



Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 02.X.1969 (P 136 132)

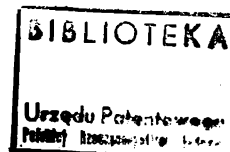
Pierwszeństwo:

Opublikowano: 29.II.1972

Kl. 21 g, 31/02

MKP H 01 f, 13/00

UKD



Współtwórcy wynalazku: Zenon Sczaniecki, Romuald Gontarz, Waldemar Kwiatkowski, Henryk Ratajczak

Właściciel patentu: Polska Akademia Nauk (Instytut Fizyki), Warszawa (Polska)

**Sposób otrzymywania liniowej charakterystyki spadku napięcia
wzdłuż kierunku prądu elektrycznego przepływającego poprzez
cienkie warstwy ferromagnetyczne oraz urządzenie do stosowania
tego sposobu**

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób otrzymywania liniowej charakterystyki spadku napięcia wzdłuż kierunku prądu elektrycznego przepływającego poprzez cienkie warstwy ferromagnetyczne względem natężenia pola magnetycznego, oraz urządzenie do stosowania tego sposobu.

W jednodomenowej, o jednoosiowej anizotropii magnetycznej, przewodzącej prąd elektryczny o natężeniu I_s cienkiej warstwie ferromagnetycznej 1 powstaje wzdłuż kierunku przepływu tego prądu spadek napięcia U_x , będący kwadratową funkcją natężenia pola magnetycznego H (fig. 1). Składowa napięcia U_x , zależna od natężenia pola magnetycznego H wyraża się wzorem

$$U_x = \frac{\Delta \rho l}{H_k^2 b d} I_s H^2$$

w którym $\Delta \rho = \rho_{11} - \rho_1$ oznacza różnicę oporności właściwych gdy wektor namagnesowania M jest odpowiednio równoległy i prostopadły do kierunku prądu I_s w warstwie; H_k — pole anizotropii; l , b i d długość, szerokość i grubość warstwy; I_s — natężenie prądu płynącego przez warstwę; H — wartość wektora natężenia zewnętrznego pola magnetycznego, działającego w kierunku prostopadłym do osi łatwego namagnesowania.

Kwadratowy charakter zależności napięcia U_x od natężenia zewnętrznego pola magnetycznego H nie pozwala na wykorzystanie tego napięcia w urządzeniach do mnożenia dwu wielkości elektrycznych.

2

W znanych cienkowarstwowych ferromagnetycznych urządzeniach do mnożenia dwu wielkości elektrycznych, użyteczne napięcie wyjściowe U_y zbierane jest w kierunku prostopadłym do kierunku przepływu prądu i dla $H \ll H_k$ wyraża się wzorem

$$U_y = \frac{\Delta \rho}{2 H_k d} I_s H$$

Występuje tu zależność liniowa U_y od pola H , ale z porównania wzorów (1) i (2) widać, że wartość napięcia U_y jest $\frac{1}{H_k b}$ razy mniejsza niż wartość napięcia

U_x jakie występuje wzdłuż kierunku przepływu prądu I_s , to też czułość znanych cienkowarstwowych ferromagnetycznych urządzeń do mnożenia dwu wielkości elektrycznych często jest niezadowalająca. Do pomiaru stosunkowo małego użytecznego sygnału wyjściowego U_y trzeba stosować czułe mierniki, lub specjalne wzmacniacze. Ogranicza to znacznie możliwości praktycznego zastosowania tych urządzeń, zwłaszcza tam, gdzie warunki eksploatacji uniemożliwiają użycie czułych mierników, a stosowanie wzmacniaczy jest nieopłacalne. Ponadto przy małym sygnale wyjściowym trudno jest ograniczyć wpływ szumów zakłócających, takich jak na przykład siła termoelektryczna, napięcie kontaktowe i inne.

Celem wynalazku jest otrzymanie w cienkich warstwach ferromagnetycznych wzdłuż kierunku przepływu prądu spadku napięcia o dużej wartości i liniowej zależności od natężenia pola magnetycznego, zaś zadaniem wynalazku jest podanie sposobu zapewniającego osiągnię-

cie tego celu, oraz opracowanie odpowiedniego urządzenia do stosowania tego sposobu.

Cel ten osiągnięto przez zastosowanie sposobu polegającego na tym, że cztery cienkie warstwy ferromagnetyczne łączy się w układ mostkowy i ustawia tak, aby osie łatwego namagnesowania tych warstw, były wzajemnie równoległe i tworzyły z kierunkiem prądu kątą $\frac{\pi}{4}$.

oraz tak, aby ze wzrostem natężenia zewnętrznego pola magnetycznego kątą pomiędzy wektorami namagnesowania a normalnymi do kierunku prądu dla dwóch przeciwległych warstw wzrastały, zaś dla pozostałych dwóch warstw malały.

Do jednej przekątnej mostka doprowadza się prąd, który rozplywa się równomiernie w obu gałęziach mostka, natomiast użyteczny sygnał wyjściowy zbiera się z drugiej jego przekątnej. Dalej cel osiągnięto przez zbudowanie urządzenia, w którym cztery cienkie warstwy ferromagnetyczne będące bokami kwadratu mają wspólne podłoże i ich osie łatwego namagnesowania są wzajemnie równoległe i nachylone pod kątami $\frac{\pi}{4}$ do kierunków

prądu. Elektrody prądowe do których podawany jest prąd sterujący i elektrody napięciowe z których zbierany jest sygnał wyjściowy, łączą warstwy ferromagnetyczne tworząc układ mostkowy. Cienkie warstwy ferromagnetyczne, elektrody oraz podłoże znajdują się w obrębie oddziaływania pola magnetycznego wytworzonego przez cewkę przymocowaną do podłoża. Zewnętrzne pole magnetyczne jest wytwarzane przez prąd płynący poprzez cewkę przemagnesowującą.

Stosując sposób według wynalazku otrzymujemy na przekątnej mostka użyteczny sygnał wyjściowy, który dla $H \ll H_k$ wyraża się wzorem

$$U_w = \frac{\Delta \rho l}{2 H_k b d} I_s H$$

Otrzymano więc liniową zależność U_w od natężenia pola magnetycznego H , a ponadto z porównania wzorów (2) i (3) widać, że wartość sygnału wyjściowego U_w jest $\frac{1}{b}$ razy większa od sygnału wyjściowego w znanych urządzeniach do mnożenia dwu wielkości elektrycznych, zatem urządzenie wykorzystujące sposób według wynalazku może służyć jako element do mnożenia dwu wielkości elektrycznych przy czym odznacza się ono znacznie większą czułością.

Sposób według wynalazku zostanie bliżej objaśniony przy pomocy rysunku, na którym fig. 2 przedstawia schemat połączenia warstw ferromagnetycznych, fig. 3 przedstawia przykład wykonania urządzenia, zawierający układ czterech warstw ferromagnetycznych stanowiących boki kwadratu, fig. 4 — odmianę urządzenia z układem warstw ferromagnetycznych o gęstym upakowaniu, fig. 5 — odmianę urządzenia, w którym warstwy ferromagnetyczne są ustawione równoległe, a fig. 6 — odmianę urządzenia, w którym pole magnetyczne jest wytwarzane przez prąd płynący poprzez dodatkową warstwę przewodzącą.

Na fig. 2 przedstawione są cztery cienkie warstwy ferromagnetyczne 1a, 1b, 1c, 1d o szerokości b i długości l połączone w układ mostkowy. Warstwy te są tak usytuowane, aby osie łatwego namagnesowania L tych warstw, zbieżne z kierunkiem X , były wzajemnie równo-

ległe i tworzyły kątą $\frac{\pi}{4}$ z kierunkami prądu oraz aby zewnętrzne pole magnetyczne H odchyłało wektory namagnesowania M o kątą α , przy czym ze wzrostem natężenia pola H kątą opmiędzy normalnymi do kierunku prądu a wektorami M dla warstw 1a i 1c mają wzrastać zaś dla warstw 1b i 1d maleć. Prąd sterujący I_s doprowadzony do jednej przekątnej mostka rozplywa się równomiernie w obu jego gałęziach, gdyż ich oporności są sobie równe niezależnie do wartości pola magnetycznego H . Użyteczny sygnał wyjściowy U_w będący iloczynem natężenia prądu I_s i natężenia pola magnetycznego H zbierany jest z drugiej przekątnej mostka.

W urządzeniu do stosowania sposobu według wynalazku przedstawionym przykładowo na fig. 3 cztery cienkie warstwy ferromagnetyczne 1a, 1b, 1c, 1d posiadają wspólne podłoże 4 najlepiej szklane i tworzą boki kwadratu. Osie łatwego namagnesowania tych warstw są równoległe do kierunku wskazanego przez oś X . Elektrody prądowe 2, do których doprowadza się napięcie powodujące przepływ prądu sterującego I_s , oraz elektrody napięciowe 3, z których zbiera się użyteczny sygnał wyjściowy U_w łączą warstwy ferromagnetyczne tworząc układ mostkowy. Pole magnetyczne H wytwarzane w cewce 5 przez prąd I_m działa w kierunku prostopadłym do osi łatwego namagnesowania. Sygnał wyjściowy U_w jest proporcjonalny do iloczynu $I_s \cdot I_m$, to znaczy iloczynu prądu sterującego I_s i prądu I_m wytwarzającego pole magnetyczne.

Elektrody 2 i 3 można parami zamienić, to znaczy prąd sterujący I_s można doprowadzić do elektrod napięciowych 3, a napięcie wyjściowe U_w zbierać z elektrod prądowych 2. Możliwość takiej zmiany jest dodatkową zaletą urządzenia.

W odmianie urządzenia przedstawionej na fig. 4 dwie pary równoległych warstw ferromagnetycznych, posiadających wspólne podłoże 4 są do siebie prostopadłe. Jedna para cienkich warstw ferromagnetycznych, a mianowicie para 1b, 1c, połączona z jedną elektrodą napięciową 3, ma warstwy ustawione względem siebie tak, że tworzą literę „V”. Druga para warstw 1a i 1d, połączona z drugą elektrodą napięciową 3 są ustawione tak względem siebie, że tworzą odwróconą literę „V”. Obie te pary warstw, zachowując równoległość ramion liter „V” są bardzo blisko siebie ustawione. Takie ustawienie warstw pozwala na lepsze wykorzystanie powierzchni podłoża umożliwiając znaczne zmniejszenie wymiarów urządzenia.

W odmianie urządzenia według wynalazku przedstawionej na fig. 5 cztery warstwy ferromagnetyczne 1a, 1b, 1c, 1d są wzajemnie równoległe i tak połączone w układ mostkowy, że prąd sterujący I_s w warstwach 1a i 1d ma kierunek przeciwny do kierunku prądu w warstwach 1b i 1c. Osie łatwego namagnesowania tych warstw są równoległe do kierunku osi X . Prąd I_m płynący poprzez przeciwie nawinięte sekcje cewki 5 wytwarza pole magnetyczne H o przeciwnych zwrotach w obu sekcjach cewki. Tak więc spełniony jest warunek podany w sposobie według wynalazku, aby wektory namagnesowania M na skutek działania zewnętrznego pola magnetycznego H odchyłyły się w kierunkach przeciwnych dla każdej pary warstw przeciwległych mostka. Użyteczne napięcie wyjściowe U_w proporcjonalne do iloczynu $I_s \cdot I_m$ zbierane

jest z elektrod napięciowych 3. Odmiana urządzenia przedstawiona na fig. 5 umożliwia dalszą jego miniaturyzację.

W odmianie urządzenia przedstawionej na fig. 6 pole magnetyczne H wytwarzane jest za pomocą dodatkowej warstwy przewodzącej 6, przez którą przepływa prąd I_m doprowadzony do elektrod 8. Warstwa ta jest odizolowana od warstw ferromagnetycznych 1a, 1b, 1c, 1d warstwą izolacyjną 7 najlepiej SiO. Osie łatwego namagnesowania warstw ferromagnetycznych są równoległe do kierunku wyznaczonego przez oś X. Na elektrodach napięciowych 3 powstaje napięcie wyjściowe U_w będące funkcją iloczynu $I_s \cdot I_m$. Również w tym rozwiązaniu elektrody 2 i 3 można połączyć zamiennie.

W podanych przykładowo urządzeniach według wynalazku cienkie warstwy ferromagnetyczne mogą być pojedyncze lub też wielokrotne, prądy lub napięcia podlegające mnożeniu mogą być stałe lub przemienne, oraz mogą być również stosowane pola podmagnesowujące zmieniające anizotropię warstw.

Zastosowanie sposobu otrzymywania liniowej charakterystyki spadku napięcia wzdłuż kierunku przepływu prądu w cienkich warstwach ferromagnetycznych umożliwia zbudowanie urządzeń do mnożenia dwu wielkości elektrycznych, przy czym urządzenia te charakteryzują się znaczną czułością, co daje wiele możliwości ich praktycznego zastosowania.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób otrzymywania liniowej charakterystyki spadku napięcia wzdłuż kierunku prądu elektrycznego przepływającego poprzez cienkie warstwy ferromagnetyczne względem natężenia pola magnetycznego **znamienny tym**, że cztery cienkie warstwy ferromagnetyczne łączy się w układ mostkowy i ustawia tak, aby ich osie łatwego namagnesowania były wzajemnie równoległe i tworzyły z kierunkiem prądu kąty $\frac{\pi}{4}$, oraz tak, aby ze wzrostem natężenia zewnętrznego pola magnetycznego kąty pomię-

dzy wektorami namagnesowania (M) a normalnymi do kierunku przepływu prądu dla dwóch przeciwnych warstw wzrastały, zaś dla pozostałych dwóch warstw malały, przy czym do jednej przekątnej mostka doprowadza się prąd, który rozplywa się równomiernie w obu jego gałęziach, natomiast użyteczny sygnał wyjściowy, będący iloczynem natężenia prądu i natężenia pola, zbiera się z drugiej przekątnej.

2. Urządzenie do stosowania tego sposobu **znamienne tym**, że cztery cienkie warstwy ferromagnetyczne (1a, 1b, 1c, 1d) będące bokami kwadratu mają wspólne podłoże (4) i ich osie łatwego namagnesowania są wzajemnie równoległe i nachylone pod kątami $\frac{\pi}{4}$ do kierunków

prądu, a elektrody prądowe (2) do których podawany jest prąd sterujący (I_s) i elektrody napięciowe (3) z których zbierany jest użyteczny sygnał wyjściowy U_w , łączą warstwy ferromagnetyczne (1a, 1b, 1c, 1d) tworząc układ mostkowy przy czym warstwy (1a, 1b, 1c, 1d), elektrody i podłoże (4) znajdują się w obrębie oddziaływania cewki (5) przymocowanej do podłoża (4).

3. Odmiana urządzenia według zastrz. 2 **znamienna tym**, że para cienkich warstw ferromagnetycznych (1b, 1c) połączona z jedną elektrodą napięciową (3) ma warstwy ustawione względem siebie pod kątem prostym tworząc literę „V”, a druga para warstw (1a, 1d) połączona z drugą elektrodą napięciową (3) ma warstwy ustawione względem siebie tworząc odwróconą literę „V”, przy czym obie pary warstw, zachowując równoległość ramion litery, są blisko siebie ustawione.

4. Odmiana urządzenia według zastrz. 2 **znamienna tym**, że cztery cienkie warstwy ferromagnetyczne (1a, 1b, 1c, 1d) są ustawione wzajemnie równoległe w dwu rzędach a cewka (5) składa się z dwóch przeciwnie nawiniętych lub zgodnie nawiniętych przeciwnie połączonych sekcji, zaś prąd sterujący (I_s) doprowadzony do elektrod prądowych (2) rozplywa się tak, że w każdej parze sąsiadujących warstw ma kierunki przeciwne.

5. Odmiana urządzenia według zastrz. 2 **znamienna tym**, że jest zaopatrzona w dodatkową warstwę przewodzącą (6), oddzieloną warstwą izolacyjną (7) od warstw ferromagnetycznych (1a, 1b, 1c, 1d).

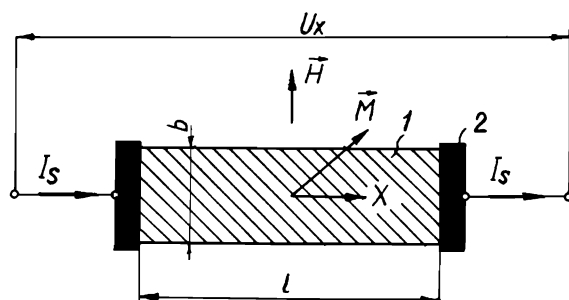


Fig. 1

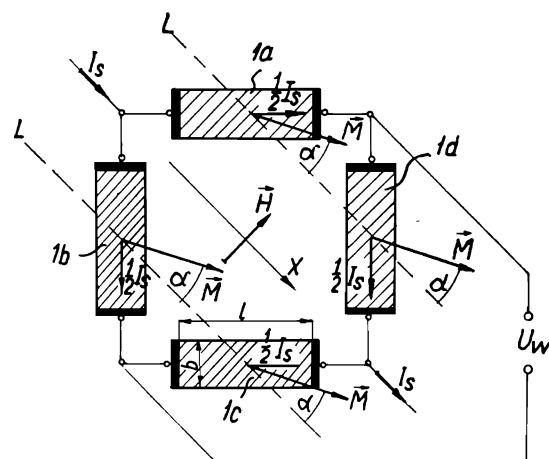


Fig. 2

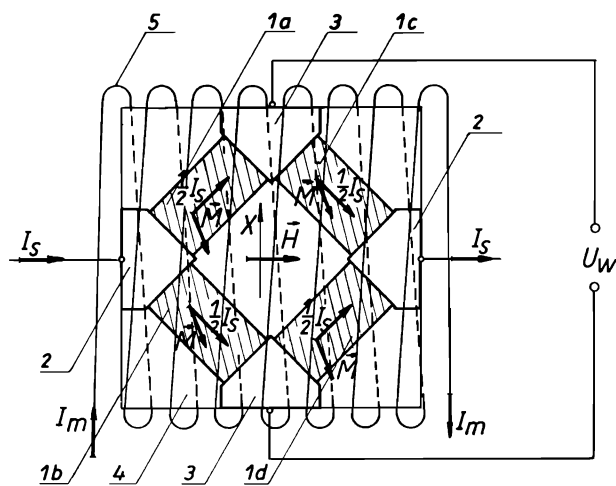


Fig. 3

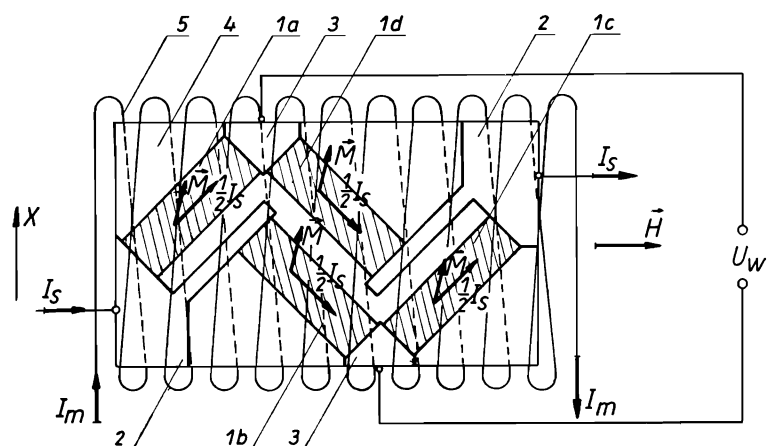


Fig. 4

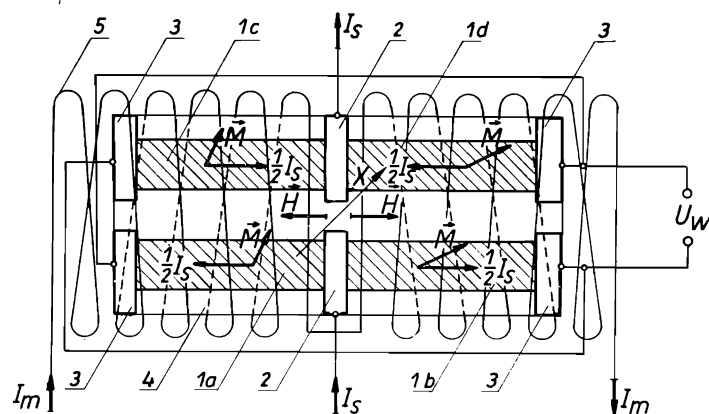


Fig. 5

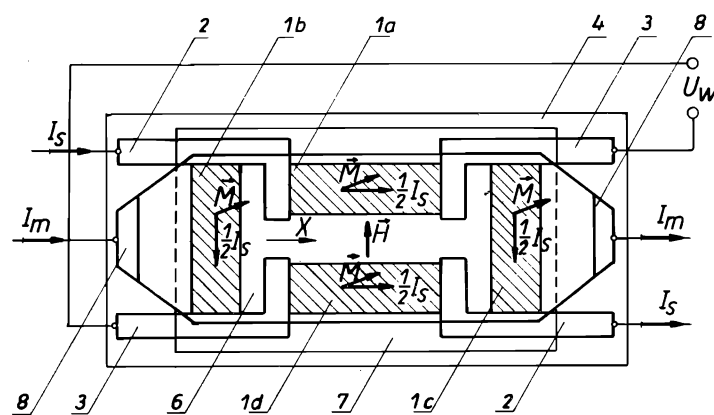


Fig. 6