



Patent dodatkowy
do patentu _____

Kl. 21 g, 34

Zgłoszono: 14. XII. 1967 (P 124 089)

Pierwszeństwo: 17. XII. 1966 Holandia

MKP H 03 h, 9/16

Opublikowano: 30. X. 1970

UKD

Właściciel patentu: N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven
(Holandia)

Filtr elektromechaniczny

1

Przedmiotem wynalazku jest filtr elektromechaniczny, posiadający polaryzowany, piezoelektryczny korpus w kształcie płaskiego kolistego pierścienia lub dysku, (płytki), przy czym płaskie powierzchnie czołowe pierścienia lub dysku, mają elektrody sygnałowe. Korpus filtru pobudzany jest w większości przypadków za pomocą drgań w taki sposób, że albo wszystkie punkty powierzchni czołowej poruszają się synfazowo w kierunku osiowym od drugiej powierzchni czołowej lub ku niej (rezonator poprzeczny) bądź też wszystkie punkty zewnętrznego płaszcza cylindrycznego poruszają się synfazowo od lub ku osi (rezonator promieniowy). Przy rezonatorach promieniowych najniższa częstotliwość rezonansowa lub częstotliwość podstawowa uwarunkowana jest w pierwszym rzędzie największymi wymiarami, tzn. normalnie średnicą płytki względnie średnicą zewnętrzną i wewnętrzną pierścienia. Jeżeli pragniemy uzyskać wyższą częstotliwość drgania podstawowego, np. 10 MHz lub jeszcze większą, to wibratory promieniowe są na ogół mniej odpowiednie do tego celu ze względu na niewielkie wymiary, jakie wówczas musi posiadać korpus piezoelektryczny.

Przy wysokich częstotliwościach podstawowych bardziej odpowiednie są raczej rezonatory poprzeczne. Przy tego rodzaju rezonatorach korpus pobudzany jest drganiami, których częstotliwość odpowiada (najmniejszemu) rozmiarowi grubości

2

korpusu. Przy tego rodzaju drganiach występuje jednak wiele niepożądanych nieharmonicznych, to znaczy mechanicznych częstotliwości rezonansowych korpusu piezoelektrycznego w pobliżu rezonansu podstawowego, oddziałujących na elektryczną oporność pozorną, mierzoną między elektrodami sygnałowymi i powodując powstawanie niepożądanych odkształceń charakterystyki elektrycznej filtru.

10 Przy poszczególnym rozwiązaniu takiego filtra elektromechanicznego korpus piezoelektryczny jest wykonany w postaci płaskiej kolistej płytki, której płaskie powierzchnie czołowe posiadają umieszczone w środku dwie kolistę elektrody sygnałowe, przez co również polaryzacja materiału korpusu między obu elektrodami skierowana jest w kierunku osiowym, a więc prostopadle do tych powierzchni czołowych.

20 Poprzez przyłożenie napięcia sygnału do elektrod sygnałowych korpus zostaje w tym punkcie elektrod sygnałowych pobudzony do drgań poprzecznych (grubościowych), które rozchodzą się następnie dalej aż do krawędzi korpusu. Przy tej krawędzi wybiera się polaryzację w kierunku promieniowym, w związku z czym między jedną z elektrod na płaskiej powierzchni a elektrodą umieszczoną na cylindrycznym płaszczy korpusu może być odebrane elektryczne drganie wyjściowe, przy czym wspomniana polaryzacja promieniowa umożliwia osiągnięcie dobrego przetwarza-

nia energii mechanicznej wibracji grubości, rozchodzącej się do krawędzi, w energię elektryczną między wspomnianymi elektrodami wyjściowymi.

Celem wynalazku jest zbudowanie filtra elektromechanicznego, w którym korpus piezoelektryczny pobudzany jest takimi drganiami, przy których przy wysokich wartościach częstotliwości rezonansu podstawowego występuje znacznie mniej (niepożądanych) nieharmonicznych drgania mechanicznego niż ma to miejsce w przypadku rezonatorów poprzecznych. Cechą wynalazku jest to, że materiał korpusu, przynajmniej między elektrodami sygnałowymi, posiada polaryzację szczątkową w kierunku promieniowym.

W przeciwieństwie do wspomnianego urządzenia, opartego na rezonatorze poprzecznym, w tym konkretnym przypadku chodzi więc o skierowaną promieniowo polaryzację między elektrodami sygnałowymi, powodującą powstanie całkiem innego rodzaju drgań, mianowicie takiego, przy której punkty obu płaskich powierzchni czołowych drgają razem w kierunku promieniowym, lecz przeciwfazowo. W przeciwieństwie do opisanego na wstępie rezonatora promieniowego, którego częstotliwość rezonansu podstawowego uwarunkowana jest w pierwszym rzędzie średnicą dysku względnie średnicą pierścienia, w filtrze według wynalazku rezonans podstawowy uwarunkowany jest przede wszystkim grubością płytki lub pierścienia, w związku z czym filtr ten odpowiedni jest dla znacznie wyższych częstotliwości. Ujemne strony rezonatorów (właściwych również dla wyższych częstotliwości) pod względem dużej liczby częstotliwości nieharmonicznych występują w filtrze elektromechanicznym według wynalazku w znacznie mniejszych rozmiarach; poza tym filtr według wynalazku odpowiedni jest zwłaszcza do ograniczenia, za pomocą dodatkowych środków, częstotliwości nieharmonicznych w mniejszym lub większym stopniu.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony na przykładzie wykonania przedstawionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przykład wykonania filtra według wynalazku, fig. 2 — przykład deformacji (w formie powiększonej) korpusu filtra, a fig. 3 przedstawia fazę pośrednią do osiągnięcia korpusu filtra zgodnie z fig. 1.

Fig. 1 przedstawia widok z boku korpusu piezoelektrycznego w postaci dysku (płaska, kolistą płytkę), którego płaskie kolisty powierzchnie górne i dolne 1 i 2 posiadają promieniowe elektrody sygnałowe 3 lub 4. Elektrody sygnałowe 3 i 4 połączone są z elektrycznym źródłem drgań 5 o wewnętrznej oporności pozornej 6, przy czym elektryczna oporność pozorna mierzona między elektrodami 3 i 4, posiada rezonanse odpowiadające mechanicznym rezonansom własnym korpusu piezoelektrycznego. Zjawisko to może być wykorzystane w znany sposób do filtrowania to znaczy albo przepuszczenia albo ograniczenia częstotliwości źródła sygnału 5.

Korpus może posiadać też dodatkowe elektrody na płaskich powierzchniach, przy czym zjawisko to wykorzystuje się w ten sposób, że źródło sygnału 5 w następstwie sprzężenia elektromagnetyczne-

go wytwarza poprzez elektrody 3, 4 mechaniczne drgania w korpusie piezoelektrycznym, co doprowadza do powstania napięcia elektrycznego na tych dodatkowych elektrodach, na skutek czego powstaje czwórnik transmitujący, utworzony przez elektrody 3, 4 i wspomniane (nie przedstawione na rysunku) elektrody dodatkowe.

Zgodnie z wynalazkiem, w korpusie piezoelektrycznym panuje, przynajmniej między elektrodami sygnałowymi 3 i 4, polaryzacja szczątkowa P . Ta polaryzacja P skierowana jest promieniowo i w opisanym przypadku skierowana jest od osi 7 w każdym punkcie korpusu piezoelektrycznego. Jak wiadomo wiele tytanianów, cyrkonianów, niobianów i innych spośród metali ziem alkalicznych, jak np. tytanian baru, tytanian strontowy baru, mają tę właściwość, że po przykładaniu przez jakiś czas wysokiego napięcia elektrycznego, pozostaje szczątkowa polaryzacja elektryczna, która we współdziałaniu z napięciem elektrycznym przyłożonym do elektrod sygnałowych, powoduje mechaniczne deformacje w materiale elektrod, wpływające na właściwości piezoelektryczne tego materiału. Ponieważ elektryczne pole zmienne w elektrodach 3 i 4 przebiega równoległe do osi 7 korpusu piezoelektrycznego i jest dlatego prostopadłe do polaryzacji P , w korpusie tym następuje więc deformacja przedstawiona na fig. 2.

Na fig. 2 przedstawiono moment, w którym wszystkie punkty górnej powierzchni 1 przemieszczone zostały w kierunku osi 7, ale wszystkie punkty powierzchni dolnej 2 w kierunku przeciwnym. Punkty górnej powierzchni 1 drgały więc w kierunku promieniowym i synfazowo, punkty powierzchni dolnej 2 również w kierunku promieniowym i synfazowo lecz względem punktów powierzchni 1 przeciwfazowo. Częstotliwość podstawowa drgania mechanicznego będzie więc w pierwszym rzędzie uwarunkowana grubością d korpusu piezoelektrycznego, w związku z czym filtr nadaje się do zastosowania przy wyższych częstotliwościach, np. kilku MHz.

W przeciwieństwie do znanych rezonatorów poprzecznych okazuje się jednak, że filtr według wynalazku posiada znacznie mniej nieharmonicznych. Fakt ten, zgodnie z jednym z założeń wynalazku, wynika stąd, że drgania poprzeczne występują zawsze, ze względu na kontrakcję Poissona, również z wibracją promieniową. Ta wibracja promieniowa rozchodzi się do zewnętrznego płaszcza cylindrycznego korpusu tak, że możliwa jest znaczna liczba rodzajów drgań zależnych od jego średnicy zewnętrznej, które mogą w szczególności zostać ograniczone wówczas, gdy materiał (ceramiczny) korpusu piezoelektrycznego wykazuje nieregularności, jak np. niejednorodność czy inkluzje powietrzne (pęcherzyki).

W urządzeniu według wynalazku punkty korpusu drgają w kierunku promieniowym, przy czym jednak średnica zewnętrzna wpływa tylko w nieznacznym stopniu na częstotliwość rezonansową i na liczbę możliwych rodzajów drgań — z jednej strony dlatego, że wibracje na górnej i dolnej powierzchni dochodzą do zewnętrznego płaszcza cylindrycznego przeciwfazowo, co po-

krywa się z wyeliminowaniem pewnej liczby możliwych rodzajów drgań przy rezonatorach poprzecznych.

Wspomniane nieharmoniczne można znacznie ograniczyć poza tym za pomocą pewnych środków sztucznych. Przede wszystkim poprzez właściwy dobór grubości elektrod 3 i 4 można polepszyć rezonans podstawowy kosztem wszystkich dalszych nieharmonicznych korpusu piezoelektrycznego. W tym celu można umieścić na korpusie piezoelektrycznym kilka współśrodkowych kolistych elektrod. Przy korpusie piezoelektrycznym z cyrkonianu tytanianu ołowiu o grubości około 120 μm okazało się, że efekt ten można osiągnąć np. za pomocą naparowanych elektrod złotych 3 i 4 o grubości mniejszej niż 1 μm . Stwierdzono, że wielkość średnicy zewnętrznej D_0 (np. 6 mm) miała przy tym nieznaczny wpływ na częstotliwość podstawową lub nieharmoniczne; zeszlifowanie tej średnicy zewnętrznej do 5 mm spowodowało podniesienie częstotliwości podstawowej zaledwie o 1%. Zeszlifowanie takie może być wykorzystane do celów dostrojenia.

Poprzez odpowiedni dobór średnicy zewnętrznej D_1 elektrody 3 lub 4, bądź obu elektrod osiągamy jeszcze większe ograniczenie najbardziej przeszkadzających nieharmonicznych. Dla D_1 wybiera się w tym celu najlepiej wartość 0,3–0,5-krotną średnicy zewnętrznej D_0 ; w tym przypadku można ograniczyć nieharmoniczną położoną najbliżej częstotliwości generatora podstawowego. Na fig. 1 średnica wewnętrzna elektrod płytkowych 3 i 4 oznaczona jest przez D_1 .

Należy jednak zauważyć, że obojętne jest czy jedna lub dwie elektrody sygnałowe 3 i 4 odpowiadają postawionemu warunkowi, ponieważ elektryczne pole zmienne rozciąga się nie dalej niż w odcinku między obu elektrodami sygnałowymi. W przypadku, gdy jest to pożądane, można również (np. w celu wspomnianego podniesienia drgania głównego kosztem nieharmonicznej poprzez odpowiedni dobór grubości elektrod 3 i 4), pokryć obie elektrody 3 i 4 i całą powierzchnię górną 1 lub 2, uważając przy tym jednak, by w korpusie piezoelektrycznym wewnątrz cylindra o średnicy D_1 nie powstała polaryzacja promieniowa.

W tym przypadku część środkowa korpusu piezoelektrycznego nie bierze udziału w przetwarzaniu elektromechanicznym; dlatego w pożądanym przypadku można wyjść również z pierścieniowego korpusu piezoelektrycznego. Przez zeszlifowanie średnicy wewnętrznej takiego pierścienia można podnieść rezonans podstawowy, np. przy dostrojeniu.

Można również, jeżeli jest to pożądane, zastosować jeszcze inne zwykłe środki w celu ograniczenia niepożądanych nieharmonicznych. Np. wiadomo, że można w odpowiednich punktach korpusu drgającego umieścić materiał tłumiący akustycznie, np. żywicę epoksydową. W danym przypadku materiał tłumiący można umieścić np. na zewnętrznym płaszczu cylindrycznym korpusu piezoelektrycznego.

W celu osiągnięcia pożądanej polaryzacji promieniowej można zastosować pierścieniowy korpus piezoelektryczny, przy czym między wewnętrznym a zewnętrznym płaszczem cylindrycznym przykładane jest przez jakiś czas odpowiednio silne pole elektryczne.

Można też użyć znacznie grubszy korpus piezoelektryczny jak to jest ostatecznie pożądane (fig. 3). Korpus ten posiada także dwie koliste elektrody 8 lub 9 na swych powierzchniach czołowych oraz cylindryczną elektrodę 10 na swym zewnętrznym płaszczu cylindrycznym. Polaryzacja P osiągnięta zostanie tylko przez to, że elektrody 8 i 9 połączone będą elektrycznie, a do elektrody 10 przyłożone zostanie wysokie napięcie poprzez połączone elektrody 8 i 9. Następnie można zeszlifować w pożądanym stopniu górną i dolną powierzchnię, tak że w pożądanym części korpusu powstanie więcej lub mniej odpowiednia polaryzacja promieniowa P .

Zastrzeżenia patentowe

1. Filtr elektromechaniczny z polaryzowanym korpusem piezoelektrycznym w postaci płaskiego, kolistego pierścienia lub dysku, którego powierzchnie czołowe mają elektrody sygnałowe, **znamienny tym**, że materiał korpusu przynajmniej między elektrodami sygnałowymi posiada polaryzację szczątkową w kierunku promieniowym.
2. Filtr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że średnica wewnętrzna przynajmniej jednej elektrody sygnałowej lub średnica wewnętrzna, gdzie zaczyna się polaryzacja szczątkowa, bądź obie średnice, wynoszą od 0,3 do 0,5 wartości średnicy zewnętrznej.
3. Filtr według zastrz. 1 i 2 **znamienny tym**, że w zależności od wymiarów rezonatora oraz żądanego tłumienia nieharmonicznych ma on dobrane grubości elektrod sygnałowych co powoduje polepszenie częstotliwości podstawowej względem niepożądanych drgań mechanicznych w korpusie piezoelektrycznym.

