



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 30.12.76 (P. 194990)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 03.07.78

Opis patentowy opublikowano: 31.05.1982

Int. Cl.²

G01N 29/02

CZYTELNICIA

Urzędu Patentowego
Pol. 12. 1982 11 (Lutowej)

Twórcy wynalazku: Antoni Śliwiński, Janusz Sułocki, Paweł Czyż, Lech Lipiński, Iwona Maria Wojciechowska

Uprawniony z patentu: Uniwersytet Gdański, Gdańsk (Polska)

Sposób pomiaru stężenia mieszanin ciekłych i urządzenie do pomiaru stężenia mieszanin ciekłych

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do pomiaru stężenia mieszanin ciekłych, oparte na zasadach zależności długości fal ultradźwiękowych od prędkości ich propagacji oraz zależności ugięcia fal świetlnych od długości fal ultradźwiękowych w ośrodku, w którym rozchodzą się te fale.

Wynalazek dotyczy miernictwa, zwłaszcza miernictwa stężenia mieszanin ciekłych.

Znane i stosowane sposoby i urządzenia do pomiaru stężenia mieszanin ciekłych oparte są na zjawisku skrócenia płaszczyzny polaryzacji wiązki światła spolaryzowanego liniowo, przechodzącego przez ciecz, od stężenia mieszaniny — cieczy badanej.

Znane urządzenie, służące pomiarom, to jest sacharymetr, składa się ze źródła światła, kolimatora, polaryzatora wejściowego, filtru optycznego, kuwety z badaną mieszaniną lub roztworem oraz z analizatora polaryzacyjnego. Pomiar stężenia mieszaniny lub roztworu polega na tym, że strumień światła, pochodzący ze źródła światła jest uformowany w równoległą wiązkę przez kolimator i spolaryzowany liniowo przez polaryzator wejściowy. Po przejściu przez filtr przechodzi on przez kuwetę z badaną cieczą. Płaszczyzna polaryzacji światła ulega skręceniu w cieczy o kąt, którego wartość jest proporcjonalna do wartości stężenia badanej cieczy. Kąt ten mierzony jest za pomocą analizatora, zaopatrzonego w odpowiednią

2

skalę. Odczyt następuje od razu w procentach stężenia roztworu cukru.

Znany stężeniomierz posiada bardzo wąski zakres zastosowań, bowiem można go używać jedynie do pomiaru stężenia cieczy tak zwanych optycznie czynnych.

Znany jest też inny sposób pomiaru i urządzenie do pomiaru, oparte na zasadzie zależności przewodności galwanicznej mieszaniny cieczy od jej stężenia. Znany konduktometryczny miernik mieszanin ciekłych zawiera kuwetę pomiarową, zaopatrzoną w dwie elektrody pomiarowe oraz miernik przewodności galwanicznej, połączony z tymi elektrodami. Znany sposób działania urządzenia, to jest sposób pomiaru stężenia mieszaniny ciekłej polega na tym, że kuwetę wypełnia się badaną mieszaniną lub roztworem i włącza się miernik przewodności, wyskalowany od razu w procentach stężenia określonej mieszaniny.

Także ten znany stężeniomierz znajduje zastosowanie jedynie tam, gdzie badana mieszanina lub roztwór wykazują przewodność galwaniczną i przewodność ta jest funkcją stężenia. Przyrząd taki jest zupełnie nieprzydatny do pomiaru stężenia mieszanin różnych olejów, alkoholi, estrów itp.

Oba znane, opisane sposoby i urządzenia do pomiaru stężeń mieszanin ciekłych względnie roztworów, znajdują zastosowanie przede wszystkim w pracach laboratoryjnych. Bezpośrednie wyko-

rzystanie wyników pomiarowych do kontroli i regulacji procesów technologicznych jest praktycznie niemożliwe. Dotychczas nie udało się zastosować tych znanych sposobów i urządzeń do sterowania procesami przemysłowymi w układach automatycznej regulacji linii technologicznych.

Znane są zależności długości fal ultradźwiękowych od prędkości ich propagacji w różnych ośrodkach np. gazowych, ciekłych i stałych oraz zależności ugięcia fal świetlnych od długości fal ultradźwiękowych. Długość fali ultradźwiękowej jest wprost proporcjonalna do prędkości jej propagacji, a zależność między ugięciem fal świetlnych a długością fal ultradźwiękowych jest również wprost proporcjonalna.

Badania akusto-optyczne, a konkretnie badania oparte na wykorzystaniu zjawiska dyfrakcji światła na falach ultradźwiękowych w określonych ośrodkach teoretycznie przewidziane przez Brillo-nina — „La diffraction de la lumiere pas de ultrasons”, Paris 1933 — zostały zrealizowane doświadczalnie w latach 30-tych przez Deby'ea i Searsa — Proc. Nat. Acad. Sei. USA 18, 409, (1932) oraz niezależnie przez Sucasa i Biquarta — J. Phys. Rad., 3, 464 (1932). Obecnie badania własności fizycznych ciał stałych, cieczy i gazów metodami ultradźwiękowymi stanowią rozległą dziedzinę. Metodę ultradźwiękową zastosowano głównie do pomiaru prędkości propagacji dźwięku w cieczach jednorodnych.

Dotychczas metody pomiaru stężenia mieszanin ciekłych oparte na wykorzystaniu zjawiska dyfrakcji światła na ultradźwiękach nie były stosowane.

Celem wynalazku jest sposób i urządzenie do pomiaru stężeń mieszanin ciekłych, które mogą być stosowane do pomiaru cieczy nie tylko optycznie czynnych lub wykazujących przewodność galwaniczną, ale również i do cieczy nie posiadających tych własności fizycznych. Dalszym celem wynalazku jest także rozwiązanie konstrukcji urządzenia, które pozwala na prowadzenie pomiarów ciągłych oraz bezpośrednie wykorzystywanie wyników pomiarowych do sterowania, regulacji i rejestracji w liniach technologicznych, w sposób samoczynny.

Cel ten został osiągnięty przez wykorzystanie zasad zależności długości fal ultradźwiękowych od prędkości propagacji oraz zależności ugięcia fal świetlnych od długości fal ultradźwiękowych w ośrodku, w którym rozchodzą się te fale. Istotą sposobu według wynalazku jest wprowadzanie do badanej ciekłej mieszaniny bieżącej fali ultradźwiękowej oraz prostopadle do tej fali, wprowadzenie równoległej wiązki światła, korzystnie monochromatycznego, którego dyfrakcję mierzy się w znany sposób, przy czym zmierzona odległość między prążkami rzędów $+1$ oraz -1 jest miarą stężenia.

Według wynalazku wprowadzona do badanej cieczy bieżąca fala ultradźwiękowa jest przy wejściu z badanej cieczy wytłumiana sposobem absorpcji refleksyjnej. Częstotliwość wprowadzanej fali ultradźwiękowej jest stała. Wprowadzana do

badanej cieczy równoległa wiązka światła jest wstępnie monochmatyzowana, skupiona i ograniczona do możliwie małej szerokości, korzystnie zapewniającej koherencję wiązki w obszarze analizowanym. Pomiar odległości prążków przeprowadza się na drodze podziału wzdłużnego każdego prążka, za pomocą układu przyzmatów, ustawionych tak, aby obie połowy prążka dawały jednakowe oświetlenie fotorezystorów. Przyzmaty nadążają za prążkami — stąd pomiar odległości między nimi.

Urządzenie do pomiaru stężenia mieszanin ciekłych, według wynalazku, zawiera komorę pomiarową, optyczny układ, a także elektroniczny układ pomiarowy. Istotą jego jest zastosowanie jako komory pomiarowej deflektora ultradźwiękowego, wyposażonego w ultradźwiękowy przetwornik. Układ optyczny ma na końcu usytuowaną segmentową przesłonę dla eliminacji prążków wyższych (poza $+1$ i -1) rzędów, za którą z kolei usytuowane są pełnoodbijające przyzmaty i fotorezystorami, połączonymi z wejściem torów elektronicznego układu pomiarowego oraz pędnikami i siłownikami ruchu przyzmatów a także pędnikami ruchu rezystorów potencjometrycznych. Fotorezystory stanowią gałąź mostka Wheastone'a, będącego wejściowym elementem układu elektronicznego. Deflektor jest na wyjściu toru ultradźwiękowego wyposażony w absorber refleksyjny, wytłumiający falę ultradźwiękową bez ech. Przesuwennie zamocowane przyzmaty są połączone z wózek i przekładniami zębatymi z dwufazowymi silnikami, do których doprowadzone jest napięcie z mostka Wheastone'a poprzez wzmacniacze. Silniki są połączone z zasilającym je generatorem prądu przemiennego podwyższonej częstotliwości. Z przekładniami zębatymi są sprzężone mechanicznie także wieloobrotowe rezystory potencjometryczne. Suwaki tych rezystorów potencjometrycznych, napięcie między którymi stanowi wyjściową różnicę napięć, połączone są z zaciskami wejściowymi wskaźnikowego układu.

Przedmiot wynalazku, realizując postawione cele, wykazuje korzystne skutki techniczne i techniczno-użytkowe. Została stworzona możliwość zarówno statycznego jak i dynamicznego pomiaru stężeń mieszanin ciekłych i roztworów, niezależnie od tego czy są one optycznie czynne lub czy wykazują właściwości przewodzenia galwanicznego, uzależnionego funkcyjnie od stężenia, lub też czy wykazują inne szczególne własności fizyczne zależne funkcyjnie od stężenia. Istotną zaletą techniczną wynalazku jest bardzo duża dokładność pomiarów. Sposób i urządzenie umożliwiają uzyskanie dokładności wyższej niż 1%. Jednocześnie czas pomiaru jest bardzo krótki, znacznie krótszy niż czasy pomiaru możliwe do osiągnięcia znanymi sposobami i urządzeniami. Wynosi on za ledwie ułamek sekundy. Ta cecha pozwala na stosowanie rozwiązania według wynalazku w układach wielokanałowych.

Przedmiot wynalazku jest pokazany w przykładowym wykonaniu na rysunku na którym fig. 1 przedstawia w sposób schematyczny układ aku-

styczny, fig. 2 — schemat urządzenia, fig. 3 — deflektor akustooptyczny z tłumikiem refleksyjnym w widoku z boku, a fig. 4 tenże deflektor, służący do statycznego i dynamicznego pomiaru stężenia badanej cieczy, w widoku z góry. Układ optyczny zawiera lampę 1, monochmatyzujący optyczny filtr 2, skupiającą soczewkę 3, szczelinową przesłonę 4 i usytuowaną za nią drugą soczewkę 5. Pomiarową komorę stanowi ultradźwiękowy deflektor 6, wyposażony w ultradźwiękowy przetwornik 7. Oś ultraakustyczna komory to jest deflektora 6, jak również kierunek emisji ultradźwięków przez przetwornik 7, jest prostopadła w stosunku do osi optycznej opisanego układu optycznego. Za komorą pomiarową jest usytuowana kolejna skupiająca soczewkę 8, dająca obraz szczeliny w płaszczyźnie obrazowej 9 (Fig. 1). Przetwornik ultradźwiękowy 7 jest połączony i zasilany z elektronicznego generatora 10.

Za skupiającą soczewką 8 utworzoną z zestawu optycznego (Fig. 2) umieszczona jest segmentowa przesłona 11, a za nią zestaw pełnoodbijających pryzmatów 14, których wodzidła sprzężone są za pośrednictwem zębatach przekładni 13 z parą dwufazowych silników 12. Pryzmaty 14 są wyposażone w fotorezystory, stanowiące każdy jedną z gałęzi mostka Wheastone'a 15. Z zębatymi przekładniami 13 są również sprzężone mechanicznie wieloobrotowe rezystory potencjometryczne 18. Silniki 12 są połączone i zasilane z elektronicznego generatora 16 prądu przemienne o częstotliwości 400 Hz. Cały układ pomiarowy jest zasilany z regulowanego zasilacza stabilizowanego 17, dostarczającego do poszczególnych elementów układu elektronicznego odpowiednie napięcie i prądy. Zaciski suwakowe rezystorów potencjometrycznych 18, stanowiące zaciski wyjściowe układu pomiarowego są połączone z zaciskami wejściowymi wskaźnikowego układu 19 (Fig. 2).

Deflektor ultradźwiękowy 6 (Fig. 1 i 2) składa się z następujących elementów: pomiarowej komory 20, tłumika 21, optycznego tubusu 22 oraz osłony 23. Tłumik refleksyjny 21 jest połączony z tubusem 22 za pomocą kołnierza 24 z uszczelniającą przekładką 25. Oś optycznego tubusu 22 jest prostopadła w stosunku do osi komory 20. Tubus 22 jest wyposażony w przezroczyste okienka 26 i 27 oraz końcówki 28 i 29 wlotu i wylotu badanej cieczy, jak również wspornik 30 mocujący (Fig. 3 i 4).

Sposób pomiaru stężenia mieszanin cieczy oparty jest na znanych zasadach zależności długości fal ultradźwiękowych rozchodzących się w cieczy od prędkości propagacji oraz zależności ugięcia fal świetlnych od długości fal ultradźwiękowych w ośrodku (to jest w badanej cieczy), w którym rozchodzą się te fale.

Rozproszenie światła w ośrodku, w którym rozchodzi się fala ultradźwiękowa, wynika z różnic gęstości ośrodka w maksimach i minimach ciśnienia tej fali, podobnie jak na siatce dyfrakcyjnej. Zależność kąta ugięcia α odpowiadającą prążkowi pierwszego rzędu, od długości λ fali świetlnej

i długości Λ fali ultradźwiękowej, odgrywającej tu rolę stałej siatki, podaje znany wzór

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{\Lambda}$$

który dla małych kątów α , nie większych od kilku sekund, można uprościć do postaci:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\Lambda}$$

Określając kąt α z zależności geometrycznych, widocznych na rysunku (Fig. 1), otrzymuje się:

$$\frac{d}{D} = \tan \alpha$$

w którym d oznacza odległość między sąsiednimi prążkami dyfrakcji pierwszego rzędu, natomiast D to odległość od płaszczyzny głównej soczewki skupiającej wyjściowej do płaszczyzny obrazowej, stąd przyjmując także uproszczenie, jak poprzednio

$$\frac{d}{D} = \alpha = \frac{\lambda}{\Lambda}$$

stąd odległość między sąsiednimi prążkami dyfrakcji pierwszego rzędu:

$$d = \frac{\lambda}{\Lambda} \cdot D$$

jest wprost proporcjonalna do długości fali świetlnej λ i odwrotnie proporcjonalna do długości fali ultradźwiękowej. W przypadku stałej częstości drgań f przetwornika ultradźwiękowego 7, przy prędkości c rozchodzenia się fali ultradźwiękowej w cieczy, długość Λ tej fali ultradźwiękowej

$$\Lambda = \frac{c}{f}$$

Tak więc odległość między sąsiednimi prążkami dyfrakcji pierwszego rzędu wyraża się wzorem

$$d = \frac{\lambda}{c} \cdot D \cdot f$$

Ponieważ jednak prędkość fali ultradźwiękowej c jest funkcją: stężenia mieszaniny, temperatury, ciśnienia i ściśliwości, to dla stałych wartości: temperatury, ciśnienia i ściśliwości, odległość d jest funkcją stężenia mieszaniny, czyli rozchylenie prążków pierwszego rzędu jest jednoznaczna funkcją stężenia badanej mieszaniny lub roztworu.

Sposób pomiaru, oparty na opisanych zasadach i zależnościach jest następujący. Światło lampy 1, po przejściu przez monochmatyzujący filtr optyczny 2 jest skupione przez soczewkę 3 tak, że ognisko strumienia świetlnego pozostaje w szczelinie przesłony szczelinowej 4. Po przejściu przez szczelinę strumień światła zostaje uformowany w wiązkę równoległą za pomocą soczewki 5 tak, że wypełnia aparaturę optyczną okienka 26 deflektora ultradźwiękowego 6. Deflektor 6 zawiera badany roztwór lub mieszaninę ciekłą.

W tej cieczy jest wzbudzona bieżąca fala ultradźwiękowa przez przetwornik 7, zasilany z generatora elektronicznego 10. W wyniku oddziaływania fal świetlnych i fali ultradźwiękowej w bada-

nej cieczy światło ulega dyfrakcji. Układ soczewek 8 tworzy w płaszczyźnie obrazowej 9 obraz szczeliny 4. Na skutek dyfrakcji utworzone są równoległe prążki (ma miejsce rozszczepienie światła). Segmentowa przesłona 11 wydziela tylko prążki $+1$ i -1 rzędu. Te prążki padają na system dwóch pryzmatów pełnoodbijających 14 z fotorezystorami. Pryzmaty dzielą każdy z prążków równoległe do swych dłuższych krawędzi na dwie części. Każda z nich pada na oddzielny fotorezystor, stanowiący jedną z gałęzi mostka Wheastone'a 15.

Sygnal z tego mostka 15, po wzmocnieniu, steruje przesuwem układu ruchomych pryzmatów 14, za pomocą pary silników dwufazowych 12, sprzężonych za pośrednictwem przekładni zębatych 13 z wodźnikami pryzmatów 14. Silniki 12 są zasilane prądem przemiennym 400 Hz z generatora 16. Wraz z zanikiem napięcia na przekątnej mostka 15, pryzmaty 14 dokładnie lokalizują położenie prążków — zanika również napięcie w jednej z faz uzwojeń silników 12. Powoduje to wstrzymanie przesuwu pryzmatów 14 czujnika fotorezystorowego. Z przekładniami zębatymi 13 są również mechanicznie sprzężone rezystory potencjometryczne wieloobrotowe 18. Sygnal wyjściowy, równy różnicy napięć na zaciskach suwakowych tych rezystorów potencjometrycznych 18, zostaje doprowadzony na zaciski wejściowe układu wskaźnikowego 19. W przykładach podano zastosowanie sposobu i urządzenia według wynalazku do dokładnych pomiarów stężeń mieszanin ciekłych.

Przykład I. Pomiary stężenia wodnego roztworu soli kuchennej NaCl uzyskano dla następujących odległości d między sąsiednimi prążkami dyfrakcji:

d (mm)	5,00	4,90	4,75	4,62	4,53	4,45	4,33	4,22	4,15
stężenie w %	0	2	5	8	10	12	15	18	20

Pomiary zostały przeprowadzone przy użyciu ruchomych pryzmatów 14 z dokładnością do 0,01 mm. Odpowiada to zmianie stężenia wynoszącej 0,2%, co stanowi w tym przypadku wartość błędu pomiaru.

Uzyskany ciąg wyników wskazuje, że ze wzrostem stężenia soli kuchennej NaCl długość fali ultradźwiękowej A w roztworze wzrasta, a zgodnie z wzorami maleje d . Uzyskane wyniki pokrywają się z danymi zaczerpniętymi z literatury naukowej (Bergmann L. „Der Ultraschall und seine Anwendung in Wissenschaft und Technik”, Zürich 1954, Kinsler L. R., Frey A. K. „Fundamentals of acoustics” J. Wiley and Sons, New York 1962).

Przykład II. Podane pomiary przeprowadzono również dla mieszaniny alkoholu etylowego C_2H_5OH i wody H_2O .

Uzyskano wyniki jak następuje:

d (mm)	5,00	4,93	4,83	4,73	4,67	4,61	4,52	4,43	4,38
stężenie (%)	0	2	5	8	10	12	15	18	20

Dokładność pomiarów i w tym przypadku wynosiła około 0,3%. Należy jednak zaznaczyć, że urządzenie musi być homologowane dla każdego rodzaju badanej cieczy. Ponieważ aparatura jest do tego przystosowana, zabieg nie jest ani czasochłonny ani trudny.

Przedmiot wynalazku znajduje zastosowanie w gospodarce społecznej w różnych jej dziedzinach.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru stężenia mieszanin ciekłych, **znamienny tym**, że do badanej mieszaniny ciekłej wprowadza się bieżącą falę ultradźwiękową oraz prostopadłe do tej fali, wprowadza się równoległą wiązkę światła, korzystnie monochromatycznego, którego dyfrakcję mierzy się w znany sposób, przy czym zmierzona odległość między prążkami rzędów $+1$ i -1 jest miarą stężenia.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wprowadzona do badanej cieczy bieżąca fala ultradźwiękowa jest przy wyjściu z badanej cieczy wytłumiana przez absorpcję refleksyjną.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że częstotliwość wprowadzonej fali ultradźwiękowej jest stała.

4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wprowadzona do badanej cieczy równoległa wiązka światła jest wstępnie monochromatyzowana, skupiona i ograniczona do możliwie małej szerokości, korzystnie zapewniającej koherencję wiązki w obszarze analizowanym.

5. Urządzenie do pomiaru stężenia mieszanin ciekłych, zawierające komorę pomiarową, układ optyczny oraz elektroniczny układ pomiarowy,

znamiennie tym, że komorę pomiarową stanowi deflektor ultradźwiękowy (6), wyposażony w ultradźwiękowy przetwornik (7), a układ optyczny ma na końcu usytuowaną segmentową przesłonę (11) dla eliminacji prążków wyższych (poza $+1$ i -1) rzędów, za którą z kolei usytuowane są pełnoodbijające pryzmaty (14) z fotorezystorami, połączonymi z wejściami elektronicznymi układów pomiarowych oraz pędnikami i siłownikami ruchu pryzmatów (14), a także pędnikami ruchu rezystorów potencjometrycznych (18).

6. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że fotorezystory pryzmatów (14) stanowią jedną gałąź mostka Wheastone'a (15), będącego wejściowym elementem układu elektronicznego.

7. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że deflektor (6) wyposażony jest na wyjściu toru ultradźwiękowego w obsorber refleksyjny, wytłumiający falę ultradźwiękową bez ech.

8. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że przesuwne zamocowane pryzmaty (14) połączone są wózidłami i przekładniami zębatymi (13) z dwufazowymi silnikami (12), do których doprowadzone jest napięcie z mostka Wheastone'a (15) poprzez wzmacniacze.

9. Urządzenie według zastrz. 8, **znamiennie tym**, że z przekładniami zębatymi (13) sprzężone są mechanicznie wieloobrotowe rezystory potencjometryczne (18).

10. Urządzenie według zastrz. 8, **znamiennie tym**, że silniki (12) połączone są z zasilającym je generatorem prądu przemiennego podwyższonej częstotliwości (16).

5 11. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że suwaki rezystorów potencjometrycznych (18), połączone są z zaciskami wejściowymi wskaźnikowego układu (19).

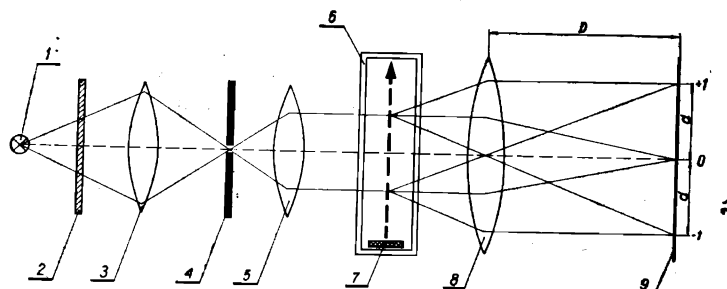


Fig. 1

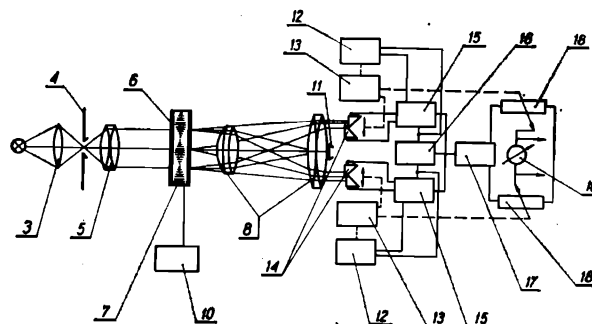


Fig. 2

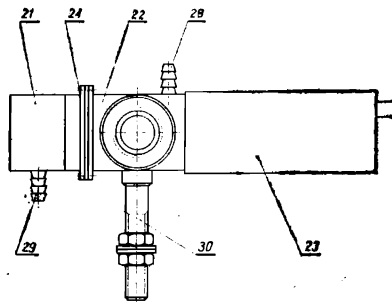


Fig. 3

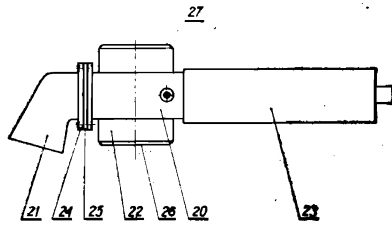


Fig. 4