

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 19.06.73 (P. 163443)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 01.03.75

Opis patentowy opublikowano: 30.10.1978

90 075

Opis patentowy
przedrukowano ze względu
na zauważone błędy

MKP H01s 1/06

Int. Cl.² H01S 1/06

CZYTELNIĄ

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Ernst Jechart, Monachium (Republika Federalna Niemiec)

Atomowy wzorzec częstotliwości

Przedmiotem wynalazku jest atomowy wzorzec częstotliwości.

Znany atomowy wzorzec częstotliwości zawiera komorę z metalem alkalicznym w postaci pary, umieszczoną na drodze promieni między źródłem światła zawierającym parę takiego samego metalu alkalicznego, obejmujący tę komorę rezonator wnękowy sprzężony z oscylatorem o regulowanej częstotliwości, urządzenie do przykładania do komory statycznego, jednorodnego pola magnetycznego i układ sterowania oscylatora sprzężeniem zwrotnym z fotoodbiornika na zasadzie wzmocnionej absorpcji światła występującej przy równości częstotliwości drgań rezonatora z przebiegiem elektronowym w metalu alkalicznym.

Atomowy wzorzec częstotliwości, albo zegar atomowy tego rodzaju jest przedstawiony w opisie patentowym RFN nr 1 143 453. Światło lampy sodowej lub cezowej biegnie przez soczewkę i filtr polaryzacji kołowej, a następnie przez komorę gazową wypełnioną parą sodu lub cezu i poprzez dalszą soczewkę do fotokomórki. Wyjście fotokomórki jest przyłączone poprzez wzmacniacz do stopnia porównania fazy, wytwarzającego poprzez układ sterowania i potencjometr napięcie dostrajające oscylator kwarcowy, którego sygnał wyjściowy poprzez powielacz częstotliwości pobudza do drgań rezonator mikrofalowy otaczający komorę gazową. Przy rezonansie tych drgań mikrofalowych z przebiegiem atomowym w sodzie lub cezcie występuje maksymalne oddziaływanie na światło przechodzące przez komorę gazową i mierzone przez fotokomórkę.

Urządzenie tego rodzaju stanowi dotychczas stosunkowo duży, drogi i ciężki przyrząd. Wielkość jego w szczególności zależy od średniej wielkości jaką musi mieć rezonator wnękowy z umieszczoną w nim komorą gazową. Według stanu techniki komora gazowa ma kształt kuli i wypełnia jedynie częściowo cylindryczny rezonator. Rezonator sam jak tak dobrany, że drga w układzie drgań H O 11. Ten rodzaj drgań jest dogodny, ponieważ daje się łatwo wzbudzić i daje silne, jednorodne pole magnetyczne wzdłuż osi. Nie można jednak dla tego rodzaju drgań obniżyć średniej wielkości rezonatora. Sama wielkość rezonatora i określony tą wielkością wysoki koszt ekranowania i stabilizacji cieplnej za pomocą termostatu czynią przyrząd dużym, ciężkim i drogim.

Objętości rezonatora wnękowego nie można nieograniczenie zmniejszać, gdyż nie dadzą się wzbudzić drgania, przy których pracuje dotychczas rezonator w przyrządach tego rodzaju. Również objętość komory gazowej rezonatora nie może być zbyt mała, ponieważ stosunek jej objętości do powierzchni ścian stałby się bardzo mały i tym samym zbyt wielki stałby się wpływ zmian chemicznych występujących na ścianach na własności komory i jej czas życia.

Celem wynalazku jest opracowanie takiej konstrukcji atomowego wzorca częstotliwości, aby mógł on być wytwarzany jako mały i tani przyrząd, jednak bez pogorszenia jakości, zwłaszcza stabilności częstotliwości i stosunku sygnału do szumów.

Rozwiązanie według wynalazku polega na tym, że komora w zasadzie całkowicie wypełnia rezonator wnekowy i ma zgodny z nim obrys, przy czym co najmniej w jednym, a zwłaszcza w dwóch lub więcej miejscach symetrycznych do osi lub środkowej płaszczyzny komory znajdują się wgłębienia ściany komory, np. w kształcie ściętego stożka lub walca, do których wnikają połączone ze ścianami rezonatora wnekowego występy z metalu lub materiału o dużej stałej dielektrycznej.

Rezonator wnekowy ma kształt cylindra o średnicy około 25–40 mm i w połowie swej długości ma dwa przeciwległe usytuowane prętowe występy, które wnikają we wgłębienia komory na głębokość wynoszącą do około 50%, a najwyżej 80% długości promieni cylindra. Co najmniej jeden z tych występów ma nastawną długość.

Rezonator wnekowy opierając się na komorze przylega do niej co najmniej swą ścianą boczną. Rezonator ten korzystnie stanowi równocześnie pojemnik termostatu do utrzymywania komory w stałej temperaturze.

Bezpośrednio na rezonatorze wnekowym nawinięta jest cewka magnetyczna stanowiąca urządzenie do wytwarzania jednorodnego pola magnetycznego. Prąd w cewce magnetycznej jest wzbudzany przez regulator prądu sterowany prądem grzewczym termostatu.

Termostatyzowane wewnątrz rezonatora wnekowego obejmuje również fotoodbiornik. Sygnał wyjściowy fotoodbiornika przez wzmacniacz prądu stałego oraz regulator steruje termostat z umieszczoną w nim gazową lampą wyładowczą stanowiącą źródło światła.

Do czołowej ściany komory przylega podwójna ściana rezonatora wnekowego stanowiąca kondensator połączony z diodą powielającą sprzęgającą oscylator z rezonatorem. Podwójna ściana posiada okno przepuszczające strumień światła z lampy wyładowczej do fotoodbiornika. Okno to przesłonięte jest warstwą przezroczystego dielektryka.

Występy na ścianie wewnętrznej rezonatora według wynalazku umożliwiły wzbudzanie drgań użytecznego rodzaju przy częstotliwości rezonansowej pożądanego przebiegu atomowego również w rezonatorze o bardzo małych wymiarach i przy tym uzyskanie takiej konfiguracji pola magnetycznego, przy której pole magnetyczne jest zagęszczone w obszarze występów ku osi, tak, iż w obszarze przenikania promieni świetlnych w pobliżu osi komory występuje silne działanie przemienne pola magnetycznego i atomów. Ponieważ dla tych występów przewidziano cylindryczne wgłębienia w komorze, to zajmują one jedynie bardzo nieznaczny i pomijalny część ogólnej pojemności, ewentualnie przekroju prześwietlanego promieniami świetlnymi, co pozwala w znacznym stopniu na wykorzystanie dla komory całej pojemności rezonatora.

Przez bezpośrednie wykonanie rezonatora wnekowego jako pojemnika termostatu osiąga się znaczne korzyści, jednak mała bezwładność cieplna małego rezonatora powoduje zwiększenie wymagań wobec jakości urządzenia termostatycznego. Jest jednak możliwe wykorzystanie w celu uzyskania ekstremalnych nakładów na stabilizację termiczną uzależnienia uchybów częstotliwości nie tylko od zmian temperatury, lecz również od zmian przyłożonego pola magnetycznego, przy czym oba te wpływy mogą się w korzystnej postaci wykonania urządzenia kompensować wzajemnie. W korzystnej postaci wykonania wynalazku prąd płynący w cewce jest regulowany w zależności od zmieniającego się wraz z temperaturą zewnętrzną prądu grzewczego termostatu.

Przez zastosowanie jako pojemnika termostatu rezonatora wnekowego jest możliwe i szczególnie korzystne umieszczenie również i fotoodbiornika we wnętrzu rezonatora, przez co z jednej strony oszczędza się miejsce, z drugiej zaś eliminuje wpływy temperatury zewnętrznej na czułość świetlną. Ta stabilizacja fotoodbiornika może w korzystnym wykonaniu być wykorzystana do tego, aby w znacznym stopniu ograniczyć znane uzależnianie częstotliwości od zmian intensywności światła wypromieniowywanego przez lampę.

Prócz tego, temperatura odrębnego termostatu, w którym umieszcza się wypełnioną parami metalu alkalicznego bezelektrodową lampę wyładowczą jest regulowana dokładnie w zależności od ilości światła odbieranej fotoodbiornikiem.

Wytworzone w oscylatorze drgania mikrofalowe są przekazywane do rezonatora wnekowego za pomocą sprzężenia zawierającego kondensator i diodę powielającą. Szczególnie korzystne, dopasowane do niewielkich wymiarów rezonatora wnekowego wykonanie kondensatora polega na tym, że kondensator tworzy podwójną ściankę rezonatora bezpośrednio na lub w niewielkiej odległości od czołowej ściany komory, przy czym ma okienko dla przejścia promieni pomiędzy źródłem światła i fotoodbiornikiem. Korzystnie pomiędzy okładzinami kondensatora umieszcza się przezroczysty dielektryk, np. mikę, który zamyka okienko i zapobiega konwekcji pomiędzy wnęką rezonatora i powietrzem zewnętrznym.

Przedmiot wynalazku jest bliżej objaśniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1

przedstawia budowę i wzajemne usytuowanie lampy, rezonatora, komory i fotoodbiornika, a fig. 2 schemat blokowy atomowego wzorca częstotliwości.

Na fig. 1 bezelektrodowa gazowana lampą wyładowcza 1, która po opróżnieniu jest wypełniona parą metalu alkalicznego, np. rubidu o odpowiednim ciśnieniu jest otoczona uzwojeniem wzbudzającym 2 i umieszczona w termostacie 3, wytwarzającym podwyższoną temperaturę (np. 100°C) potrzebną do wytworzenia odpowiedniego ciśnienia pary w lampie i utrzymującym stałą wartość tej temperatury w wąskich granicach, ponieważ wydatek świetlny zależy jest od wahań temperatury i związanych z nimi wahań ciśnienia gazu. Światło wypromieniowane przez lampę 1 trafia na fotoodbiornik 5 po przejściu przez ustawioną przed nim komorę 4. Komora 4 stanowi cylinder szklany, który jest wypełniony parą metalu alkalicznego (np. rubidu) o odpowiednim ciśnieniu oraz jednym lub wieloma gazami spowalniającymi lub buforowymi. Fotoodbiornik 5 stanowi fotoczuły element półprzewodnikowy. Fotoodbiornik 5 i komora 4 są ciasno (przedstawiony na rysunku odstęp jest powiększony) otoczone metalowym rezonatorem wnękowym 6 mającym kształt cylindra o osi 7. Przednia ściana czołowa 8 rezonatora tworzy łącznie z płytą 10 przyłączoną do niej z zewnątrz i umieszczonym pomiędzy nimi dielektrykiem przezroczystym 9 kondensator, którego obie płyty są połączone za pomocą diody powielającej 11, np. diody powielającej lub diody pojemnościowej.

Obie okładziny kondensatora 8 i 10 mają okienko dla przejścia strumienia świetlnego przesłonięte dielektrykiem 9 tak, że wnętrze rezonatora 6 jest całkowicie odcięte od powietrza zewnętrznego i wobec tego może służyć jako pojemnik termostatu.

Dla celów regulacji cieplnej stosowane są nie przedstawione uzwojenia grzejne. Fotoodbiornik 5 i dioda powielająca 11 są w ten sposób korzystnie utrzymywane w stałej temperaturze.

Z powierzchni bocznej rezonatora wnękowego 6 na jego średnicy wychodzą dwa przeciwległe i symetryczne prętowe występy 12, 13 wykonane jako proste śruby wchodzące w dopasowane do nich cylindryczne wgłębienia 14, 15 komory 4. Te pręty lub śruby 12, 13 ruchome w celu dokładnego strojenia umożliwiają tworzenie się w rezonatorze drgań o specjalnej postaci, która umożliwia zmniejszenie ogólnych wymiarów rezonatora. Dzięki wgłębieniom 14, 15 dla prętów 12, 13, potrzebne jest jedynie pomijalnie mała część ogólnej objętości komory 4, tak, że komora 4 praktycznie może wypełniać całe pozostałe wnętrze rezonatora 6.

Do wytwarzania jednorodnego stałego pola magnetycznego skierowanego w przybliżeniu równoległe do kierunku światła służą dwie cewki indukcyjne 16, 17 nawinięte bezpośrednio na cylindrycznym rezonatorze.

Fig. 2 rysunku przedstawia schemat atomowego wzorca częstotliwości. Częstotliwością wzorcową jest tu własna częstotliwość atomowa odpowiadająca różnicy energii między dwoma poziomami nadsubtelnych struktur stanu podstawowego atomów rubidu (i jego izotopu Rb 87). Częstotliwość ta wynosi około 6,8 GHz. Światło wypromieniowane z lampy zasilanej generatorem 20 jest absorbowane przez atomy rubidu w komorze na drodze absorpcji rezonansowej i wprowadza je w stan wzbudzenia. Drgania oscylatora kwarcowego 21 po przejściu przez stopień wzbudzający 22 wprowadzone do rezonatora wnękowego 6, przy rezonansie ze wspomnianą atomową częstotliwością własną, wywołują przejście strukturalne struktur nadsubtelnych to jest zmianę kierunku spinów elektronów względem spinów jądra. Zwiększa się przy tym zdolność absorpcji światła przez atomy, a do fotoodbiornika 5 dociera strumień światła o mniejszym natężeniu. Te wahania natężenia stosuje się do regulacji oscylatora kwarcowego 21 za pośrednictwem wzmacniacza prądu stałego 23 i stopnia regulacyjnego 24. Na drodze niskoczęstotliwościowej modulacji fazy drgań wysokiej częstotliwości za pomocą modulatora fazy 25, również z fazy sygnałów otrzymanych w fotoodbiorniku 5 uzyskuje się informację do regulacji kierunku dostrojenia oscylatora kwarcowego. W ten sposób stale według atomowej częstotliwości własnej dostrajana częstotliwość oscylatora kwarcowego, poprzez wzmacniacz separujący 26, który ma jeszcze stopień przemiany częstotliwości, zostaje doprowadzona do wyjścia 27, np. w postaci częstotliwości 10 MHz.

W celu poprawienia warunków sygnału komora 4 jest umieszczona w statycznym jednorodnym polu magnetycznym wzbudzonym przez uzwojenie 17 zasilane generatorem 28. Rezonator wnękowy 6 znajduje się w stałej temperaturze ustalonej za pomocą termostatu 29. Z termostatu 29 można np. doprowadzać do generatora 28 pola magnetycznego sygnał regulacyjny proporcjonalny do prądu grzewczego, aby wywołać zmiany statycznego pola magnetycznego odpowiadające wahaniom temperatury. W ten sposób kompensuje się zmiany częstotliwości rezonansowej wywołane zmianami temperatury, przez co wpływ wahań temperatury na dokładność częstotliwości znacznie się zmniejsza.

W celu dokładnej regulacji częstotliwości generator 28 pola magnetycznego posiada odpowiedni element nastawczy 30. Dla dalszej poprawy stałości częstotliwości wzmacniacz prądu stałego 23 wzmacnia nie tylko składową pręmienną lecz i składową stałą prądu fotoodbiornika 5.

Sygnał regulacyjny odpowiadający tej składowej stałej służy do sterowania temperatury termostatu lampowego 3, poprzez regulator 31. W ten sposób uzyskuje się pośredni wpływ na natężenie strumienia światła lampy 1 i kompensuje się odchyłki częstotliwości w komorze 4 wywołane zmianami natężenia strumienia światła.

Atomowy wzorec częstotliwości według wynalazku, przy stałości częstotliwości co najmniej porównywalnej ze stałością jednego ze znanych przyrządów, ma wymiary zewnętrzne w przybliżeniu $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$. Oczywiście możliwe są do realizacji inne niż opisane przykłady wykonania wzorca według wynalazku. Przekrój komory i rezonatora wnękowego nie musi być kołisty, lecz może być np. kwadratowy. Zamiast dwóch prętów 12, 13 można stosować teoretycznie pojedynczy pręt lub licznie symetrycznie rozmieszczone pręty, aby przy małych wymiarach rezonatora otrzymać jeszcze stabilne postaci drgań. Pręty mogą być wykonane z materiału o dużej stałej dielektrycznej. Wpływ termostatu na pole magnetyczne można uzyskać przez przepuszczenie części prądu grzewczego przez cewkę 17. Wgłębienia komory mogą znajdować się poza środkiem długości komory i być wykonane wzdłuż całej długości.

Zastrzeżenia patentowe

1. Atomowy wzorec częstotliwości wyposażony w komorę zawierającą metal alkaliczny w postaci pary umieszczoną na drodze promieni pomiędzy źródłem światła zawierającym pary tego samego metalu alkalicznego, a fotoodbiornikiem, obejmujący tę komorę rezonator wnękowy sprzężony z oscylatorem o regulowanej częstotliwości, urządzenie do przykładania do komory statycznego jednorodnego pola magnetycznego i układ sterowania oscylatora przez fotoodbiornik za pomocą sprzężenia zwrotnego na zasadzie wzmacnionej absorpcji światła występującej przy równości drgań rezonatora z przebiegiem elektronowym w metalu alkalicznym, z n a m i e n n y t y m, że komora (4) wypełnia sobą rezonator wnękowy (6) i ma zgodny z nim kształt, przy czym co najmniej w jednym, korzystnie w dwóch lub więcej miejscach rozmieszczonych symetrycznie względem osi (7) lub płaszczyzny środkowej komory, na jej powierzchni bocznej znajdują się wgłębienia (14, 15), korzystnie w kształcie ściętego stożka lub walca, do których wnikają występy (12, 13) połączone ze ścianami rezonatora wnękowego (6), wykonane z metalu o dużej stałej dielektrycznej.

2. Wzorec według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że rezonator wnękowy ma kształt cylindra o średnicy około 25–40 mm i w połowie swej długości ma dwa przeciwległe prętowe występy (12, 13), które wnikają we wgłębienia komory (4) na głębokość wynoszącą do około 50%, a najwyżej 80% promienia cylindra.

3. Wzorec według zastrz. 1 lub 2, z n a m i e n n y t y m, że co najmniej jeden z występów (12, 13) ma nastawną długość.

4. Wzorec według zastrz. 1 lub 2, z n a m i e n n y t y m, że rezonator wnękowy (6) opierając się na komorze (2) przylega do niej co najmniej swą ścianą boczną.

5. Wzorec według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że rezonator wnękowy (6) stanowi równocześnie pojemnik termostatu do utrzymywania w stałej temperaturze komory (4).

6. Wzorec według zastrz. 1 lub 5, z n a m i e n n y t y m, że bezpośrednio na rezonatorze wnękowym (6) nawinięta jest cewka magnetyczna (16, 17) stanowiąca urządzenie do wytwarzania jednorodnego pola magnetycznego.

7. Wzorec według zastrz. 6, z n a m i e n n y t y m, że prąd w cewce magnetycznej (16, 17) jest wzbudzany przez regulator prądu (28) sterowany prądem grzewczym termostatu (29).

8. Wzorec według zastrz. 5, z n a m i e n n y t y m, że termostatyizowane wewnątrz rezonatora wnękowego (6) obejmuje również fotoodbiornik (5).

9. Wzorec według zastrz. 8, z n a m i e n n y t y m, że sygnał wyjściowy fotoodbiornika (5) poprzez wzmacniacz prądu stałego (23) oraz regulator (31) steruje termostat (3) z umieszczoną w nim gazową lampą wyładowczą (1) stanowiącą źródło światła.

10. Wzorec według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że do czołowej ściany komory (4) przylega podwójna ściana (8, 10) rezonatora wnękowego (6) stanowiąca kondensator połączony z diodą pobielającą (11) sprzęgającą oscylator z rezonatorem, przy czym podwójna ściana (8, 10) wyposażona jest w okno przepuszczające strumień światła z lampy wyładowczej (1) do fotoodbiornika (5) a okno to przesłonięte jest warstwą przezroczystego dielektryka (9).



