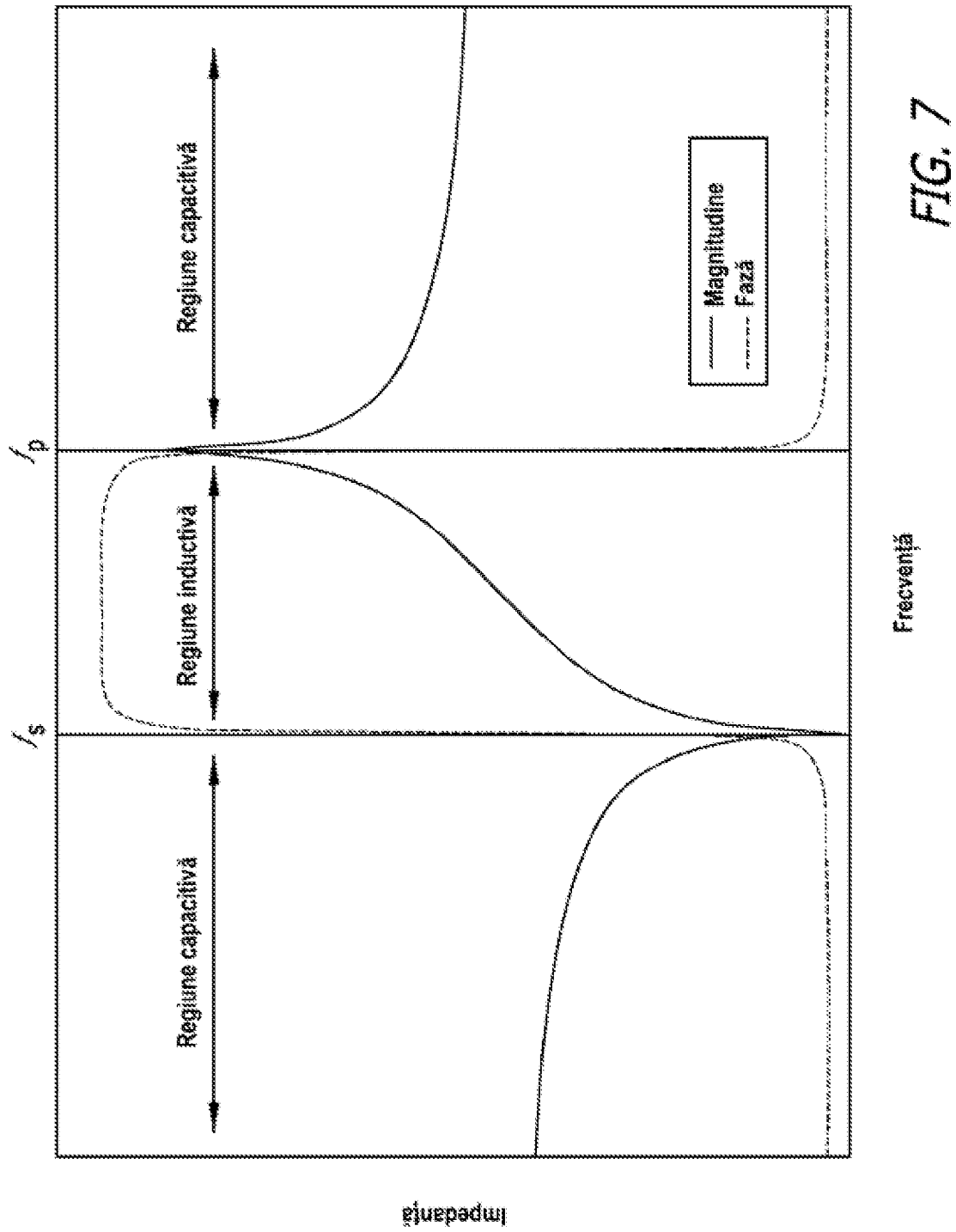


FIG. 7

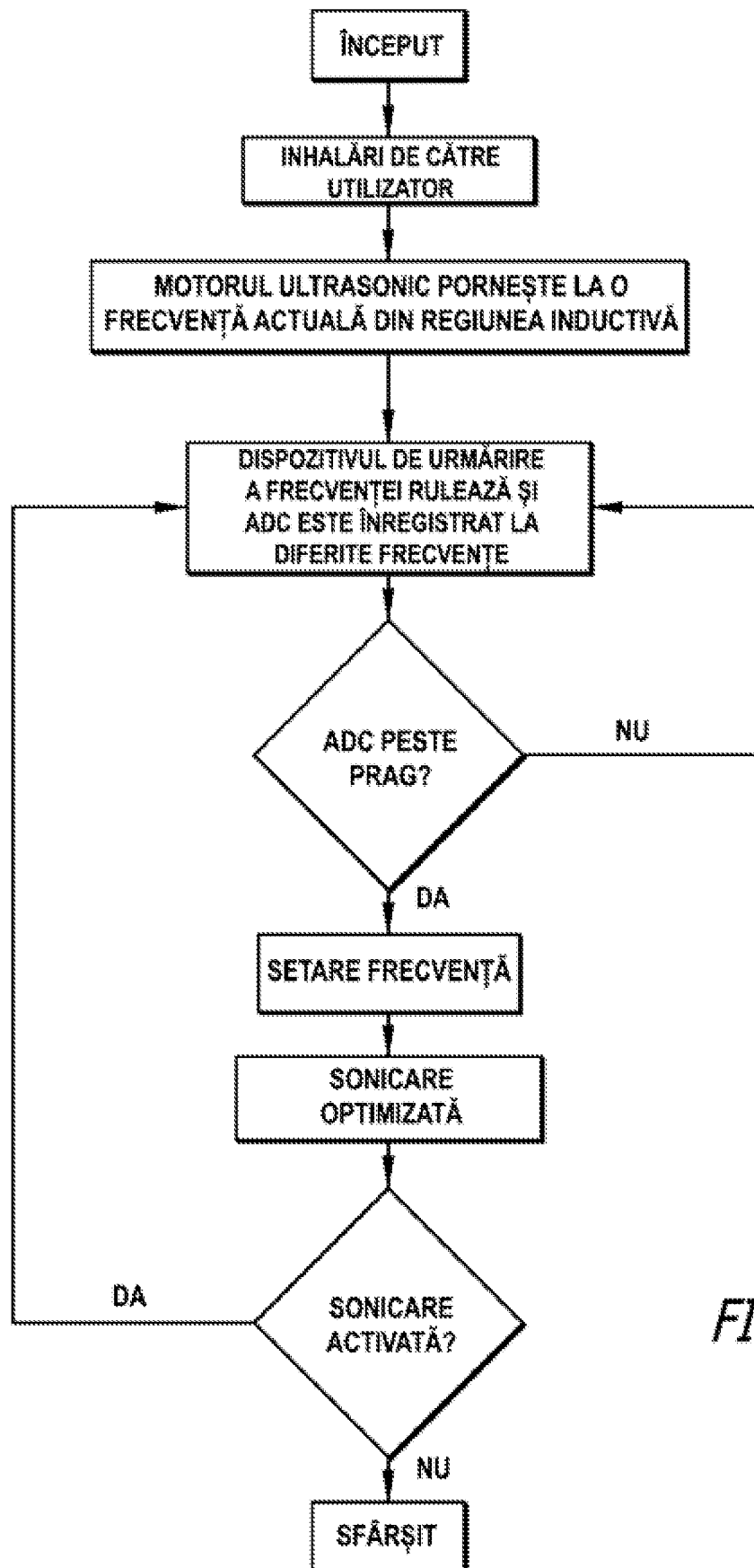
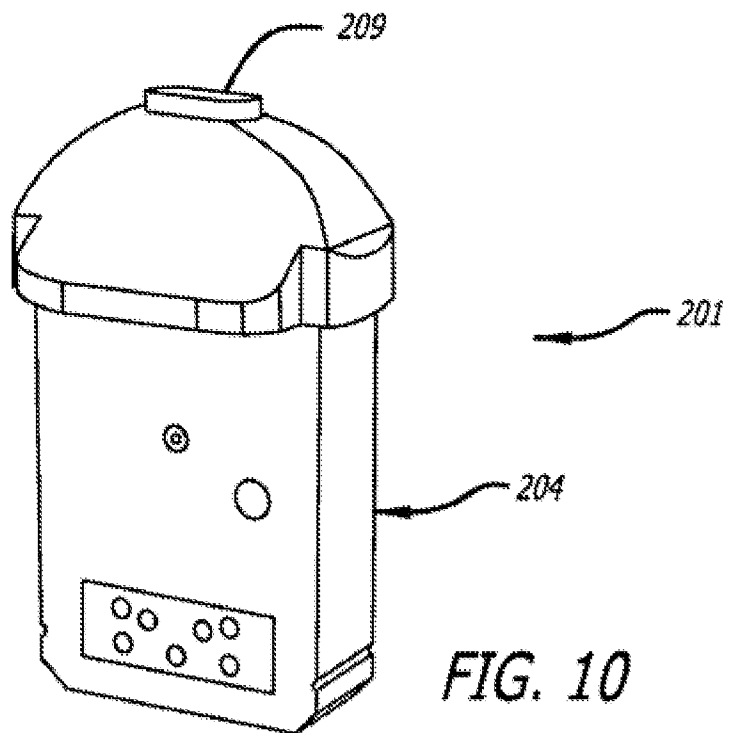
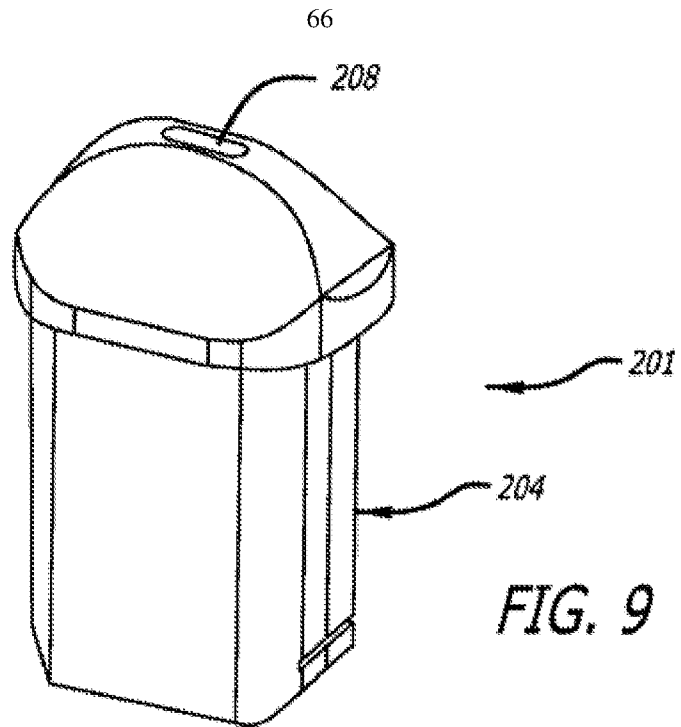


FIG. 8



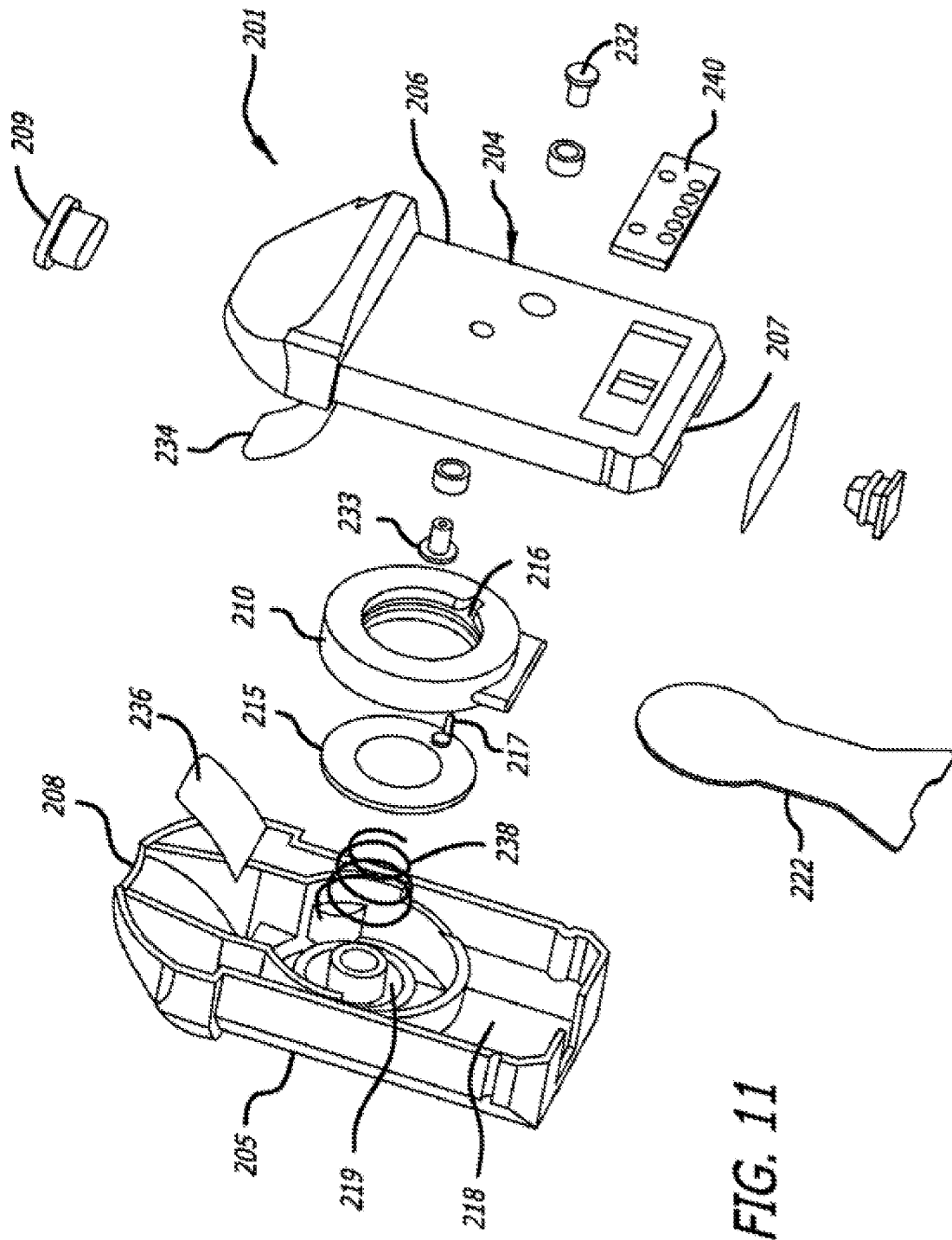


FIG. 11

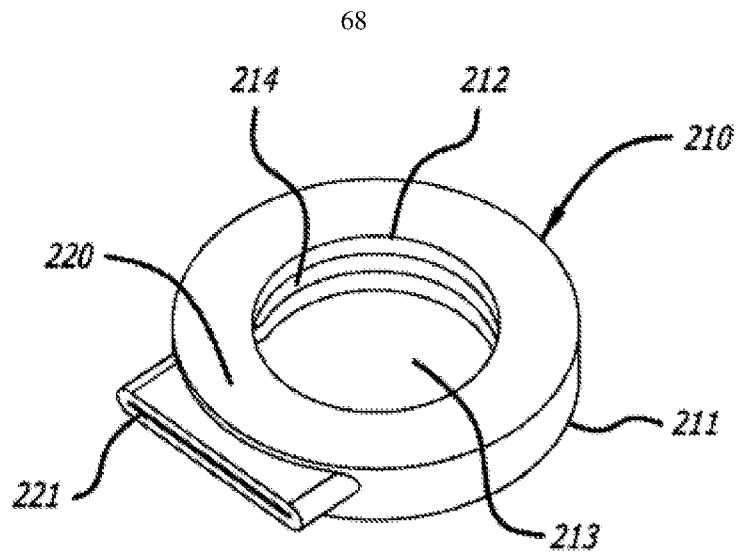


FIG. 12

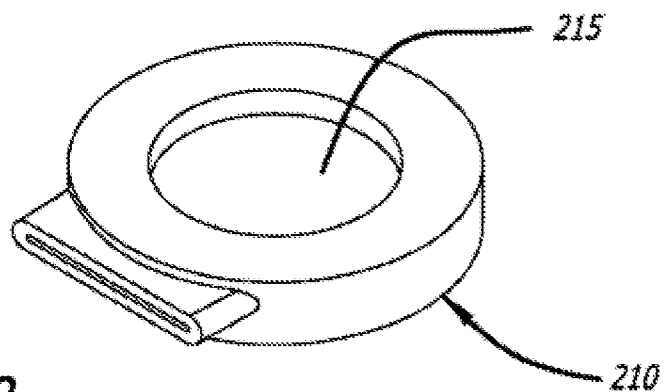


FIG. 13

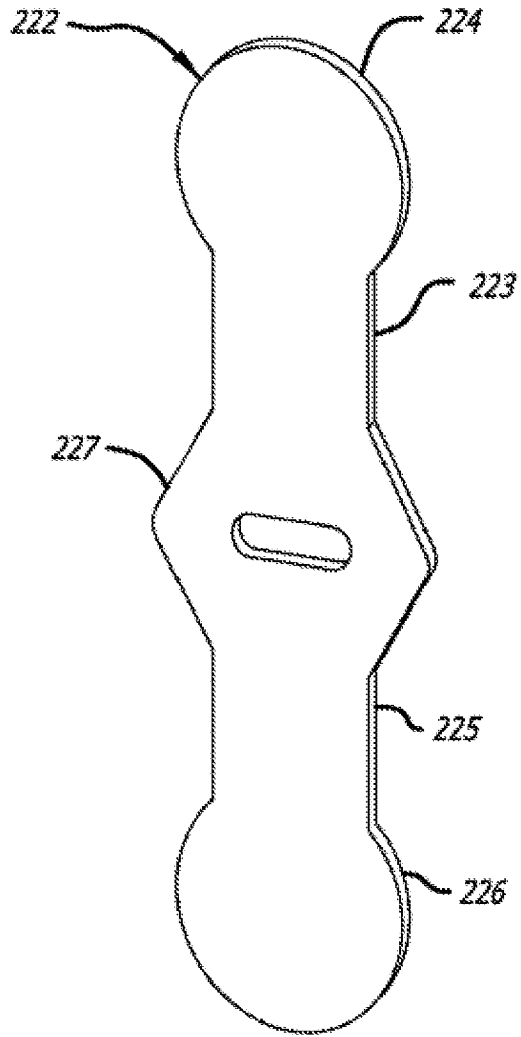


FIG. 14

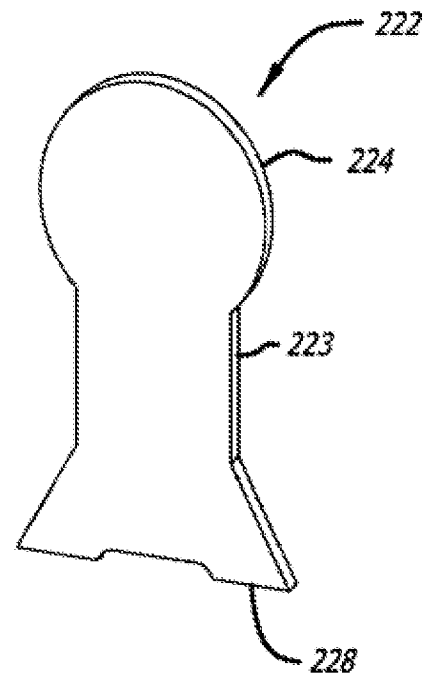
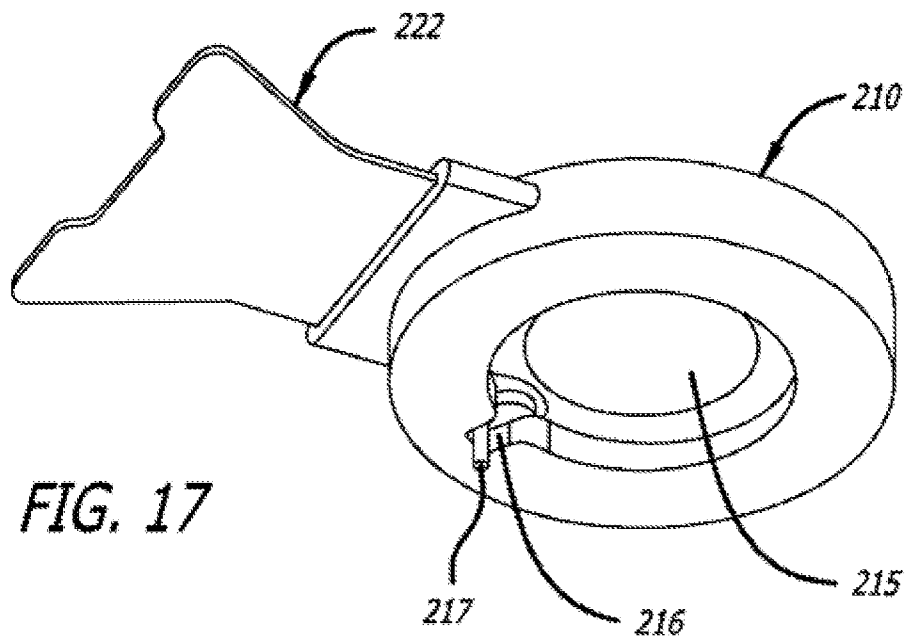
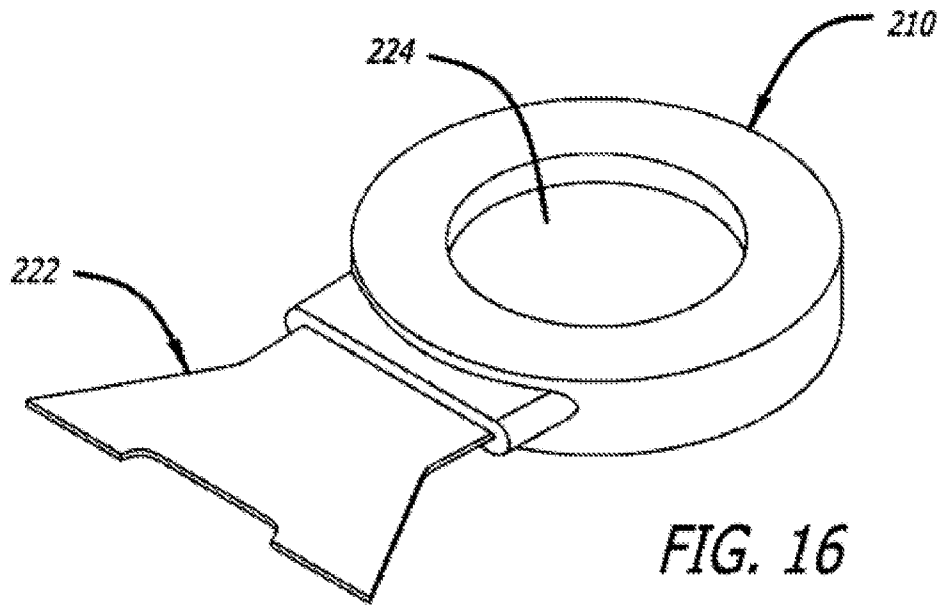


FIG. 15

70



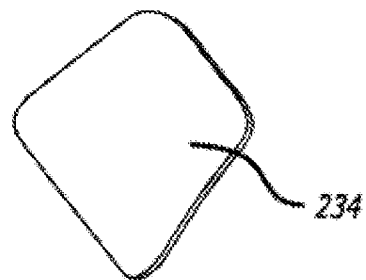
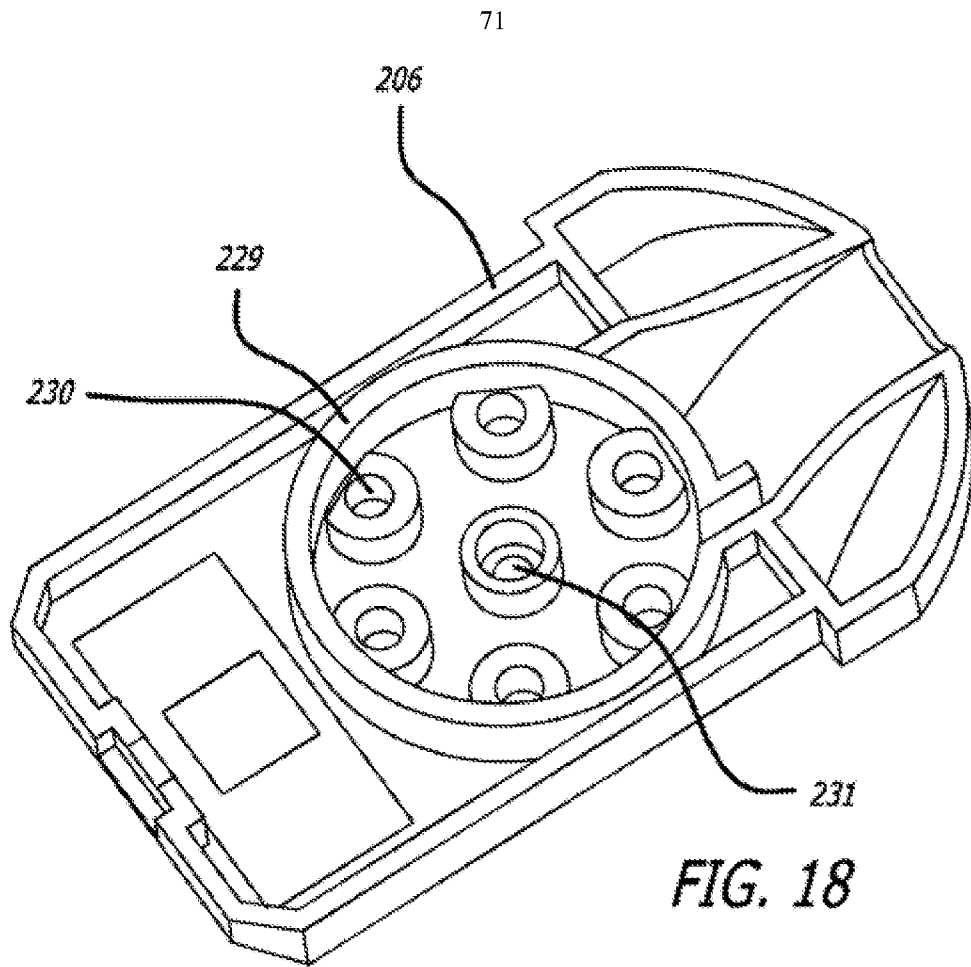


FIG. 19

72

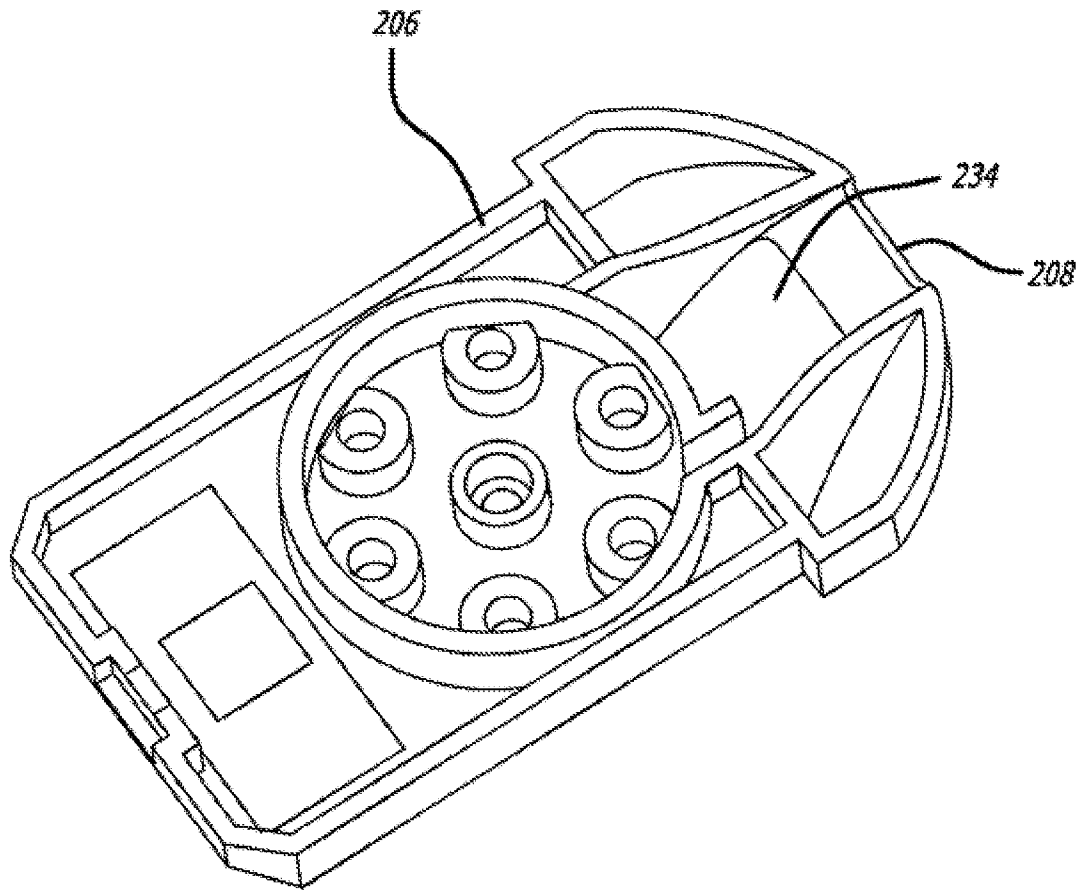
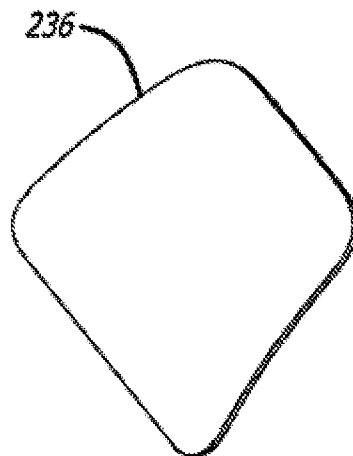
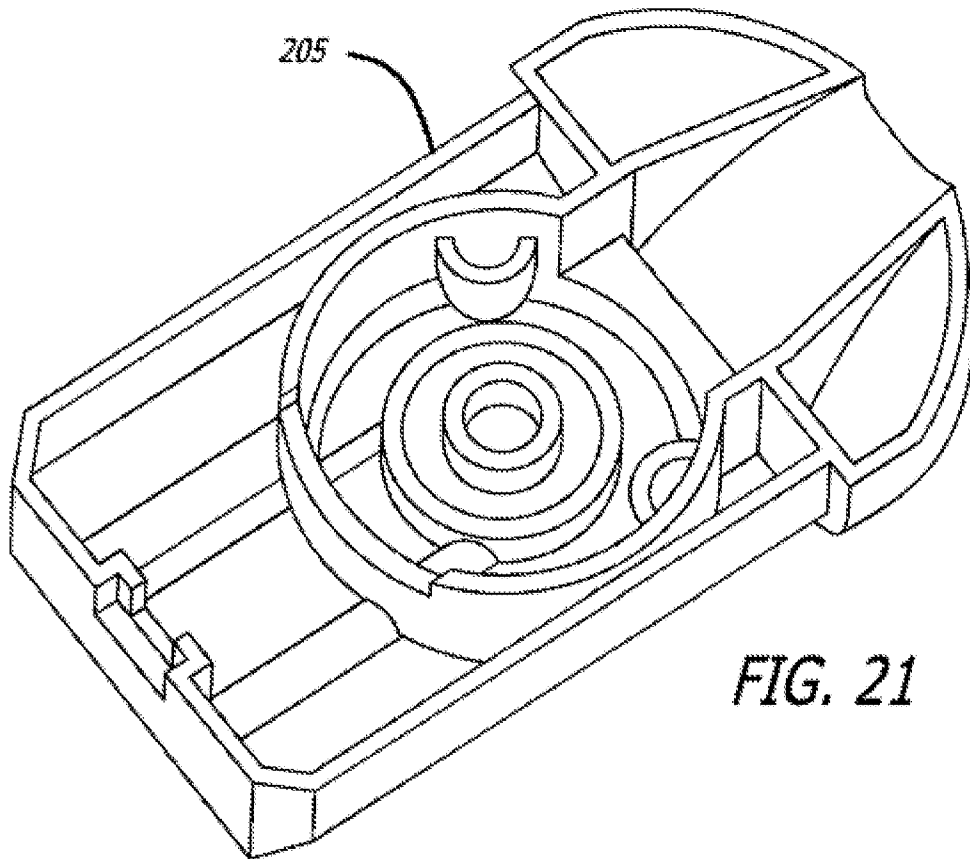


FIG. 20

73



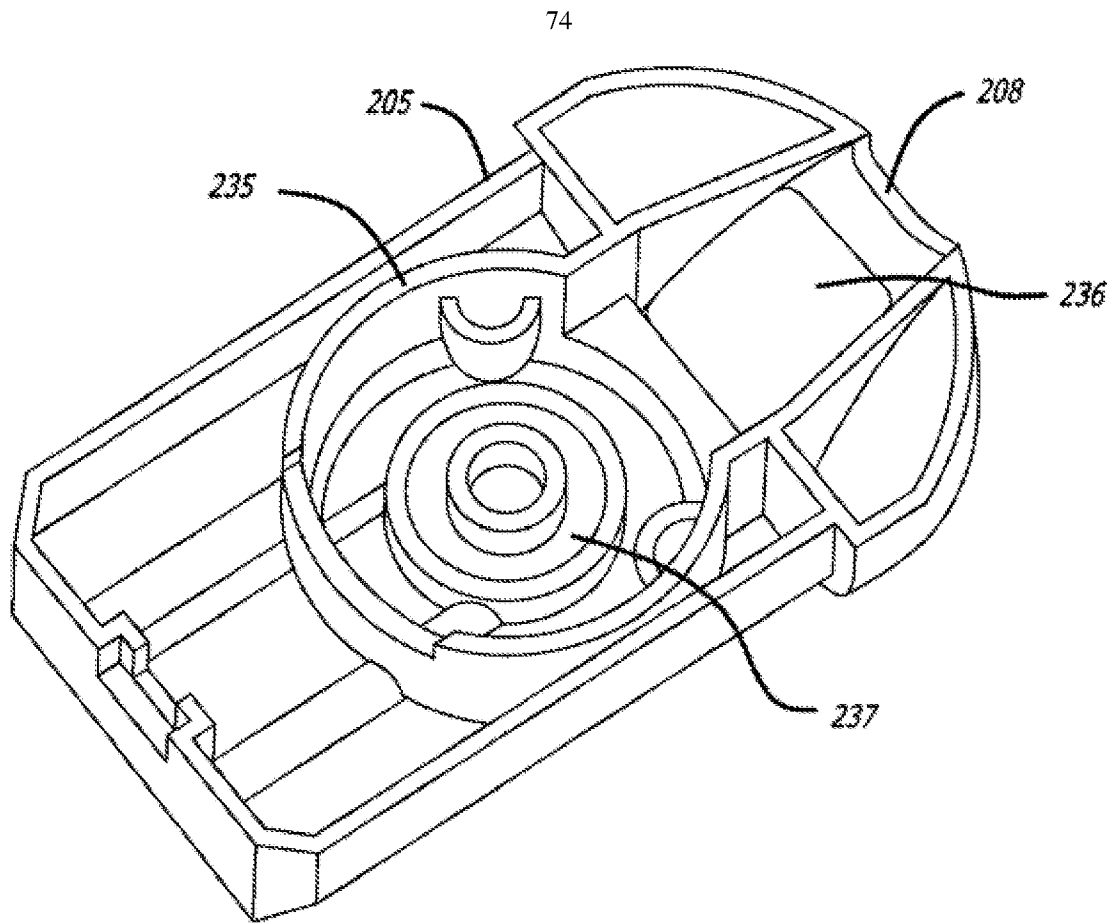


FIG. 23

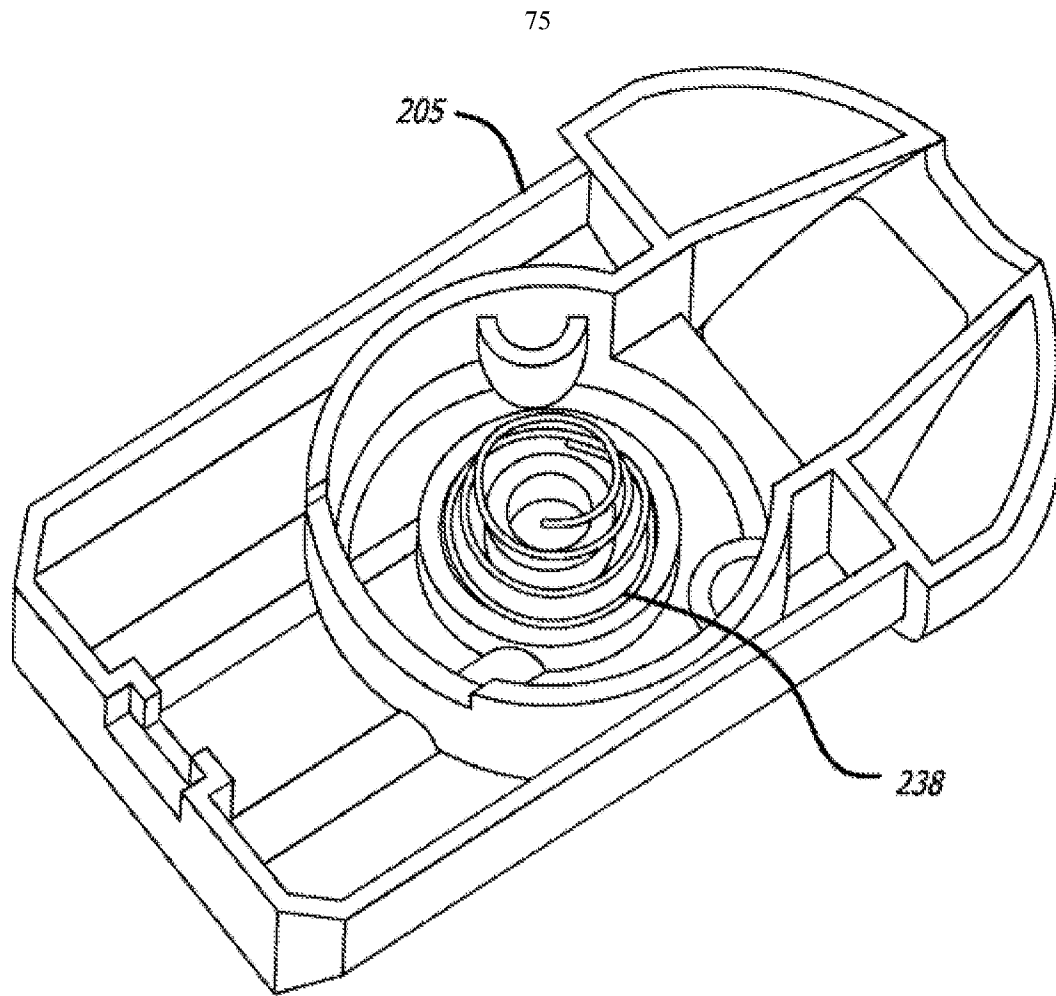


FIG. 24

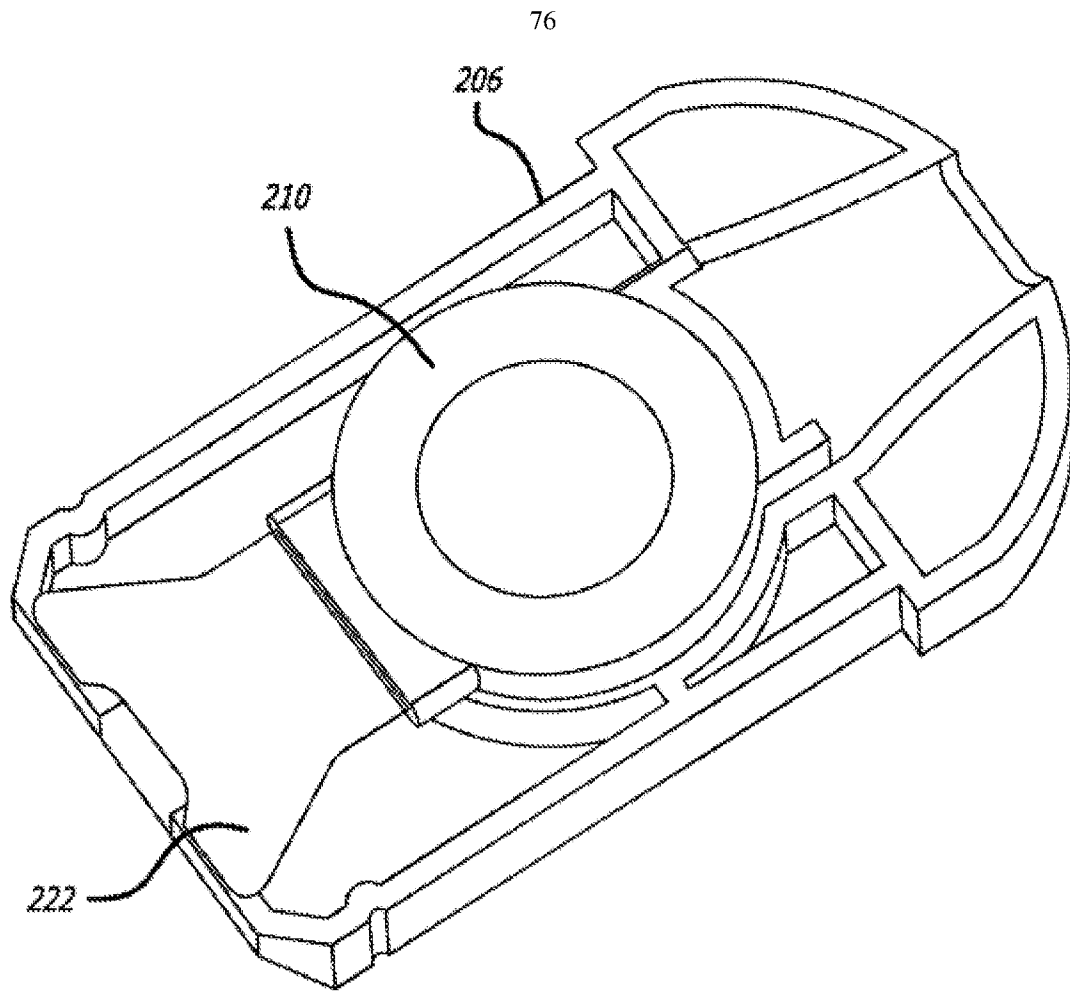


FIG. 25

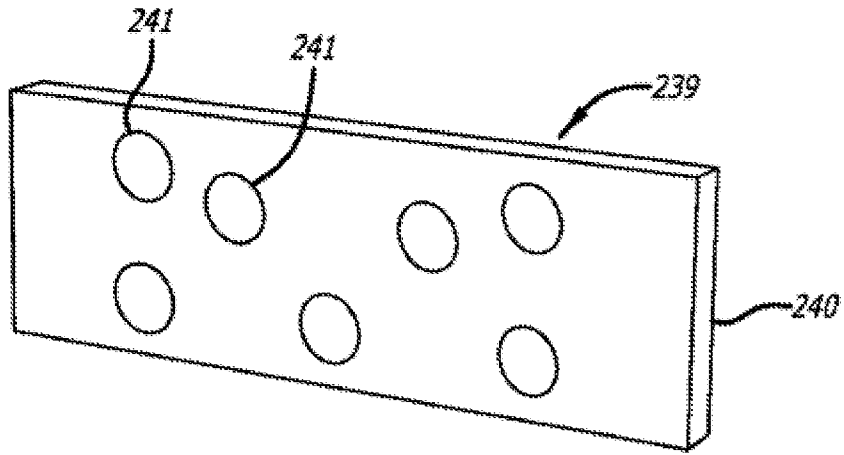


FIG. 26

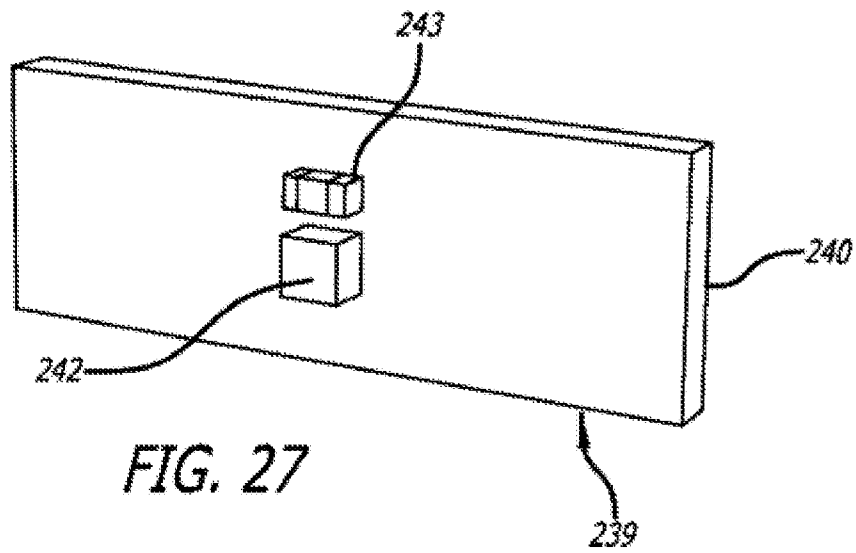


FIG. 27

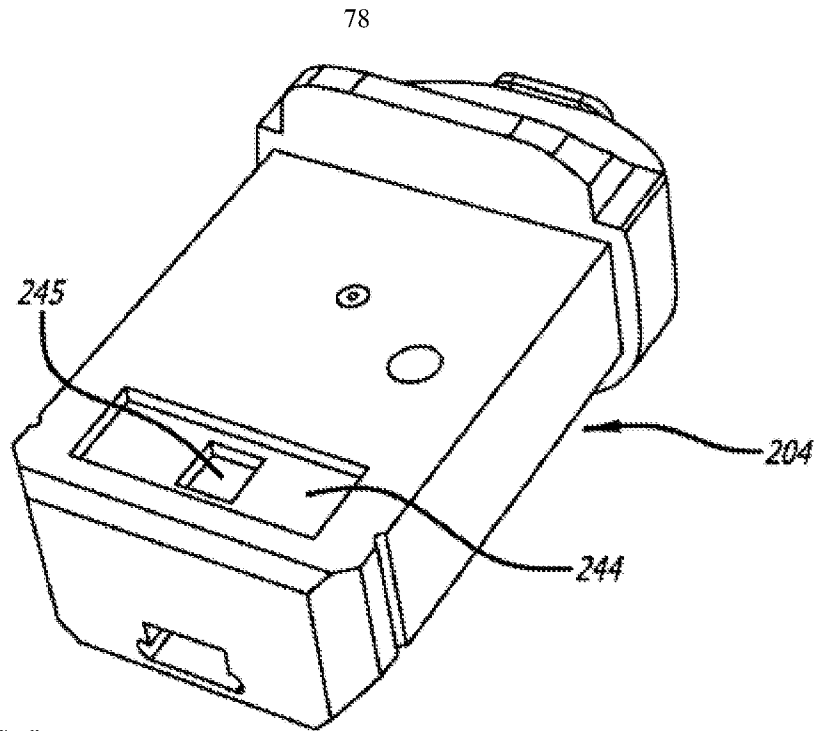


FIG. 28

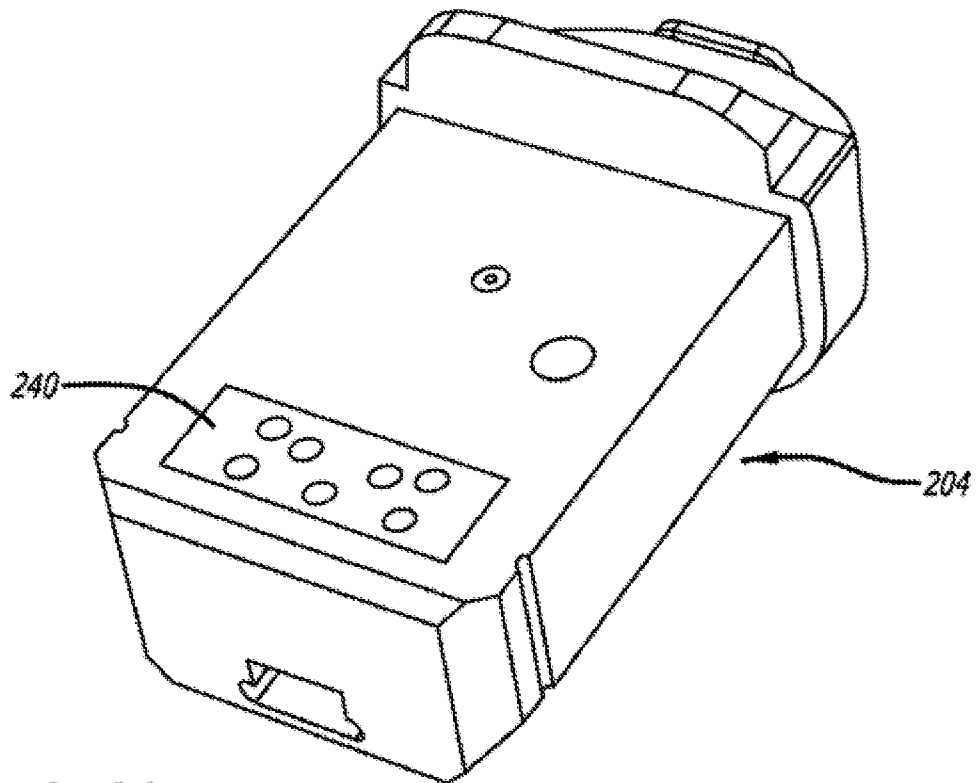


FIG. 29

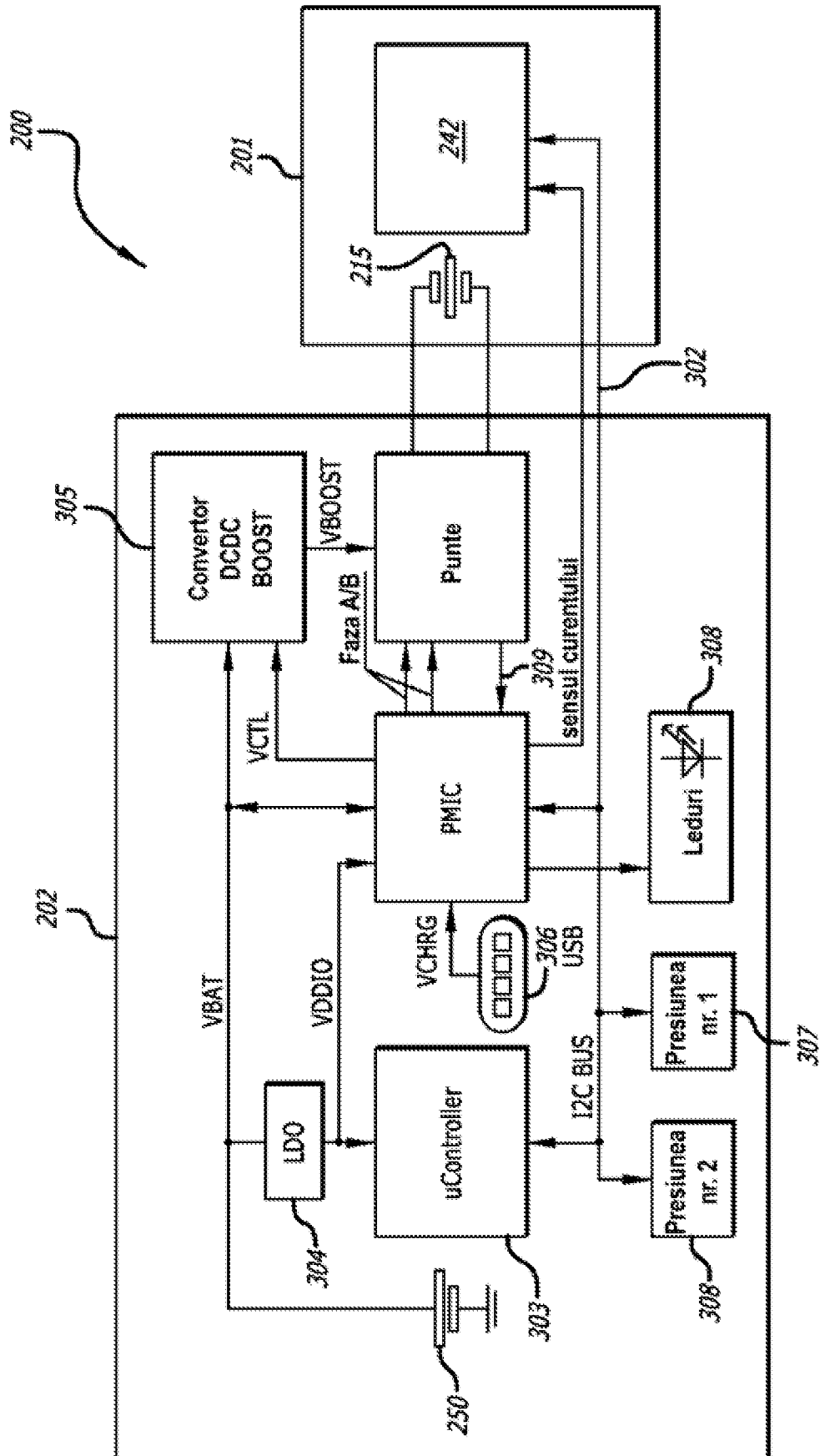


FIG. 30

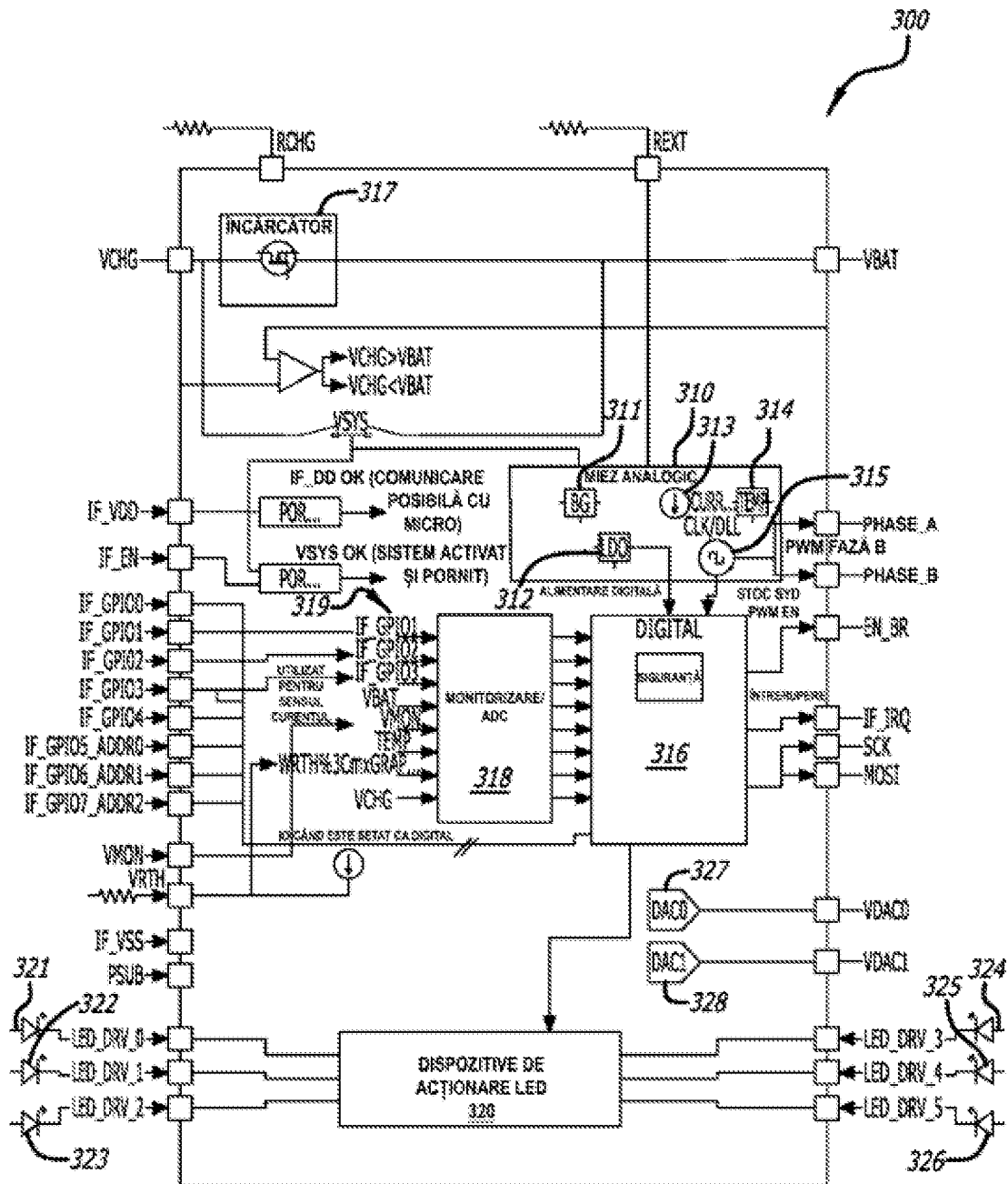
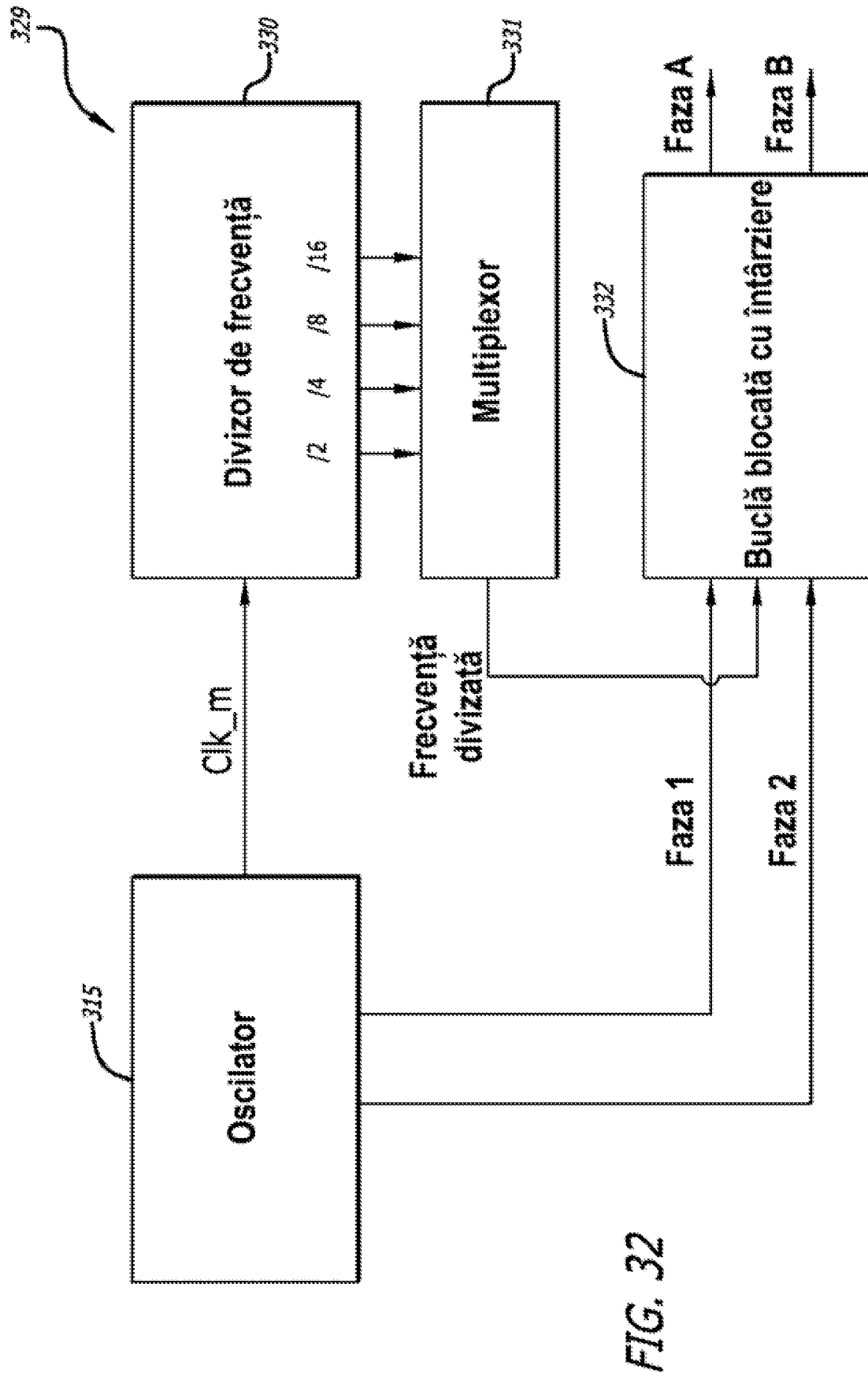


FIG. 31



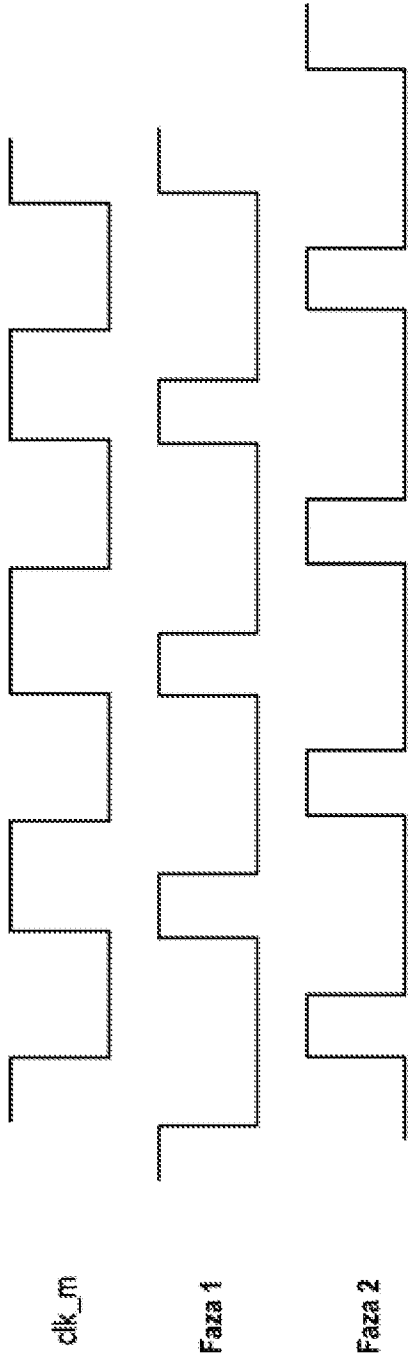


FIG. 33

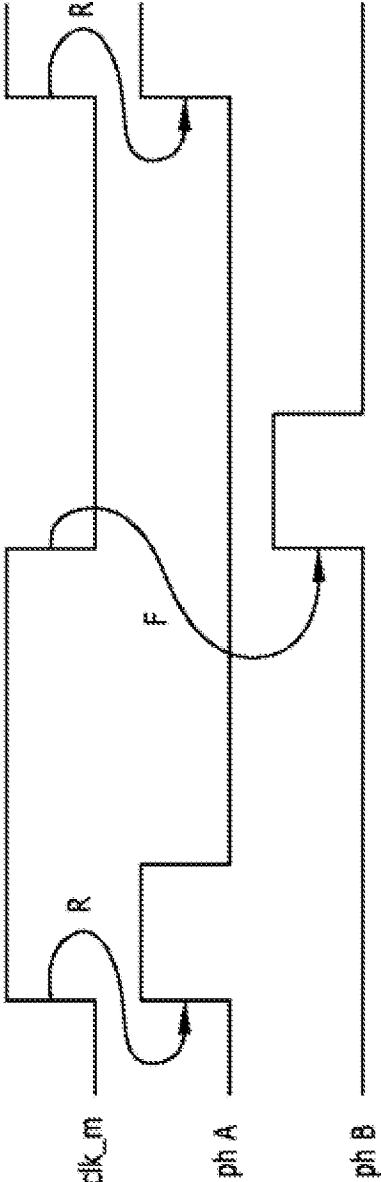
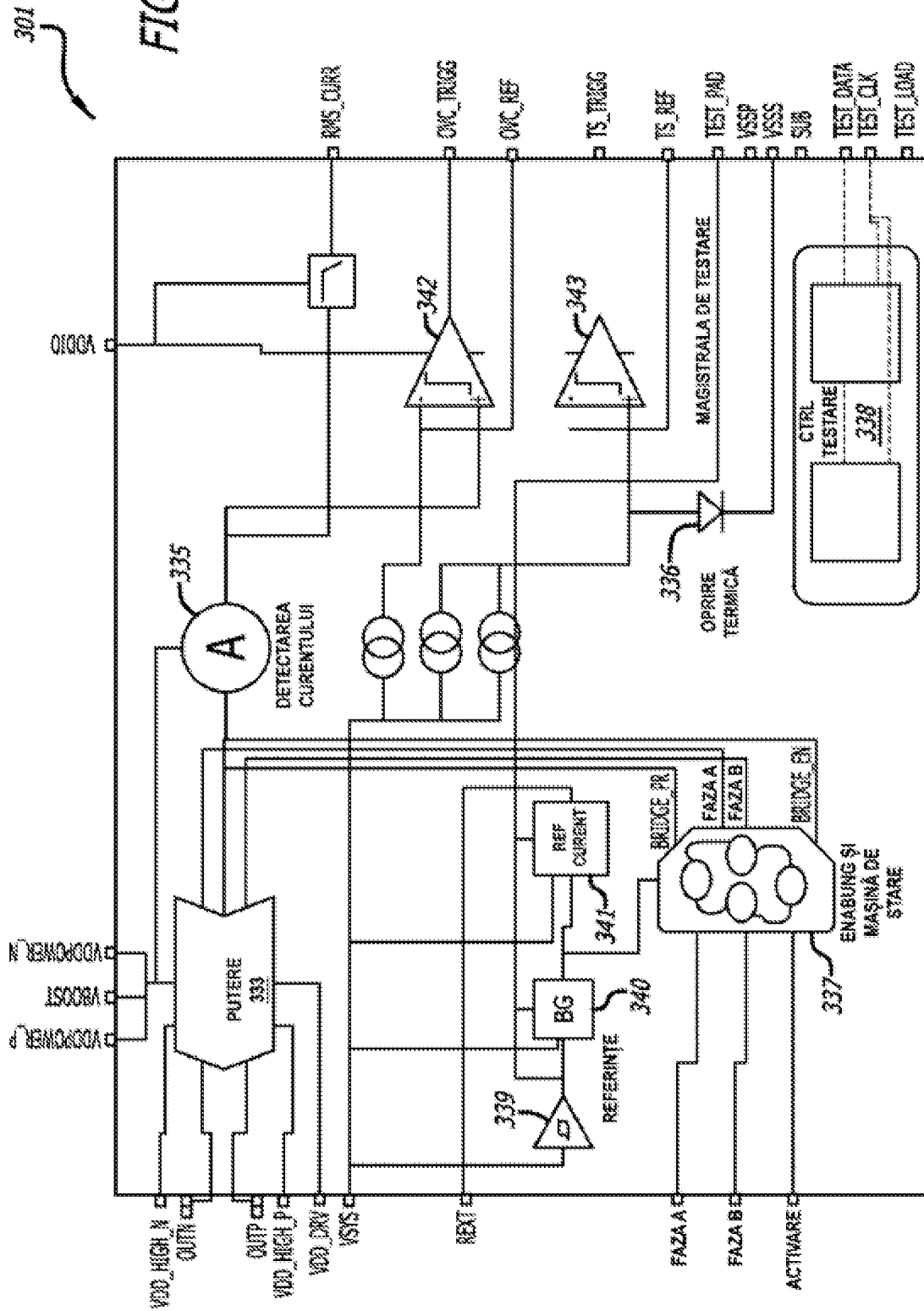


FIG. 34

Port #	Funcția principală	Funcție secundară
GPIO.0	GPIO digital	utilizat pentru testarea cipurilor
GPIO.1	GPIO digital	Canal ADC 0
GPIO.2	GPIO digital	Canal ADC 1
GPIO.3	curent rms	GPIO digital
GPIO.4	GPIO digital	utilizat pentru testarea cipurilor
GPIO.5	GPIO digital	Adresa I2C de selectare ADR0
GPIO.6	GPIO digital	Adresa I2C de selectare ADR1
GPIO.7	GPIO digital	Adresa I2C de selectare ADR2

FIG. 35

FIG. 36



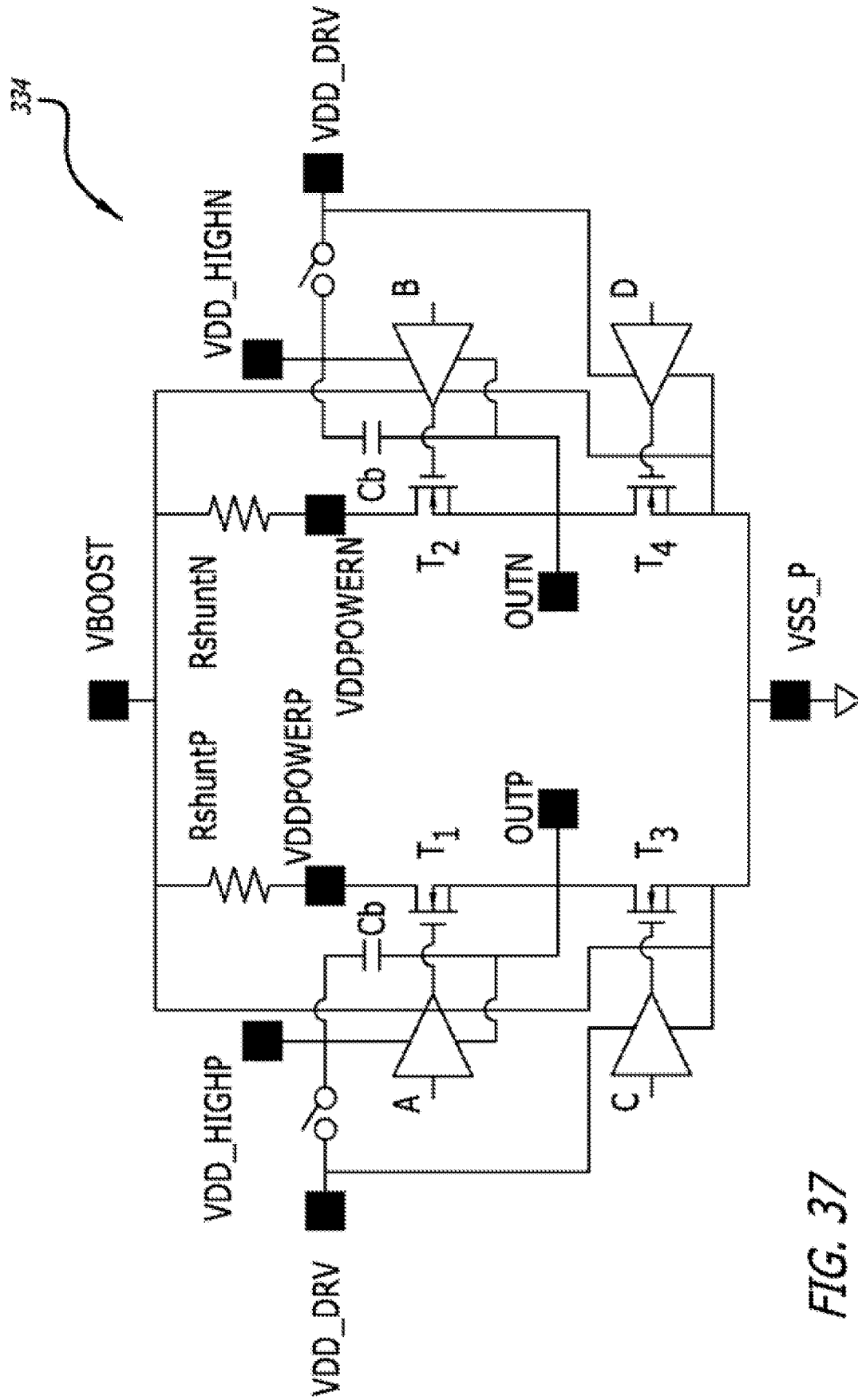


FIG. 37

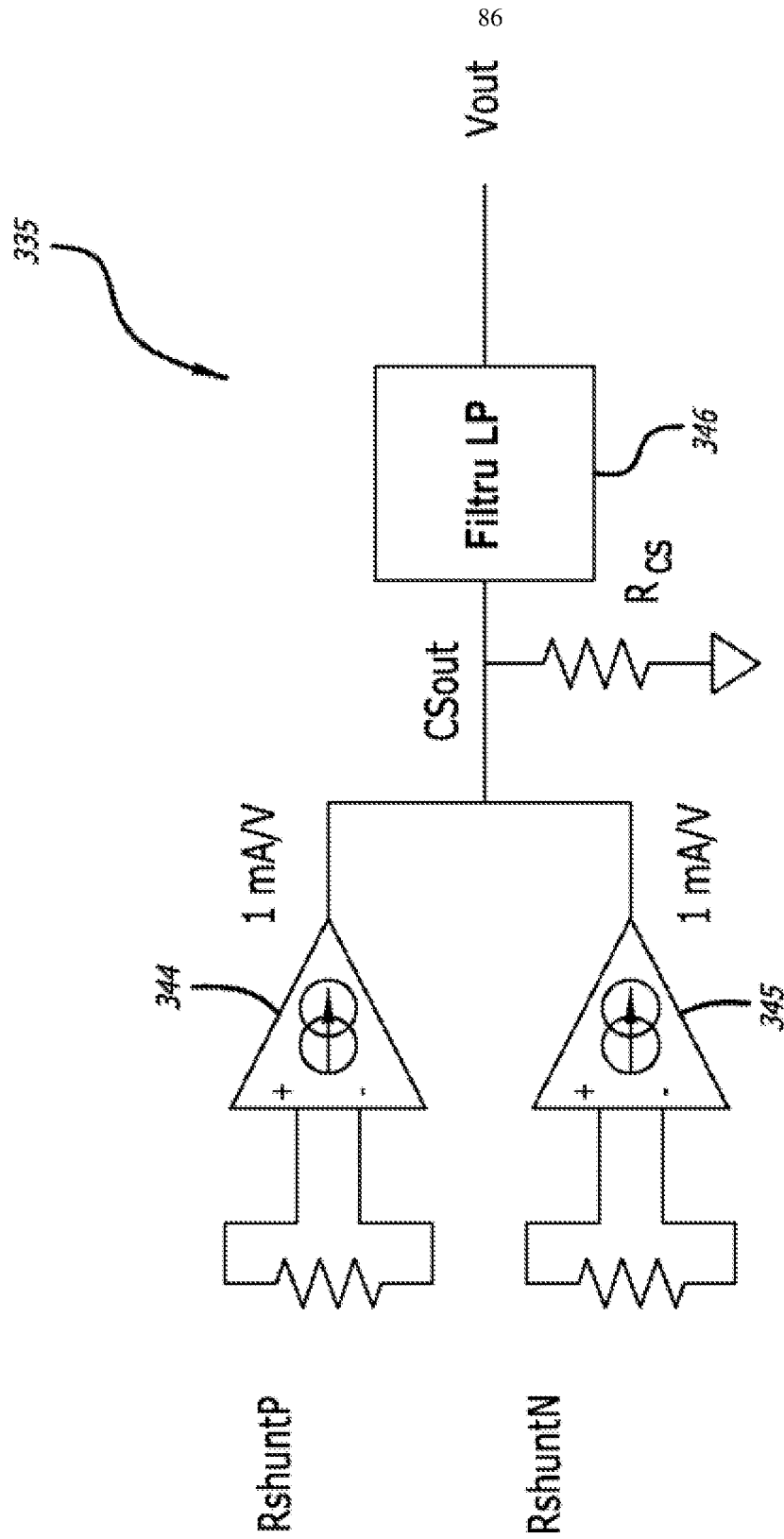


FIG. 38

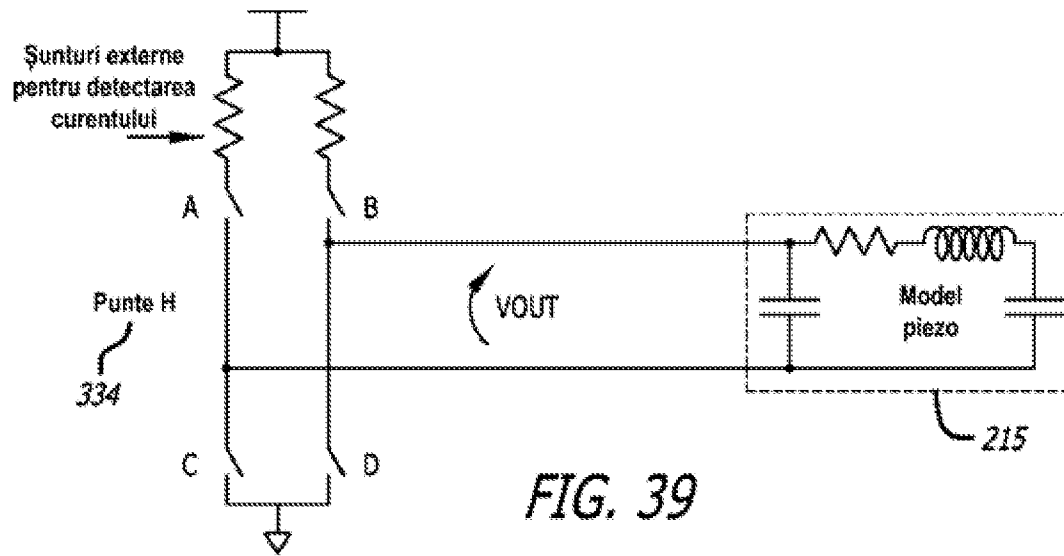


FIG. 39

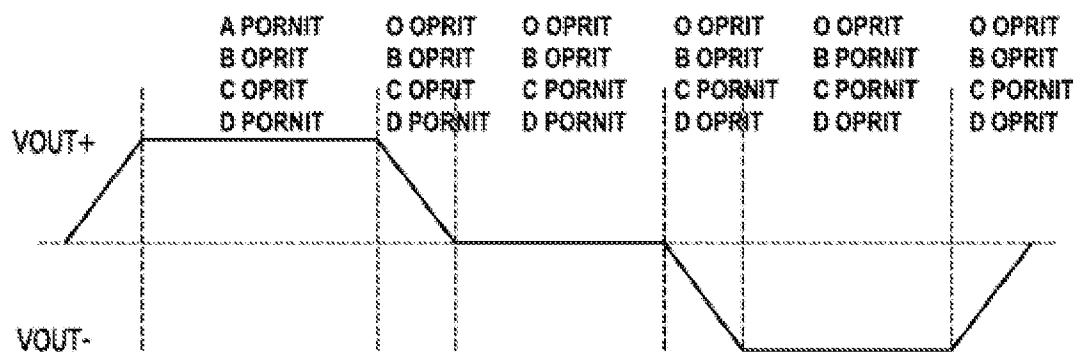


FIG. 40

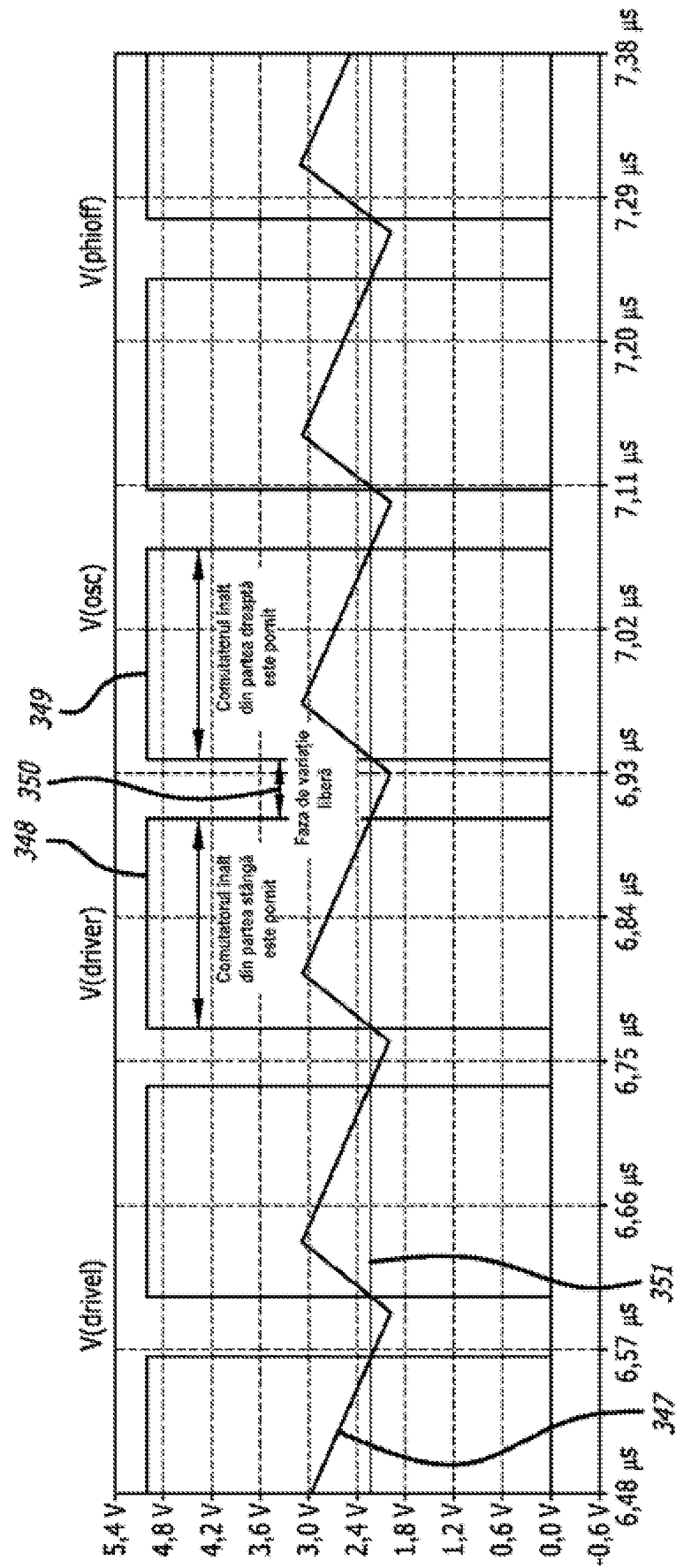


FIG. 41

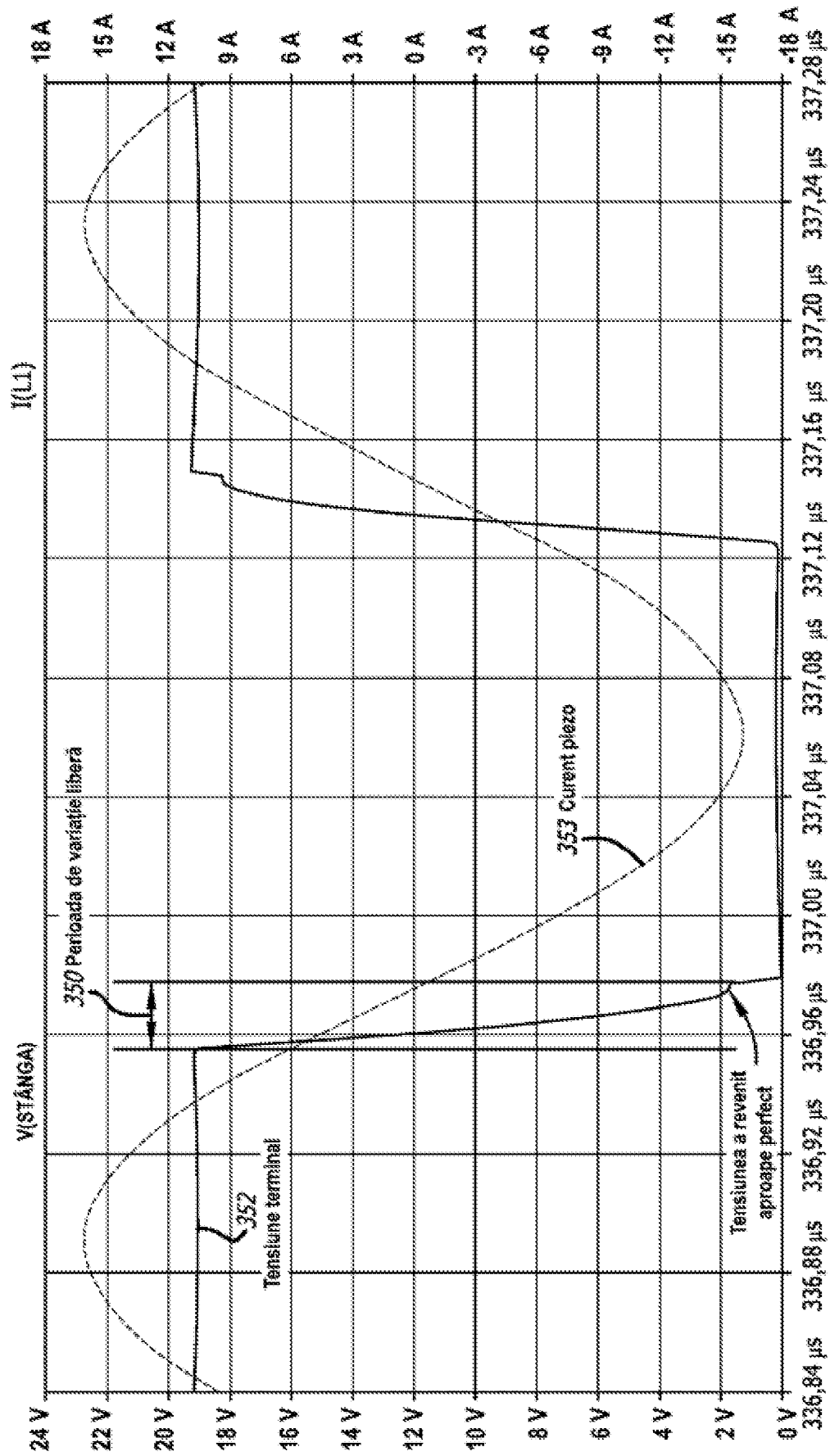


FIG. 42

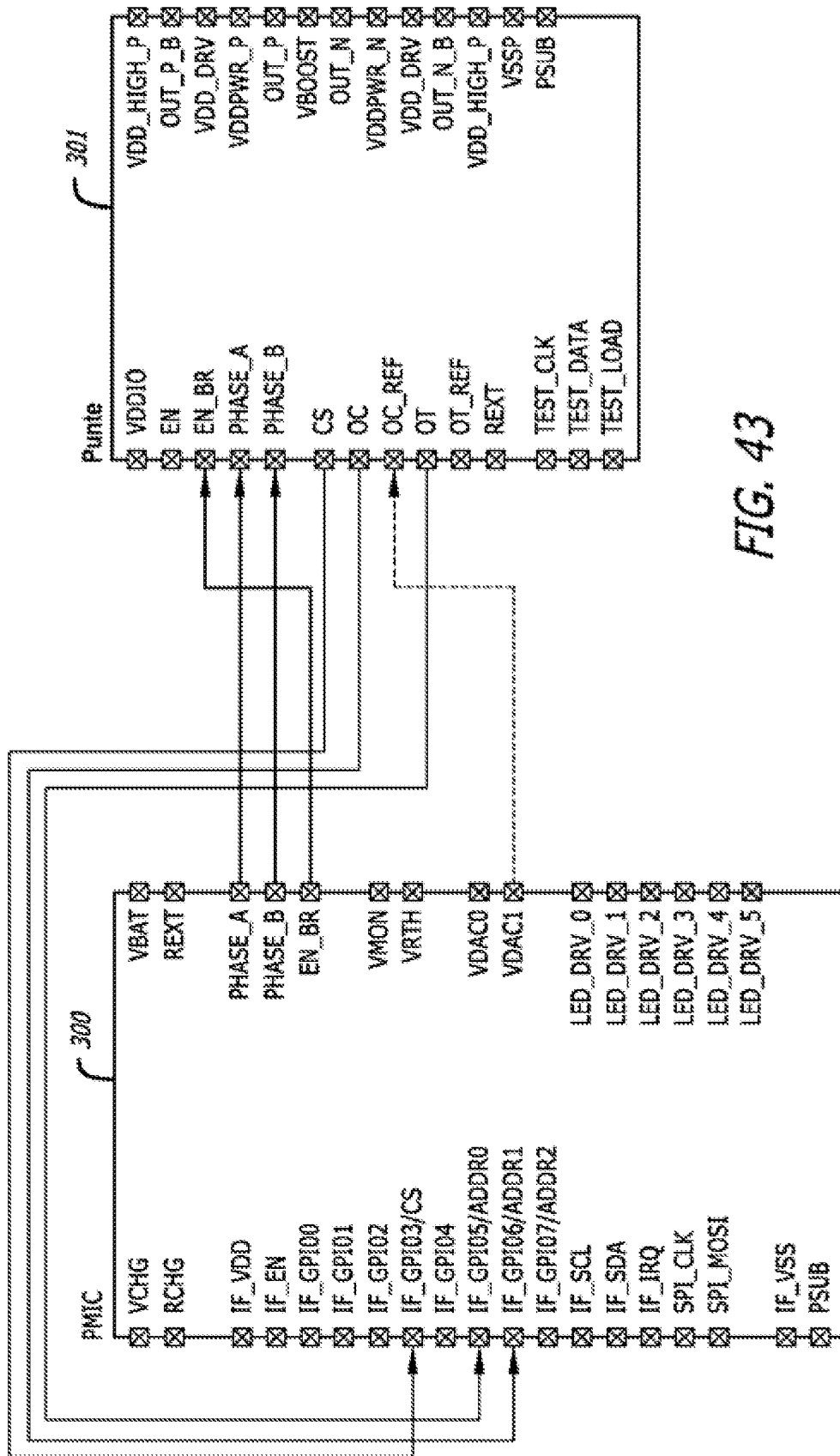


FIG. 43

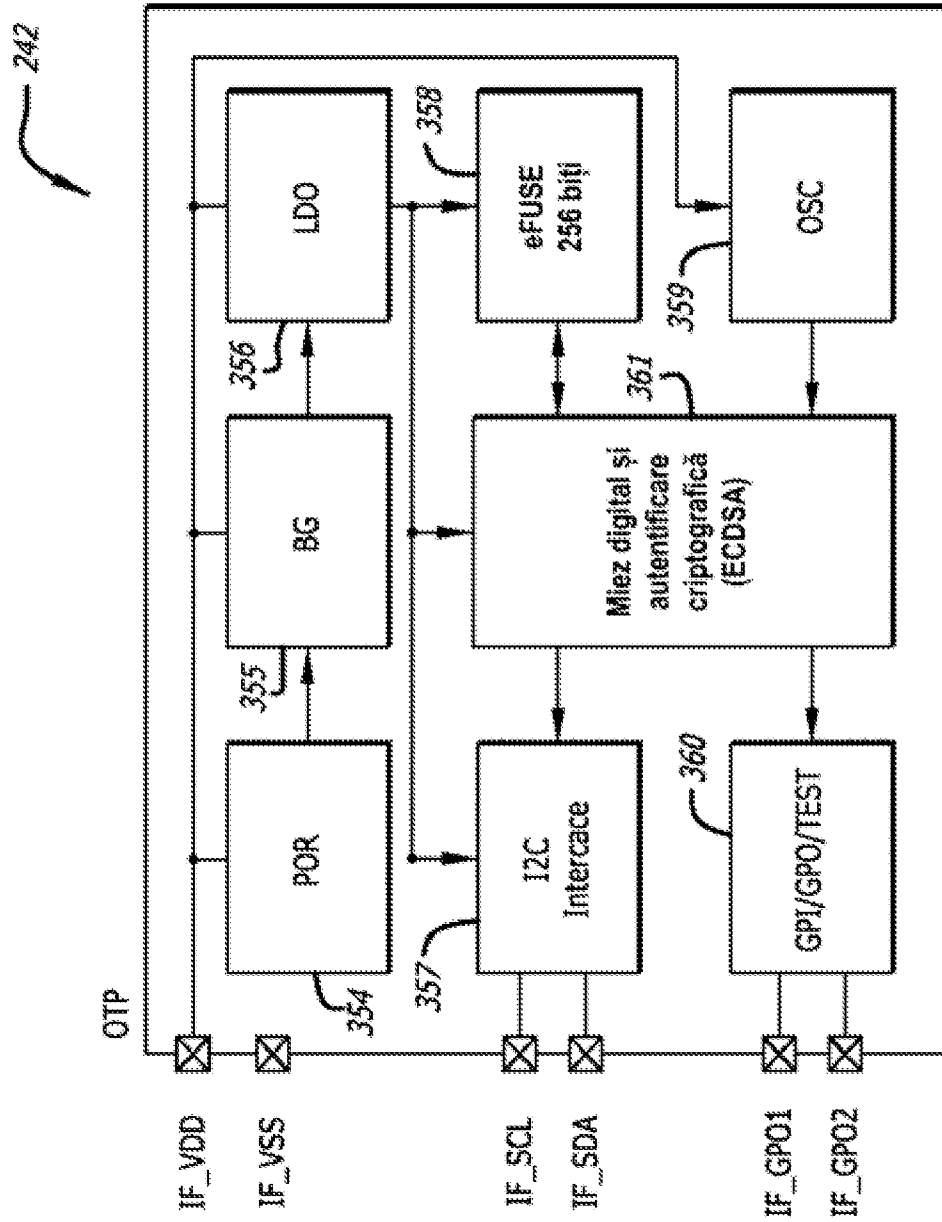


FIG. 44

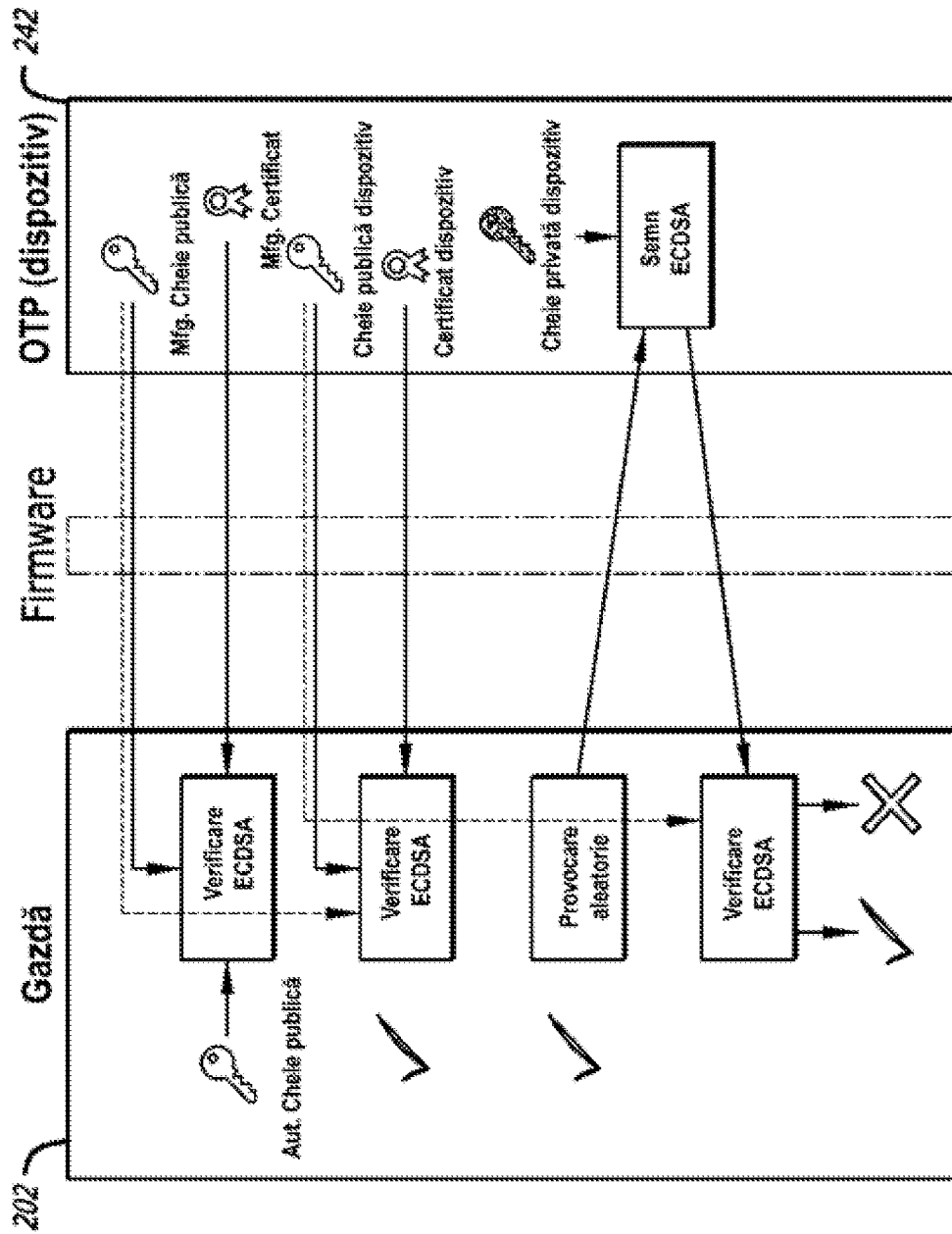
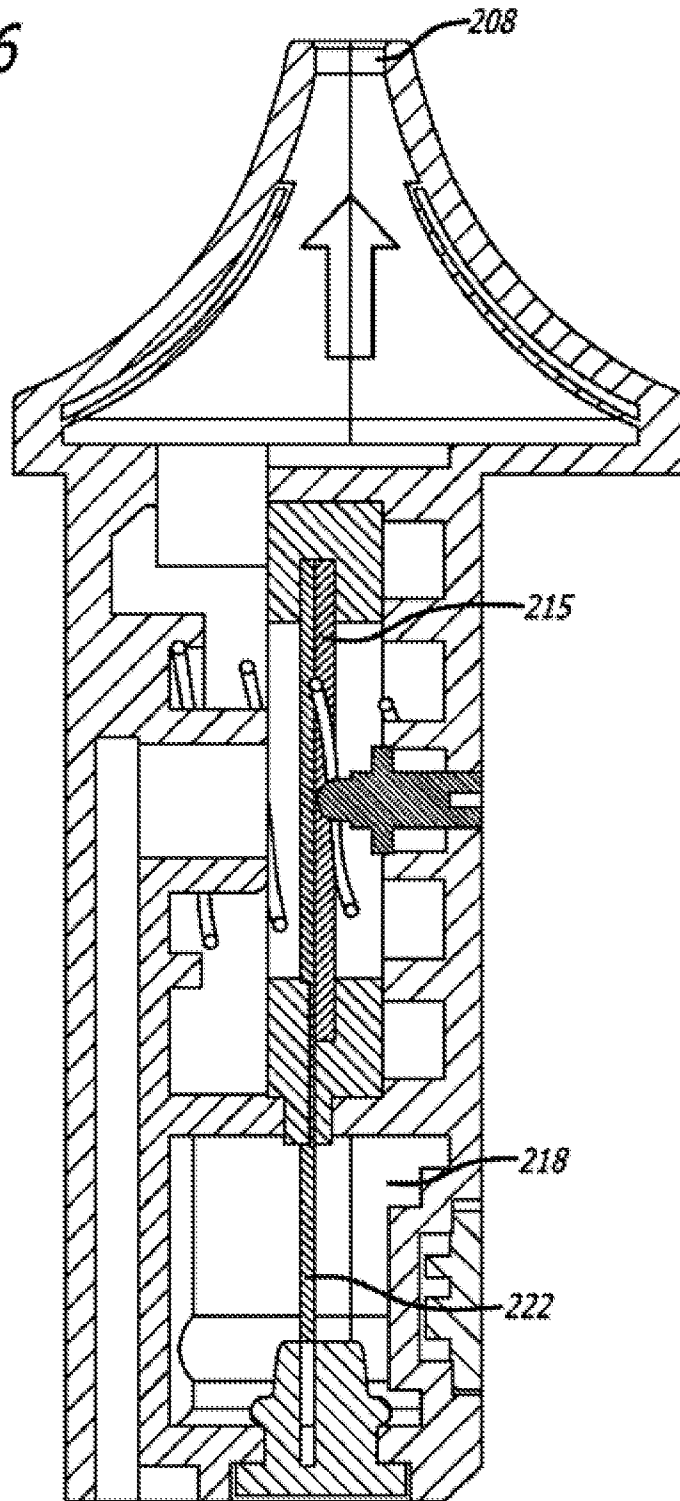


FIG. 45

FIG. 46



94

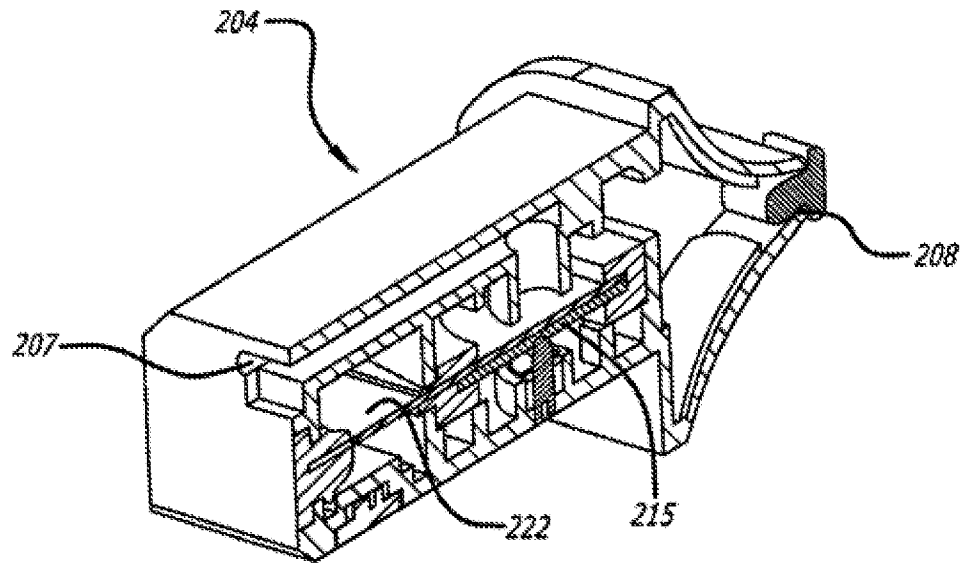


FIG. 47

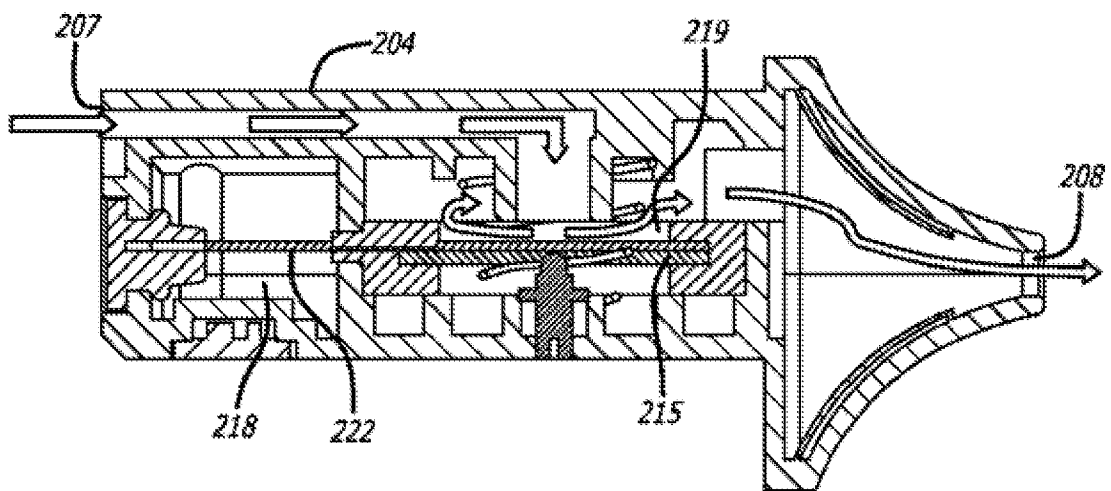


FIG. 48

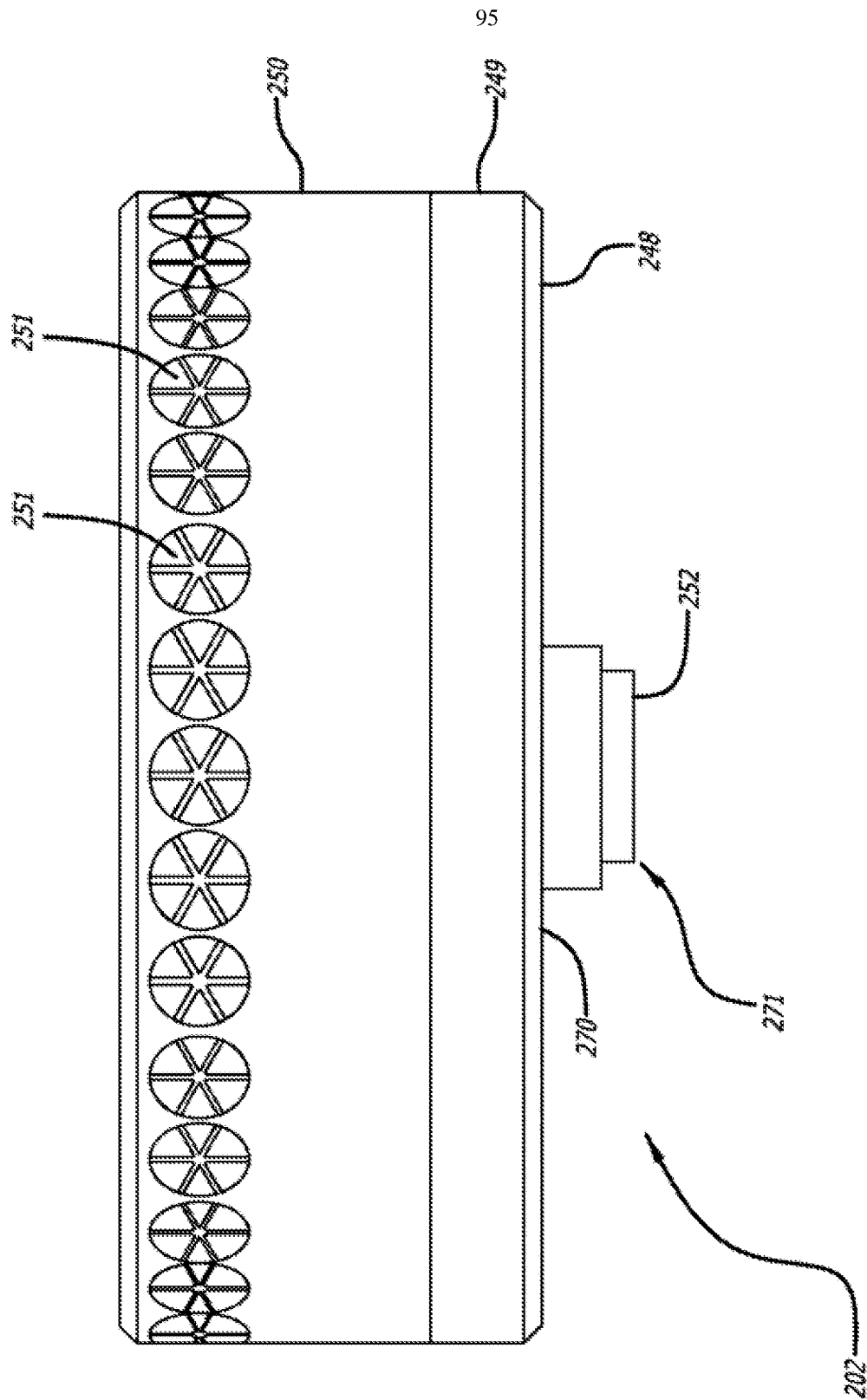
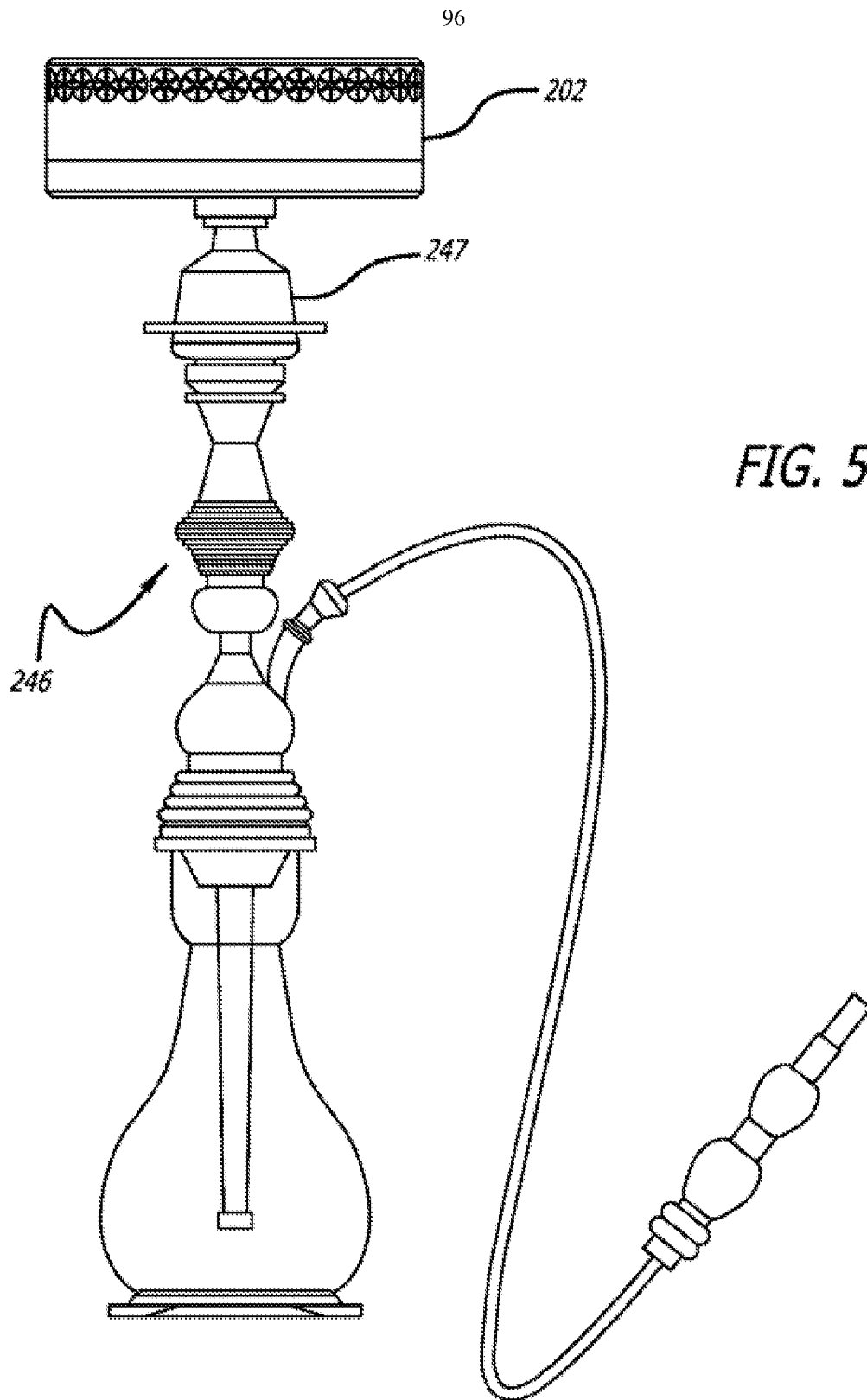
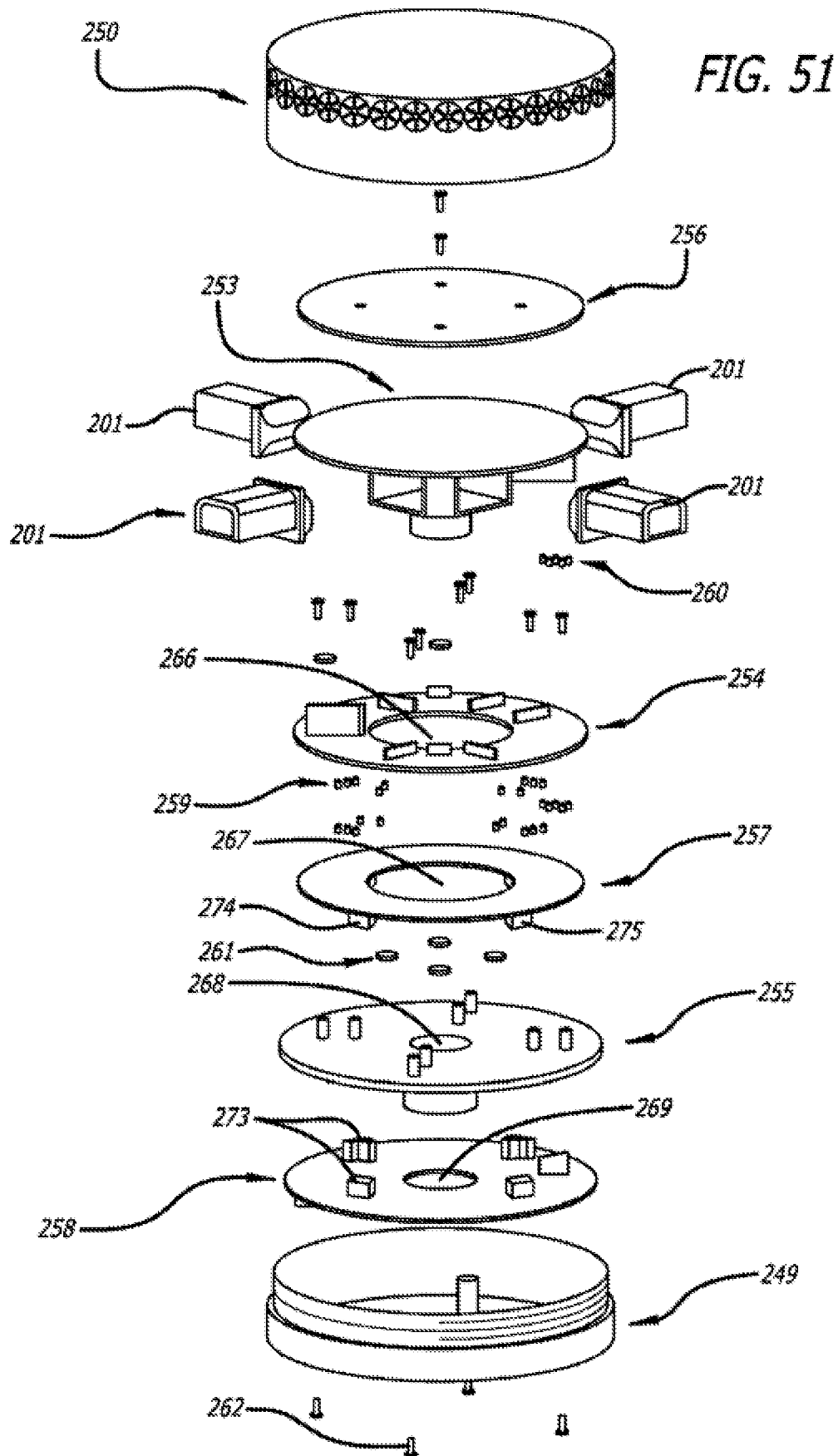


FIG. 49





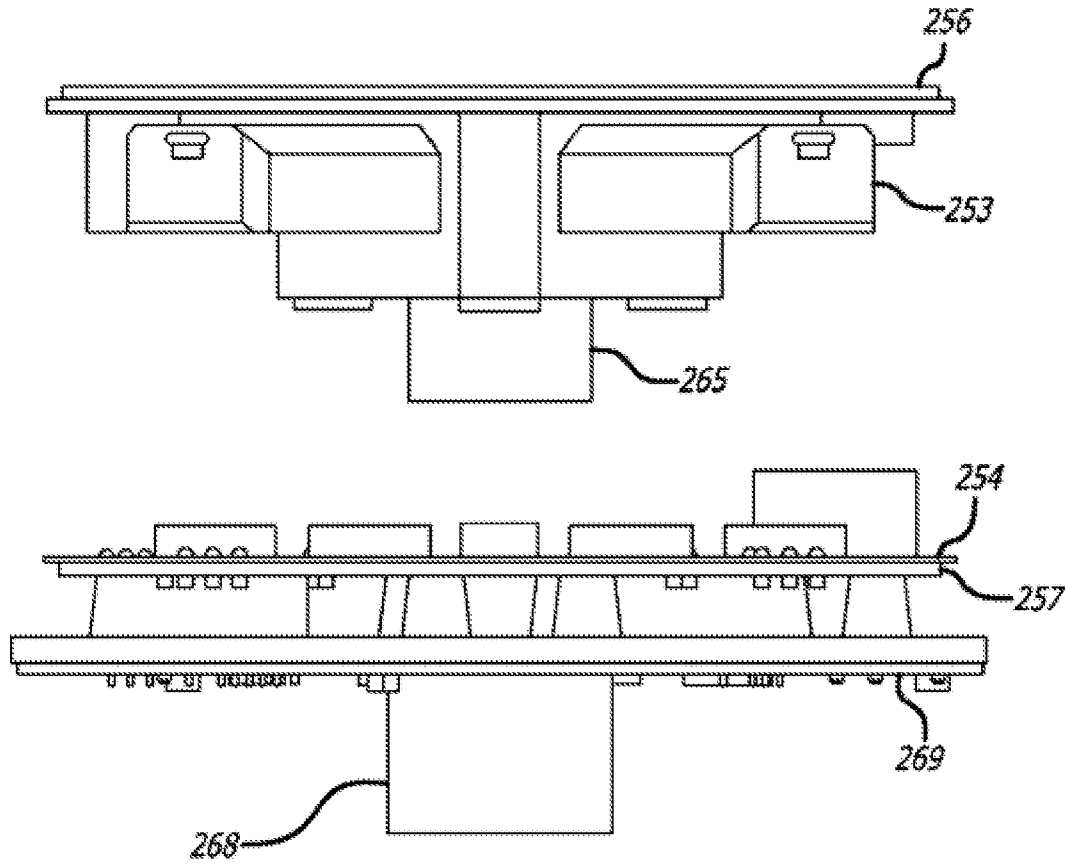


FIG. 52

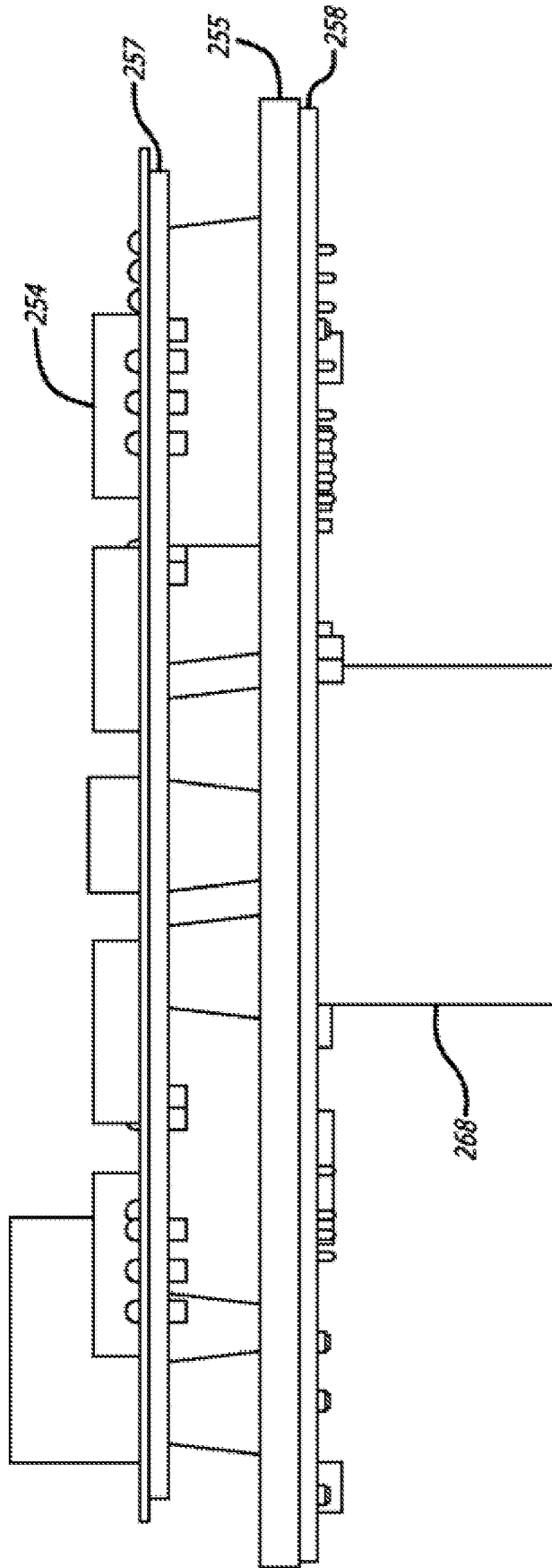


FIG. 53

100

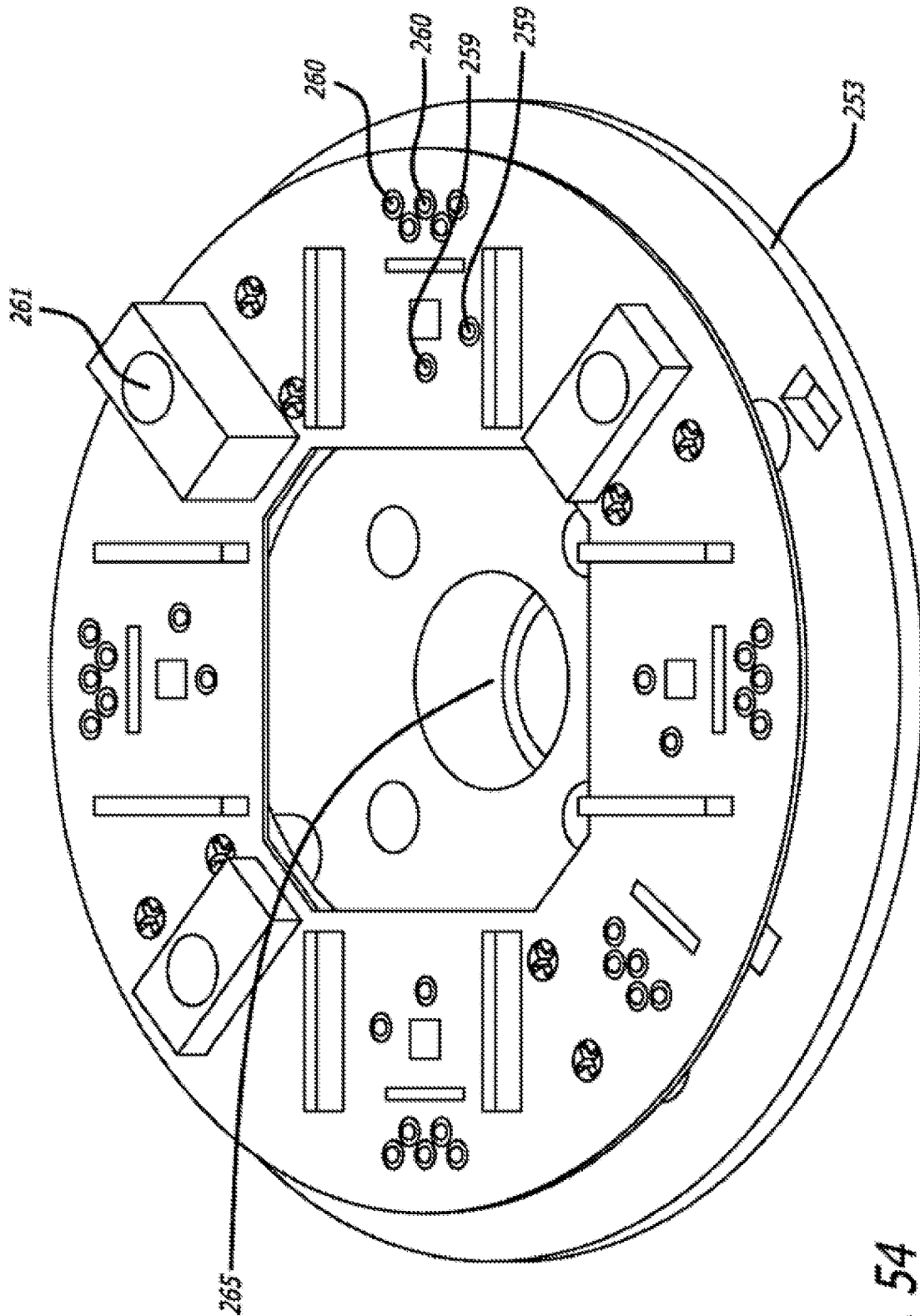
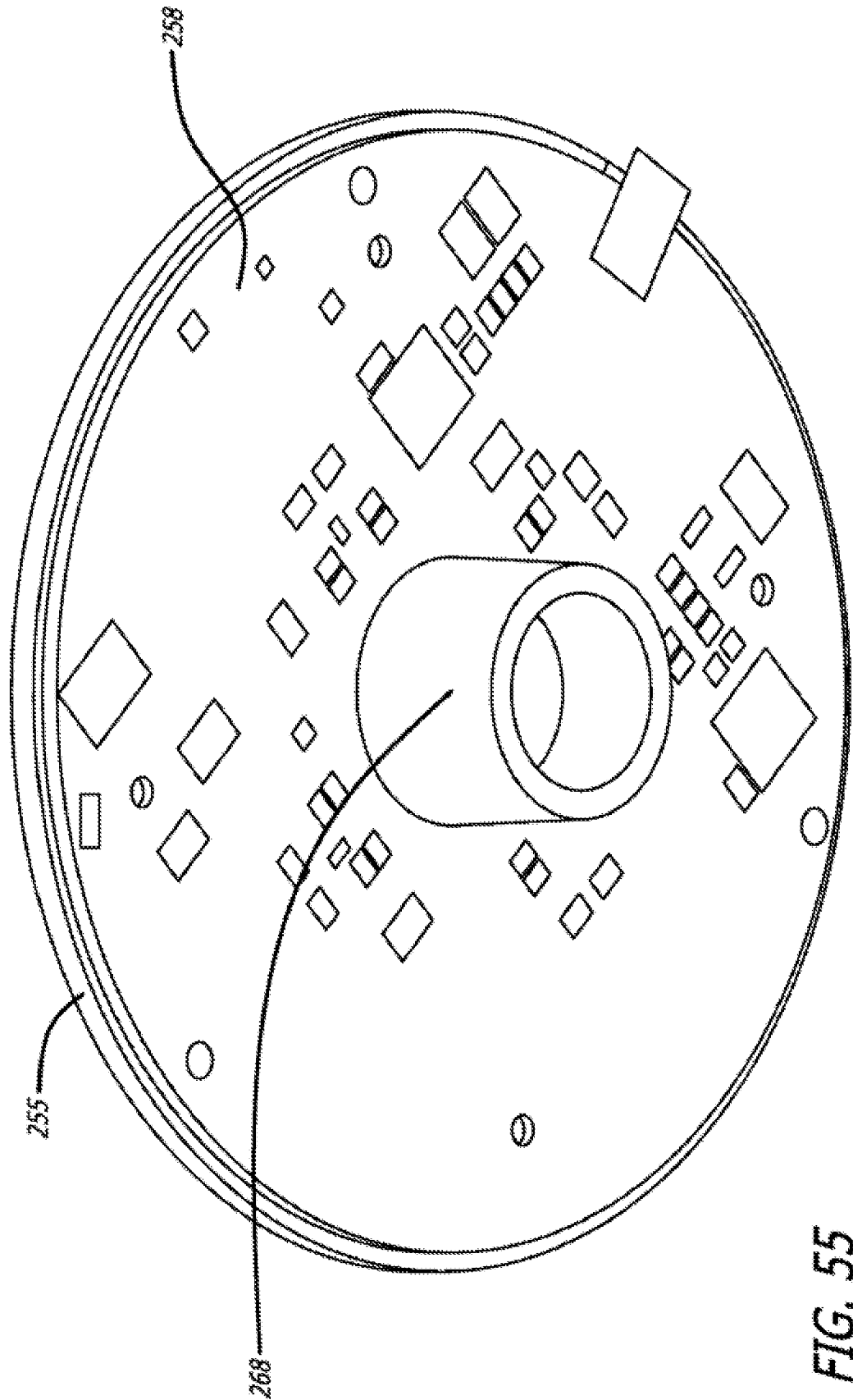
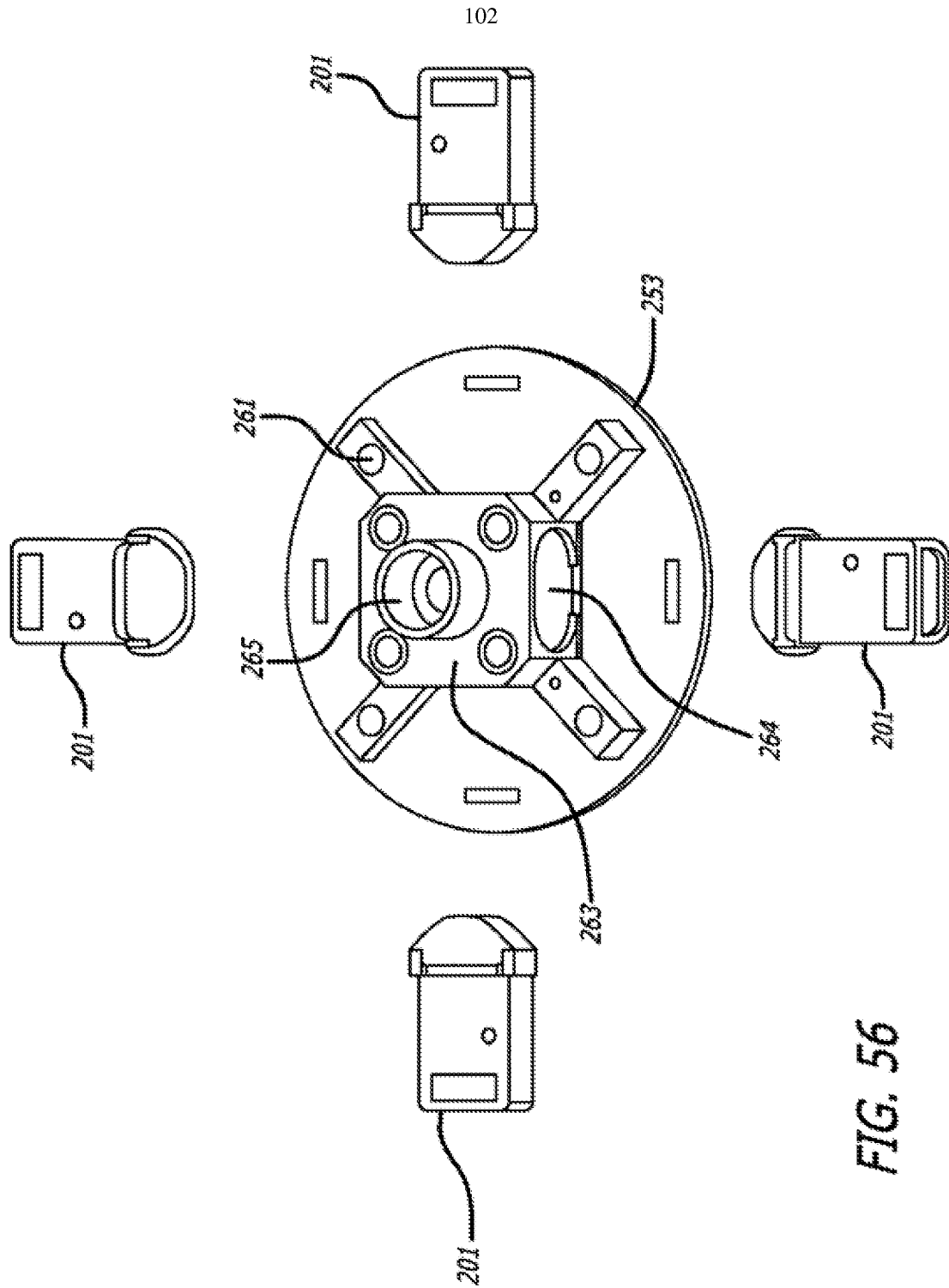


FIG. 54





103

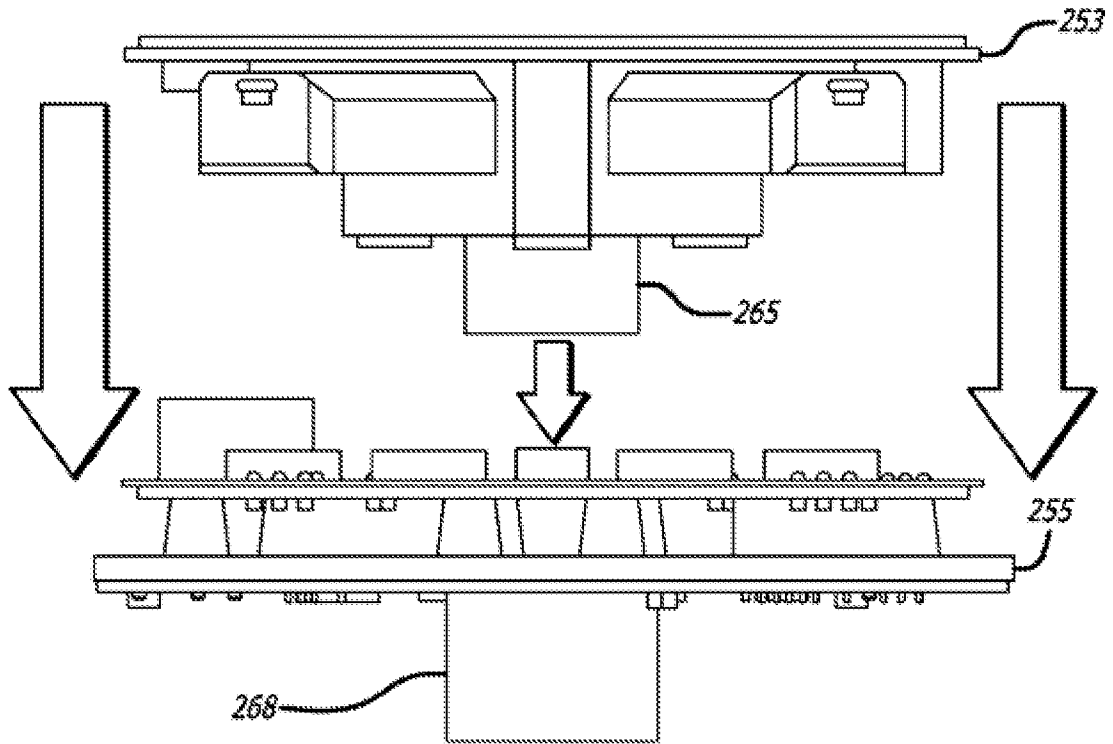
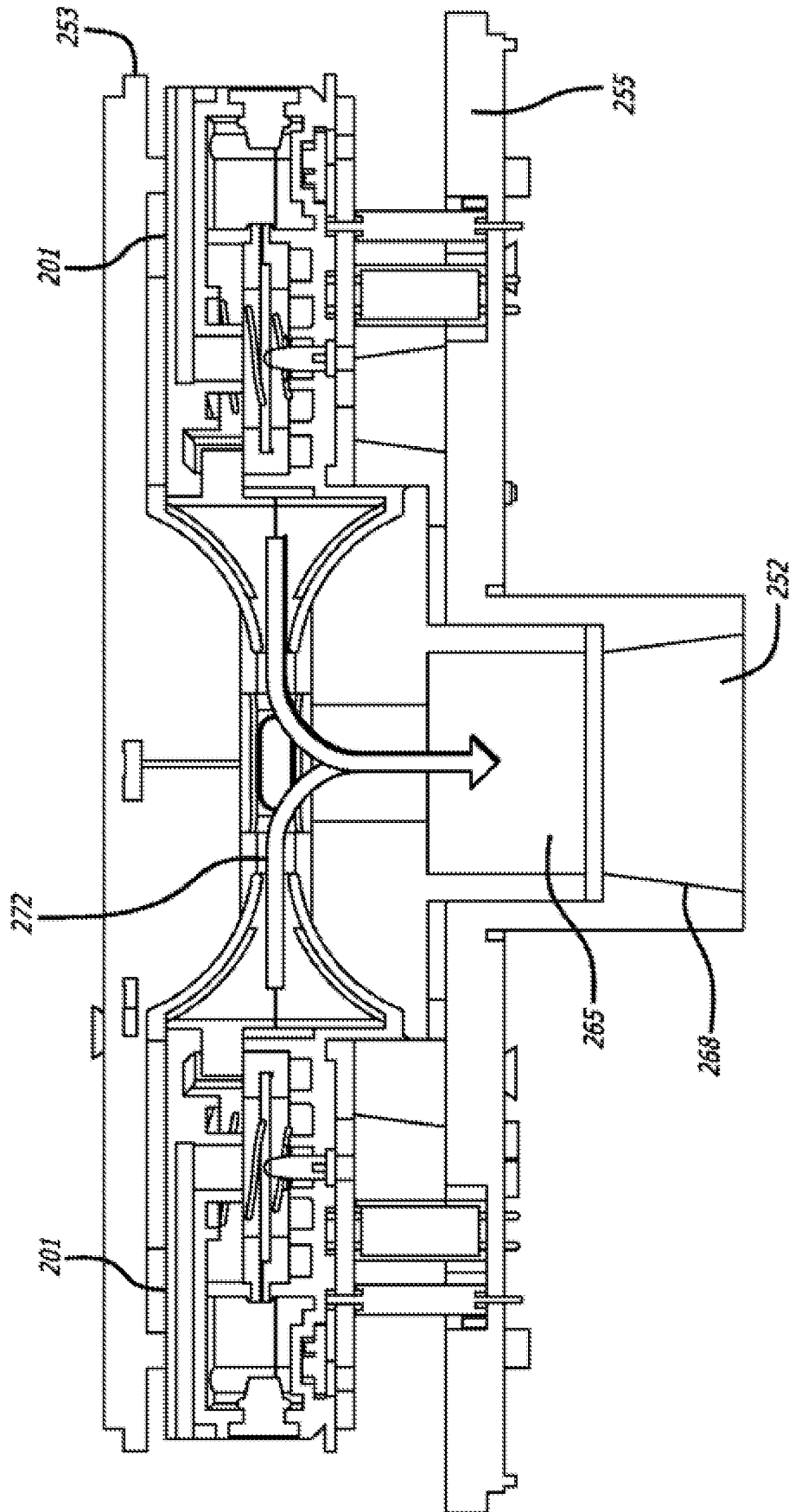


FIG. 57

104



105

