



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00667

(22) Data de depozit: 26/04/2018

(30) Prioritate:
26/04/2017 US 62/490405

(41) Data publicării cererii:
30/06/2020 BOPI nr. 6/2020

(86) Cerere internațională PCT:
Nr. CA 2018/050490 26/04/2018

(87) Publicare internațională:
Nr. WO 2018/195663 01/11/2018

(71) Solicitant:
• CANDU ENERGY INC.,
2251 SPEAKMAN DRIVE, MISSISSAUGA,
L5K1B2, ONTARIO, CA

(72) Inventatori:
• DI CARLO KEVIN,
55 KILDONAN CRESCENT, WATERDOWN,
ONTARIO, L8B 0P8, CA;
• JAMIESON ROB,
73 BIRCHVIEW CRESCENT, TORONTO,
ONTARIO, M6P 3H9, CA;
• DEADMAN JASON,
4968 TRAFALGAR ROAD, GEORGETOWN,
ONTARIO, L7G 4S4, CA

(74) Mandatar:
ROMINVENT S.A.,
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,
SECTOR 1, BUCUREȘTI

(54) INSTRUMENT ȘI METODĂ DE INSPECTARE
A ANSAMBLULUI DE CANALE DE COMBUSTIBIL
AL UNUI REACTOR NUCLEAR

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un aparat și la o metodă de inspecție a unei suprafețe interioare și a unei suprafețe exterioare ale unui element al unui ansamblu de canale de combustibil din interiorul unui reactor nuclear. Aparatul conform invenției cuprinde: un dispozitiv de imagistică poziționat astfel încât să capteze date de imagine ale unui câmp vizual al dispozitivului de imagistică, și un ansamblu reflector cuprinzând un prim reflector având o suprafață reflectorizantă și fiind orientat sub un prim unghi și poziționat în raport cu zona subiect, astfel încât să reflecte o primă porțiune a zonei subiect, reprezentativă pentru o vedere radial interioară a primei porțiuni a suprafeței exterioare a elementului, pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică, și un al doilea reflector având o suprafață reflectorizantă și fiind orientat sub un al doilea unghi și poziționat în raport cu zona subiect, astfel încât să reflecte o a doua porțiune a zonei subiect, reprezentativă pentru o vedere radial exterioară a unei prime porțiuni a suprafeței interioare a elementului, pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică. Metoda conform invenției cuprinde reflectarea a cel puțin una dintre: o vedere radial interioară a unei prime porțiuni a suprafeței exterioare a elementului, pentru a

fi în câmpul vizual al unui dispozitiv de imagistică, și o vedere radial exterioară a unei prime porțiuni a suprafeței interioare a elementului, pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică, și captarea datelor de imagine de către dispozitivul de imagistică.

Revendicări: 75
Figuri: 17

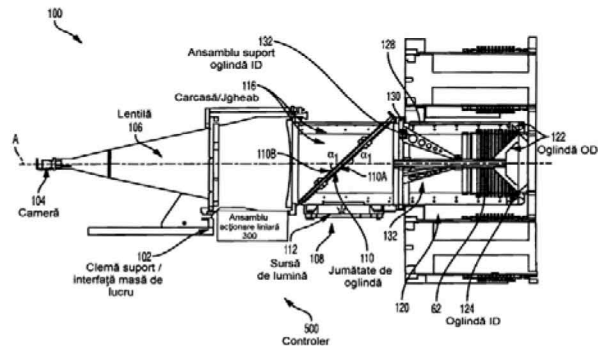


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).

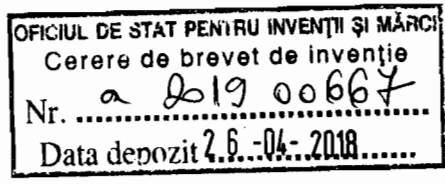


282

INSTRUMENT ȘI METODĂ DE INSPECTARE PENTRU ANSAMBLUL DE CANALE DE COMBUSTIBIL AL UNUI REACTOR NUCLEAR

Descriere

[0001] Cererea revendică toate beneficiile, inclusiv prioritatea cererii de brevet provizorii US 62/490,405, înregistrată la 26 aprilie 2017, al cărei conținut este încorporat aici prin citare.



DOMENIUL

[0002] Prezenta invenție se referă la metode și sisteme de inspectare a unui reactor nuclear, în particular, pentru inspectarea unei componente a unui ansamblu de canale de combustibil al reactorului nuclear.

STADIUL TEHNICII

[0003] Un reactor nuclear are o durată de funcționare limitată. De exemplu, reactoarele de tip CANDU™ („CANada Deuterium Uranium”) din a doua generație sunt proiectate să funcționeze aproximativ 25-30 de ani. După acest timp, canalele de combustibil existente pot fi eliminate și pot fi instalate noi canale de combustibil. Efectuarea acestui proces de „re-tubare” poate prelungi semnificativ viața unui reactor, ca o alternativă la dezafectarea reactorului. Procesele de re-tubare a reactorului nuclear includ îndepărtarea mai multor componente ale reactorului și includ diferite alte activități, cum ar fi oprirea reactorului, pregătirea boltei și instalarea echipamentelor de manipulare a materialelor și a diferitelor platforme și suporturi de echipamente. Procesul de îndepărtare poate include, de asemenea, scoaterea dopurilor de închidere și poziționarea ansamblurilor de armături, deconectarea ansamblurilor de alimentare, tăierea burdufurilor, îndepărtarea fittingurilor de capăt, eliberarea și îndepărtarea inserțiilor tuburilor calandria, și tăierea și îndepărtarea tuburilor sub presiune și a tuburilor calandria. După de capătizarea procesului de îndepărtare, se efectuează de obicei un proces de inspectare și instalare.

[0004] Mai mult, în timpul procesului de îndepărtare, diferite componente pot fi lăsate pe reactor. De exemplu, burdufurile care permit ansamblurilor de canale de combustibil ale reactorului să se miște axial pot fi îndepărtate și înlocuite cu noi

R. Neftcu

burdufuri care sunt preinstalate pe fittingurile de capăt sau pot fi lăsate în schimb intacte pentru reutilizare în cazul în care nu au fost stricate sau deteriorate. Cu toate acestea, inspectarea burdufului tuturor canalelor de combustibil, care este de dorit atunci când se încearcă să se reducă la minimum înlocuirea burdufurilor acceptabile, prezintă provocări și poate fi consumatoare de timp, astfel încât poate deveni mai eficient să se înlocuiască toate burdufurile pentru a evita complicațiile de inspectare.

[0005] Au fost dezvoltate diverse scule de inspectare pentru a inspecta componentele unui reactor nuclear. Cu toate acestea, poate fi dificil să se deplaseze sau să se poziționeze cu exactitate instrumentele de inspectare existente sau să se identifice cu exactitate poziția instrumentelor și, în consecință, poziția caracteristicilor identificate de aceste instrumente. În plus, imaginile captate de instrumentele de inspectare existente pot suferi de distorsiunea perspectivei. Mai mult, este posibil ca instrumentele de inspectare existente să nu poată inspecta porțiunile verticale ale unui element. Astfel, pentru multe reactoare, inclusiv reactoarele de tip CANDU™ descrise mai sus, instrumentele de inspectare capabile să efectueze inspectarea eficientă a burdufului fiecărui ansamblu canal de combustibil pot fi o îmbunătățire.

REZUMAT

[0006] Este dezvăluit aici un aparat pentru inspectarea a cel puțin a unei suprafețe interioare și a unei suprafețe exterioare a unui element al unui ansamblu de canale de combustibil din cadrul unui reactor nuclear, atunci când elementul se află într-o zonă subiect a aparatului, aparatul cuprinzând: un dispozitiv de imagistică poziționat pentru a capta date de imagine ale unui câmp vizual al dispozitivului de imagistică; și un ansamblu reflector cuprinzând cel puțin unul dintre: un prim reflector având o suprafață reflectorizantă și orientată la un prim unghi și poziționată în raport cu zona subiect pentru a reflecta o primă porțiune a zonei subiect reprezentativă pentru o vedere radial interioară a primei porțiuni de suprafață exterioară a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică; și un al doilea reflector având o suprafață reflectorizantă și orientată la un al doilea unghi și poziționată în raport cu zona subiect pentru a reflecta o a doua porțiune a zonei subiect reprezentativă pentru o vedere radial exterioară a unei prime porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

[0007] Este dezvăluită aici o metodă de inspectare a cel puțin unei suprafețe interioare și a unei suprafețe exterioare ale unui element al unui ansamblu de canale de combustibil din cadrul unui reactor nuclear, metoda cuprinzând: reflectarea cel puțin a uneia dintre: o vedere radial interioară a unei prime porțiuni a suprafeței exterioare a elementului care se află într-un câmp vizual al unui dispozitiv de imagistică; și o vedere radial exterioară a unei prime porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică; și captarea datelor de imagine de către dispozitivul de imagistică ale câmpului vizual al dispozitivului de imagistică.

[0008] Este dezvăluit aici un ansamblu reflector pentru reflectarea a cel puțin unei suprafețe interioare și a unei suprafețe exterioare ale unui element al unui ansamblu de canale de combustibil din interiorul unui reactor nuclear care se află într-un câmp vizual al unui dispozitiv de imagistică, atunci când elementul se află într-o zonă subiect a ansamblului, ansamblul cuprinzând cel puțin unul dintre: un prim reflector având o suprafață reflectorizantă și orientată la un prim unghi și poziționată în raport cu zona subiect pentru a reflecta o primă porțiune a zonei subiect reprezentativă pentru o vedere radial interioară a primei porțiuni a suprafeței exterioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică; și un al doilea reflector având o suprafață reflectorizantă orientată la un al doilea unghi și poziționată în raport cu zona subiect pentru a reflecta o a doua porțiune a zonei subiect reprezentativă pentru o vedere radial exterioară a unei prime porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

[0009] Multe alte caracteristici și combinații ale acestora referitoare la exemplele de realizare descrise aici vor fi evidente pentru specialiștii în domeniu în urma unei lecturi a prezentei dezvăluiri.

SCURTĂ DESCRIERE A DESENELOR

[0010] În figurile care ilustrează exemple de realizare:

[0011] Figura 1 este o vedere în perspectivă a unui reactor tip CANDU™.

[0012] Figura 2 este o vedere secționată a unui ansamblu de canale de combustibil pentru un reactor nuclear tip CANDU™.

[0013] Figura 3 este o vedere laterală în secțiune a unui instrument de inspectare incluzând un dispozitiv de imagistică, o lentilă, un ansamblu de iluminat și un ansamblu reflector.

[0014] Figura 4 este o vedere în detaliu în secțiune a unui ansamblu reflector al instrumentului de inspectare din Figura 3.

[0015] Figurile 5-7 sunt vederi de ansamblu parțial explodate ale porțiunilor instrumentului de inspectare din Figura 3.

[0016] Figura 8 ilustrează o schemă a datelor de imagine colectate de dispozitivul de imagistică.

[0017] Figura 9 ilustrează datele de imagine de la dispozitivul de imagistică după transpunere pentru a îndrepta inele ilustrate ale burdufului în linii paralele.

[0018] Figura 10 este o vedere în perspectivă a unui suport interior al reflectorului.

[0019] Figura 11 este o vedere în secțiune a ansamblului reflector al instrumentului de inspectare din Figura 3.

[0020] Figura 12 este o schemă a unui reflector al ansamblului reflector având un profil plat.

[0021] Figura 13 este o schemă a unui reflector al ansamblului reflector având un profil concav.

[0022] Figura 14 este o schemă a unui reflector al ansamblului reflector având un profil convex.

[0023] Figura 15 este o schemă a instrumentului de inspectare din Figura 3.

[0024] Figura 16 este o schemă a instrumentului de inspectare din Figura 3.

[0025] Figura 17 este o schemă a unui controlor al unui sistem de inspectare având instrumentul de inspectare din Figura 3.

DESCRIEREA DETALIATĂ

[0026] Înainte de explicarea detaliată a oricărui exemplu de realizare a instrumentului de inspectare, trebuie înțeles că instrumentul de inspectare nu se limitează în aplicarea sa la detaliile de construcție și la dispunerea componentelor prezentate în descrierea următoare sau ilustrate în desenele însoțitoare. Instrumentul de inspectare este capabil de alte exemple de realizare și poate fi implementat sau realizat în diferite moduri.

[0027] Așa cum este utilizat aici, termenul „apropiat” se referă la o poziție sau direcție în imediata apropiere a dispozitivului de imagistică al instrumentului și mai departe de zona subiect. Termenul „depărtat” se referă la o poziție sau direcție în imediata apropiere a zonei subiect a instrumentului și mai departe de dispozitivul de imagistică.

[0028] Sunt dezvoltate un aparat și o metodă de inspectare a cel puțin unei suprafețe interioare și a unei suprafețe exterioare ale unui element dintr-un ansamblu de canale de combustibil din cadrul unui reactor nuclear. Aparatul definește o zonă subiect. Pentru a inspecta suprafața elementului, cum ar fi un burduf, aparatul și elementul sunt poziționate unul față de celălalt, astfel încât elementul să se afle în zona subiect. Un ansamblu reflector al aparatului reflectă zona subiect sau o porțiune din zona subiect care se află într-un câmp vizual al unui dispozitiv de imagistică, care surprinde date de imagine ale câmpului său vizual. Ansamblul reflector are reflectoare pentru a reflecta elementul pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică. De exemplu, reflectorul are un prim reflector care reflectă suprafața exterioară a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică. Ca un alt exemplu, ansamblul reflector are un al doilea reflector care reflectă suprafața interioară a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică. În unele exemple de realizare, ansamblul reflector are atât primul, cât și cel de-al doilea reflector. Datele de imagine captate reprezentative pentru suprafața exterioară sau interioară a elementului pot fi analizate pentru a inspecta elementul.

[0029] Instrumentul poate fi poziționat într-o primă poziție pentru a capta date de imagine la nivelul unei prime porțiuni a elementului și apoi re-poziționat într-o a doua poziție pentru a capta date de imagine la nivelul unei a doua porțiuni a elementului. Instrumentul poate fi capabil să capteze date de imagine reprezentative pentru o vedere completă în jurul elementului (de exemplu, vizualizare la 360 de grade) sau o porțiune a acestuia.

[0030] Figura 1 este o perspectivă a miezului de reactor al unui reactor tip CANDU™ 6. Miezul reactorului este conținut în mod tipic într-o boltă care este sigilată cu un blocaj de aer pentru controlul și protecția radiațiilor. Deși aspectele instrumentului de inspectare sunt descrise cu referire specială la reactorul de tip CANDU™ 6 pentru comoditate, instrumentul de inspectare nu se limitează la reactoarele de tip CANDU™ și poate fi util în afara acestui domeniu particular. Revenind la Figura 1,

un vas în general cilindric, cunoscut sub numele de calandria 10 al reactorului tip CANDU™ 6, conține un moderator de apă grea. Calandria 10 are o carcasă inelară 14 și o placă de tuburi 18 la un prim capăt 22 și la un al doilea capăt 24. Plăcile de tuburi 18 includ o multitudine de deschideri (denumite aici "găuri") care acceptă fiecare un ansamblu de canale de combustibil 28. Așa cum se arată în Figura 1, un număr de ansambluri de canale de combustibil 28 trece prin plăcile de tuburi 18 ale calandria 10 de la primul capăt 22 la al doilea capăt 24.

[0031] La fel ca în exemplul de realizare ilustrat, în unele exemple de realizare, miezul reactorului este prevăzut cu doi pereți la fiecare capăt 22, 24 al miezului de reactor: un perete interior definit de placa de tuburi 18 la fiecare capăt 22, 24 al miezului reactorului și un peretele exterior 64 (denumit adesea "scut de capăt") amplasat la o distanță în exteriorul de placa de tuburi 18 la fiecare capăt 22, 24 al miezului reactorului. Un tub de grătar 65 se extinde pe distanța dintre placa de tuburi 18 și scutul de capăt 64 la fiecare pereche de găuri (adică în placa de tuburi 18 și respectiv scutul de capăt 64).

[0032] Figura 2 este o vedere secționată a unui ansamblu de canale de combustibil 28 al miezului de reactor ilustrat în Figura 1. Așa cum este ilustrat în Figura 2, fiecare ansamblu de canale de combustibil 28 include un tub calandria ("CT") 32 care înconjoară alte componente ale ansamblului de canale de combustibil 28. Tuburile CT 32 acoperă fiecare distanța dintre plăcile de tuburi 18. De asemenea, capetele opuse ale fiecărui CT 32 sunt primite în interior și sigilate la nivelul deschiderilor respective din plăcile de tuburi 18. În unele exemple de realizare, se folosește o inserție de îmbinare laminată la CT 34 pentru a fixa CT 32 la placa de tuburi 18 în interiorul găurilor. Un tub de presiune ("PT") 36 formează un perete interior al ansamblului de canale de combustibil 28. PT 36 asigură o conductă pentru agentul de răcire al reactorului și fasciculele sau ansamblurile de combustibil 40. PT 36, de exemplu, susține în general două sau mai multe ansambluri de combustibil 40 și acționează ca o conductă pentru agentul de răcire al reactorului care trece prin fiecare ansamblu de combustibil 40. Un spațiu inelar 44 este definit de un gol între fiecare PT 36 și CT 32 corespunzător. Spațiul inelar 44 este umplut în mod normal cu un gaz circulant, cum ar fi dioxid de carbon uscat, heliu, azot, aer sau amestecuri ale acestora. Unul sau mai multe distanțiere inelare sau arcuri cu manșetă 48 sunt dispuse între CT 32 și PT 36. Distanțierele inelare 48 mențin golul dintre PT 36 și CT

32 corespunzător, permițând în același timp trecerea gazului inelare prin și în jurul distanțelor inelare 48.

[0033] Așa cum se arată și în Figura 2, fiecare capăt al fiecărui ansamblu de canale de combustibil 28 este prevăzut cu un fitting de capăt 50 situat în afara plăcii de tuburi 18 corespunzătoare. La capătul terminal al fiecărui fitting de capăt 50, este prevăzut un dop de închidere 52. Fiecare fitting de capăt 50 include de asemenea un ansamblu de alimentare 54. Ansamblurile de alimentare 54 alimentează agentul de răcire al reactorului în sau îndepărtează agentul de răcire al reactorului din tuburile PT 36 prin intermediul tuburilor de alimentare 59 (Figura 1). În particular, pentru un singur ansamblu de canale de combustibil 28, ansamblul de alimentare 54 de la un capăt al ansamblului de canale de combustibil 28 acționează ca un alimentator de intrare, iar ansamblul de alimentare 54 de la capătul opus al ansamblului de canale de combustibil 28 acționează ca un alimentator de ieșire. Așa cum se arată în Figura 2, ansamblurile de alimentare 54 pot fi atașate la fittingurile de capăt 50 folosind un ansamblu de cuplare 56 care include un număr de șuruburi, șaibe, garnituri și/sau alte tipuri de conectori. Tubul de grătar 65 (descriș mai sus) înglobează conexiunea dintre fittingul de capăt 50 și PT 36 care conține ansamblurile de combustibil 40. Rulmenții cu bile de protecție 66 și apa de răcire înconjoară exteriorul tuburilor de grătar 65, ceea ce oferă o protecție suplimentară împotriva radiațiilor.

[0034] Revenind la Figura 2, un ansamblu armătură de poziționare 60 și burduf 62 sunt de asemenea cuplate la fiecare fitting de capăt 50. Burduful 62 lasă ansamblurile de canale de combustibil 28 să se miște axial - o capacitate care poate fi importantă atunci când ansamblurile de canale de combustibil 28 suferă modificări de lungime în timp, ceea ce este frecvent în multe reactoare. Ansamblurile de armături de poziționare 60 pot fi utilizate pentru a seta un capăt al unui ansamblu de canale de combustibil 28, fie într-o configurație blocată care fixează poziția axială, fie într-o configurație deblocată. Ansamblurile de armături de poziționare 60 sunt de asemenea cuplate la scutul de capăt 64. Ansamblurile de armături de poziționare 60 ilustrate includ fiecare o tijă având un capăt care este primit într-o gaură a scutului de capăt 64. În unele exemple de realizare, capătul tijei și gaura din scutul de capăt 64 sunt filetate. Din nou, trebuie înțeles că, deși un reactor tip CANDU™ este ilustrat în Figurile 1-2, instrumentul de inspecție se poate aplica și altor tipuri de reactoare, inclusiv reactoarelor care au componente similare cu cele ilustrate în Figurile 1-2.

[0035] Figura 3 ilustrează un exemplu de realizare a instrumentului sau aparatului de inspectare 100. În unele exemple de realizare, instrumentul 100 este pentru inspectarea a cel puțin unei suprafețe interioare și a unei suprafețe exterioare ale unui element al unui ansamblu de canale de combustibil din cadrul unui reactor nuclear, atunci când elementul se află într-o zonă subiect a instrumentului 100. Instrumentul de inspectare 100 poate include un suport 102 având o clemă de susținere sau o altă interfață pentru instalarea adiacentă tubului calandria 10 al reactorului nuclear, cum ar fi pe o platformă mobilă sau o masă de lucru mobilă. Masa de lucru sau o altă suprafață de sprijin care susține instrumentul de inspectare 100 poate purta și susține instrumentul de inspectare 100 de la locație de grătar la locație de grătar (adică acele poziții de pe fiecare parte a reactorului 6 definite de locațiile ansamblurilor de canale de combustibil 28 descrise mai sus) peste fața tubului calandria 10. În unele exemple de realizare, masa de lucru este mobilă lateral pe o direcție x (de exemplu, pe șine, pe un cărucior și altele asemenea), la o înălțime comună pe fața tubului calandria 10, în timp ce în altele exemple de realizare, masa de lucru este, de asemenea, sau în schimb, mobilă vertical în direcția y, sau este mobilă spre și depărtat de fața reactorului într-o direcție z. Direcțiile x, y și z sunt marcate în Figura 1. În unele exemple de realizare, platforma se poate mișca în direcția y, masa de lucru se poate deplasa în direcția x și y, iar instrumentul 100 cuprinde un ansamblu de antrenare liniară 300 pentru a muta instrumentul 100 în direcția z.

[0036] Instrumentele și metodele de inspectare pot fi utilizate ca parte a procedurii normale de retubare a reactorului nuclear și pot fi utilizate pentru inspectarea burdufului 62, a tubului de grătar 65 sau a altor secțiuni (de exemplu, secțiuni inelare) ale ansamblului de canale de combustibil 28. În funcție de rezultatele inspectării, componenta inspectată poate fi îndepărtată și înlocuită ca parte a unei proceduri de retubare care înlocuiește și alte porțiuni ale ansamblului de canale de combustibil 28. În mod alternativ, porțiunile (piesele) ansamblului de canale de combustibil 28 inspectat pot fi inspectate în alt moment în care reactorul nu este în funcțiune, indiferent dacă retubarea este începută. Deși instrumentul 100 poate fi utilizat pentru a inspecta burduful 62, așa cum este descris, de exemplu, în Figurile 3, 4, 8 și 9, aspectele instrumentului 100 și metoda de utilizare a acestuia nu sunt limitate la burduful 62. Cu referire la Figura 3, fittingul de capăt 50 (nu este arătat) poate fi îndepărtat din burduful 62 pentru a oferi acces la burduful 62 pentru

inspectare de către instrumentul de inspectare 100. În unele exemple de realizare, accesul este necesar radial în interiorul și în exteriorul burdufului 62 de-a lungul lungimii sale. Apoi, burduful 62 poate fi inspectat pentru a determina dacă burduful 62 poate fi reutilizat sau trebuie înlocuit. Aceasta poate implica colectarea datelor de imagine reprezentând sau reprezentative ale suprafeței interioare a burdufului 62 și a suprafeței exterioare a burdufului 62 de către instrumentul de inspectare 100 în scopul identificării eventualelor defecte de suprafață.

[0037] Instrumentul 100 cuprinde un dispozitiv de imagistică 104 poziționat pentru a capta date de imagine. Dispozitivul de imagistică 104 are un câmp vizual, iar dispozitivul de imagistică 104 este poziționat pentru a capta date de imagine ale câmpului său vizual. Dispozitivul de imagistică 104 poate fi o cameră digitală, cameră video, senzor optic, lentilă și altele asemenea, care este operabil pentru a colecta date din una sau ambele dintre imagini statice și video continuu pentru stocarea pe un dispozitiv electronic de stocare a datelor (de exemplu, card de memorie detașabil, memorie internă a unui calculator conectat, server în rețea, etc.). Așa cum este ilustrat în Figura 3, în unele exemple de realizare, dispozitivul de imagistică 104 este prevăzut la un prim capăt axial al instrumentului de inspectare 100. În unele exemple de realizare, dispozitivul de imagistică 104 este poziționat de-a lungul unei axe A a instrumentului de inspectare 100 și este orientat sau direcționat de-a lungul axei A către un al doilea capăt axial opus al instrumentului de inspectare 100, care este plasat direct într-o poziție axială a burdufului 62. În alte exemple de realizare, una sau mai multe suprafețe reflectorizante ale ansamblului reflector 120 nu sunt poziționate în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104 (de exemplu, dispozitivul de imagistică 104 este poziționat decalat de axa A sau poziționat depărtat axial sau radial față de axa A, sau există unul sau mai multe impedimente între dispozitivul de imagistică 104 și una sau mai multe suprafețe reflectorizante ale ansamblului reflector 120), iar zona subiect sau o porțiune din zona subiect este direcționată să fie în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104, cum ar fi prin reflectarea zonei subiect sau a unei porțiuni din zona subiect folosind una sau mai multe suprafețe reflectorizante, pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104.

[0038] În unele exemple de realizare, instrumentul 100 definește una sau mai multe zone subiect. Dispozitivul de imagistică 104 captează datele de imagine ale obiectelor sau conținutului care se află în zona subiect. Zona subiect a

instrumentului 100 este un spațiu care este direcționat să fie în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104 pentru a capta date de imagine reprezentative pentru zona subiect. Zona subiect, sau o porțiune a acesteia, este direcționată să fie în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104, astfel încât atunci când dispozitivul de imagistică 104 captează date de imagine ale câmpului său vizual, dispozitivul de imagistică 104 captează datele de imagine ale zonei subiect sau a unei porțiuni a acesteia. În mod similar, dacă un obiect este plasat în zona subiect a instrumentului 100, obiectul din zona subiect sau o porțiune a obiectului dintr-o porțiune din zona subiect, este direcționat să fie în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104, astfel încât, atunci când dispozitivul de imagistică 104 captează date de imagine ale câmpului său vizual, dispozitivul de imagistică 104 captează date imagine ale obiectului sau porțiunii de obiect. Așa cum s-a descris aici, instrumentul 100 cuprinde un ansamblu reflector 120 care reflectă, cum ar fi cu una sau mai multe suprafețe reflectoare sau reflectoare (de exemplu, oglinzi), zona subiect sau o porțiune din zona subiect pentru a direcționa zona subiect a porțiunii din zona subiect să se afle în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104, astfel încât, atunci când dispozitivul de imagistică 104 captează date de imagine ale câmpului său vizual, dispozitivul de imagistică 104 surprinde datele de imagine din zona subiect sau porțiunea zonei subiect.

[0039] Figura 11 este o vedere în secțiune transversală a unui ansamblu reflector 120 al instrumentului de inspectare 100 cu o porțiune a burdufului 62 din apropierea reflectoarelor 122 și 124 îndepărtată pentru claritate. Locația zonei subiect a instrumentului 100 poate fi, în parte, în funcție de poziția dispozitivului de imagistică 104, de poziția ansamblului reflector 120 și de configurația suprafețelor reflectoare sau a reflectoarelor (de exemplu, oglinzi) ale ansamblu reflector 120. De exemplu, așa cum este ilustrat în Figura 11, dispozitivul de imagistică 104 este în general în aliniament axial cu ansamblul reflector 120, cu reflectoarele 122 și 124 ale ansamblului reflector înclinate la aproximativ 45 de grade față de axa A. Într-un astfel de exemplu, o zonă subiect 222 în raport cu reflectorul 122 și dispozitivul de imagistică 104 este spațiul care se află radial în interiorul reflectorului 122 în raport cu axa A și care este reflectat în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 120 și zona subiect 224 în raport cu reflectorul 124 și dispozitivul de imagistică 104 este spațiul care se află radial în exteriorul reflectorului 124 în raport cu axa A și care este reflectat în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 120. În unele exemple de

realizare, locația zonei subiect se poate schimba dacă poziția dispozitivului de imagistică 104, poziția ansamblului reflector 120 sau configurația reflectoarelor (de exemplu, oglinzi) ale ansamblului reflector 120 este modificată. De exemplu, dacă orientarea reflectorului 122 sau a reflectorului 124 este modificată, atunci zona subiect 222 sau 224 (de exemplu, locația lor) este schimbată, deoarece o zonă subiect diferită 222 sau 224 va fi direcționată să fie în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104.

[0040] În unele exemple de realizare, aparatul cuprinde o lentilă 106 interpusă între dispozitivul de imagistică 104 și zona subiect a instrumentului 100. Așa cum este ilustrat în Figura 3, dispozitivul de imagistică 104 este îndreptat către o lentilă 106, și vizualizează printr-o lentilă 106, în exemplul de realizare ilustrat. În unele exemple de realizare, lentila 106 este o lentilă telecentrică în unele construcții, care poate fi operabilă pentru a oferi mărire care nu depinde de distanța față de dispozitivul de imagistică 104 sau de poziția în cadrul câmpului vizual al dispozitivului de imagistică, astfel încât eroarea de perspectivă să fie evitată. În alte exemple de realizare, pot fi folosite alte tipuri de lentile.

[0041] În unele exemple de realizare, instrumentul 100 cuprinde un ansamblu de iluminare pentru a ilumina zona subiect. Așa cum este ilustrat în Figura 3, înaintea lentilei 106, într-o direcție depărtată de dispozitivul de imagistică 104, este prevăzut ansamblul de iluminare 108. În exemplul de realizare ilustrat în Figura 3, ansamblul de iluminare 108 este funcțional pentru a asigura iluminarea la cel de-al doilea capăt al instrumentului de inspecție 100, și în special la nivelul burdufului 62, care este situat la al doilea capăt sau la capătul depărtat, pentru inspecție. O parte sau tot ansamblul de iluminare 108 poate fi poziționat într-o carcasă sau un jgheab 116. Ansamblul de iluminare 108 include un reflector 110 și cel puțin o sursă de lumină 112 (de exemplu, o sursă de lumină colimată, bec(uri), diode emițătoare de lumină, etc.) operabile pentru a emite lumină vizibilă sau alte tipuri de radiații electromagnetice în alte exemple de realizare. Sursa de lumină 112 este configurată pentru iluminarea directă către reflectorul 110, iar reflectorul 110 este configurat pentru a reflecta iluminarea spre zona subiect. Așa cum este ilustrat în Figura 3, sursa de lumină 112 este orientată să emită lumină radial spre interior în raport cu axa A, cum ar fi spre axa A. Reflectorul 110 include o suprafață reflectorizantă 110A dispusă să primească lumina emisă de sursa de lumină 112 și să reflecte lumina spre al doilea capăt al instrumentului de inspecție 100. Așa cum este ilustrat în

Figura 3, suprafața reflectorizantă 110A este orientată la un unghi de 45 de grade față de axa A. Reflectorul 110 și sursa de lumină 112 pot fi poziționate cu alte orientări în raport cu axa A pentru a reflecta lumina (de exemplu, într-o direcție axială) spre zona subiect a instrumentului de inspecție 100. În unele exemple de realizare, reflectorul 110 are forma unei plăci plate, așa cum este ilustrat în Figura 3. Suprafața reflectorizantă 110A poate forma o față plană a plăcii plane formând reflectorul 110. În unele exemple de realizare, opus suprafeței reflectorizante 110A este prevăzută o suprafață 110B nereflectoare și poate fi în general direcționată către sau în general opusă dispozitivului de imagistică 104. Așa cum este ilustrat în Figura 3, suprafața nereflectoare 110B este dispusă la unghiul α_1 de 45 grade față de axa A, deși sunt posibile alte orientări cu privire la axa A. În unele exemple de realizare, reflectorul 110, suprafața reflectorizantă 110A sau suprafața 110B nereflectoare au o formă neplată, cum ar fi o formă curbă, o formă ondulată sau o formă neregulată.

[0042] Deși reflectorul 110 este reflectorizant din partea suprafeței reflectorizante 110A, reflectorul 110 nu împiedică vederea dispozitivului de imagistică 104 din partea suprafeței 110B nereflectoare (de exemplu, reflectorul 110 poate fi substanțial transparent de pe partea suprafeței nereflectoare 110B). Reflectorul 110 permite vizibilitatea prin ambele suprafețe 110A, 110B. De exemplu, cu dispozitivul de imagistică 104 poziționat către suprafața 110B nereflectoare, ansamblul reflector 120 poate reflecta zona subiect sau o porțiune a zonei subiect prin reflectorul 110 pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104.

[0043] Iluminarea direcționată de sursa de lumină 112 către reflectorul 110 este reflectată de reflectorul 110 către zona subiect. Când un element se află în zona subiect, iluminarea reflectată de reflectorul 110 către zona subiect este îndreptată către element și este reflectată în afara elementului. Iluminarea reflectată de element este reflectată de ansamblul reflector 120 pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. Reflectorul 110 al ansamblului de iluminare 108 este configurat astfel încât iluminarea reflectată dintr-un element din zona subiect sau dintr-o porțiune a elementului să fie direcționată pentru a se afla în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. De exemplu, iluminarea reflectată din zona subiect sau o porțiune din zona subiect poate trece prin reflectorul 110 pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104.

[0044] Pentru a reflecta zona subiect sau o porțiune din zona subiect pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104, instrumentul 100 cuprinde un ansamblu reflector 120. În unele exemple de realizare, ansamblul reflector 120 cuprinde cel puțin unul dintre primul reflector 122 și un al doilea reflector 124. În unele exemple de realizare, ansamblul reflector 120 cuprinde primul reflector 122, al doilea reflector 124, sau ambele dintre primul reflector 122 și al doilea reflector 124. În unele exemple de realizare, primul reflector 122 are o suprafață reflectorizantă care este orientată la un prim unghi și poziționată în raport cu zona subiect pentru a reflecta o primă porțiune a zonei subiect. Când un element, cum ar fi un burduf 62, se află în zona subiect, primul reflector 122 reflectă o primă porțiune a zonei subiect care este reprezentativă pentru o vedere radial interioară a unei prime porțiuni a suprafeței exterioare a burdufului, pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. În unele exemple de realizare, al doilea reflector 124 are o suprafață reflectorizantă și este orientată la un al doilea unghi și poziționată în raport cu zona subiect pentru a reflecta o a doua porțiune a zonei subiect. Când un element, cum ar fi un burduf 62, se află în zona subiect, cel de-al doilea reflector 124 reflectă o a doua porțiune a zonei subiect care este reprezentativă pentru o vedere radial exterioară a unei prime porțiuni a suprafeței interioare a burdufului, pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104.

[0045] În unele exemple de realizare, primul reflector 122 definește o axă centrală (de exemplu, o primă axă centrală), iar al doilea reflector 124 definește o axă centrală (de exemplu, o a doua axă centrală).

[0046] În unele exemple de realizare, în care ansamblul reflector 120 cuprinde primul reflector 122 și al doilea reflector 124, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 sunt configurate, poziționate și orientate astfel încât axa centrală a primului reflector 122 și a celui de-al doilea reflector 124 sunt substanțial paralele sau substanțial coincidente. În astfel de exemple de realizare, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 reflectă zona subiect sau o porțiune a zonei subiect către câmpul vizual al unui dispozitiv de imagistică sau al aceluiași dispozitiv de imagistică. Aceasta poate reduce cantitatea de componente (de exemplu, numărul de dispozitive de imagistică), conectori asociați (de exemplu, conectori electrici, elemente de fixare, etc.) și numărul de componente ale instrumentului 100. De exemplu, instrumentul 100 poate cuprinde un dispozitiv de imagistică 104 care surprinde date de imagine bazate pe reflexii din toate oglinzile, reflectoarele sau

suprafețele reflectorizante ale ansamblului reflector 120. În alte exemple de realizare, poate exista un dispozitiv de imagistică corespunzător fiecăreia dintre oglinzile, reflectoarele sau suprafețele reflectorizante ale ansamblului reflector 120 pentru a capta date de imagine din reflexia acelei oglinzi, reflector sau suprafață reflectorizantă.

[0047] În unele exemple de realizare, în care ansamblul reflector 120 cuprinde primul reflector 122 și al doilea reflector 124, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 sunt configurate, poziționate și orientate pentru a defini o deschidere între ele pentru a primi elementul care trebuie inspectat. De exemplu, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 sunt configurate, poziționate și orientate pentru a defini o deschidere între ele pentru a primi elementul 62, așa cum este reprezentat în Figura 15.

[0048] În cazul în care instrumentul 100 cuprinde primul reflector 122 și al doilea reflector 124, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 pot fi poziționate relativ astfel încât să reflecte o porțiune comună a unui element în zona subiect a instrumentului 100. De exemplu, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 pot fi poziționate relativ astfel încât, atunci când este primit un burduf 62 în zona subiect, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 reflectă același segment circumferențial al burdufului 62, cu primul reflector 122 reflectând o suprafață exterioară a aceluși segment circumferențial al burdufului 62, iar al doilea reflector 124 reflectând o suprafață interioară a aceluși segment circumferențial al burdufului 62. Într-un astfel de exemplu, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 reflectă suprafața exterioară și suprafața interioară ale aceluiași segment circumferențial al burdufului 62 pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104, astfel încât dispozitivul de imagistică 104 poate capta date de imagine corespunzătoare suprafeței exterioare și suprafeței interioare ale aceluiași segment circumferențial al burdufului 62. În consecință, efectuarea analizei acestor date de imagine poate fi reprezentativă pentru realizarea analizei segmentului circumferențial particular al burdufului 62.

[0049] În unele exemple de realizare, ansamblul reflector 120 cuprinde primul reflector 122 și al doilea reflector 124. Primul reflector 122 și cel de-al doilea reflector 124 pot fi configurate, poziționate și orientate astfel încât, atunci când un element, cum ar fi un burduf 62, se află în zona subiect, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 reflectă porțiuni din zona subiect care sunt reprezentative pentru

vederile radial interioară și radial exterioară ale unei porțiuni comune a elementului. În astfel de exemple de realizare, datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 sunt reprezentative pentru vederile radial interioară și radial exterioară ale unei porțiuni comune a elementului. În astfel de exemple de realizare, interiorul sau exteriorul elementului poate fi iluminat și datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 reprezentative pentru vederile radial interioară și radial exterioară ale porțiunii comune a elementului pot fi procesate pentru a determina dacă există scurgeri de lumină sau iluminare prin element, care poate indica deteriorarea elementului (de exemplu, o gaură sau o fisură care se extinde prin element, sau subțiere de material la o anumită porțiune a elementului).

[0050] În unele exemple de realizare, ansamblul reflector 120 cuprinde primul reflector 122 și al doilea reflector 124. Primul reflector 122 și cel de-al doilea reflector 124 pot fi configurate, poziționate și orientate astfel încât, atunci când un element, cum ar fi un burduf 62, se află în zona subiect, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 reflectă porțiuni din zona subiect care sunt reprezentative pentru vederile radial interioară și radial exterioară ale diferitelor porțiuni ale elementului. În astfel de exemple de realizare, datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 sunt reprezentative pentru vederile radiale spre interior și spre exterior ale diferitelor porțiuni ale elementului.

[0051] În unele exemple de realizare, ansamblul reflector 120 cuprinde primul reflector 122 și al doilea reflector 124. Primul reflector 122 și al doilea reflector 124 pot fi configurate, poziționate și orientate astfel încât, atunci când un prim element (de exemplu, un burduf 62) și un al doilea element (de exemplu, un tub de grătar 65) se află în zona subiect, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 reflectă porțiuni ale zonei subiect care sunt reprezentative pentru o vedere a primului element și o vedere a celui de-al doilea element. În astfel de exemple de realizare, datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 sunt reprezentative pentru o vedere a primului element și o vedere a celui de-al doilea element. Vederea primului element poate fi o vedere radial interioară sau o vedere radial exterioară, iar vederea celui de-al doilea element este cealaltă dintre vederea radial interioară sau radial exterioară.

[0052] În exemplele de realizare în care primul reflector 122 și cel de-al doilea reflector 124 reflectă porțiuni ale zonei subiect care sunt reprezentative pentru vederile radial interioară și radial exterioară ale diferitelor porțiuni ale elementului sau

în care primul reflector 122 și al doilea reflector 124 reflectă porțiuni ale zonei subiect care sunt reprezentative pentru o vedere a primului element și o vedere a celui de-al doilea element, primul reflector 122 și cel de-al doilea reflector 124 pot fi poziționate decalate unul față de celălalt. De exemplu, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 sunt poziționate axial decalate unul de celălalt. Primul reflector 122 poate fi poziționat axial depărtat față de al doilea reflector 124, sau al doilea reflector 124 poate fi poziționat axial depărtat față de primul reflector 122. Datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 în astfel de exemple de realizare pot fi reprezentative pentru două porțiuni diferite ale unui element (de exemplu, o primă porțiune a burdufului 62 și o a doua porțiune a burdufului 62, care este decalată axial față de prima porțiune) sau poate să fie reprezentativă pentru două elemente diferite (de exemplu, un burduf 62 și un tub de grătar 65). În consecință, instrumentul 100 poate inspecta două elemente în același timp, fără a fi nevoie de un prim instrument care să inspecteze un prim element și un al doilea instrument pentru a inspecta un al doilea element. De exemplu, cel de-al doilea reflector 124 poate reflecta o porțiune a unei suprafețe interioare a unui burduf 62, iar atunci când instrumentul 100 este extins în canalul de combustibil, al doilea reflector 124 poate reflecta o porțiune a unei suprafețe interioare a unui tub de grătar 65, iar primul reflector 122 poate reflecta o porțiune a unei suprafețe exterioare a burdufului 62.

[0053] Al doilea reflector 124 poate fi depărtat axial în raport cu primul reflector 122. În unele exemple de realizare, al doilea reflector 124 poate fi conectat mecanic la un ansamblu de antrenare liniară al ansamblului reflector 120 pentru a muta axial al doilea reflector 124. De exemplu, într-o primă configurație, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 sunt în general aliniate, iar într-o a doua configurație, al doilea reflector 124 poate fi deplasat distanțat de primul reflector 122. Al doilea reflector 124 poate fi extensibil sau retractabil folosind ansamblul de antrenare liniară al ansamblului reflector 120.

[0054] În realizarea instrumentului 100, așa cum este reprezentată în Figura 3, înaintea ansamblului de iluminare 108, într-o direcție depărtată de dispozitivul de imagistică 104 și lentila 106, este prevăzut un ansamblu reflector 120. Ansamblul reflector 120, așa cum este reprezentat în Figura 3, este configurat pentru a înfășura radial burduful 62. Atunci când ansamblul reflector 120 are primul reflector 122, ansamblul reflector 120 înfășoară radial burduful 62 dintr-o direcție radial interioară (de exemplu, înfășoară din exterior). Atunci când ansamblul reflector 120 are al

reprezentative pentru o vedere radial exterioară a unei suprafețe interioare a burdufului 62. În unele exemple de realizare, cel de-al doilea reflector 124 reflectă subiectul sau o porțiune din zona subiect pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. Suprafața reflectorizantă a reflectorului interior 124 este conică sau are o formă corespunzătoare unei suprafețe a unui con (adică, având forma unei porțiuni exterioare a unui con care, în unele exemple de realizare, este trunchiată, astfel încât conul să nu includă vârful). În exemplul de realizare a instrumentului 100, așa cum este reprezentat în Figura 4, deși unghiurile α_2 , α_3 ale celor două reflectoare 122 și 124 sunt egale ca mărime (adică 45 de grade), suprafețele reflectorizante ale celor două reflectoare 122, 124 sunt perpendiculare una pe cealaltă. În unele exemple de realizare, unghiurile α_2 sau α_3 pot fi egale sau diferite ca mărime, iar suprafețele reflectorizante ale celor două reflectoare 122, 124 pot defini un unghi între acestea care nu este de 90 de grade.

[0057] Așa cum este descris în Figurile 3 și 4, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 sunt înclinate în raport cu axa A. Într-o astfel de orientare, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 definesc o componentă axială și o componentă radială. Componenta axială a reflectorului este lungimea axială a reflectorului care este în general paralelă cu axa A (adică lungimea reflectorului transpusă în general paralelă cu axa A), iar componenta radială a reflectorului este lungimea radială a reflectorului care este în general perpendiculară pe axa A (adică lungimea reflectorului transpusă în general paralelă cu o axă care este perpendiculară pe axa A). În unele exemple de realizare, componenta axială și componenta radială ale reflectoarelor 122 și 124 sunt în general similare, astfel încât mărimea și forma, orientarea și configurația reflectării zonei subiect de către reflectoarele 122 și 124 sunt în general similare. În unele variante, componenta axială și componenta radială ale reflectoarelor 122 și 124 sunt diferite.

[0058] În unele exemple de realizare, ansamblul reflector 120 al instrumentului de inspectare 100 include unul sau altul dintre primul și al doilea reflector 122, 124. În unele exemple de realizare, instrumentul de inspectare 100 poate fi reconfigurabil pentru diferite sarcini de inspectare, de exemplu, o primă configurație având atât primul, cât și al doilea reflector 122, 124, o a doua configurație având doar primul reflector 122, cât și o a treia configurație având doar al doilea reflector 124. În unele exemple de realizare, imaginea reflectată de la unul dintre reflectoarele 122, 124 este utilizată într-o metodă de inspectare, deși ambele reflectoare 122, 124 sunt

doilea reflector 124, ansamblul reflector 120 înfășoară radial burduful 62 dintr-o direcție radial exterioară (adică, primit în burduful 62). Atunci când ansamblul reflector 120 are primul reflector 122 și al doilea reflector 124, ansamblul reflector 120 înfășoară radial burduful 62 dintr-o direcție radial interioară și o direcție radial exterioară.

[0055] Ansamblul reflector 120 ilustrat include un prim sau un reflector exterior 122 prevăzut într-o formă de inel circular și având o suprafață reflectorizantă orientată la un unghi α_2 de 45 de grade față de axa A, deși sunt posibile alte poziții unghiulare în raport cu axa A. Așa cum este reprezentat, suprafața reflectorizantă a reflectorului exterior 122 este poziționată într-un câmp vizual al dispozitivului de imagistică 104 astfel încât datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 includ o porțiune furnizată ca o vedere radial interioară din exteriorul burdufului 62. În unele exemple de realizare, suprafața reflectorizantă a primului reflector 122 este poziționată în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104 astfel încât datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 sunt reprezentative pentru o vedere radial interioară a unei suprafețe exterioare a burdufului 62. În unele exemple de realizare, primul reflector 122 reflectă zona subiect sau o porțiune din zona subiect pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. În unele exemple de realizare, așa cum este descris în Figura 7, suprafața reflectorizantă a reflectorului exterior 122 este conică (adică, având forma unei porțiuni interioare a unui con care, în unele exemple de realizare, este trunchiată, astfel încât conul să nu includă vârful).

[0056] În unele exemple de realizare, așa cum este descris în Figura 7, un al doilea sau un reflector interior 124 al ansamblului reflector 120 este prevăzut în formă de con și, așa cum este descris în Figurile 3 și 4, poate fi poziționat mai aproape de axa A decât de reflectorul exterior 122. Reflectorul interior 124 are o suprafață reflectorizantă orientată la un unghi α_3 de 45 de grade față de axa A, deși sunt posibile alte poziții unghiulare în raport cu axa A. Suprafața reflectorizantă a reflectorului interior 124 este poziționată în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104 astfel încât datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 includ o porțiune furnizată ca o vedere radial exterioară din interiorul burdufului 62. În unele exemple de realizare, suprafața reflectorizantă a celui de-al doilea reflector 124 este poziționată în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104 astfel încât datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 sunt

prevăzute. De exemplu, pentru inspectarea suprafețelor tuburilor interne, cum ar fi un tub de grătar 65, poate fi montat doar al doilea sau reflectorul interior 124 sau poate fi utilizat exclusiv pentru inspectare. Ca un alt exemplu, pentru inspectarea suprafețelor exterioare, cum ar fi un fitting de capăt sau o altă componentă, doar primul sau reflectorul exterior 122 poate fi montat sau poate fi utilizat exclusiv pentru inspectare.

[0059] Profilurile primului reflector 122 sau celui de-al doilea reflector 124 pot fi configurate pentru a reflecta o porțiune a elementului din zona subiect.

[0060] În unele exemple de realizare, așa cum este ilustrat în Figura 12, cel puțin o porțiune a suprafeței reflectorizante a primului reflector 122 sau a celui de-al doilea reflector 124 are un profil plat. Primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 pot reflecta o secțiune plană 1202 a unui element din zona subiect 222 sau 224. Reflectoarele 122 sau 124 pot reflecta o vedere radial interioară a unei secțiuni plane 1202 a suprafeței exterioare a elementului sau pot reflecta o vedere radial exterioară a unei secțiuni plane 1202 a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitiv de imagistică 104. De exemplu, așa cum este ilustrat în Figura 3, primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 au un profil plat. În unele exemple de realizare, primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 are un profil plat, dar pot avea o formă circulară incompletă sau segmentată (de exemplu, o formă arcuită, o formă conică segmentată, de exemplu, o formă corespunzătoare unei porțiuni a unei suprafețe a unui con).

[0061] În unele exemple de realizare, așa cum este ilustrat în Figura 13, cel puțin o porțiune a suprafeței reflectorizante a primului reflector 122 sau a celui de-al doilea reflector 124 are un profil concav. Primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 pot reflecta o secțiune verticală 1302 a unui element din zona subiect 222 sau 224. Reflectoarele 122 sau 124 pot reflecta o vedere radial interioară a unei secțiuni verticale 1302 a suprafeței exterioare a elementului sau pot reflecta o vedere radial exterioară a unei secțiuni verticale 1302 a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. În astfel de exemple de realizare, convoluțiile de suprafață ale unui burduf 62 pot fi reflectate de reflectoarele 122 sau 124 pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. În mod similar, în unele exemple de realizare, așa cum este ilustrat în Figura 14, cel puțin o porțiune a suprafeței reflectorizante a primului reflector 122 sau a celui de-al doilea

reflector 124 are un profil convex pentru a reflecta o secțiune verticală 1302 a unui element din zona subiect 222 sau 224.

[0062] În unele exemple de realizare, primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 poate avea o formă în general circulară, astfel încât primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 reflectă o vedere circumferențială radial interioară (de exemplu, 360 de grade) a primei porțiuni a suprafeței exterioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104 sau o vedere circumferențială radial exterioară a primei porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. De exemplu, așa cum este ilustrat în Figura 3, suprafața reflectorizantă a primului reflector 122 are o formă de inel circular, iar suprafața reflectorizantă a celui de-al doilea reflector 124 are o formă conică. În astfel de exemple de realizare, imaginea capturată de dispozitivul de imagistică 104 poate fi reprezentativă pentru întreaga circumferință a elementului.

[0063] În alte exemple de realizare, primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 poate avea o formă circulară incompletă sau segmentată (de exemplu, o formă corespunzătoare unei porțiuni a unei suprafețe de formă circulară), astfel încât primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 reflectă o vedere radial interioară necircumferențială (de exemplu, un sfert de circumferință, o jumătate de circumferință, mai puțin de o întreagă circumferință, etc.) a unei prime porțiuni a suprafeței exterioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104, sau o vedere necircumferențială radial exterioară (de exemplu, un sfert de circumferință, o jumătate de circumferință, mai puțin decât o întreagă circumferință, etc.) a primei porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. În astfel de exemple de realizare, imaginea capturată de dispozitivul de imagistică 104 poate fi reprezentativă pentru o porțiune a circumferinței elementului.

[0064] De exemplu, suprafața reflectorizantă a primului reflector 122 are o formă arcuită. Reflectorul de formă arcuită 122 poate reflecta o porțiune din circumferința suprafeței exterioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. Primul reflector 122 având o formă arcuită poate fi, de exemplu, reprezentativ pentru un sfert de inel circular sau o jumătate de inel circular și altele asemenea.

[0065] Ca un alt exemplu, suprafața reflectorizantă a celui de-al doilea reflector 124 are o formă conică segmentată sau o formă corespunzătoare unei porțiuni a unei

suprafețe a unui con. Reflectorul 124 având o formă corespunzătoare unei porțiuni a unei suprafețe a unui con poate reflecta o porțiune din circumferința suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. Al doilea reflector 124 având forma corespunzătoare unei porțiuni a unei suprafețe a unui con poate fi, de exemplu, reprezentativ pentru un sfert de formă conică sau o jumătate de formă conică și altele asemenea.

[0066] În astfel de exemple de realizare, în care primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 poate avea o formă circulară incompletă sau segmentată (de exemplu, o formă arcuită sau o formă corespunzând unei porțiuni a unei suprafețe a unui con), instrumentul 100 poate cuprinde un mecanism de antrenare pentru rotirea primului reflector 122 sau a celui de-al doilea reflector 124 în jurul unei axe. De exemplu, atunci când instrumentul 100 are primul reflector 122 sau al doilea reflector 124, așa cum este reprezentat în figura 3, cu excepția cazului în care primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 are o formă circulară incompletă sau segmentată, primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 poate fi rotit în jurul axei A. Dispozitivul de imagistică 104 poate capta date de imagine de la primul reflector 122 sau al doilea reflector 124, fiind rotit de mecanismul de antrenare reprezentativ pentru o porțiune a circumferinței suprafeței interioare sau exterioare a elementului. Datele de imagine captate pot fi compilate de un controler 500, iar datele de imagine compilate pot fi reprezentative pentru circumferința suprafeței interioare a elementului.

[0067] Instrumentul 100 având primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 cu o formă circulară incompletă sau segmentată poate permite o inspecție mai simplă, deoarece caracteristicile reactorului pot fi traversate de ansamblul reflector 120 pe măsură ce ansamblul reflector 120 este introdus în sau se extinde în reactor, cum ar fi componente structurale, cabluri/mecanisme de dirijare, etc.

[0068] Pentru a sprijini unul sau mai multe reflectoare ale ansamblului reflector 120, instrumentul 100, în unele exemple de realizare, cuprinde un cadru de capăt 130. Așa cum este ilustrat în Figurile 3, 4, 6 și 7, cadrul de capăt 130 poate fi securizat, montat, fixat sau conectat în alt mod la carcasa 116 a ansamblului de iluminare 108. Cadrul de capăt 130 poate fi securizat, montat, fixat sau conectat altfel (de exemplu, cu mai multe elemente de fixare) la un capăt axial al carcasei 116 a ansamblului de iluminare 108. În unele exemple de realizare, cadrul de capăt 130 este o componentă separată care este conectată la carcasa 116 a ansamblului de iluminare 108. În unele exemple de realizare, cadrul de capăt 130 este format

integral cu carcasa 116 sau o parte a carcasei 116. În unele exemple de realizare, suporturile structurale sau componentele de susținere ale ansamblului reflector 120 pot fi conectate la cadrul de capăt 130, astfel încât, atunci când cadrul de capăt 130 este conectat la ansamblul reflector 120, ansamblul reflector 120 și cadrul de capăt 130 sunt conectate împreună.

[0069] Revenind la exemplul de realizare ilustrat în Figurile 3 și 4, reflectorul exterior 122 este susținut la capătul depărtat al unui element exterior de carcasă 128. Elementul exterior de carcasă 128 este configurat pentru a poziționa primul reflector care se află în jurul elementului (de exemplu, burduful 62) atunci când elementul se află în zona subiect a instrumentului 100, atunci când instrumentul 100 este utilizat pentru a inspecta elementul. Când burduful 62 se află în zona subiect, elementul exterior de carcasă 128 se extinde în jurul exteriorului burdufului 62, așa cum este descris în Figura 3 și în Figura 4. Elementul exterior de carcasă 128, care este prezentat transparent în Figurile 6 și 7 pentru a ilustra interiorul ansamblului reflector 120, poate fi tubular sau cilindric pentru a sprijini reflectorul exterior 122 în formă de inel, deși alte structuri și forme de structură pot în schimb utilizate pentru a sprijini reflectorul exterior 122. Un capăt apropiat al elementului exterior de carcasă 128 poate fi fixat la ansamblul reflector al cadrului de capăt 130.

[0070] În unele exemple de realizare, instrumentul 100 poate cuprinde unul sau mai mulți senzori de proximitate 150. Acel unu sau mai mulți senzori de proximitate 150 pot fi montați pe un capăt depărtat al elementului exterior de carcasă 128. Așa cum este ilustrat în Figura 15, instrumentul 100 poate cuprinde patru senzori de proximitate 150, distribuiți în mod uniform în jurul elementului exterior de carcasă 128. Senzorul de proximitate 150 poate fi în comunicație de date cu un controler 500. Senzorul de proximitate 150 poate determina distanța dintre instrumentul 100 și un alt obiect (de exemplu, un burduf 62). Senzorul de proximitate 150 poate trimite un semnal controlerului 500 reprezentativ pentru distanța dintre instrumentul 100 și celălalt obiect. Controlerul 500 poate determina distanța dintre instrumentul 100 și celălalt obiect. Dacă distanța dintre instrumentul 100 și celălalt obiect este mai mică decât o distanță de prag, atunci controlerul 500 poate determina dacă instrumentul 100 și celălalt obiect sunt prea apropiate între ele și poate opri deplasarea instrumentului 100. De exemplu, în timpul inspecției burdufului 62, deoarece ansamblul reflector 120 se deplasează peste burduful 62, dacă burduful 62 este înclinat sau nu este aliniat corespunzător, atunci poate exista impact între

instrumentul 100 și burduful 62. În unele exemple de realizare, instrumentul 100 poate cuprinde unul sau mai mulți senzori de proximitate 150 (de exemplu, trei sau mai mulți senzori) pe porțiunea frontală sau depărtată a instrumentului 100 pentru a detecta distanța dintre instrumentul 100 și convoluțiile burdufului 62. Senzorul de proximitate 150 poate reduce sau preveni coliziunea între instrumentul 100 și elementele din canalul de combustibil. În plus, controlerul 500, care prelucrează semnalele de la senzorul de proximitate 150, poate determina alinierea instrumentului 100 atunci când se află în canalul de combustibil și, pe baza unei astfel de determinări, poate corecta poziția instrumentului 100 pentru a asigura alinierea instrumentului 100 în timp ce instrumentul 100 se află în interiorul canalului de combustibil. În unele exemple de realizare, instrumentul 100 poate cuprinde senzori ultrasonici în comunicație de date cu controlerul 500. Pe baza semnalelor de la senzorii ultrasonici, controlerul 500 poate alinia instrumentul 100 în raport cu canalul de combustibil nuclear.

[0071] În unele exemple de realizare, instrumentul 100 cuprinde un ansamblu suport 132 pentru susținerea reflectorului interior 124. Ansamblul suport 132 este configurat pentru a poziționa reflectorul interior 124 pentru a fi în interiorul elementului (de exemplu, burduful 62) atunci când elementul se află în zona subiect a instrumentului 100, atunci când instrumentul 100 este utilizat pentru a inspecta elementul. Reflectorul interior 124 din exemplul de realizare ilustrat este susținut într-o manieră în consolă de un ansamblu suport 132, care include o tijă centrală 136 care se extinde de-a lungul axei A de la cadrul de capăt 130. De asemenea, cu referire la exemplul de realizare ilustrat, un capăt apropiat al tije centrale 136 este cuplat la cadrul de capăt 130 cu o multitudine de suporturi radiale 140, fiecare dintre acestea extinzându-se de la o bordură exterioară 142 la un bloc interior 144. În unele exemple de realizare, tija centrală 136 poate fi prevăzută cu un suport suplimentar, cum ar fi multitudinea de bare 146 care se extind de la blocul interior 144 la tija centrală 136, așa cum se arată cel mai bine în Figurile 3, 4, 6 și 7. În unele exemple de realizare, barele 146 se extind radial între tija centrală 136 până la bordura exterioară 142, sau sunt poziționate să se extindă radial pe reflectoarele exterior și interior 122, 124. Poziția barelor 146 poate crea întreruperi sau poate împiedica reflectarea zonei subiect sau a unei porțiuni a zonei subiect de către primul reflector 122 sau al doilea reflector 124, pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. Pentru a reduce o astfel de întrerupere sau impediment, barele 146

pot fi prevăzute cu o grosime astfel încât să reducă obstrucția reflectoarelor exterior și interior 122, 124. În unele exemple de realizare, așa cum se arată în Figurile 6 și 7, barele 146 pot avea margini radial exterioare care se termină radial spre interiorul reflectorului interior 124, astfel încât să nu obstrucționeze sau să împiedice reflectarea zonei subiect sau a unei porțiuni din zona subiect de către primul reflector 122 sau al doilea reflector 124, pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. Suporturile radiale 140 ilustrate, care se extind de la blocul interior 144 la bordura exterioară 142, pot fi singurele componente care se extind radial pe reflectoarele exterior și interior 122, 124.

[0072] În unele exemple de realizare, întregul sau o porțiune a ansamblului suport 132 poate fi construită dintr-un material în mod substanțial transparent, cum ar fi sticlă, acril transparent sau alte materiale plastice. De exemplu, suporturile radiale 140, bordura exterioară 142 și/sau blocul interior 144 pot fi înlocuite cu o placă solidă 145 dintr-un material în mod substanțial transparent, cum ar fi sticlă, acril transparent sau alte materiale plastice, așa cum se arată în ansamblul suport alternativ 132' din Figura 10. Placa 145, așa cum este ilustrată în Figura 10, poate fi de asemenea formată integral ca o singură piesă cu cadrul de capăt 130 pentru a simplifica ansamblul în unele exemple de realizare. Barele 146 ilustrate pot fi înlocuite cu o conexiune de prindere filetată 147 prin placa 145 pentru fixarea tijei centrale 136 de placa 145 și susținerea tijei centrale 136. În unele exemple de realizare, părți sau întregul ansamblu suport 132', și anume placa 145, poate fi fabricat sau modificat pentru a nu fi reflectiv (de exemplu, cu acoperire antireflectivă aplicată). O mulțime de deschideri periferice 149 este prevăzută în placa 145 pentru fixarea, de exemplu, prin elemente de fixare, cum ar fi șuruburi, elementului exterior de carcasă 128 care susține reflectorul exterior 122.

[0073] Figura 8 ilustrează un exemplu de date de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104. Deși suprafețele burdufului sunt vizibile în Figura 8, burduful nu este marcat în Figura 8. În schimb, reflectoarele 122, 124 care oferă vederi ale burdufului sunt marcate. Dispozitivul de imagistică 104 furnizează o vedere la 360 de grade a suprafețelor exterioare și interioare ale burdufului 62 prin reflectoarele exterior și interior 122, respectiv 124. Astfel, în exemplul ilustrat în Figura 8, nu este necesară scanarea în jurul circumferinței și colectarea mai multor imagini pentru a obține date de imagine pentru întreaga suprafață circumferențială la o anumită locație axială sau poziție axială. Reflectoarele 122, 124 transpun vederile radial interioară și radial

exterioară ale burdufului 62 în inele vizibile axial. Prin deplasarea instrumentului de inspectare 100 axial prin burduf 62 în timpul colectării de date de imagine (de exemplu, continuu sau la intervale de timp), pot fi inspectate întregile suprafețe interioară și exterioară ale burdufului 62. Instrumentul de inspectare 100 poate fi mutat o singură dată axial prin burduf 62 pentru a colecta date de imagine ale întregilor suprafețe interioară și exterioară ale burdufului 62. Datele de imagine pot fi vizualizate în timp real sau aproape în timp real, sau colectate pe suport electronic de stocare pentru revizuire. Revizuirea poate fi efectuată manual (prin inspectarea umană a datelor de imagine) și/sau automat prin intermediul unui software de detectare a defectelor de suprafață, care poate include algoritmi operabili pentru detectarea defectelor. Pentru a colecta rapid date de la o multitudine de burdufuri 62, instrumentul de inspectare 100 poate fi mutat automat de la o locație de grătar la următoarea, efectuând o scanare axială a fiecărui burduf 62 odată aliniat în locația grătarului.

[0074] Deplasarea instrumentului de inspectare 100 poate fi efectuată prin deplasarea unei întregi mese de lucru care sprijină instrumentul de inspectare 100 (de exemplu, deplasarea orizontală și/sau verticală a mesei de lucru în raport cu o platformă, deplasarea verticală a platformei care transportă masa de lucru și asemenea). În mod alternativ sau suplimentar, unul sau mai multe mecanisme sau unități („dispozitive de deplasare”, care nu sunt prezentate) pot fi furnizate între instrumentul de inspectare 100 și masa de lucru pentru a permite deplasarea orizontală și/sau verticală a instrumentului de inspectare 100 în raport cu masa de lucru. Un controler 500 poate opera un sistem de inspectare, inclusiv instrumentul de inspectare 100 și dispozitivele de deplasare cuplate pentru a efectua automat sau semiautomat inspectarea unei multitudini de burdufuri la fața locului în reactorul nuclear, ceea ce reduce timpul de expunere al lucrătorului și timpul total scurs necesar inspectării. Poziționarea fină a instrumentului de inspectare 100 poate fi obținută prin măsurarea centrului cercului burdufului folosind dispozitivul de imagistică 104 și comandarea deplasării corespunzătoare a mesei de lucru.

[0075] În unele exemple de realizare, instrumentul 100 este montat pe o masă de lucru grea, iar masa de lucru grea este montată pe o platformă. Platforma poate să se deplaseze în direcția y, iar masa de lucru poate să se deplaseze în direcția x și în direcția y. În consecință, într-o astfel de configurație, instrumentul 100 este mobil în direcția x și în direcția y. Pentru a se deplasa în direcția z, în unele exemple de

realizare, instrumentul cuprinde un ansamblu de acționare liniară 300. Ansamblul de acționare liniară 300 poate fi o componentă integrală a instrumentului 100 sau poate fi o componentă separată a instrumentului 100, care este conectată la instrument, cum ar fi cu dispozitive de fixare, sudare și altele asemenea. În unele exemple de realizare, ansamblul de acționare liniară 300 cuprinde una sau mai multe șine 302, un acționator liniar (de exemplu, șurub cu bile) 304 și un motor (de exemplu, motor pas cu pas) 306, așa cum este ilustrat în Figura 16, pentru deplasarea instrumentului 100 în direcția z. Un cuplaj 308 poate fi interpus între acționatorul liniar 304 și motorul 306 și conectează mecanic acționatorul liniar 304 și motorul 306 pentru ca motorul 306 să antreneze acționatorul liniar 304 și să controleze deplasarea instrumentului 100 în direcția z. Ansamblul de acționare liniară 300 poate re-poziționa instrumentul 100 sau o componentă a instrumentului (de exemplu, ansamblul reflector 120) dintr-o primă poziție axială la a doua poziție axială. Instrumentul 100 poate fi conectat la ansamblul de acționare liniară 300 folosind unul sau mai multe suporturi 310 care pot fi fixate pe instrumentul 100 și se pot deplasa de-a lungul șinelor 302.

[0076] În timp ce masa de lucru grea sprijină instrumentul 100, masa de lucru grea poate susține alte instrumente, cum ar fi un sistem de aliniere a vederii și un instrument de îndepărtare a ecranării sau acoperirii.

[0077] Sistemul de aliniere a vederii poate fi montat pe masa grea de lucru. Sistemul de aliniere a vederii poate cuprinde un dispozitiv de imagistică pentru a determina poziția centrală a unei componente a reactorului nuclear, cum ar fi un canal de combustibil nuclear. Dispozitivul de imagistică al sistemului de aliniere a vederii poate fi în comunicație de date cu controlerul 500. Dispozitivul de imagistică poate capta date de imagine ale unor caracteristici din afara canalului de combustibil (de exemplu, o formă rotundă), sau dispozitivul de imagistică poate capta date de imagine ale ansamblurilor manșon de grătar. Ansamblurile manșon de grătar pot avea formă de ciupercă și pot fi puse într-o rețea de găuri circulare ca un panou cu știfturi și permit unui ansamblu modular de manșon de grătar să acopere toată fața reactorului în timpul recondiționării. Piese ale ansamblului manșon de grătar pot fi îndepărtate pentru accesul local atunci când este nevoie. Pe baza datelor de imagine captate de dispozitivul de imagistică al sistemului de aliniere a vederii, controlerul 500 poate determina un centru al componentei reactorului nuclear. Pe baza acestei determinări, controlerul 500 poate determina un decalaj (de exemplu, o

distanță în direcția x sau y pentru a deplasa instrumentul 100 pentru a alinia instrumentul 100 cu centrul canalului de combustibil). Pe baza decalajului, controlerul 500 poate poziționa platforma sau masa de lucru grea pentru a poziționa instrumentul 100 pentru a fi aliniat la centrul componentei reactorului nuclear.

[0078] Când ansamblul manșon de grătar este introdus în canalul de combustibil, ansamblul manșon de grătar poate atenua radiația care poate emite de pe fața canalului sau a plăcii de tuburi adiacentă canalului. Odată ce ansamblul manșon de grătar este instalat într-o locație de grătar, ansamblul manșon de grătar poate defini un portal sau o deschizătură prin care instrumentele, cum ar fi instrumentul 100, și părțile reactorului pot fi trecute în și scoase din reactor în timpul operațiilor de retubare. Ansamblul manșon de grătar poate conecta locația de grătar și poate forma o etanșare pentru a menține un vid în calandria sau poate oferi o interfață de instrumente între instrumentele de retubare și

[0079] În unele exemple de realizare, ansamblul manșon de grătar are trei componente majore: un manșon, un dop de protecție și o flanșă. Aceste componente ale ansamblului manșon de grătar pot fi realizate din oțel cu un finisaj neted de suprafață placată pentru a inhiba coroziunea și a promova o decontaminare ușoară, deși sunt posibile alte materiale. În unele exemple de realizare, diametrul exterior al manșonului asigură o fixare cu joc cu diametrul interior al tubului de grătar și/sau diametrul interior al manșonului este același cu cel al diametrului interior al tubului de grătar din interiorul ansamblului manșon de grătar introdus complet sau orice componentă (de exemplu, inel de rulment despicat) localizat în mod similar. Odată instalat, manșonul protejează deschiderea din scutul de capăt și tubul de grătar de contactul și posibile deteriorări cu instrumentele și piesele reactorului care se deplasează prin manșon și tubul de grătar.

[0080] Dopul de protecție poate fi format integral cu manșonul sau separat de manșon. Dopul de protecție poate fi demontat din manșon pentru a accesa interiorul canalului de combustibil.

[0081] Atunci când ansamblul manșon de grătar este instalat în canalul de combustibil, flanșa ansamblului manșon de grătar asigură un alt strat de protecție împotriva radiațiilor prin definirea (cu dopurile de protecție și capetele de manșon ale ansamblului manșon de grătar) a unui perete modular de-a lungul scutului de capăt. În acest scop, fiecare dintre flanșe poate avea o formă care să se potrivească cu marginile alăturate ale flanșelor adiacente ale canalului de combustibil.

[0082] Instrumentul de îndepărtare a ecranării sau acoperirii poate fi montat pe masa de lucru grea. Instrumentul de îndepărtare poate fi orientat în raport cu un prim canal de combustibil nuclear pentru a îndepărta ansamblul manșon de grătar, o porțiune a ansamblului manșon de grătar sau o acoperire a canalului de combustibil nuclear, astfel încât instrumentul de inspectare 100 poate inspecta un element din interiorul canalului. După de inspectarea este finalizată, instrumentul de îndepărtare poate readuce ansamblul manșon de grătar îndepărtat sau capacul canalului de combustibil nuclear. Apoi, masa de lucru grea poate fi orientată în raport cu un al doilea canal de combustibil nuclear pentru a inspecta cel de-al doilea canal de combustibil nuclear.

[0083] Platforma, masa de lucru grea și instrumentele suportate de masa de lucru grea pot fi în comunicație de date cu controlerul 500 pentru a opera platforma, masa de lucru grea și instrumentele montate pe masa de lucru grea, cum ar fi instrumentul 100 și ansamblul de antrenare liniară 300, automat sau semi-automat. Un operator care controlează controlerul 500 poate opera manual platforma, masa de lucru grea și instrumentele montate pe masa de lucru grea, pentru a controla poziția și configurația instrumentelor.

[0084] În unele exemple de realizare, în funcție, de exemplu, de profilurile unuia sau mai multor reflectoare ale ansamblului reflector, datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 pot să nu reflecte forma burdufului 62. Cu toate acestea, toate datele relevante sunt furnizate. În unele exemple de realizare, prelucrarea datelor de la dispozitivul de imagistică 104 poate include transpunerea datelor la o reprezentare mai precisă fizic a fiecăreia dintre suprafețele interioară și exterioară ale burdufului. De exemplu, Figura 9 ilustrează o reprezentare a uneia dintre suprafețele întregului burduf (interioară sau exterioară) din datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104, după ce au fost transpuse sau „dezvelite” de forma de inel, astfel încât inelele de burduf să se extindă toate liniar de-a lungul liniilor paralele ca și cum întregul burduf 62 a fost împărțit de-a lungul unei linii paralele cu axa A și aplatizat pentru vizualizarea ca o foaie.

[0085] Instrumentul de inspectare 100 poate fi utilizat suplimentar pentru a efectua o metodă de inspectare dimensională în plus sau în locul detectării defectelor. De exemplu, o dimensiune axială poate fi măsurată de la o primă caracteristică de referință (de exemplu, o locație de tăiere) la o a doua caracteristică de referință de

pe burduful 62, folosind un software de măsurare pentru a efectua analiza datelor de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104.

[0086] Instrumentul 100 poate fi utilizat pentru a inspecta cel puțin una dintre o suprafață interioară și o suprafață exterioară ale unui element (de exemplu, burduful 62) al unui ansamblu de canale de combustibil din interiorul unui reactor nuclear. În funcționare, instrumentul 100 și elementul pot fi configurate sau poziționate în colaborare unul față de celălalt, astfel încât elementul să se afle în zona subiect a instrumentului 100. Suprafața interioară sau suprafața exterioară a elementului poate fi iluminată de ansamblul de iluminare 108. Ansamblul reflector 120 reflectă cel puțin una dintre: (1) o vedere radial interioară a unei prime porțiuni a suprafeței exterioare a elementului care se află într-un câmp vizual al dispozitivului de imagistică 104; și (2) o vedere radial exterioară a unei prime porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. Dispozitivul de imagistică 104 captează datele de imagine ale câmpului vizual al dispozitivului de imagistică 104.

[0087] În unele exemple de realizare, în care primul reflector 122 al ansamblului reflector 120 are o suprafață reflectorizantă cu o formă de inel circular și orientată la primul unghi și poziționată în raport cu zona subiect pentru a reflecta o primă porțiune a zonei subiect, primul reflector 122 reflectă o vedere circumferențială radial interioară a primei porțiuni a suprafeței exterioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104.

[0088] În unele exemple de realizare, în care al doilea reflector 124 al ansamblului reflector 120 are o suprafață reflectorizantă conică și orientată la un al doilea unghi și poziționată în raport cu zona subiect pentru a reflecta o a doua porțiune a zonei subiect, al doilea reflector 124 reflectă o vedere circumferențială radial exterioară a primei porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104.

[0089] În unele exemple de realizare, în care ansamblul reflector 120 cuprinde primul reflector 122 și al doilea reflector 124, ansamblul reflector 120 reflectă vederea circumferențială radial interioară a primei porțiuni a suprafeței exterioare a elementului și vederea circumferențială radial exterioară a primei porțiuni din suprafața interioară a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

[0090] În unele exemple de realizare, primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 poate avea o formă circulară incompletă sau segmentată, astfel încât primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 reflectă o vedere necircumferențială radial interioară (de exemplu, un sfert de circumferință, o jumătate de circumferință, mai puțin de o întreagă circumferință, etc.) a unei prime porțiuni a suprafeței exterioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104, sau vedere necircumferențială radial exterioară (de exemplu, un sfert de circumferință, o jumătate de circumferință, mai puțin de o întreagă circumferință, etc.) a primei porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. În astfel de exemple de realizare, imaginea capturată de dispozitivul de imagistică 104 poate fi reprezentativă pentru o porțiune a circumferinței elementului. Primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 având forma circulară incompletă sau segmentată poate fi rotit în jurul unei axe. Dispozitivul de imagistică 104 poate capta date de imagine de la primul reflector 122 sau al doilea reflector 124 fiind rotit de mecanismul de antrenare reprezentativ pentru o porțiune a circumferinței suprafeței interioare sau exterioare a elementului. Datele de imagine captate pot fi compilate de un controler 500, iar datele de imagine compilate pot fi reprezentative pentru circumferința suprafeței interioare a elementului.

[0091] Atunci când ansamblul reflector 120 cuprinde primul reflector 122 și al doilea reflector 124, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 pot fi poziționate pentru a reflecta o poziție comună a elementului (de exemplu, un segment circumferențial comun al elementului), astfel încât ansamblul reflector 120 reflectă vederea radial interioară a primei porțiuni a suprafeței exterioare a elementului și vederea radial exterioară a primei porțiuni a suprafeței interioare a elementului într-o poziție comună a elementului.

[0092] În unele exemple de realizare, în care ansamblul reflector 120 cuprinde primul reflector 122 și al doilea reflector 124, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 pot fi poziționate pentru a reflecta poziții diferite ale elementului, astfel încât ansamblul reflector 120 reflectă o vedere radial interioară a primei porțiuni a suprafeței exterioare a elementului și o vedere radial exterioară a primei porțiuni a suprafeței interioare a elementului în diferite poziții ale elementului.

[0093] În unele exemple de realizare, în care ansamblul reflector 120 cuprinde primul reflector 122 și al doilea reflector 124, primul reflector 122 și al doilea reflector 124 pot fi poziționate pentru a reflecta diferite elemente, astfel încât ansamblul

reflector 120 reflectă o vedere a primului element și o vedere a unui al doilea element pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică. Vederea primului element este fie o vedere radial interioară, fie o vedere radial exterioră, iar vederea celui de-al doilea element este cealaltă dintre vederea radial interioară sau vederea radial exterioră.

[0094] După ce instrumentul 100 poate reflecta prima porțiune a suprafeței exterioare sau interioare a elementului, instrumentul 100 poate reflecta cel puțin una dintre: (1) o vedere radial interioară a unei a doua porțiuni a suprafeței exterioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104 și (2) o vedere radial exterioră a unei a doua porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. Dispozitivul de imagistică 104 poate capta date de imagine ale câmpului vizual al dispozitivului de imagistică 104. Instrumentul 100, sau o componentă a instrumentului 100, cum ar fi ansamblul reflector 120, poate fi poziționat din nou dintr-o primă poziție într-o a doua poziție pentru a reflecta a doua porțiune a suprafeței exterioare sau interioare a elementului.

[0095] În timpul poziționării din nou a instrumentului 100 sau a unei componente a instrumentului 100, cum ar fi ansamblul reflector 120, dispozitivul de imagistică 104 poate captura continuu date de imagine. În unele exemple de realizare, în timpul re-poziționării instrumentului 100 sau a unei componente a instrumentului 100, cum ar fi ansamblul reflector 120, dispozitivul de imagistică 104 poate capta date de imagine la intervale de timp.

[0096] De exemplu, instrumentul 100 poate fi poziționat inițial la începutul sau deschiderea burdufului 62 și poate capta date de imagine la începutul sau deschiderea burdufului 62. Apoi, instrumentul 100 poate fi poziționat din nou la capătul burdufului 62. În timpul poziționării din nou a instrumentului 100, dispozitivul de imagistică 104 poate captura date de imagine continuu sau la intervale de timp. În consecință, instrumentul 100 poate fi mutat axial o singură dată de-a lungul burdufului 62 și poate capta date de imagine ale întregii suprafețe exterioare și interioare ale burdufului 62.

[0097] În unele exemple de realizare, ansamblul reflector 120 poate reflecta o vedere radial interioară a unei secțiuni plane 1202 a suprafeței exterioare a elementului sau poate reflecta o vedere radial exterioră a unei secțiuni plane 1202 a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de

imagistică 104. În astfel de exemple de realizare, cel puțin o porțiune a suprafeței reflectorizante a primului reflector 122 sau a celui de-al doilea reflector 124 poate avea un profil plat.

[0098] În unele exemple de realizare, ansamblul reflector 120 poate reflecta o vedere radial interioară a unei secțiuni verticale 1302 a suprafeței exterioare a elementului sau poate reflecta o vedere radial exterioară a unei secțiuni verticale 1302 a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică 104. În astfel de exemple de realizare, cel puțin o porțiune a suprafeței reflectorizante a primului reflector 122 sau a celui de-al doilea reflector 124 poate avea un profil concav sau un profil convex.

[0099] Datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 pot fi stocate pe un suport de stocare electronic sau pot fi afișate în timp real sau aproape în timp real.

[00100] În unele exemple de realizare, în care datele de imagine sunt reprezentative pentru un element inelar, cum ar fi un burduf 62, datele de imagine pot fi transpuse pentru a reprezenta un element divizat și aplatizat.

[00101] În unele exemple de realizare, datele de imagine captate pot fi analizate sau revizuite cu ajutorul unui software de detectare a defectelor. În unele exemple de realizare, datele de imagine captate pot fi analizate sau revizuite folosind un software de măsurare dimensională pentru a determina o dimensiune de la o primă caracteristică de referință (de exemplu, o locație de secțiune) la o a doua caracteristică de referință, pentru a determina o distanță axială între prima caracteristică de referință la a doua caracteristică de referință.

[00102] În unele exemple de realizare, instrumentul 100, împreună cu alte instrumente, cum ar fi sistemul de aliniere a vederii și scutul de îndepărtare a protecției sau a capacului, pot fi montate pe masa de lucru grea. Masa de lucru grea poate fi montată pe o platformă. Pentru a inspecta un canal de combustibil nuclear, platforma sau masa de lucru grea pot fi mutate pentru a orienta instrumentul 100 spre fața canalului de combustibil nuclear. Sistemul de aliniere a vederii poate capta date de imagine ale caracteristicilor din afara canalului de combustibil (de exemplu, o formă rotundă) sau poate capta date de imagine ale ansamblurilor manșon de grătar, iar pe baza acestor date de imagine captate, controlerul 500 poate determina o poziție centrală a canalului de combustibil nuclear. Cu poziția centrală a canalului de combustibil determinată, controlerul 500 poate muta platforma sau masa de lucru

grea pentru a poziționa instrumentul de îndepărtare a protecției a capacului în raport cu canalul de combustibil nuclear pentru a îndepărta ansamblul manșon de grătar, o porțiune a ansamblului manșon de grătar, sau o acoperire a canalului de combustibil nuclear. După îndepărtarea ansamblului manșon de grătar, a porțiunii de ansamblu manșon de grătar sau a capacului de canal de combustibil nuclear, instrumentul 100 poate fi utilizat pentru a capta datele de imagine ale unei suprafețe interioare sau exterioare a unui element din canalul de combustibil, așa cum este descris aici. Instrumentul 100 poate fi poziționat într-o poziție centrală în raport cu canalul de combustibil nuclear pe baza datelor captate de sistemul de aliniere a vederii. În unele exemple de realizare, controlerul 500 poate determina alinierea instrumentului 100 în raport cu canalul de combustibil nuclear pe baza unei imagini captate de dispozitivul de imagistică al instrumentului 100. De exemplu, dispozitivul de imagistică al instrumentului 100 poate capta o imagine corespunzătoare burdufului 62, care poate fi rotundă. Pe baza acestei imagini, controlerul 500 poate determina poziția centrală a canalului de combustibil nuclear. Controlerul 500, prin controlul funcționării ansamblului de acționare liniară 300, poate controla cu exactitate deplasarea instrumentului 100 în direcția z în interiorul și exteriorul canalului de combustibil.

[00103] După ce instrumentul 100 a capturat datele de imagine ale elementului, instrumentul poate fi retras din canalul de combustibil nuclear folosind ansamblul de antrenare liniară 300. Instrumentul de îndepărtare a protecției sau capacului poate monta la loc ansamblul manșon de grătar, porțiunea ansamblului manșon de grătar sau capacul canalului de combustibil nuclear. Apoi, controlerul 500 poate muta platforma sau masa de lucru grea, așa cum este descris aici în alt canal de combustibil nuclear pentru a inspecta acel canal de combustibil folosind instrumentul 100.

[00104] Figura 17 este o schemă a controlerului 500 al unui sistem de inspectare având instrumentul 100.

[00105] În unele exemple de realizare, controlerul 500 este configurat pentru a primi date de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 al instrumentului 100 și pentru a prelucra datele de imagine. Controlerul 500 poate fi configurat pentru a primi semnale de la instrumentul 100 (de exemplu, semnale de la senzorul de proximitate 150) pentru a alinia instrumentul 100. Controlerul 500 poate primi semnale de la alte instrumente ale sistemului de inspectare, cum ar fi sistemul de

aliniere vizuală, pentru a alinia instrumentul 100. Controlerul 500 poate trimite comenzi de control către platformă, masa de lucru grea, sistemul de aliniere vizuală, instrumentul de îndepărtare a protecției sau a capacului, instrumentul 100 sau ansamblul de antrenare liniară 300 pentru poziționarea instrumentului 100, deplasarea axială a instrumentului 100 sau pentru a acționa altfel sistem de inspectare. În unele exemple de realizare, controlerul 500 se află în comunicație de date cu componentele sistemului de inspectare și generează comenzi de control pentru a controla configurația și funcționarea componentelor sistemului de inspectare. Controlerul 500 poate controla automat sau semi-automat configurația și funcționarea componentelor sistemului de inspectare, care poate include instrumentul 100. În unele exemple de realizare, un operator poate controla manual configurația și funcționarea componentelor sistemului de inspectare, care poate include instrumentul 100, folosind controlerul 500. În unele exemple de realizare, controlerul 500 este un circuit logic de releu.

[00106] Pentru simplitate, în Figura 3 este prezentat doar un controler 500, dar sistemul de inspectare având instrumentul 100 poate include unul sau mai multe controlere programabile, logică de releu sau o combinație a acestora. În unele exemple de realizare, controlerul 500 include cel puțin un procesor, un dispozitiv de stocare a datelor (incluzând memorie volatilă sau memorie non-volatilă sau alte elemente de stocare a datelor sau o combinație a acestora) și cel puțin o interfață de comunicare. Componentele dispozitivului de calcul pot fi conectate în diferite moduri, inclusiv cuplate direct.

[00107] De exemplu, și fără limitare, dispozitivul de calcul poate fi un server, aparat de rețea, modem tv, dispozitiv încorporat, modul de expansiune a calculatorului, calculator personal, laptop sau dispozitive de calcul capabile să fie configurate pentru a efectua metodele descrise aici.

[00108] Așa cum este ilustrat în Figura 17, controlerul 500 poate include un procesor 502, o interfață API 510, memoria 504, o interfață I/O 506 sau o interfață de rețea 508.

[00109] Procesorul 502 poate prelucra datele primite de la componentele sistemului de inspectare, inclusiv instrumentul 100 sau de la alte sisteme ale reactorului nuclear. În unele exemple de realizare, fiecare procesor 502 este, de exemplu, un microprocesor sau microcontroler, un procesor de procesare digitală a semnalului (DSP), un circuit integrat, o tabelă de porți programabile pe câmpuri (FPGA), un

procesor reconfigurabil, o memorie programabilă numai de citire (PROM) sau orice combinație a acestora.

[00110] În unele exemple de realizare, memoria 504 include o combinație adecvată de memorie de calculator care poate fi localizată fie intern, fie extern, cum ar fi, de exemplu, memorie cu acces aleatoriu (RAM), memorie numai de citire (ROM), memorie numai de citire disc compact (CDROM), memorie electro-optică, memorie magneto-optică, memorie numai de citire programabilă cu ștergere (EPROM) și memorie numai de citire programabilă cu ștergere electrică (EEPROM), RAM feroelectrică (FRAM) sau altele asemenea.

[00111] Fiecare interfață I/O 506 permite procesorului 502 să se interconecteze cu unul sau mai multe dispozitive de intrare, cum ar fi o tastatură, mouse, ecran tactil și un microfon sau cu unul sau mai multe dispozitive de ieșire, cum ar fi un ecran de afișare și un difuzor. Interfața I/O 506 poate fi izolabilă sau detașabilă atunci când nu este necesară.

[00112] În cazul în care controlerul 500 cuprinde interfața de rețea 508, interfața de rețea 508 permite procesorului 502 să comunice cu alte componente, să facă schimb de date cu alte componente, să acceseze și să se conecteze la resursele de rețea, să deservească aplicații și să execute alte aplicații de calcul prin conectarea la o rețea (sau mai multe rețele) capabile să transporte date.

[00113] Interfața de programare a aplicației (API) 510 este configurată pentru a se conecta cu o interfață de capăt frontal pentru a furniza servicii de interfață atunci când este necesar.

[00114] În unele exemple de realizare, sistemul de inspectare cuprinde o interfață de capăt frontal pentru a transmite datele procesate și a primi date de la diferite interfețe. Interfața de capăt frontal poate fi găzduită pe diferite tipuri de dispozitive, cum ar fi un calculator, un asistent digital personal, un laptop sau un telefon inteligent. Interfața de capăt frontal oferă diferite servicii de raportare și redare grafică a datelor prelucrate pentru dispozitivele utilizatorului. Redarea grafică a datelor prelucrate (de exemplu, datele de imagine) care au fost captate din sistemul de inspectare, pot fi utilizate, de exemplu, de către diverse părți și/sau proprietari interesați în analiza sau monitorizarea stării reactorului nuclear (de exemplu, operatorii dintr-o cameră de control). De exemplu, datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică 104 pot fi procesate și revizuite pentru a inspecta un burduf 62 din canalul de combustibil nuclear.

[00115] Interfața de capăt frontal oferă o interfață la controlerul 500 pentru dispozitivele de utilizator și sistemele terțe. Interfața de capăt frontală poate, de exemplu, genera, asambla și transmite ecrane de interfață.

[00116] Interfața de capăt frontal poate include o pagină de date de istoric, care poate afișa date de istoric captate de instrumentul 100 și procesate de controlerul 500.

[00117] Procesorul 502 poate fi operabil pentru a înregistra și autentifica dispozitivele de utilizator și utilizator (folosind un cod de înregistrare, un identificator unic și o parolă, de exemplu) înainte de a oferi acces la aplicații, resurse de rețea și date. Procesorul 502 poate deservi un utilizator/client sau mai mulți utilizatori/clienti.

[00118] Diverse exemple de realizare sunt descrise aici. Deși fiecare exemplu de realizare reprezintă o combinație unică de elemente inventive, toate combinațiile adecvate ale elementelor dezvăluite includ subiectul inventiv. Astfel, dacă un exemplu de realizare cuprinde elementele A, B și C, iar un al doilea exemplu de realizare cuprinde elementele B și D, atunci subiectul inventiv este de asemenea considerat că include și alte combinații rămase de A, B, C sau D, chiar dacă nu în mod explicit dezvăluite.

[00119] Termenul "conectat" sau "cuplat la" poate include atât cuplare directă (în care două elemente care sunt cuplate între ele fac contact), cât și cuplarea indirectă (în care cel puțin un element suplimentar este situat între cele două elemente).

[00120] Soluția tehnică a exemplelor de realizare poate fi sub forma unui produs software. Produsul software poate fi stocat într-un mediu de stocare non-volatil sau netranzitoriu, care poate fi o memorie doar de citire disc compact (CD-ROM), un disc flash USB sau un hard disk detașabil. Produsul software include o serie de instrucțiuni care permit unui dispozitiv de calculator (calculator personal, server sau dispozitiv de rețea) să execute metodele furnizate de exemplele de realizare.

[00121] Exemplele de realizare descrise aici pot fi implementate de hardware-ul fizic al calculatorului, care poate include dispozitive de calcul, servere, receptoare, transmițătoare, procesoare, memorie, afișaje sau rețele. Exemplele de realizare descrise aici oferă mașini fizice utile și aranjamente de hardware de calculator configurate în mod particular. Exemplele de realizare descrise aici sunt direcționate către mașini electronice și metode implementate de mașini electronice adaptate pentru procesarea și transformarea semnalelor electromagnetice care reprezintă diferite tipuri de informații.

[00122] Exemplele de realizare descrise aici se referă în mod universal și integral la mașini și la utilizările acestora; iar exemplele de realizare descrise aici nu au nici o semnificație sau aplicabilitate practică în afara utilizării lor cu hardware de calculator, mașini și diverse componente hardware.

[00123] Substituirea hardware-ului fizic special configurat pentru a implementa diferite acțiuni pentru hardware non-fizic, folosind, de exemplu, etape mentale, poate afecta substanțial modul de funcționare al exemplelor de realizare. Astfel de limitări ale hardware-ului calculatorului sunt elemente clar esențiale ale exemplelor de realizare descrise aici și nu pot fi omise sau înlocuite cu mijloace mentale fără a avea un efect material asupra funcționării și structurii exemplelor descrise aici. Hardware-ul de calculator este esențial pentru punerea în aplicare a diverselor exemple de realizare descrise aici și nu este utilizat doar pentru a efectua etape rapide și într-o manieră eficientă.

[00124] Deși exemplele de realizare au fost descrise în detaliu, trebuie înțeles că aici se pot efectua diferite modificări, înlocuiri și schimbări, fără a se îndepărta de scopul definit de revendicările anexate.

[00125] Mai mult decât atât, scopul prezentei cereri de brevet nu este destinat să se limiteze la exemplele de realizare particulare a procesului, mașinii, fabricației, compoziției materiei, mijloacelor, metodelor și etapelor descrise în documentație. Întrucât o persoană cu pregătire obișnuită în domeniu va aprecia cu ușurință din dezvăluirea prezentei invenții, pot fi utilizate procese, mașini, fabricații, compoziții de materii, mijloace, metode sau etape, existente în prezent sau dezvoltate ulterior, care îndeplinesc în mod substanțial aceeași funcție sau obțin în mod substanțial același rezultat cu exemplele de realizare corespunzătoare descrise aici. În consecință, revendicările anexate sunt destinate să includă în scopul lor astfel de procese, mașini, fabricație, compoziții de materie, mijloace, metode sau etape.

[00126] Exemplele descrise mai sus și ilustrate sunt destinate a fi doar exemple.

REVEDICĂRI

1. Aparat pentru inspectarea a cel puțin unei suprafețe interioare și a unei suprafețe exterioare a unui element al unui ansamblu de canale de combustibil din interiorul unui reactor nuclear, atunci când elementul se află într-o zonă subiect a aparatului, aparatul cuprinzând:

un dispozitiv de imagistică poziționat pentru a capta date de imagine ale unui câmp vizual al dispozitivului de imagistică;

și un ansamblu reflector cuprinzând cel puțin unul dintre:

un prim reflector având o suprafață reflectorizantă și orientată la un prim unghi și poziționat în raport cu zona subiect pentru a reflecta o primă porțiune a zonei subiect reprezentative pentru o vedere radial interioară a primei porțiuni de suprafața exterioară a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică; și

un al doilea reflector având o suprafață reflectorizantă și orientată la un al doilea unghi și poziționată în raport cu zona subiect pentru a reflecta o a doua porțiune a zonei subiect reprezentativă a unei vederi radial exterioare a unei prime porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

2. Aparat conform revendicării 1, în care ansamblul reflector cuprinde primul reflector și al doilea reflector.

3. Aparat conform revendicării 2, în care primul reflector definește o primă axă centrală, al doilea reflector definește o a doua axă centrală și în care prima axă centrală și a doua axă centrală sunt substanțial paralele.

4. Aparat conform revendicării 3, în care prima axă centrală și a doua axă centrală sunt substanțial coincidente.

5. Aparat conform revendicării 1, cuprinzând o lentilă interpusă între dispozitivul de imagistică și zona subiect.

6. Aparat conform revendicării 1, cuprinzând un ansamblu de iluminat pentru a ilumina zona subiect.

7. Aparat conform revendicării 2, în care primul și cel de-al doilea reflector reflectă porțiuni ale zonei subiect, astfel încât datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică sunt reprezentative pentru vederile radial interioară și radial exterioară pentru o porțiune comună a elementului.

8. Aparat conform revendicării 2, în care primul și cel de-al doilea reflector reflectă porțiuni ale zonei subiect, astfel încât datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică sunt reprezentative pentru vederile radial interioară și radial exterioară pentru porțiuni diferite ale elementului.

9. Aparat conform revendicării 2, în care un prim element și un al doilea element se află în zona subiect și în care primul și cel de-al doilea reflector reflectă porțiuni din zona subiect, astfel încât datele de imagine captate de dispozitivul de imagistică sunt reprezentative pentru o vedere a primului element și o vedere a celui de-al doilea element.

10. Aparat conform revendicării 9, în care vederea primului element este fie o vedere radial interioară, fie o vedere radial exterioară, iar vederea celui de-al doilea element este cealaltă dintre vederea radial interioară sau vederea radial exterioară.

11. Aparat conform revendicării 1, în care ansamblul reflector cuprinde al doilea reflector, în care cel de-al doilea reflector este montat în consolă dintr-un ansamblu de suport care este conectat la ansamblul reflector.

12. Aparat conform revendicării 11, în care ansamblul de suport cuprinde o tijă centrală care este cuplată la al doilea reflector și unul sau mai multe lonjeroane cuplate la tija centrală pentru a sprijini tija centrală.

13. Aparat conform revendicării 11, în care ansamblul suport cuprinde o placă substanțial transparentă și o tijă centrală și în care tija centrală sprijină cel de-al

doilea reflector și este fixată pe placa substanțial transparentă cu o conexiune de prindere centrală.

14. Aparat conform revendicării 13, în care placa substanțial transparentă nu este reflectivă.

15. Aparat conform revendicării 11, în care ansamblul suport este configurat pentru a poziționa cel de-al doilea reflector care se află în interiorul elementului atunci când elementul se află în zona subiect.

16. Aparat conform revendicării 1, în care ansamblul reflector cuprinde primul reflector, în care primul reflector este susținut de un element de carcasă exterior care este conectat la ansamblul reflector.

17. Aparat conform revendicării 16, în care elementul de carcasă exterior este configurat pentru a poziționa primul reflector care se află în jurul elementului atunci când elementul se află în zona subiect.

18. Aparat conform revendicării 6, în care ansamblul de iluminare cuprinde o sursă de lumină și un reflector, în care sursa de lumină este configurată pentru a direcționa iluminarea spre reflector și în care reflectorul este configurat să reflecte iluminarea spre zona subiect.

19. Aparat conform revendicării 18, în care reflectorul ansamblului de iluminare este configurat pentru ca prima sau a doua porțiune a zonei subiect să fie reflectată pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

20. Aparat conform revendicării 5, în care lentila este o lentilă telecentrică.

21. Aparat conform revendicării 1, în care cel puțin o porțiune a suprafeței reflectorizante a primului reflector sau al doilea reflector are un profil plat.

22. Aparat conform revendicării 1, în care cel puțin o porțiune a suprafeței reflectorizante a primului reflector sau a celui de-al doilea reflector are un profil concav.

23. Aparat conform revendicării 1, în care cel puțin o porțiune a suprafeței reflectorizante a primului reflector sau a celui de-al doilea reflector are un profil convex.

24. Aparat conform revendicării 1, în care suprafața reflectorizantă a primului reflector are o formă de inel circular.

25. Aparat conform revendicării 1, în care suprafața reflectorizantă a primului reflector are o formă arcuită.

26. Aparat conform revendicării 1, în care suprafața reflectorizantă a celui de-al doilea reflector are o formă corespunzătoare unei suprafețe a unui con.

27. Aparat conform revendicării 1, în care suprafața reflectorizantă a celui de-al doilea reflector are o formă corespunzătoare unei porțiuni a unei suprafețe a unui con.

28. Aparat conform revendicării 1, cuprinzând un acționator liniar pentru re poziționarea ansamblului reflector dintr-o primă poziție axială într-o a doua poziție axială.

29. Aparat conform revendicării 25 sau 27, cuprinzând un mecanism de antrenare pentru rotirea primului reflector sau al doilea reflector în jurul unei axe.

30. Metodă de inspectare a cel puțin a unei suprafețe interioare și a unei suprafețe exterioare a unui element dintr-un ansamblu de canale de combustibil din interiorul unui reactor nuclear, metoda cuprinzând:

reflectarea a cel puțin una dintre:

o vedere radial interioară a unei prime porțiuni a suprafeței exterioare a elementului care se află într-un câmp vizual al unui dispozitiv de imagistică; și

o vedere radial exterioară a unei prime porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică; și captarea datelor de imagine de către dispozitivul de imagistică al câmpului vizual al dispozitivului de imagistică.

31. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând reflectarea unei vederi circumferențiale radial interioară a primei porțiuni a suprafeței exterioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

32. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând reflectarea unei vederi circumferențiale radial exterioare a primei porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

33. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând reflectarea vederii radial interioare a primei porțiuni a suprafeței exterioare a elementului și a vederii radial exterioare a primei porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

34. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând iluminarea suprafeței interioare sau suprafeței exterioare a elementului.

35. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând reflectarea vederii radial interioare a primei porțiuni a suprafeței exterioare a elementului și a vederii radial exterioare a primei porțiuni a suprafeței interioare a elementului la o porțiune comună a elementului.

36. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând reflectarea vederii radial interioare a primei porțiuni a suprafeței exterioare a elementului și a vederii radial exterioare a primei porțiuni a suprafeței interioare a elementului la diferite porțiuni ale elementului.

37. Metodă conform revendicării 30, în care elementul este un prim element, cuprinzând:

reflectarea unei vederi a primului element și a unei vederi a unui al doilea element pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică; și
captarea datelor de imagine de către dispozitivul de imagistică al câmpului vederii dispozitivului de imagistică.

38. Metodă conform revendicării 37, în care vederea primului element este fie o vedere radial interioară, fie o vedere radial exterioară, iar vederea celui de-al doilea element este cealaltă dintre vederea radial interioară și vederea radial exterioară.

39. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând:

reflectarea a cel puțin uneia dintre:

o vedere radial interioară a unei a doua porțiuni a suprafeței exterioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică; și
o vedere radial exterioară a unei a doua porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică; și
captarea datelor de imagine de către dispozitivul de imagistică ale câmpului vederii dispozitivului de imagistică.

40. Metodă conform revendicării 39, cuprinzând reflectarea, cu un ansamblu reflector, cel puțin a uneia dintre:

vederea radial interioară a primei porțiuni a suprafeței exterioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică; și
vederea radial exterioară a primei porțiuni a suprafeței interioare a elementului care se afle în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

41. Metodă conform revendicării 40, cuprinzând re-poziționarea ansamblului reflector pentru a reflecta cel puțin una dintre:

vederea radial interioară a celei de-a doua porțiuni a suprafeței exterioare a elementului care se afle în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică; și
vederea radial exterioară a celei de-a doua porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

42. Metodă conform revendicării 41, cuprinzând captarea continuă a datelor de imagine de către dispozitivul de imagistică în timpul re-poziționării.

43. Metodă conform revendicării 41, cuprinzând captarea datelor de imagine de către dispozitivul de imagistică în timpul re poziționării la intervale de timp.

44. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând stocarea datelor de imagine captate pe un mediu de stocare electronic.

45. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând afișarea imaginii captate în timp real sau aproape în timp real.

46. Metodă conform revendicării 30, în care elementul este un element inelar, metoda cuprinzând transpunerea datelor de imagine captate pentru a reprezenta un element împărțit și aplatizat.

47. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând revizuirea datelor de imagine captate cu ajutorul unui software de detectare a defectelor.

48. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând revizuirea datelor de imagine captate utilizând un software de măsurare dimensională pentru a determina o dimensiune de la o primă caracteristică de referință la o a doua caracteristică de referință.

49. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând reflectarea unei vederi radial interioare a unei secțiuni plane a suprafeței exterioare a elementului sau reflectarea unei vederi radial exterioare a unei secțiuni plane a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

50. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând reflectarea unei vederi radial interioare a unei secțiuni verticale a suprafeței exterioare a elementului sau reflectarea unei vederi radial exterioare a unei secțiuni verticale a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

51. Metodă conform revendicării 30, cuprinzând rotirea primului reflector sau a celui de-al doilea reflector în jurul unei axe.

52. Ansamblu reflector pentru reflectarea a cel puțin a unei suprafețe interioare și a unei suprafețe exterioare a unui element al unui ansamblu canal de combustibil în interiorul unui reactor nuclear care se află într-un câmp vizual al unui dispozitiv de imagistică, atunci când elementul se află într-o zonă subiect a ansamblului, ansamblul cuprinzând cel puțin unul dintre:

un prim reflector având o suprafață reflectorizantă și orientată la un prim unghi și poziționat în raport cu zona subiect pentru a reflecta o primă porțiune a zonei subiect reprezentativă a unei vederi radial interioare a unei prime porțiuni a suprafeței exterioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică; și

un al doilea reflector având o suprafață reflectorizantă orientată la un al doilea unghi și poziționată în raport cu zona subiect pentru a reflecta o a doua porțiune a zonei subiect reprezentativă a unei vederi radial exterioare a unei prime porțiuni a suprafeței interioare a elementului pentru a fi în câmpul vizual al dispozitivului de imagistică.

53. Ansamblu reflector conform revendicării 52, în care ansamblul reflector cuprinde primul reflector și al doilea reflector.

54. Ansamblu reflector conform revendicării 53, în care primul reflector definește o primă axă centrală, al doilea reflector definește a doua axă centrală și în care prima axă centrală și a doua axă centrală sunt substanțial paralele.

55. Ansamblu reflector conform revendicării 54, în care prima axă centrală și a doua axă centrală sunt substanțial coincidente.

56. Ansamblu reflector conform revendicării 53, în care primul și cel de-al doilea reflector reflectă porțiuni ale zonei subiect reprezentativă pentru vederile radial interioară și radial exterioară ale unei porțiuni comune a elementului.

57. Ansamblu reflector conform revendicării 53, în care primul și cel de-al doilea reflector reflectă porțiuni ale zonei subiect reprezentativă ale vederilor radial interioară și radial exterioară ale porțiunilor diferite ale elementului.

58. Ansamblu reflector conform revendicării 53, în care un prim element și un al doilea element se află în zona subiect și în care primul și cel de-al doilea reflector reflectă porțiuni din zona subiect reprezentative pentru o vedere a primului element și o vedere a celui de-al doilea element.

59. Ansamblu reflector conform revendicării 58, în care vederea primului element este fie o vedere radial interioară, fie o vedere radial exterioară, iar vederea celui de-al doilea element este cealaltă dintre vederea radial interioară sau radial exterioară.

60. Ansamblu reflector conform revendicării 52, în care ansamblul reflector cuprinde al doilea reflector, în care cel de-al doilea reflector este montat în consolă într-un ansamblu suport care este conectat la ansamblul reflector.

61. Ansamblu reflector conform revendicării 60, în care ansamblul suport cuprinde o tijă centrală care este cuplată la al doilea reflector și una sau mai multe tije cuplate la tija centrală pentru a sprijini tija centrală.

62. Ansamblu reflector conform revendicării 60, în care ansamblul suport cuprinde o placă în mod substanțial transparentă și o tijă centrală, și în care tija centrală sprijină al doilea reflector și este fixată pe placa în mod substanțial transparentă cu o conexiune de prindere centrală.

63. Ansamblu reflector conform revendicării 62, în care placa în mod substanțial transparentă nu este reflectorizantă.

64. Ansamblu reflector conform revendicării 60, în care ansamblul suport este configurat pentru a poziționa cel de-al doilea reflector pentru a fi în interiorul elementului atunci când elementul se află în zona subiect.

65. Ansamblu reflector conform revendicării 52, în care ansamblul reflector cuprinde primul reflector, în care primul reflector este susținut de un element de carcasă exterior care este montat pe ansamblul reflector.

66. Ansamblu reflector conform revendicării 65, în care elementul de carcasă exterior este configurat pentru a poziționa primul reflector care se află în jurul elementului atunci când elementul se află în zona subiect.

67. Revendicarea 52, în care cel puțin o porțiune a suprafeței reflectorizante a primului reflector sau a celui de-al doilea reflector are un profil plat.

68. Revendicarea 52, în care cel puțin o porțiune a suprafeței reflectorizante a primului reflector sau a celui de-al doilea reflector are un profil concav.

69. Ansamblu reflector conform revendicării 52, în care cel puțin o porțiune a suprafeței reflectorizante a primului reflector sau a celui de-al doilea reflector are un profil convex.

70. Ansamblu reflector conform revendicării 52, în care suprafața reflectorizantă a primului reflector are o formă de inel circular.

71. Ansamblu reflector conform revendicării 52, în care suprafața reflectorizantă a primului reflector are o formă arcuită.

72. Ansamblu reflector conform revendicării 52, în care suprafața reflectorizantă a celui de-al doilea reflector are o formă corespunzătoare unei suprafețe a unui con.

73. Ansamblu reflector conform revendicării 52, în care suprafața reflectorizantă a celui de-al doilea reflector are o formă corespunzătoare unei porțiuni a unei suprafețe a unui con.

74. Ansamblu reflector conform revendicării 52, cuprinzând un acționator liniar pentru re poziționarea ansamblului reflector dintr-o primă poziție axială la a doua poziție axială.

75. Ansamblu reflector conform revendicărilor 71 sau 73, cuprinzând un mecanism de antrenare pentru rotirea primului reflector sau a celui de-al doilea reflector în jurul unei axe.

1/17

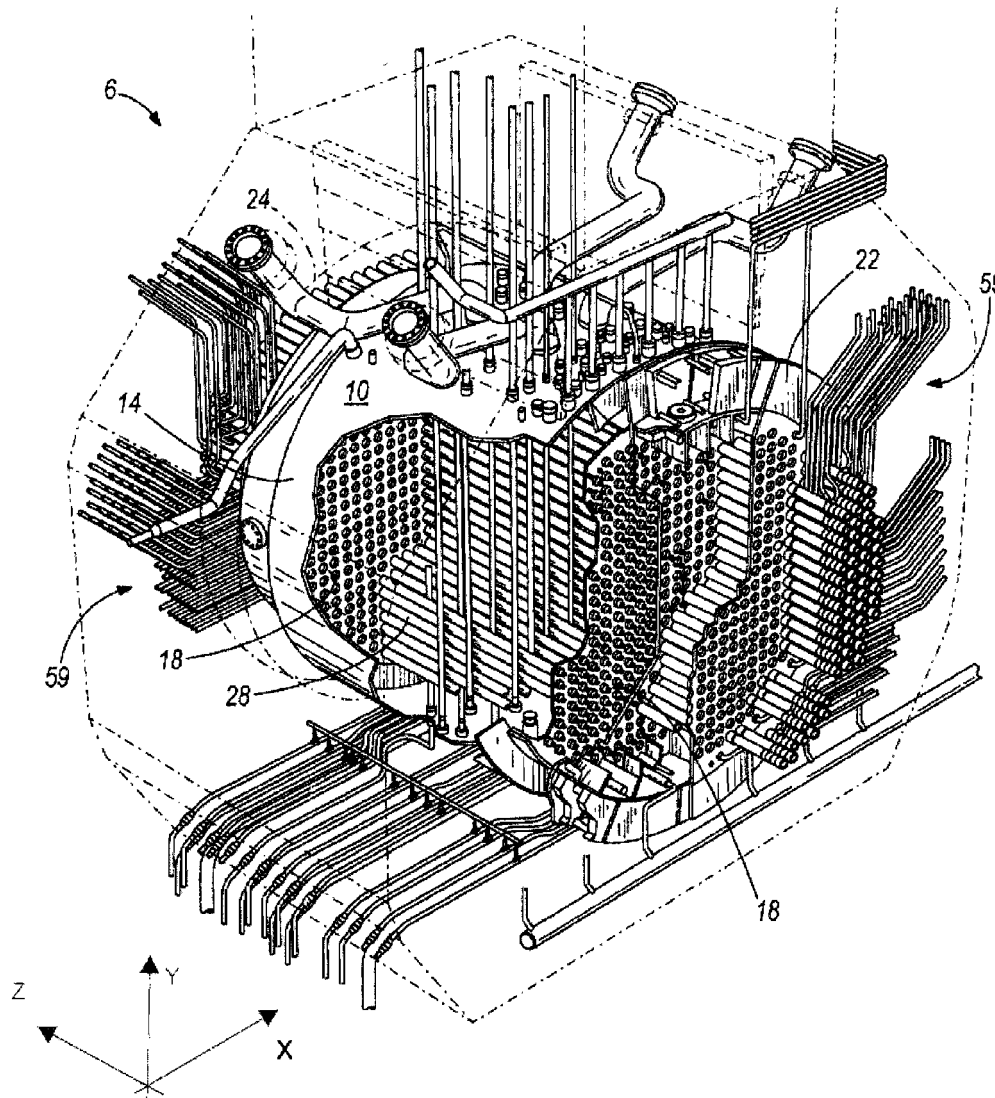


FIG. 1

2/17

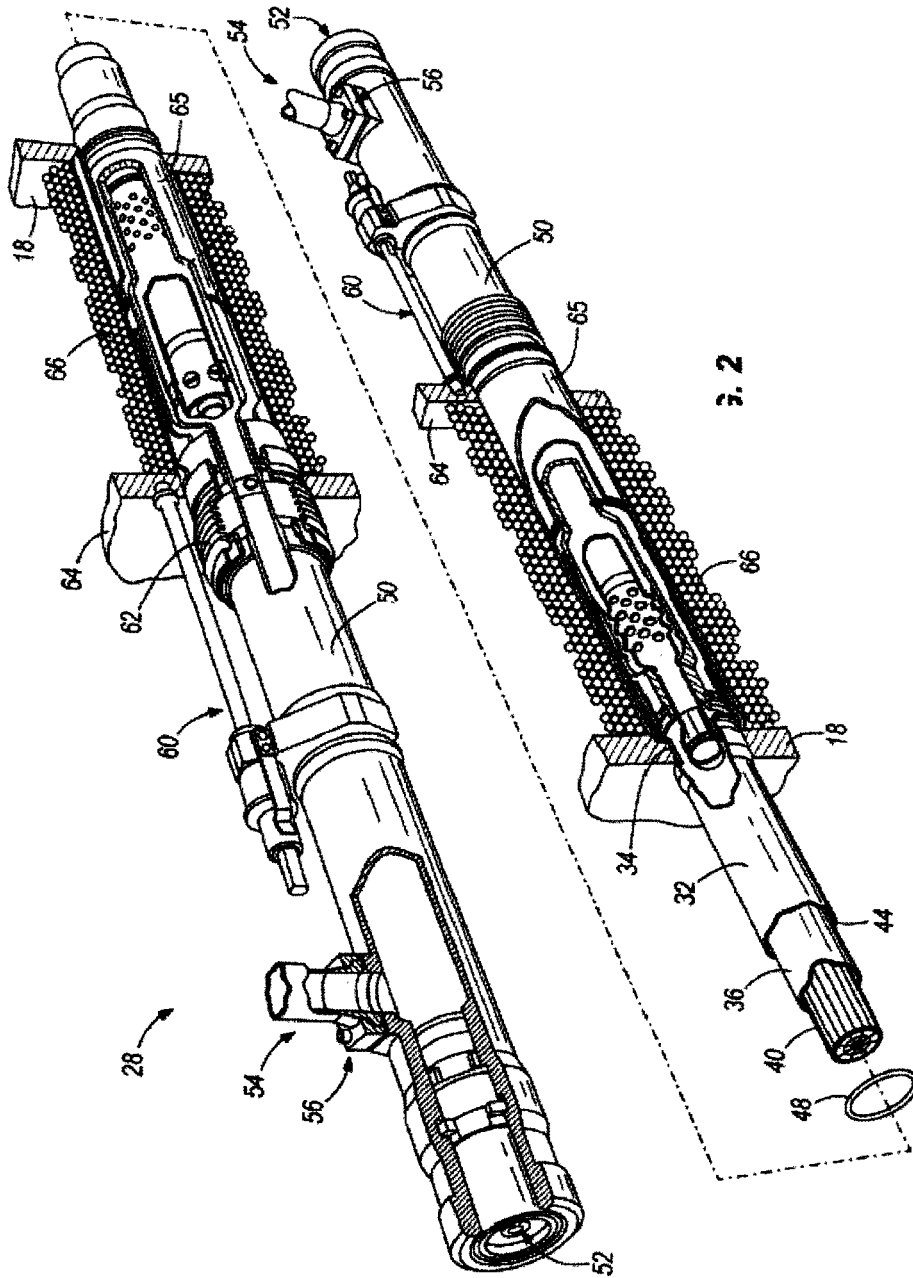


FIG. 2

3/17

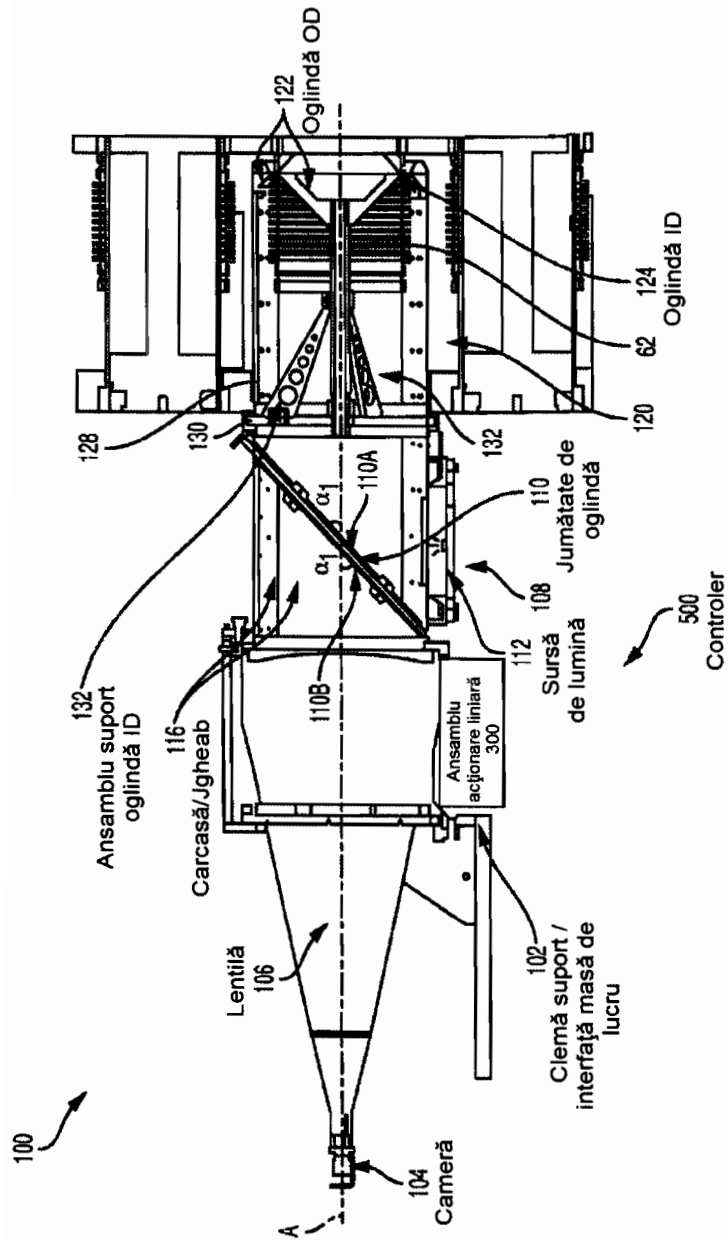


FIG. 3

4/17

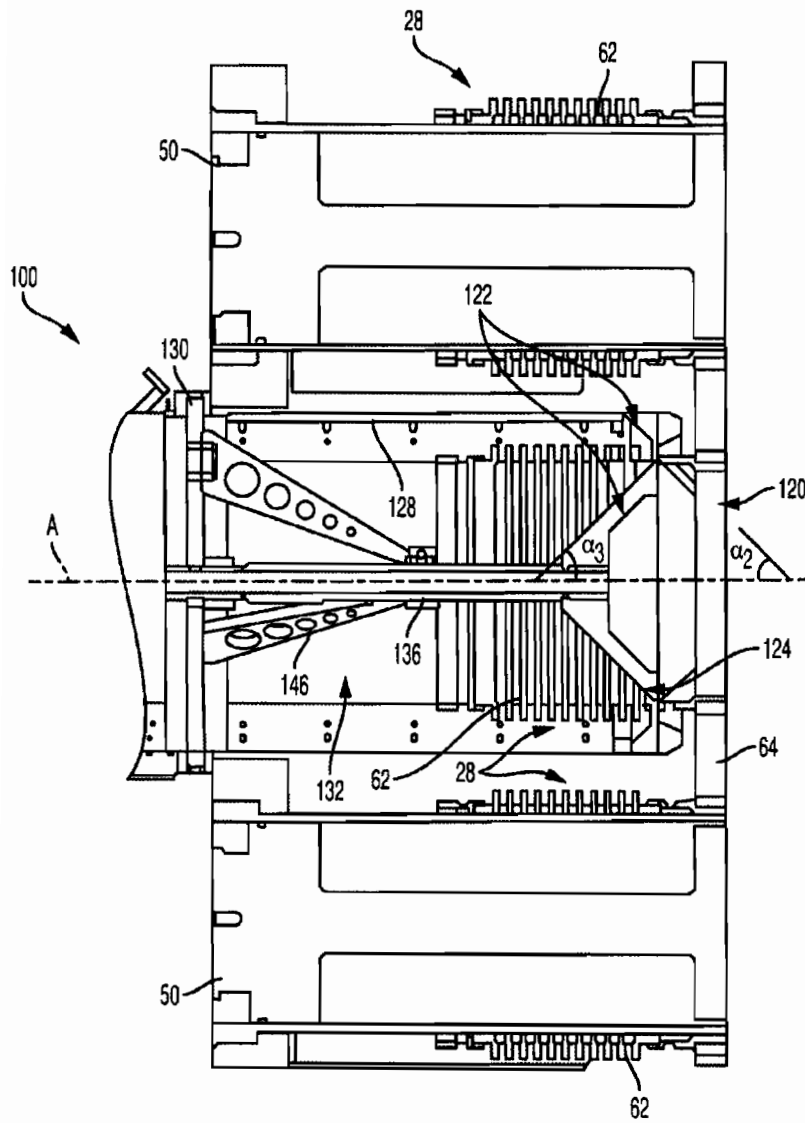


FIG. 4

201

5/17

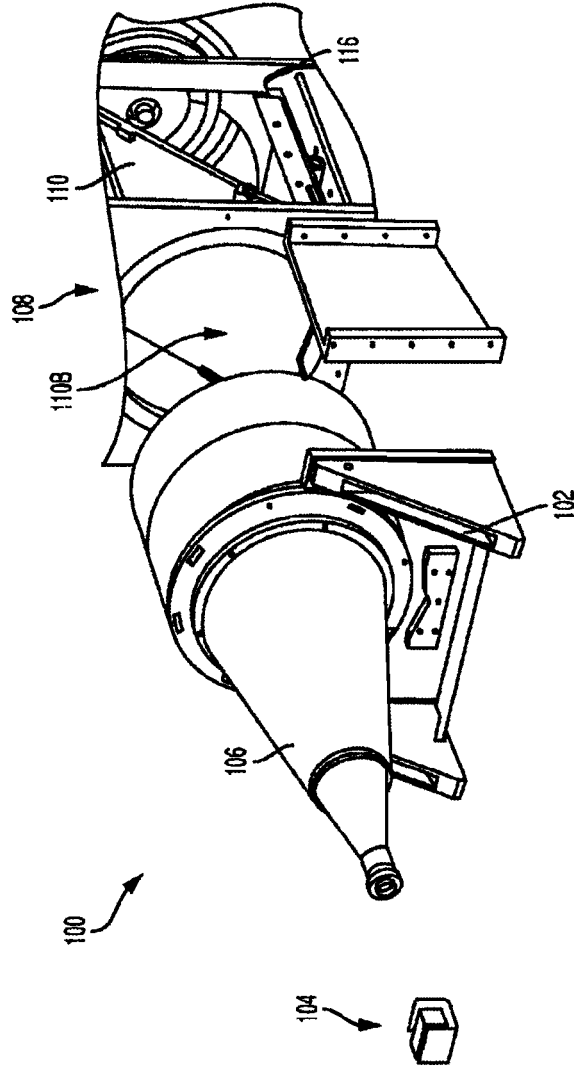


FIG. 5

Rafael

6/17

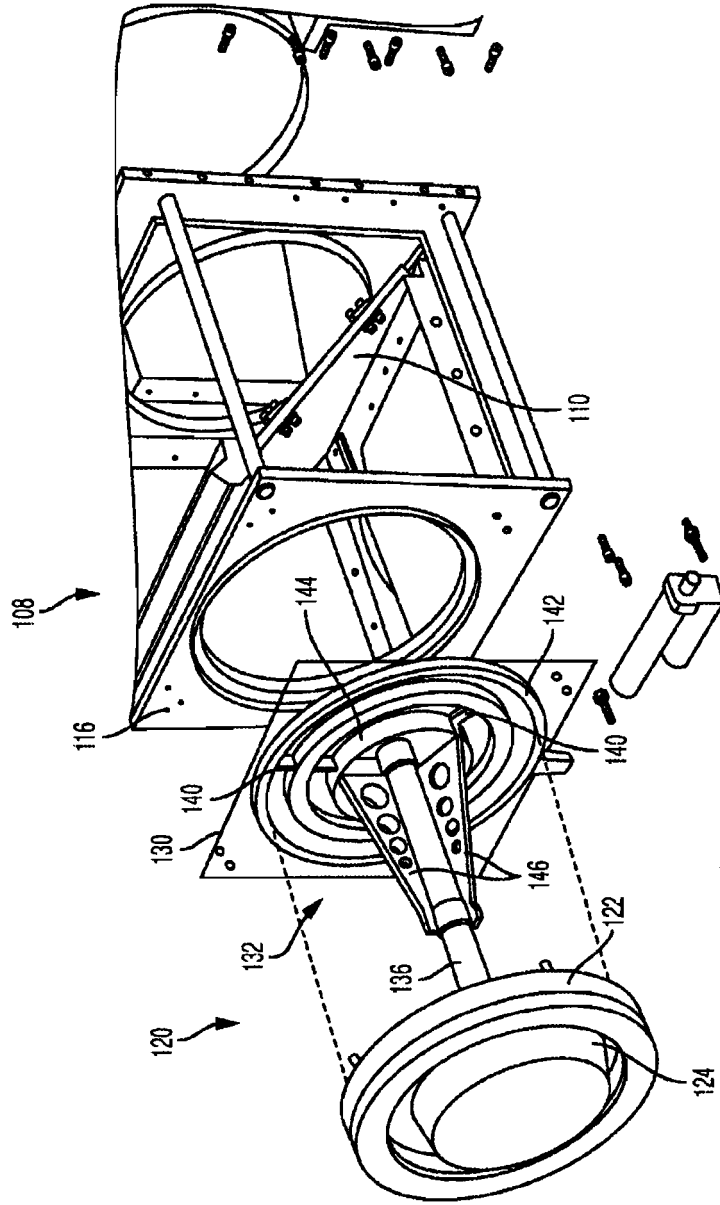


FIG. 6

7/17

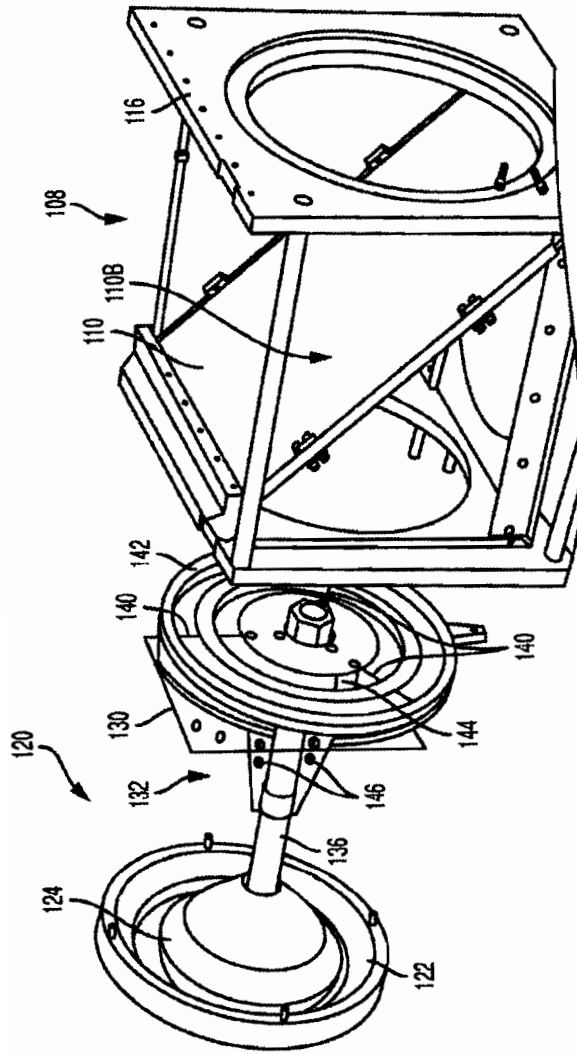


FIG. 7

8/17

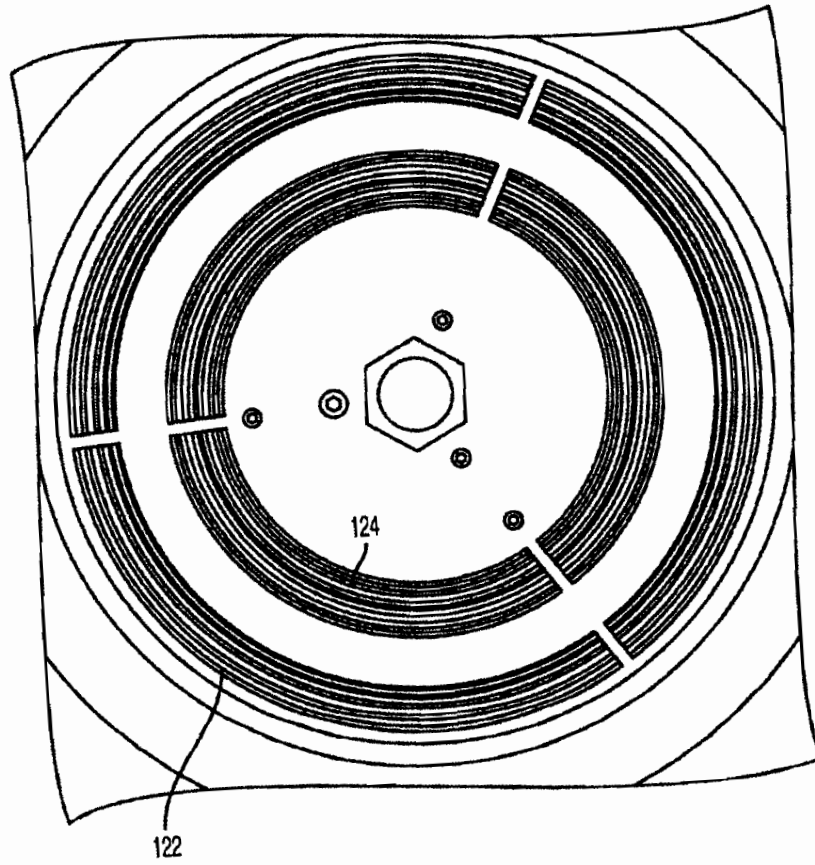


FIG. 8

Handwritten mark

9/17

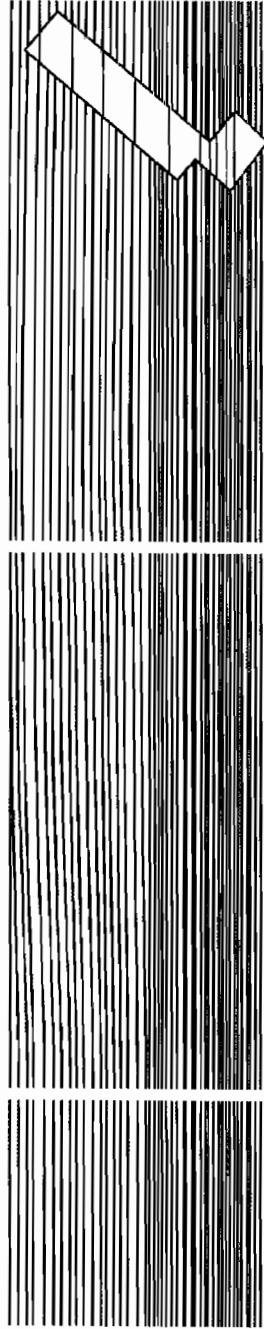


FIG. 9

Handwritten signature

zlp

10/17

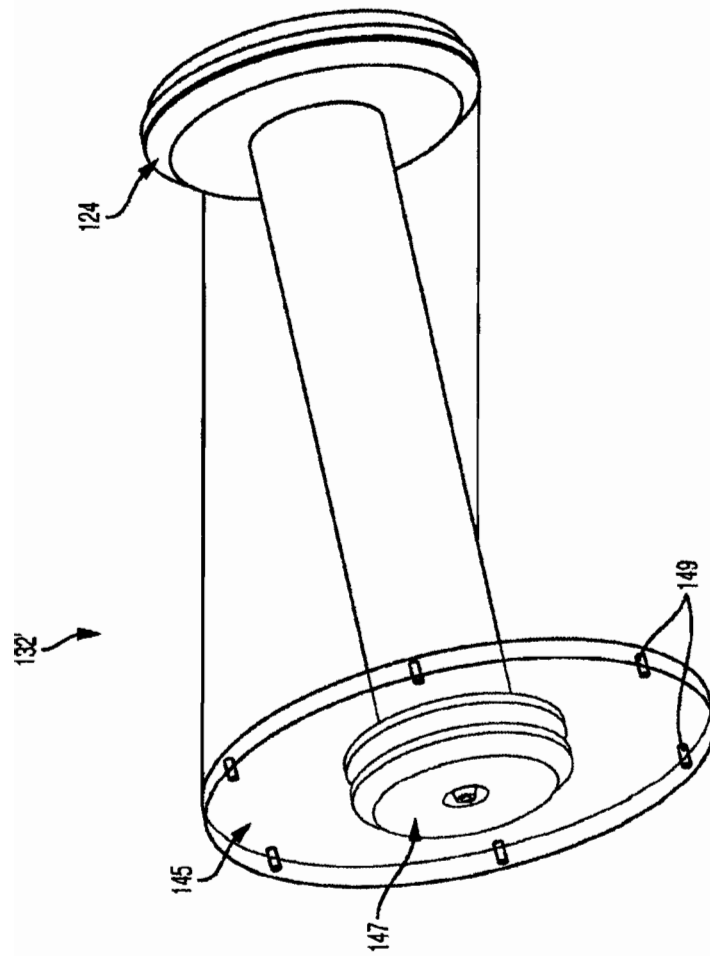


FIG. 10

R. Hefari

Handwritten mark

11/17

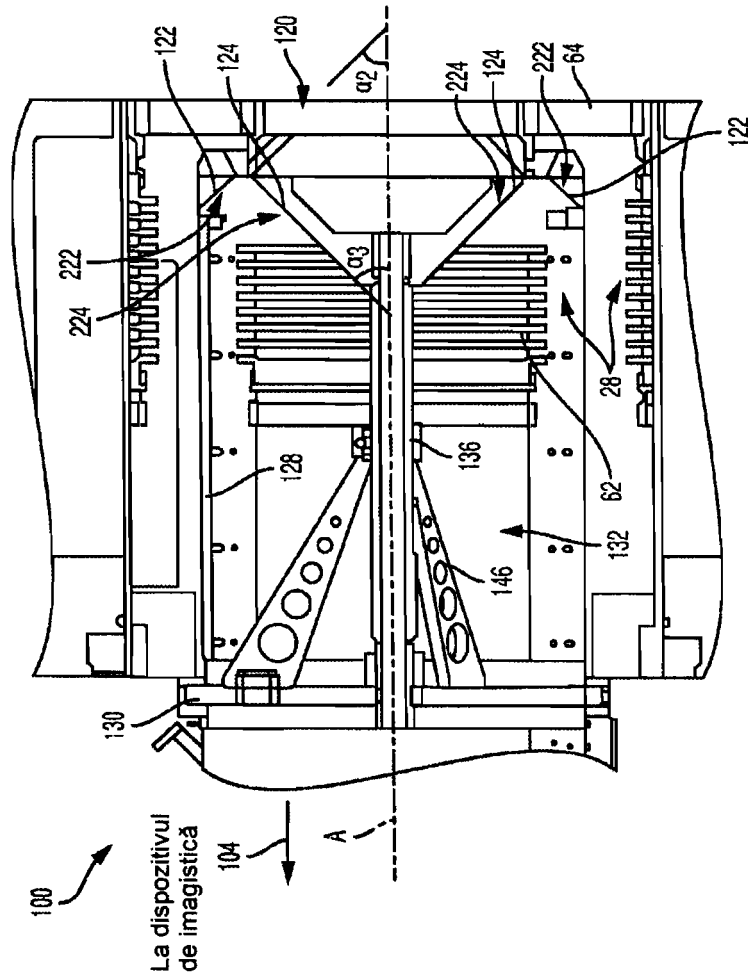


FIG. 11

Handwritten signature

12/17

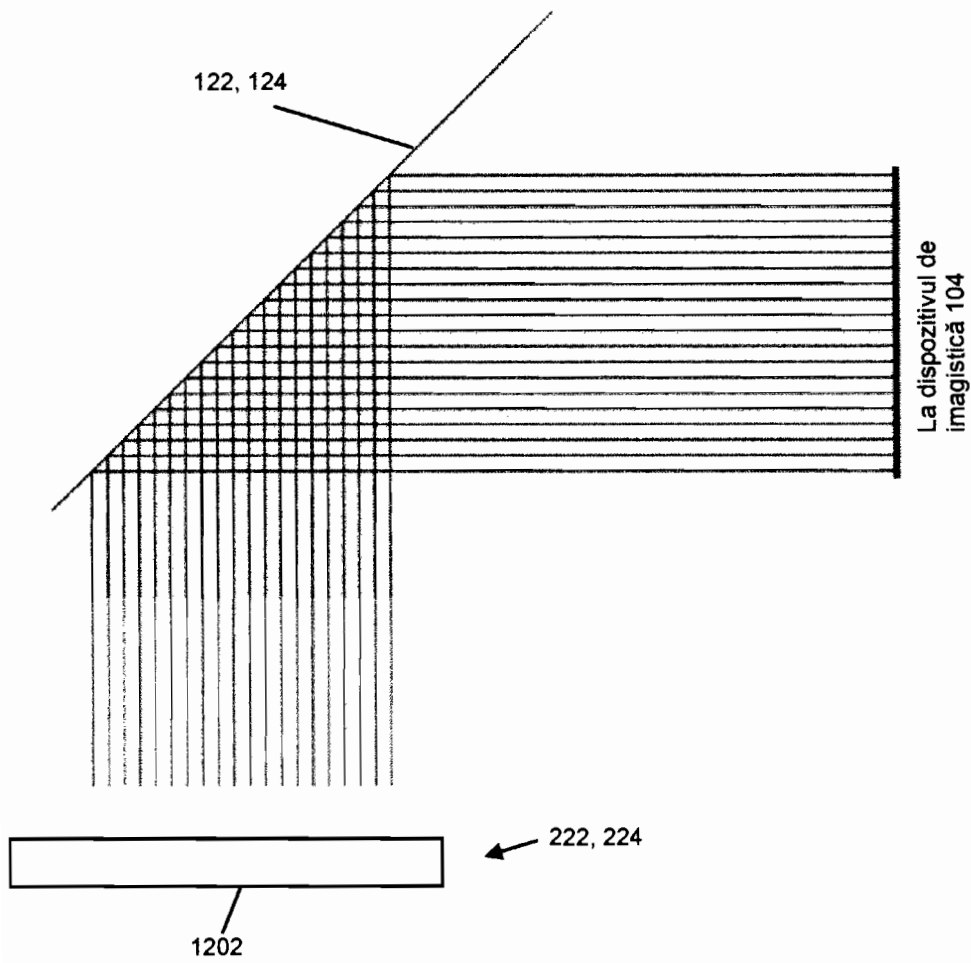


FIG. 12

13/17

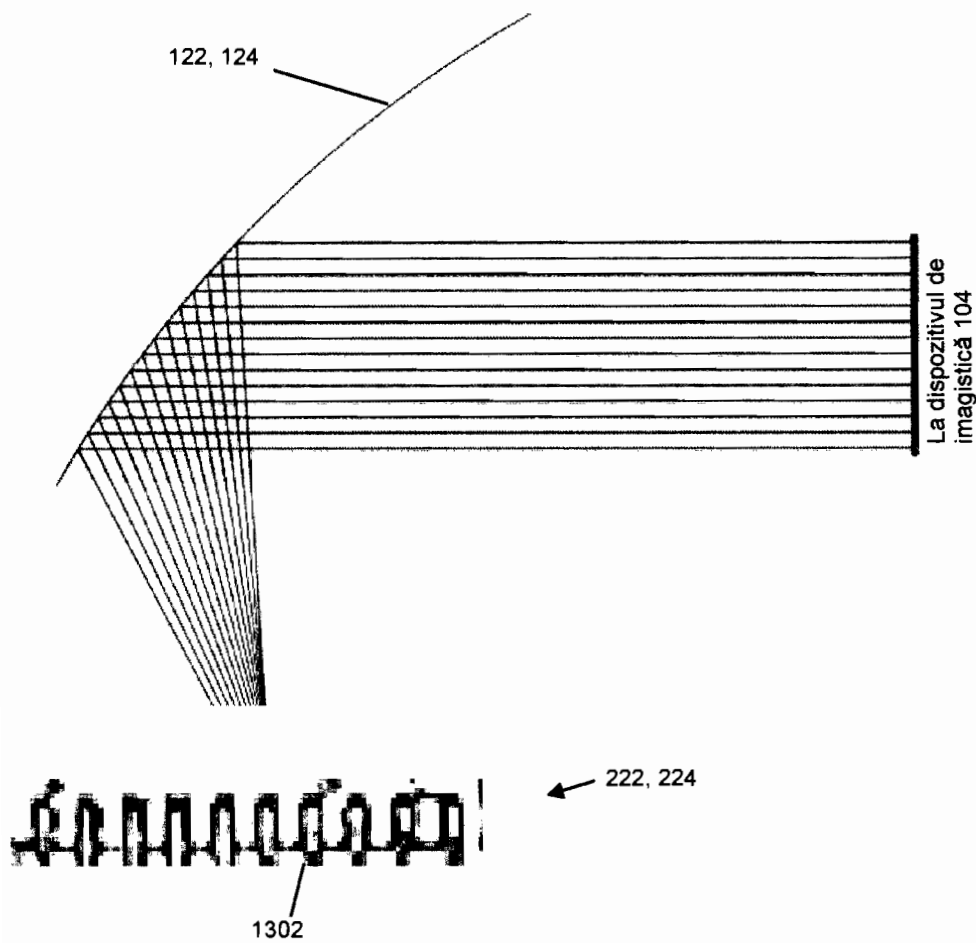


FIG. 13

14/17

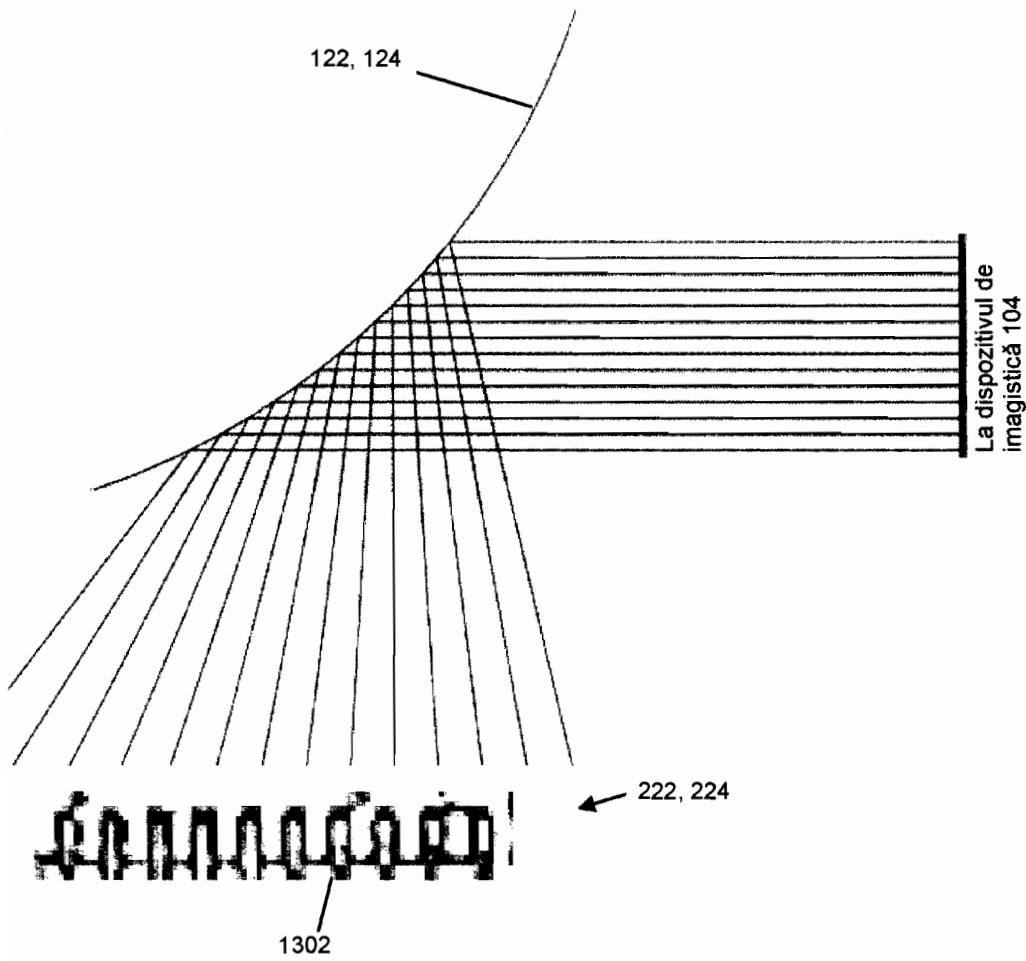


FIG. 14

15/17

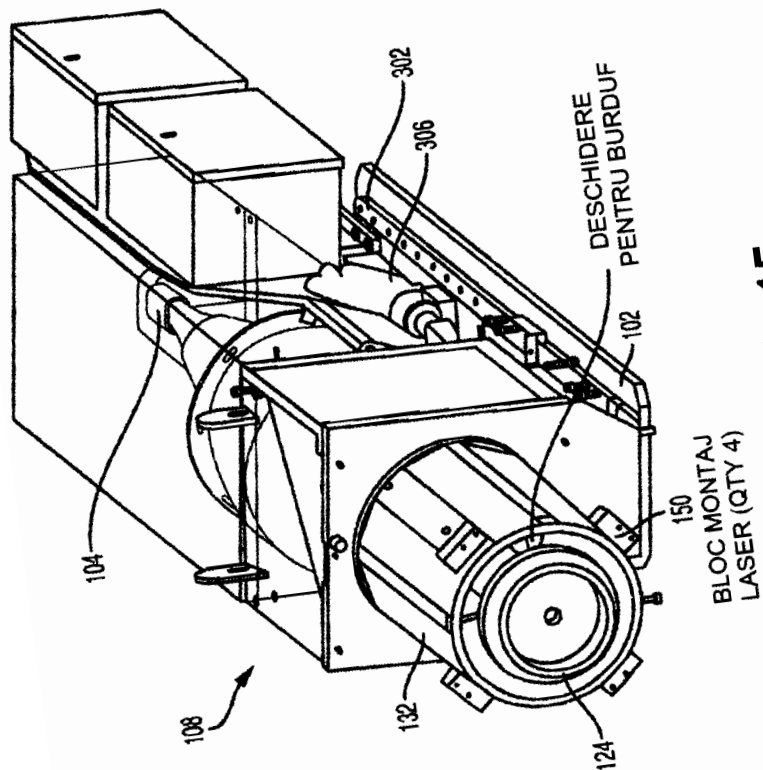


FIG. 15

90

16/17

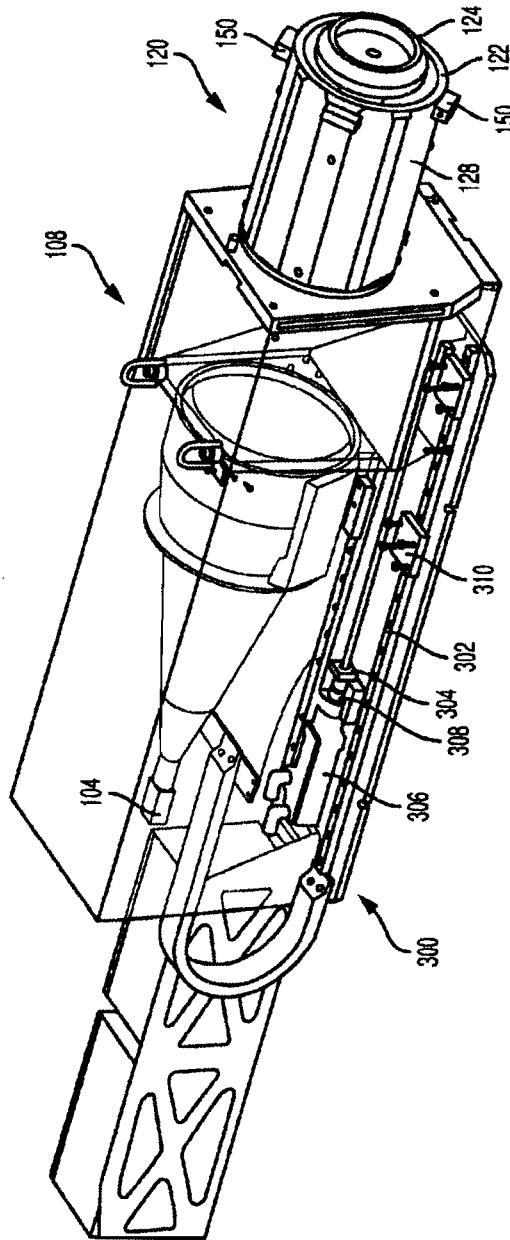


FIG. 16

R. S. Jones

17/17

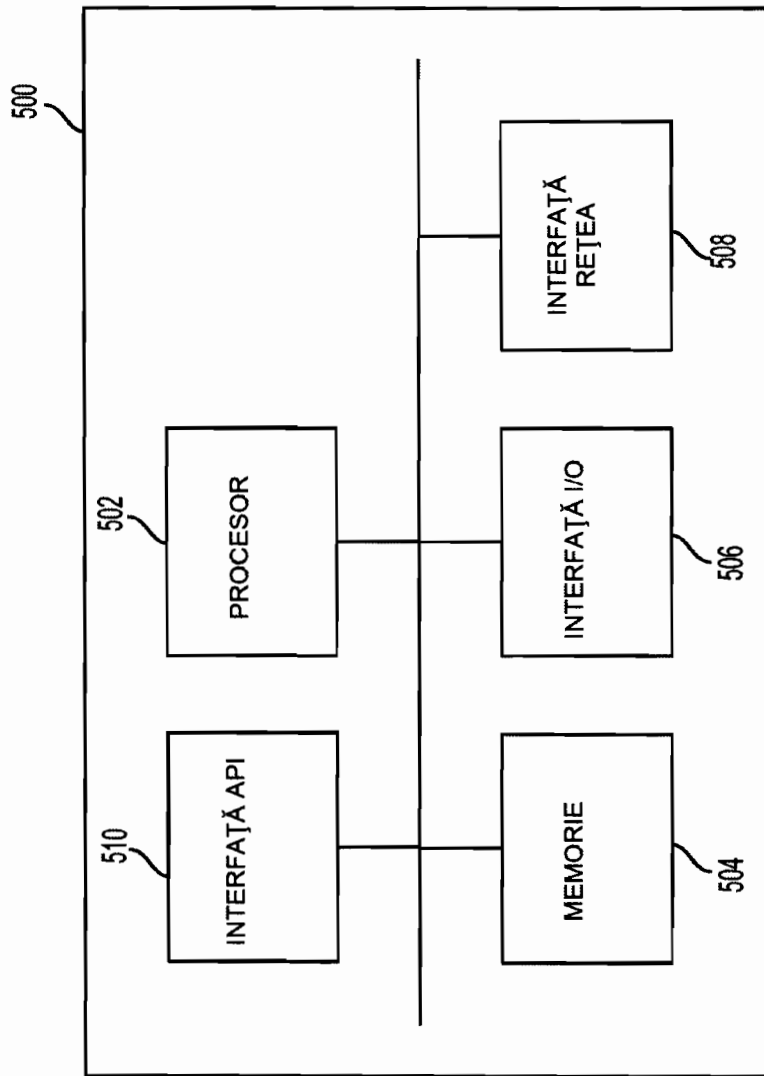


FIG. 17