

Moduł mikronapędu do mikrouządzeń o niewielkich wymiarach

Przedmiotem wynalazku jest moduł mikronapędu, znajdujący zastosowanie do budowy mikrouządzeń o niewielkich wymiarach, umożliwiający zamianę ruchu posuwowego na ruch obrotowy w bardzo precyzyjnych urządzeniach, takich jak mikroskopy elektronowe, mikromanipulatory, mobilne mikroroboty, przyrządy pomiarowe, czy mikroobrabiarki.

Z polskiego opisu patentowego PL 169113 znany jest mikronapęd z wbudowanym mikromodułem, posiadającym dwa elementy cierne o kształcie pierścieni, usytuowanych względem wspólnej osi obrotu, a pomiędzy ich zwróconymi ku sobie powierzchniami czołowymi utwierdzone są popychacze. Powierzchnie boczne tych popychaczy pochylone są w stosunku do powierzchni elementów ciernych pod jednakowym kątem ostrym, tworząc jednakowego kształtu i wielkości zebra, uszeregowane obwodowo. Elementy cierne mają po zewnętrznej stronie czołowe występy centrujące o powierzchni walcowej lub stożkowej o korzystnie dużym kącie rozwarcia. Moduł tego mikronapędu jest umieszczony w cylindrycznej prowadnicy pomiędzy elementem czynnym, którym może być element piezoelektryczny wykonujący ruchy posuwisto - zwrotne z dużą częstotliwością i o małej amplitudzie, a ceramicznym elementem biernym odbierającym, poprzez tarcie, mikroruchy będące przesunięciami kątowymi wywołanymi sprężystymi odkształceniami popychaczy. Moduł mikronapędu służy do zamiany oscylacyjnych ruchów posuwisto - zwrotnych elementu czynnego na ruchy obrotowe elementu biernego, którym może być obrót stolika mikroskopu elektronowego, obrót ramienia obrotowego mikroroboty, itp.

Niedogodnością omawianego rozwiązania jest mały kąt obrotu elementu biernego przypadający na jeden cykl ruchu posuwisto-zwrotnego elementu czynnego.

Znane są również inne konstrukcje mikronapędów zawierające odkształcalne elementy mechaniczne, przy czym odkształcenia wywoływane są przez oddziaływanie elementów piezoelektrycznych. Odkształcalne elementy posiadają na przykład przewężenia umożliwiające sprężyste odkształcenia, które mogą być ukształtowane tak, aby umożliwić budowę różnych układów napędowych lub zapewniać określoną liczbę stopni swobody.

Z opisu patentowego nr US 7038888 znany jest mikronapęd piezoelektryczny, który wykorzystywany jest w komputerach jako jeden z napędów w dwustopniowym napędzie głowic czytajaco-zapisujących twardego dysku. Taki mikronapęd wykonany jest z elementu piezoelektrycznego wbudowanego w monolityczny element mechaniczny, który zawiera otwór kształtowy dzielący ten element na części: bazę, służącą do mocowania mikronapędu do ramienia głównego napędu głowicy dysku, dźwignię, służącą do mocowania głowicy czytajacej

dysku twardego, oraz układ równoległoboku zawierający elastyczne elementy złączowe, utworzone przez odpowiednie wybrania w elemencie mechanicznym.

Przemieszczenia o wysokiej dokładności przemieszczeń liniowych i/lub kątowych realizowane są najczęściej przy pomocy elementów piezoelektrycznych, które oddziałują na sprężyste układy dźwigniowe. W mikronapędzie, przemieszczenia realizowane są na zasadzie mikroruchów przyrostowych.

Przykładowe rozwiązania takich mikronapędów przedstawione są w opisach patentowych: US 4736131 – dla przemieszczeń liniowych, i DE 10156836 – dla przemieszczeń obrotowych. Napędy piezoelektryczne zasadniczo realizują ruch o jednym stopniu swobody: liniowy albo obrotowy. Odstępstwem są rozwiązania posiadające moduł ruchu obrotowego współpracujący z członem biernym poprzez połączenie śrubowe, przykładowo według opisu US 2001017497. Moduł ruchu obrotowego, pełniący funkcję nakrętki, pozycjonowany jest na członie biernym współrzędnymi, liniową i biegunową, uzyskanymi poprzez przekładnię śrubową – co w sposób istotny obniża i tak zasadniczo małą szybkość ruchu.

Z opisu patentowego PL 222558 B1 znany jest piezoelektryczny mikronapęd o konstrukcji pozwalającej na pozycjonowanie według współrzędnych liniowych i biegunowych członu aktywnego względem członu biernego lub odwrotnie, co zapewnia jednoczesny i niezależny ruch o dwóch stopniach swobody. Istota tego wynalazku polega na tym, że moduły członu aktywnego: przedni i tylny moduł zaciskowy oraz moduły ruchu liniowego i obrotowego, mają postać przylegających do siebie płytek z otworami na człon bierny. Moduły połączone są ze sobą rozłącznie w położeniu współosiowym tych otworów. Przedni moduł zaciskowy połączony jest z przednim modułem ruchu liniowego a tylny moduł zaciskowy poprzez moduł ruchu obrotowego z tylnym modułem ruchu liniowego. Moduł ruchu obrotowego połączony jest z obejmującymi go z obu stron modułami naciągu sprężystego, oddziałującymi ściskająco na elementy piezoelektryczne zabudowane w module ruchu obrotowego.

Przedstawione konstrukcje znanych mikronapędów charakteryzują się złożonością budowy lub nie zapewniają relatywnie dużego sekwencyjnego przemieszczenia kątowego elementu biernego, przypadającego na jeden cykl ruchu posuwisto - zwrotnego elementu napędowego.

Moduł mikronapędu według wynalazku rozwiązuje ten problem poprzez skonstruowanie mikronapędu umożliwiającego zamianę ruchu posuwowego na ruch obrotowy w bardzo precyzyjnych urządzeniach, takich jak mikroskopy elektronowe, mikromanipulatory lub mikroroboty mobilne, przyrządy pomiarowe, czy mikroobrabiarki. Celem niniejszego wynalazku jest zatem opracowanie modułu mikronapędu o konstrukcji pozwalającej na zamianę oscylacyjnego ruchu posuwisto-zwrotnego elementu czynnego, którym może być napęd piezoelektryczny, na ruch o większym przemieszczeniu kątowym przypadającym na jeden cykl ruchu posuwisto zwrotnego elementu czynnego.

Moduł mikronapędu według wynalazku wykorzystuje znane rozwiązanie modułu mikronapędu (Patent PL 169113), w którym pomiędzy powierzchniami czołowymi dwóch elementów ciernych, znajdują się podatne popychacze, utwierdzone na powierzchniach czołowych tych elementów, przy czym powierzchnie tych popychaczy pochylone są do czołowych powierzchni elementów ciernych pod jednakowym kątem ostrym, tworząc jednakowego kształtu i wielkości zębra, uszeregowane obwodowo w stosunku do tulei dociskowej i elementu ciernego, usytuowanych względem osi obrotu.

Moduł mikronapędu według wynalazku posiada okrągły element cierny połączony w górnej części ze skośnymi popychaczami, mający po zewnętrznej stronie występ centrujący o dużym kącie rozwarcia stożka, okrągły element bierny z otworem stożkowym o takim samym kącie rozwarcia, w którym to otworze osadzony jest wspomniany element cierny, obrotową tuleję dociskową znajdującą się nad elementem ciernym, popychacze które są ukształtowane wzdłuż linii śrubowej i umieszczone na powierzchniach czołowych pomiędzy okrągłym elementem ciernym a obrotową tuleją dociskową i które są utwierdzone na powierzchniach czołowych tych elementów. Przy czym powierzchnie tych popychaczy pochylone są względem tulei dociskowej i elementu ciernego pod jednakowym kątem γ równym kątowi wzniosu linii śrubowej wynoszącym mniej niż 30° , tworząc zębra jednakowego kształtu i wielkości uszeregowane obwodowo w stosunku do osi mikronapędu. Istota wynalazku polega na tym, że moduł mikronapędu dodatkowo posiada osadzony na obrotowej tulei dociskowej ruchomy element przesuwny, mający na zewnętrznej górnej stronie czołowy otwór centrujący połączony z czopem elementu czynnego zawierającym stos elementów piezoelektrycznych.

Wymieniony ruchomy element przesuwny na swym obwodzie posiada dwa rowki utworzone wzdłuż zewnętrznej powierzchni walcowej, w którym suwliwie jest umieszczony element prowadzący zabezpieczający element przesuwny przed obrotem. W dolnej części ruchomego elementu przesuwnego znajdują się dwa płaskie sprężyste elementy posiadające u podstawy przewężenia, przy czym na powierzchniach tych sprężystych elementów z obydwu ich przeciwległych stron znajdują się otwory stożkowe, w których osadzone są kulki dociskowe.

W korzystnym rozwiązaniu, obrotowa tuleja dociskowa na swej wewnętrznej powierzchni ma wyłobione dwa rowki śrubowe o kącie wzniosu β większym od 45° , przy czym do powierzchni bocznych rowków dociśnięte są kulki dociskowe.

Zastosowanie w wynalazku ruchomego elementu przesuwnego na obrotowej tulei dociskowej powoduje efektywniejsze działanie modułu mikronapędu, polegające na tym że wraz z przemieszczeniem pionowym elementu czynnego, wykonującego ruchy posuwisto-zwrotne z dużą częstotliwością, element pośredniczący - popychacz naciska na kulki dociskowe, które z kolei wywołują nacisk na powierzchnie boczne rowka znajdującego się wewnątrz tulei obrotowej, powodując jej niewielki obrót. Położenie elementu ciernego jest zdeterminowane położeniem elementu czynnego i połączonego z nim dociskacza.

Zaletą takiego rozwiązania jest zwiększenie przemieszczenia kąowego elementu biernego przypadającego na jeden cykl ruchu posuwisto - zwrotnego elementu czynnego.

Przedmiot wynalazku przedstawiono w przykładach wykonania na załączonym rysunku, na którym fig. 1 przedstawia moduł mikronapędu w widoku izometrycznym; fig. 2 i 3 pokazuje układ z wbudowanym modułem mikronapędu, służący do zamiany małych ruchów oscylacyjnych na ruchy obrotowe elementu biernego; fig. 4 przedstawia widok izometryczny stożkowego elementu ciernego; na fig. 5 uwidoczniono sztyk kołowy popychaczy; natomiast na fig. 6 przedstawiono widok elementu przesuwego z płaskimi elementami sprężystymi.

Moduł mikronapędu 13 posiada obrotową tuleję dociskową 4 i walcowy element cierny 2. Pomędzy tymi elementami znajdują się popychacze 3, ukształtowane korzystnie wzdłuż linii śrubowej, utwierdzone na powierzchniach czołowych tych elementów. Powierzchnie tych popychaczy pochylone są względem powierzchni górnej elementu ciernego 2 pod jednakowym kątem równym kątowi wzniosu linii śrubowej γ , korzystnie mniejszym od 30° , tworząc jednakowego kształtu i wielkości popychacze 3, uszeregowane obwodowo w stosunku do osi mikronapędu 13. W korzystnym rozwiązaniu element przesuwny 4 ma na zewnętrznej górnej stronie czołowy otwór centrujący 16 połączony z czopem 18 elementu czynnego 8. W dolnej części element przesuwny 4 posiada dwa płaskie sprężyste elementy 12, posiadające u podstawy przewężenia 11 zwiększające ich podatność. Na powierzchniach ścianek sprężystych elementów 12, po obydwu stronach znajdują się otwory stożkowe 6, w których osadzono kulki dociskowe 5. Ponadto we wnęce obrotowej tulei dociskowej 1 na powierzchni bocznej, umieszczono dwa rowki śrubowe 7 o kącie wzniosu β korzystnie większym od 45° , a do powierzchni bocznych tego rowka są dociśnięte kulki 5.


Na schemacie fig. 2 pokazano działanie układu zawierającego moduł mikronapędu 13 umieszczonego w cylindrycznej prowadnicy 15. Popychacz 4 mający na zewnętrznej górnej stronie czołowy otwór centrujący 16, połączony jest na stałe z czopem 18 elementu czynnego 8, którym może być stos elementów piezoelektrycznych 17, wykonujących drgania o ruchach posuwisto-zwrotnych o dużej częstotliwości. W pierwszej kolejności ruchy te przenoszone są na element przesuwny 4 posiadający rowek prowadzący 14 o przekroju prostokątnym, w którym suwliwie jest umieszczony nieruchomy element prowadzący 15, zabezpieczający przed obrotem. Ponadto w dolnej części elementu przesuwego 4 znajdują się dwa płaskie sprężyste elementy 12 posiadające u podstawy przewężenia 11 zwiększające ich podatność. Na ściankach elementów sprężystych 12 z obydwu stron wykonano otwory z pogłębieniem stożkowym 6, w których osadzono kulki dociskowe 5, stale dociskane do powierzchni rowka śrubowego 7 znajdującego się we wnęce tulei dociskowej 1. Rowek śrubowy 7 o przekroju trójkątnym i kącie wzniosu β , korzystnie większym od 45° , pełni funkcję krzywki. Wraz z przemieszczeniem pionowym elementu czynnego 8, poprzez element pośredniczący 4, kulki dociskowe 5 naciskając na powierzchnie rowka prowadzącego 7, powodują niewielki obrót i

przemieszczenie pionowe tulei dociskowej 1. Położenie tulei 1 jest zdeterminowane położeniem elementu czynnego 8 i sztywno połączonego z nim elementu przesuwne go 4. Z kolei ruchy tulei dociskowej 1 wywołują nacisk na popychacze 3 powodując dodatkowy obrót elementu ciernego 2, a w dalszej kolejności są przenoszone poprzez tarcie jako mikroruchy będące przesunięciami kątowymi odbieranymi przez ceramiczny element bierny 9 osadzony we wzdłużnym łożysku kulkowym 10.

W korzystnym rozwiązaniu element cierny 2 ma po zewnętrznej stronie stożkowy występ centrujący 19. Umożliwia to odpowiednie ustalenie elementu ciernego 2 w stożkowym gnieździe ceramicznego elementu biernego 9 o takim samym kącie rozwarcia, jak również umożliwia uzyskanie większej siły tarcia, a więc określonego momentu obrotowego.

Poniżej podano bardziej szczegółowy przykład działania modułu mikronapędu według wynalazku.

Moduł mikronapędu 13 umieszczono w cylindrycznym elemencie prowadzącym 15 o średnicy 9 mm. Ruchomy element przesuwny 4 połączony jest na stałe z czopem 18 elementu czynnego 8, którym jest stos elementów piezoelektrycznych 17, wykonujących drgania o ruchach posuwisto-zwrotnych o częstotliwości od 12 do 22 kHz $\pm 20\%$. Ruchy te o skoku od 0,15 do 0,45 nm, przenoszone są na element przesuwny 4 posiadający dwa płaskie sprężyste elementy 12 posiadające u podstawy przewężenia 11 zwiększające ich podatność. Na ściankach elementów sprężystych 12 z obydwu stron wykonano otwory 6 z pogłębieniem stożkowym, w których osadzono kulki dociskowe 5, dociskane stałe przez elementy sprężyste 12 z siłą docisku od 10 do 50 N do powierzchni rowka śrubowego 7 o przekroju trójkątnym i kącie wzniosu β wynoszącym 46° . Wraz z przemieszczeniem pionowym elementu czynnego 8, poprzez pośredniczący element przesuwny 4, kulki dociskowe 5 naciskając na powierzchnie rowka prowadzącego 7, powodują niewielki obrót i przemieszczenie pionowe tulei dociskowej 1. Z kolei ruchy tulei dociskowej 1 wywołują nacisk na popychacze 3, powodując dodatkowy obrót elementu ciernego 2, a w dalszej kolejności są przenoszone poprzez tarcie jako mikroruchy będące przesunięciami kątowymi odbieranymi przez ceramiczny element bierny 9.

Rzecznik Patentowy

dr inż. Jan Surmiak