

Patent dodatkowy
do patentu

Kl. 42 h, 17/02

Zgłoszono: 29.III.1965 (P 108 148)

Pierwszeństwo: 25.IV.1964 Niemiecka
Republika
Demokratyczna

MKP G 01 j

1/04

Opublikowano: 31.III.1969

UKD

Współtwórcy wynalazku: dr Wolfgang Nebe, Heinz Riegler

Właściciel patentu: VEB Carl Zeiss Jena, Jena (Niemiecka Republika De-
mokratyczna)

Fotoelektryczne urządzenia pomiarowe

1

Wynalazek dotyczy fotoelektrycznego urządzenia do ciągłego pomiaru odchylen określonej jednorodnej wiązki promieni świetlnych, przy czym odchylenia te są wywoływane przez badany obiekt. W urządzeniu tym tworzy się na przesłonie obraz otworu, przez który wchodzi światło i za pomocą modulatora wywołuje się ruch powstałego obrazu względem przesłony. Podstawę pomiaru fotoelektrycznego stanowi przy tym metoda zerowa, niezależna od wahań jasności źródła światła przy użyciu tylko jednego czujnika fotoelektrycznego.

Znane są refraktometry o ciągłym pomiarze, w których wykorzystuje się zalety metody zerowej przy użyciu jednej tylko fotokomórki przez zastosowanie metody zmiennego oświetlenia. Potrzebne w tej metodzie dwie oddzielne wiązki promieni świetlnych wytwarza się albo przed kuletą refraktometru, co powoduje konieczność posiadania dwu oddzielnie umieszczonych kulek dla próbek i cieczy porównawczej, albo też dzieli się, za kuletą wiązkę promieni świetlnych na dwie jednakowe częściowe wiązki promieni, co znow wymaga wysokowartościowych elementów optycznych o bardzo czułym nastawianiu. Wadą jest tu dalej to, że każda niezamierzona zmiana jasności jednego z obu promieni, spowodowana, na przykład zanieczyszczeniem, prowadzi natychmiast do błędnego odczytu.

Znany jest także taki refraktometr, w którym

2

próbuję się ominąć trudności, związane z metodą zmiennego oświetlenia, przez zastosowanie metody modulacji.

Metody modulacji tego rodzaju wymagają jednej tylko wiązki promieni świetlnych i są niezależne od wahań jasności. Refraktometr taki ma jednak tę wadę, że nie przewiduje się zerowania, wskutek czego zakres pomiaru jest ograniczony szerokością przesłony wychwytyjącej, oraz drugą wadę, gdyż zakłada się jednorodny rozkład światła w wychylonej wiązce świetlnej, co z kolei wymaga bardzo starannej regulacji oraz próbek o optycznie całkowicie równomiernej wyrazistości. Wymagania stawiane wzmacniaczowi pod względem liniowości i stałości wzmocnienia oraz stabilności zera są wysokie, ponieważ każda zmiana powoduje błąd pomiarowy.

Znany jest również refraktometr do ciągłych pomiarów, w którym określona wiązka świetlna pada na fotokomórkę poprzez przesłonę, najlepiej trójkątną. Wiazkę świetlną porusza się po trójkątnej przesłonie periodycznie z określoną częstotliwością (60 Hz) za pomocą drgań zwierciadła lub przeciwbieżnego obrotu dwu zbieżnych płytek klinowych. Wiazkę wytwarza wtedy w fotokomórce, nawet przy wyzerowaniu, silny sygnał prądu zmiennego, głównie o podwójnej częstotliwości (120 Hz). Z chwilą odchylenia wiązki promieni świetlnych, na pierwotny prąd o częstotliwości 120 Hz nakłada się prąd o częstotliwości 60 Hz.

Za pomocą filtru tłumi się wszystkie częstotliwości powyżej 60 Hz, aby nie przeciążać wzmacniacza i tym samym obniżyć czułość całego obwodu regulacyjnego. Serwomechanizm naprowadza odpowiedni układ optyczny. Metoda ta posiada znaczne wady. I tak nierównomierny rozkład natężenia światła w przekroju wiązki promieni świetlnych powoduje to, że położenie zerowe nie jest symetryczne względem trójkątnej przesłony. Drgania wiązki świetlnej odbywają się wzdłuż prostej równoległej do podstawy trójkąta. Aby to zapewnić trzeba stosować kosztowne przyrządy pomocnicze. Wiązka promieni świetlnych, przepuszczona przez przesłonę, wytwarza na fotokatodzie ruchomą plamkę świetlną. Ponieważ czułość katody w różnych punktach zawsze wykazuje pewne różnice, powstaje dodatkowy sygnał, powodujący błędy pomiarowe. Zachodzi też potrzeba odfiltrowywania w dodatkowych urządzeniach składowej o częstotliwości 60 Hz, występującej na skutek odchylenia oprócz prądu użytecznego o częstotliwości 120 Hz.

Wreszcie znany jest sposób samoczynnego nastawiania się fotokomórki na maximum lub minimum w polu promieniowania o zmieniającym się gradiencie. Sposób ten polega na użyciu drgającej szczeliny do przeszukiwania pola promieniowania w kierunku zmian pola. Powstające przez to w fotokomórce zmienne napięcie służy do sterowania silnika naprowadzającego. Tego sposobu używa się najchętniej do analizowania linii widmowych o nierównomiernym rozkładzie natężenia w kierunku analizowanym.

Amplituda drgań szczeliny musi być mała w porównaniu z wymiarami pola promieniowania, a szerokość szczeliny powinna stanowić co najwyżej jedną czwartą do połowy amplitudy drgań. Wymogi te i warunki nie dają się jednak przenieść do techniki pomiaru odchylenia jednorodnej wiązki świetlnej, ponieważ szczelina drgająca w jednorodnym polu promieniowania nie daje przy małych przesunięciach tego pola żadnego sygnału, jeżeli amplituda drgań i szerokość szczeliny są znacznie mniejsze od szerokości pola.

Zadaniem omawianego wynalazku jest stworzenie urządzenia fotoelektrycznego do ciągłego pomiaru wychylenia wiązki promieni świetlnych, powodowanego przez obiekt badany, w którym mimo niewielkiego nakładu środków zachodzi jednoznaczne określenie położenia zerowego, nie mają wpływu zmiany natężenia strumienia świetlnego i nie ma potrzeby filtracji niepożądanych składowych prądowych.

W myśl wynalazku zadanie to rozwiązano tak, że w położeniu równowagi nie przecinają się kontury obrazu wlotu światła i czynnej części przesłony, oraz że zastosowano urządzenie optyczne, rzucające na czujnik fotoelektryczny obraz pewnego wycinka wiązki promieni, mającego równomierną jasność i znajdującego się w spoczynku. W ten sposób w położeniu równowagi wytwarza się w czujniku fotoelektrycznym sygnał prądu stałego, dzięki czemu zmiany jasności obrazu wlotu światła nie mają wpływu na pomiar. W stanie nierównoważenia powstaje w czujniku fotoelek-

trycznym sygnał prądu zmiennego. Sygnał ten w znanym obwodzie pomiarowym i regulacyjnym wywołuje zrównoważenie. Drgania obrazu wlotu światła względem przesłony mogą być kołowe lub liniowe. Drgać może wlot światła, jego obraz, lub przesłona. Oprócz tego wynalezione urządzenie uniemożliwia drgania plamki świetlnej, wytworzonej na czujniku fotoelektrycznym.

Część przesłony, współpracująca z wlotem światła lub jego obrazem, może być dla światła przepuszczalna lub też nieprzepuszczalna.

Jeżeli przesłona posiada część czynną, podobną do obrazu wlotu światła, to różnice między obrazem a częścią czynną polegają jedynie na ich wymiarach. Przy tym jest bez znaczenia, czy większe są wymiary obrazu wlotu czy też podobnej doń części przesłony. Musi być jedynie spełniony warunek, aby w stanie zrównoważenia w czasie drgań względem siebie obraz wlotu światła nie opuszczał podobnej doń części przesłony, jeżeli jest ona większa od obrazu, lub też aby część przesłony podobnej do obrazu nie wychodziła poza obraz, jeżeli jest ona mniejsza od obrazu.

Zaleca się wykonać prostokątny kształt wlotu światła oraz przesłony. Zaletą prostokątnego kształtu wlotu światła oraz czynnej części przesłony stanowi stromość powstającego przy wychyleniu sygnału elektrycznego. Zaletą jest także znacznie mniejszy nakład, potrzebny przy odpowiednim wymiarowaniu obrazu wlotu światła, przesłony i amplitudy drgań dla uzyskania kołowego ruchu względnego, niż dla ruchu względnego liniowego.

Przesłona lub jej część czynna może być zaopatrzona w specjalne wycięcia, które przyczyniają się do zwiększenia zakresu, w którym obraz wlotu światła jest naprowadzony na przesłonę. Możliwa jest kontrola gotowości aparatu do pracy przez wytwarzanie w stanie nierównoważenia dodatkowego sygnału o dwukrotnie wyższej częstotliwości, niż częstotliwość sygnału prądu zmiennego.

Ten sygnał dodatkowy wywoływany jest na przykład przy niezmiennych wymiarach obrazu wlotu światła i czynnej części przesłony przez zwiększenie amplitudy ich wzajemnych drgań.

Przedmiot wynalazku nadaje się szczególnie dobrze do rejestracji współczynników załamania przepływających cieczy lub gazów, przy czym obiekt mierzony przepływa przez kuwetę pryzmatyczną, wykonaną w znany sposób. Dalsze zastosowania, to rejestracja gradientów współczynnika załamania w ośrodkach uwarstwionych, kontrola kolejnych warstw cieczy lub gazów w zbiornikach lub też kontrola ciał stałych na rysy wewnętrzne. Dalej można też badać jakość powierzchni przezroczystych ciał stałych przez prześwietlenie lub też lustrzanych powierzchni przez naświetlenie.

Wynalazek zostanie objaśniony bliżej na podstawie rysunku. Na fig. 1 przedstawiony jest przykład wykonania przedmiotu wynalazku w ujęciu schematycznym, na fig. 2 — przesłona, na fig. 3 a—d wykresy sygnałów z czujnika w różnych warunkach, na fig. 4 a—c — trzy kształty przesłony, a na fig. 5 przedstawiony jest wykres amplitudy

sygnału z czujnika w zależności od wychylenia w pozycji równowagi.

Na fig. 1 w pobliżu kuwety 3, zawierającej badany obiekt, znajduje się obraz źródła światła 1, rzucony przez kondensator 2. Szczelinowy wlot światła 4, oświetlony przez źródło światła 1, jest umieszczony w przedniej płaszczyźnie ogniskowej obiektywu 5, a jego powstaje w płaszczyźnie przesłony 7 pod działaniem soczewki 6. W pobliżu kuwety 3 lub w płaszczyźnie z kuwetą związaną jest umieszczona przesłona obiektu 8. Przesłona jest nieruchoma, lub też przesuwna w kierunku prostopadłym do osi optycznej $X-X$, co ma na celu badanie obiektu, w różnych punktach. Pomiedzy obiektywem 5 a soczewką 6 promienie biegną równolegle i na tym odcinku znajduje się zbieżna płytka klinowa 9, wirująca wokół osi optycznej $X-X$. Za pomocą soczewki 10 umieszczonej bezpośrednio za przesłoną 7 tworzy się na fotokomórce 11 obraz przedniej (w stosunku do biegu promieni) płaszczyzny płytki.

Wspólne źródło energii 12 zasila równocześnie silnik modulacyjny 14 o stałej fazie, obracający stale w czasie pomiaru płytkę 9 za pośrednictwem wałka 13, i równocześnie serwowator 15. Ten ostatni porusza za pośrednictwem mechanizmu 16 i 17 zwierciadło 18, umieszczone w biegu promieni tworzących obraz, a służące do zmiany kierunku światła i do zrównoważenia. Celem jego ruchu jest naprowadzanie obrazu szczeliny w płaszczyznę przesłony. Do mechanizmu 16, 17 jest przytwierdzona wskazówka 19, która na odpowiednio wychylonej skali 20 pokazuje wartość naprowadzającego przesunięcia. Serwowator 15 jest połączony z fotokomórką 11 za pośrednictwem wzmacniacza 21, zasilanego ze wspólnego źródła 12.

Wiązka promieni świetlnych, wysyłana przez źródło 1 przebiega kolejno przez kondensator 2, szczelinę 4 obiektyw 5 i przesłonę obiektu 8, a następnie kuwetę 3, w której ulega odchyleniu przez badany obiekt.

Wiązka promieni zostaje następnie odbita przez zwierciadło 18, zmieniając kierunek w przybliżeniu o kąt prosty, przebiega przez zbieżną klinową płytkę 9 i pod działaniem soczewki 6 wytwarza obraz szczeliny 4 na przesłonie 7. Wskutek nieustannego obracania się wchodzącej w skład modulatora klinowej płytki 9 wokół osi optycznej $X-X$ obraz szczeliny 4 drga w otworze 22 przesłony 7 w stanie zrównoważenia przyrządu. Ponieważ jednak soczewka 10 wytwarza obraz pewnego przekroju wiązki promieni świetlnych, znajdującego się w spoczynku, oświetlona jest stale ta sama powierzchnia fotokomórki 11 ze stałym natężeniem. Natężenie oświetlenia zmienia się tylko wtedy, gdy badany obiekt odchyli wiązkę promieni, wskutek czego obraz szczeliny drga już nie tylko w otworze przesłony 22. Zmiana natężenia plamki świetlnej powstającej na fotokomórce 11 pobudza komórkę do wytwarzania sygnału prądu zmiennego, który zostaje wzmocniony we wzmacniaczu 21 i za pomocą serwowatora 15 tak daleko i w takim kierunku porusza zwierciadło 18 i wskazówkę 19 że zostaje osiągnięta równowaga.

Szczelina 4, służąca jako wlot światła, ma za-

zwyczaj kształt prostokątny, możliwe są jednak i inne ukształtowania. Wlot może na przykład stanowić siatkę. Kształt przesłony 7 zależy od kształtu wlotu, nie musi jednak koniecznie być taki sam. Przesłona może być tak ukształtowana, że w położeniu równowagi przechodzi albo całe światło obrazu szczeliny, albo jego część, albo też może mieć miejsce całkowite zaciemnienie.

Naprowadzanie na zero może się odbywać zamiast obrotu zwierciadła 18 także w inny sposób, na przykład przez przesuwanie przesłony, lub też tak, że wszystkie elementy przyrządu, leżące w biegu promieni, zaczynając od płytki 9, a kończąc na fotokomórce 11 są zamontowane na wspólnym ramieniu i zostają razem przesunięte do położenia zerowego. Zamiast odczytu na skali 20 można też stosować rejestrację lub sygnalizację.

Fig. 2 przedstawia przykład względnych wymiarów szerokości obrazu szczeliny 5, szerokości przesłony t i amplitudy drgań u . Dla uniknięcia strefy martwej musi być spełniony warunek, że dla $s < t$ jest $s + 2u \geq t$. Z tego samego powodu musi być dla $s > t$ spełniony warunek $s - 2u \leq t$. Jeżeli stawia się wymaganie, aby w położeniu zerowym nie występował sygnał zakłócający o wyższej częstotliwości, to w obu przypadkach może być tylko znak równości. Ponieważ periodyczny ruch względny obrazu szczeliny 4 i przesłony 7 może być również kołowy, na przykład przy użyciu prostej płytki klinowej 9 (fig. 1), to długości obrazu szczeliny i przesłony muszą tak być wzajemnie dobrane, aby w czasie tego periodycznego ruchu względnego ich wąskie boki się przecinały. Na fig. 2 przedstawiono trzy położenia 4, 4', 4'' obrazu szczeliny podczas jednego okresu drgania.

Na fig. 3a do 3d podano kilka sygnałów z czujnika w różnych położeniach równowagi. Wykresy od a do c spełniają warunek $s + 2u = t$. Na wykresie a występuje tylko sygnał prądu stałego, podczas gdy na wykresie b nastąpiło przesunięcie w prawo, a na wykresie c przesunięcie w lewo. Sygnały prądu zmiennego mają różnicę faz o π . Na wykresie d zachodzi $s + 2u > t$, obraz szczeliny (fig. 2) przecina w stanie zrównoważenia w trakcie względnych drgań oba brzozy przesłony. Wynika stąd stosunkowo mały sygnał prądu zmiennego o podwójnej częstotliwości. Ten sygnał można zastosować do kontroli stanu gotowości aparatu do pracy, ponieważ znika on w razie uszkodzenia źródła światła, silnej absorpcji w próbce, za dużego odchylenia promienia świetlnego, uszkodzenia wzmacniacza lub silnika. Przy tym tak się dobiera wielkość sygnału o podwójnej częstotliwości, że ani nie zachodzi przeciążenie wzmacniacza, ani nie zmniejsza się wzmocnienie w obwodzie regulacyjnym ani też nie zachodzi potrzeba filtracji. Wychylenia obrazu szczeliny w jedną lub w drugą stronę nie mogą być większe, niż szerokość przesłony (w przypadku $s < t$) lub szerokość obrazu szczeliny (w przypadku $s > t$). Jeżeli w obiekcie nagle występują duże zmiany, to naprowadzanie zawodzi w sposób wyżej podany. Faktowi temu można jednak zapobiec przez szczególne ukształtowanie przesłony lub szczeliny.

Na fig. 4a do 4c pokazano trzy możliwe wyko-

nania zwiększające wielokrotnie zakres działania przesłony. Jeżeli do przesłony szczelinowej dodać szparę poprzeczną, tak, że ma ona kształt krzyża lub litery T, to naprowadzanie działa jeszcze wtedy, gdy nastąpi nagłe wychylenie, przekraczające szerokość przesłony.

Długość skrajnych odcinków dodatkowej szpary poprzecznej musi być mniejsza od szerokości przesłony, aby był zapewniony powrót do pozycji równowagi. Dalsze poszerzenie zakresu jest możliwe przez wykonanie szpary poprzecznej w kształcie stopni.

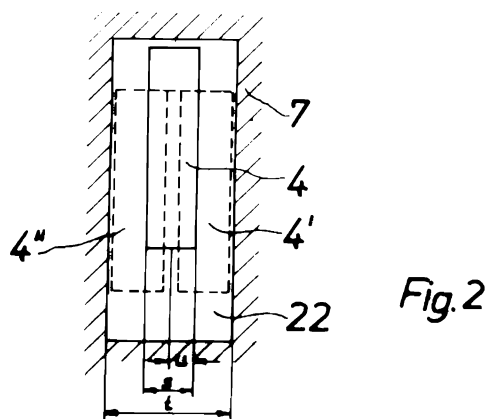
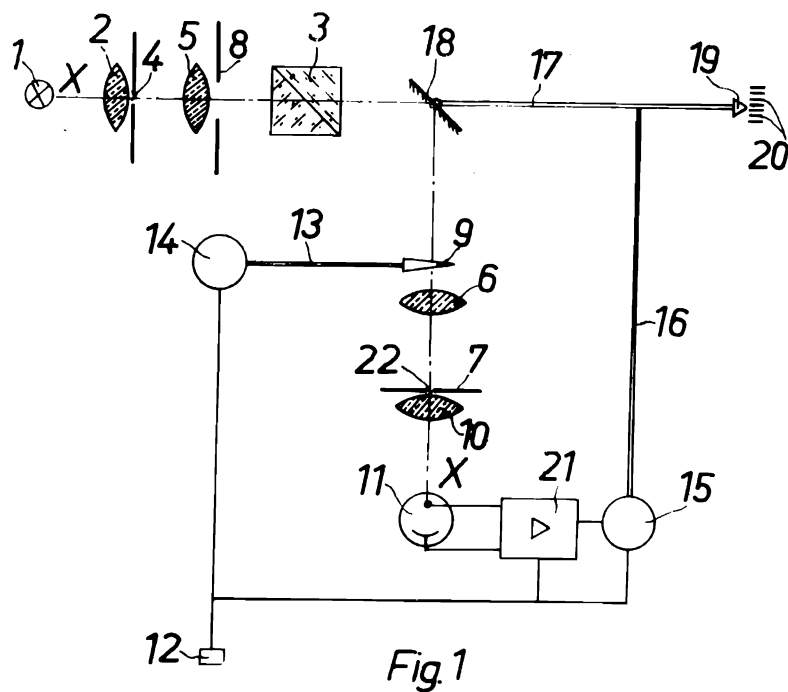
Na fig. 4a przedstawiono dwa stopnie, z których każdy ma mniejszą szerokość, niż obraz wlotu światła 4. Zamiast szpary stopniowanej można, jak pokazano na fig. 4b stosować także zbieżną. Inny spośród możliwych kształtów przesłony jest przedstawiony na fig. 4c. Jest on tak wykonany, że wiązki promieni, przebiegające w pobliżu osi optycznej zostają zatrzymane, a przepuszcza się tylko promienie biegnące dalej z boku. Również wlot światła może mieć jeden z pokazanych kształtów, wówczas przesłona ma odpowiedni kształt geometrycznie prostszy. Oprócz tego, że wlot światła i przesłona mają specjalnie dobrany kształt, należy też zapewnić przy odchyleniu wiązki powstanie sygnału prądu zmiennego o fazie odpowiedniej dla ponownego naprowadzenia.

Jak widać na fig. 5, natężenie I sygnału z czujnika jest szczególnie duże a tym samym i skuteczność naprowadzania, dopóki odchylenie A od położenia zerowego wynosi co najwyżej szerokość przesłony. Jednakże także po przekroczeniu tej szerokości sygnał istnieje nadal, a więc działa też

na prowadzenie. Wykres przedstawia działanie przesłony prostokątnej ze zbieżnymi szparami poprzecznymi (fig. 4b).

Zastrzeżenia patentowe

1. Fotoelektryczne urządzenie do ciągłego pomiaru odchylenia wiązki promieni świetlnych, wywołanego przez obiekt, w którym na przesłonie wytwarza się obraz wlotu światła i za pomocą modulatora powoduje ruch względny między powstającym obrazem a przesłoną, poprzecznie do wiązki promieni świetlnych, **znamiennie tym**, że w położeniu zrównoważenia kontury obrazu i czynnej części przesłony nie przecinają się i że ma element optyczny do wytworzenia na czujniku fotoelektrycznym określonego obrazu przekroju wiązki promieni, znajdującego się w spoczynku i równomiernie oświetlonego.
2. Fotoelektryczne urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że przesłona ma część czynną, podobną do obrazu wlotu światła.
3. Fotoelektryczne urządzenie według zastrz. 1 i 2, **znamiennie tym**, że wlot światła i przesłona mają kształty prostokątne.
4. Fotoelektryczne urządzenie według zastrz. 1—3, **znamiennie tym**, że wlot światła lub czynna część przesłony jest wyposażona w szpary poprzeczne.
5. Fotoelektryczne urządzenie według zastrz. 1—4, **znamiennie tym**, że ma urządzenie dla wytwarzania dodatkowego sygnału prądu zmiennego.



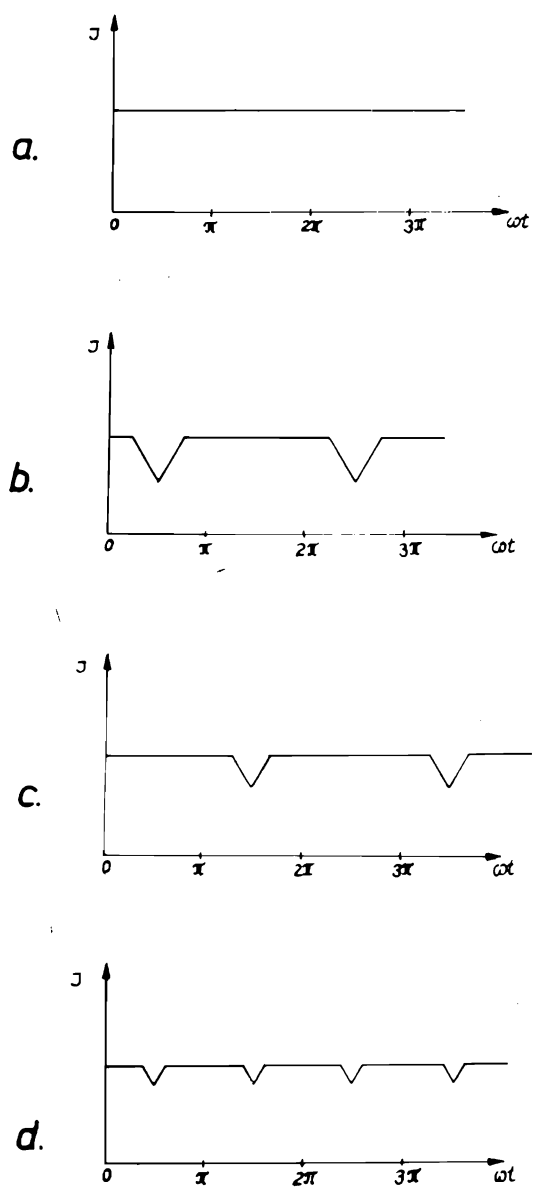


Fig.3

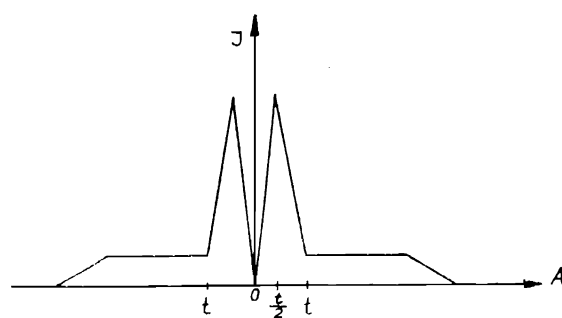
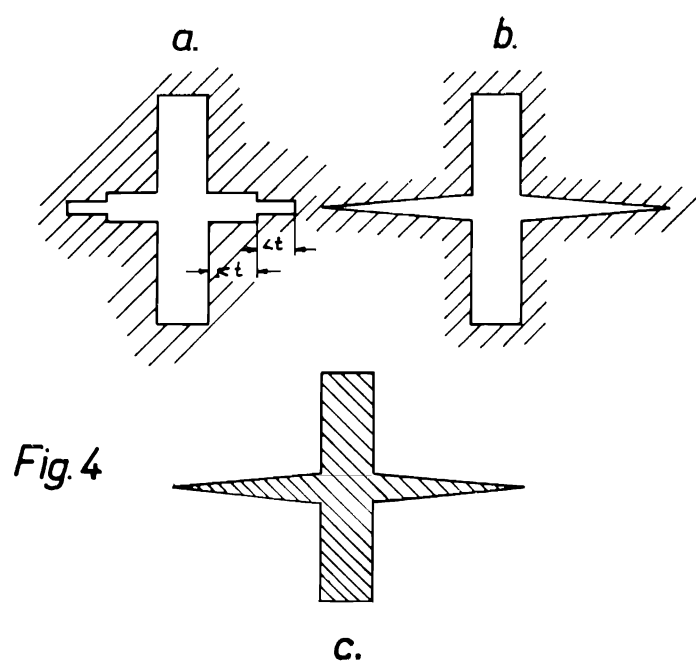


Fig. 5