



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

243452

(11) (12)

(51) Int. Cl.⁴

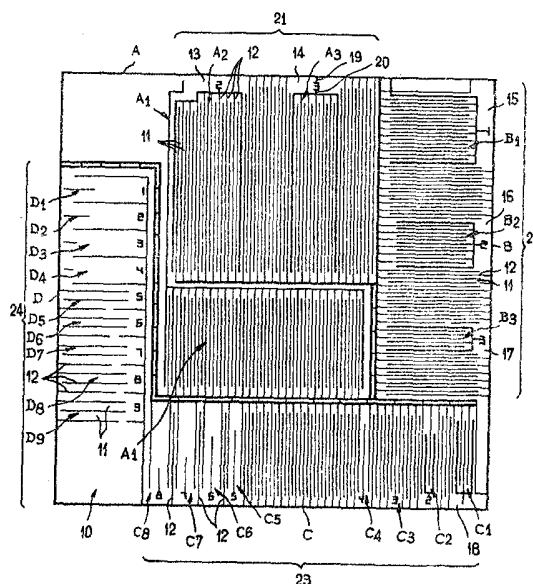
H 01 C 3/12
H 01 C 7/00
H 01 C 7/18

- (22) Přihlášeno 21 09 78
(21) PV 6093-78
(32) (31)(33) Právo přednosti od 29 09 77
(77 29381) Francie
(40) Zveřejněno 31 08 85
(45) Vydáno 15 07 87

- (72) Autor vynálezu FRERE BERNARD ing., NICE; MORLET JEAN ing., VILLENEUVE LOUBET, (Francie)
(73) Majitel patentu SOCIETE FRANCAISE DE L'ELECTRO-RESISTANCE, PARIS (Francie)

(54) Plošný elektrický odpor s vysokou přesností a nastavitelnou ohmickou hodnotou, a způsob nastavování této ohmické hodnoty

Jedná se o plošný elektrický odpor sestávající z folie kovu nebo slitiny uložené nebo nalepené na nosiči, přičemž odporová dráha tvoří meandrový obvod a o způsob jeho nastavení na předepsanou hodnotu. Odpor je proveden tak, že obsahuje soustavu odporů zkratovaných vodivými pásy seskupených do obdélníkových bloků. Při nastavování ohmické hodnoty se tvoří určitým způsobem výřezy ve vodivých pásích, čímž se celková ohmická hodnota postupně zvětšuje až na hodnotu stanovenou.



Vynález se týká plošného elektrického odporu s vysokou přesností a nastavitelnou ohmickou hodnotou a způsobu nastavování této ohmické hodnoty.

Jsou známé velmi přesné elektrické odpory, které se vyrábějí tak, že se vyleptá elektrolytickým zpracováním nebo iontovým bombardováním folie z kovu nebo z kovové slitiny a tím vznikne soustava četných elektrických vláken, která jsou od sebe oddělena drážkami nebo štěrbinami.

Tyto způsoby umožňují vyrobit odporové obvody meandrového nebo jiného zvlněného tvaru a velké délky. Elektrická odporová vlákna vzniklá vyleptáním v kovové nebo slitinové fólii mají tloušťku nepřekračující několik μm , takže tyto odpory mají velice vysokou ohmickou hodnotu na jednotku plochy.

Po sériové výrobě mají být tyto odpory nastaveny na přesnou ohmickou hodnotu, která bývá často větší než 50 až 150 % původní ohmické hodnoty.

Při známých postupech se nastavuje tato hodnota tak, že se mezi okrajem odporu a drážkami, které oddělují jednotlivá odporová elektrická vlákna, vytvoří řezy sloužící k propojení předem stanoveného počtu těchto vláken, aby se tak zvětšila ohmická hodnota. Tento postup nastavování odporu tvořením řezů je velice náročný. Tato operace se musí provádět pod mikroskopem škrábáním, paprskem pisku nebo pomocí laseru. Mimo to je tato operace velice zdoluhavá, poněvadž často je nezbytné vytvářet značně velký počet řezů, poněvadž v každém jednotlivém odporu je velký počet elektrických odporových vláken. Když se má například nastavit na požadovanou hodnotu 42 k Ω ohmická hodnota odporu, který má počáteční hodnotu 23 k Ω , je třeba provést 102 řezů na stranách odporu.

Účelem vynálezu je vytvořit plošný elektrický odpor tak, aby jeho ohmická hodnota se mohla nastavovat mnohem pohodlnějším, rychlejším a jednodušším způsobem, než je tomu u dosavadních odporů.

Předmětem vynálezu je plošný elektrický odpor, který sestává z folie z kovu nebo slitiny, která je uložena nebo nalepena na nosiči a sestává ze soustavy elektrických odporových vláken oddělených vzájemně mezerami, takže tvoří meandrový odporový obvod, přičemž tento odpor obsahuje soustavu elektrických odporových obvodů, které jsou zkratovány vodivými pásy tvořenými kovem nebo slitinou fólie.

Podle vynálezu se tento plošný elektrický odpor vyznačuje tím, že poměr přírůstku ΔR ohmické hodnoty R_{Tn} , když je zapojeno do série n sdružených odporových obvodů, a ohmické hodnoty R_{Tn-1} odporu, když je zapojeno do série $n-1$ sdružených obvodů, vyhovuje vztahu

$$\frac{\Delta R}{R_{Tn-1}} = U_n$$

kde U_n je n -tý člen absolutně konvergentní řady ve smyslu Cauchyho kritéria, a $\Delta R = R_{Tn} - R_{Tn-1}$.

K nastavení výsledné ohmické hodnoty odporu se vytvoří ve fólii výřezy, které slouží k tomu, aby připojily do série s ostatním obvodem odporové elektrické sdružené obvody nebo odporový elektrický sdružený obvod, jehož ohmická hodnota odpovídá nastavovací ohmické hodnotě potřebné pro tento odpor.

Bylo zjištěno, že když přírůstek ΔR vyhovuje uvedenému vztahu, lze podstatně zmenšit počet výřezů, které je třeba vytvořit ve fólii k nastavení ohmické hodnoty odporu.

Podle výhodného provedení vynálezu platí vztah

$$\frac{\Delta R}{R_{Tn-1}} = \frac{1.3...2n-1}{2.4...2n} K^{2n}$$

kde K je nastavitelný numerický součinitel menší než 1. Vynález se rovněž týká velmi přesného elektrického odporu, kde fólie z kovu nebo kovové slitiny je uložena nebo přilepena na nosiči, jehož součinitel tepelné vodivosti je obecně rovný nebo větší než součinitel tepelné vodivosti kysličníku hlinitého, takže znemožňuje vznik příliš velkého teplotního gradientu mezi propojenými odporovými částmi obvodu a částmi, které jsou dosud zkratovány.

Předmětem vynálezu je dále způsob nastavování ohmické hodnoty tohoto plošného elektrického odporu.

Podle tohoto způsobu se vytvoří výřezy ve vodivých pásech, které zkratují sdružené elektrické odporové obvody. Podle vynálezu se postupuje tak, že se takový výřez vytvoří nejprve ve vodivém pásu odpovídajícím jednomu sdruženému obvodu tak, aby přírůstek ohmické hodnoty byl co nejbližší požadované ohmické hodnotě, potom se postupuje při nastavování postupným připojováním dalších sdružených obvodů, kterými vzniknou přírůstky ohmické hodnoty, jež se postupně zmenšují.

Tímto způsobem se tedy provádí pro jeden sdružený obvod jediný výřez, takže maximální počet výřezů nepřevyšuje počet sdružených obvodů. Poněvadž každý sdružený obvod je obecně tvořen větším počtem rovnoběžných odporových vláken, která se prostírají na poměrně velké ploše, nevyžaduje vytvoření výřezu zdaleka takovou přesnost jako u dosavadních postupů.

Podle vynálezu je mimo to výhodné vytvořit v pásech současně s různými odporovými elektrickými obvody číselné značky a šterbinu, která probíhá mezi touto číselnou značkou a odpovídajícím sdruženým odporovým obvodem, přičemž k nastavení výsledné ohmické hodnoty odporu se tento výřez provádí mezi stranou fólie a uvedenou číselnou značkou. Tyto číselné značky podstatně usnadňují značení sdružených obvodů, které se mají propojit, a provádění výřezů.

Vynález bude vysvětlen v souvislosti s výkresem, kde

obr. 1 je schematický půdorys elektrického odporu podle vynálezu a

obr. 2 ukazuje ve zvětšeném měřítku část odporu z obr. 1, přičemž ukazuje elektrický sdružený obvod spojený se zbytkem odporu po provedení výřezu na okraji fólie.

Na obr. 1 a 2 je znázorněn elektrický plošný odpor, vyrobený ze čtvercové fólie 10, která je z kovové slitiny a má tloušťku několika μm , a je například ze slitiny niklu a chromu. Elektrický odporový obvod tohoto odporu je vyroben o sobě známým způsobem, s výhodou elektrolytickým leptáním nebo iontovým bombardováním přes masku opatřenou okénky, která definují obrys vytvářeného elektrického odporu na fólii 10.

Fólie 10 je uložena nebo přilepena na elektricky izolačním nosiči, který není znázorněn a jenž má součinitel tepelné vodivosti rovný nebo větší než kysličník hlinitý o čistotě 96 %.

Pro jasnost znázornění jsou elektrická odporová vlákna 11 zobrazena na obr. 1 mezi rovnými rovnoběžnými čarami, které znázorňují mezery 12 odporu. Skutečné znázornění části elektrického odporového obvodu je zobrazeno na obr. 2.

Jak je patrné na obr. 1, sestává odpor z velkého počtu rovnoběžných odporových vláken, která tvoří meandrový elektrický obvod velké délky a v důsledku toho o vysoké ohmické hodnotě na plošnou jednotku.

Fólie 10 obsahuje soustavu sdružených odporových obvodů $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3, C_1, C_2, \dots, C_8, D_1, D_2, \dots, D_9$, jejichž přírůstek ΔR vnitřních ohmických hodnot vyhovuje vztahu

$$\frac{\Delta R}{RT_{n-1}} = U_n$$

kde U_n je n -tý člen absolutně konvergentní řady ve smyslu Cauchyho kritéria, a $\Delta R = RT_n - RT_{n-1}$, přičemž RT_n je ohmická hodnota n sdružených odporových obvodů, a RT_{n-1} je ohmická hodnota $n-1$ sdružených odporových obvodů.

Z obr. 1 je patrné, že sdružený obvod A_1 má větší počet odporových vláken 11 než sdružený obvod A_2 , který má zase větší počet odporových vláken 11 než ostatní sdružené obvody A_3, B_1, B_2 atd.

Konvergentní řada může být tvaru

$$\frac{\Delta R}{RT_{n-1}} = \frac{1.3 \dots 2n-1}{2.4 \dots 2n} K^{2n}$$

kde K je nastavitelný numerický součinitel menší než 1. Touto konvergentní řadou může být řada geometrická.

Jak je dále patrné z obr. 1, při výrobě odporu podle vynálezu se ponechají mezi stranami A, B, C, D fólie 10 a každým ze sdružených obvodů $A_1, \dots, B_1, \dots, C_1, \dots, D_1$ vodivé pásy 13, 14, 15, 16, 17, 18, které zkratují tyto sdružené obvody vzhledem ke zbytku odporu. V důsledku toho má odpor vyrobený tímto způsobem počáteční hodnotu odporu RT_0 , která je tvořena ohmickou hodnotou všech odporových elektrických vláken 11, která nepatří do sdružených obvodů $A_1, \dots, B_1, \dots, C_1, \dots, D_1$.

K nastavení ohmické hodnoty odporu na požadovanou hodnotu se začne tak, že se spojí nejprve sdružený obvod $A_1, \dots, B_1, \dots, C_1$ nebo D_1 , který má ohmickou hodnotu nejbližší požadované hodnotě, a potom se nastavuje dále tak, že se připojí jednotlivé sdružené obvody, které mají postupně menší a menší ohmické hodnoty. Provádí se to tak, že se vytvoří ve vodivých pásích 13, 14, 15, 16, 17 nebo 18 výřez 19 (obr. 2), který leží mezi stranou A, B, C nebo D fólie 10 a odpovídajícím sdruženým obvodem A_3 . Tyto výřezy, například výřez 19, se vytvoří o sobě známým způsobem, například vyškábáním hrotem, paprskem písku nebo laserem.

Aby bylo možno nastavit odpor v dostatečně velkém rozmezí ohmických hodnot, zvolí se obecně součinitel M , který se rovná poměru RT_n/RT_0 (kde RT_n je ohmická hodnota vzniklá spojením všech sdružených obvodů) blízký hodnotě 2.

Jak je vidět z obr. 1 a 2', jsou vytvořeny ve vodivých pásích 13 až 18 současně s různými sdruženými obvody $A_1, \dots, B_1, \dots, C_1, \dots, D_1, \dots$ číselné značky 1, 2, 3, ..., 9, a štěrbina 20 (obr. 2), která probíhá mezi těmito číselnými značkami 1 až 9 a příslušným sdruženým obvodem A_3 .

K nastavení odporu na požadovanou hodnotu pak stačí označit číselnou značku příslušného sdruženého obvodu $A_1, \dots, B_1, \dots, C_1, \dots, D_1, \dots$, který má být připojen, potom vytvořit výřez 19 podle obr. 2 mezi stranou A, B, C nebo D fólie 10 a číselnou značkou odpovídajícího sdruženého obvodu.

V provedení podle obr. 1 jsou elektrické sdružené obvody $A_1, \dots, B_1, \dots, D_1, \dots$ seskupeny ve čtyři oddělené obdélníkové bloky 21, 22, 23, 24, z nichž každý je uložen podél jedné strany A, B, C D, fólie 10. Toto umístění značně usnadňuje označování jednotlivých sdružených obvodů.

K vysvětlení vynálezu bude uvedeno několik číselných příkladů.

Příklad I

Tento neomezuující příklad ukazuje zákonitosti podle kterých se nastavuje odpor zvláště podle vynálezu.

Tento odpor je charakterizován počtem nastavovacích bodů rovným 23 a součinitelem M rovným 2. Tento součinitel M je poměr hodnoty odporu, když jsou nastaveny všechny body, a počáteční hodnotou odporu. Podle vynálezu se postupuje podle této zákonitosti:

$$\frac{\Delta R}{RT_{n-1}} = \frac{1.3 \dots 2n-1}{2.4 \dots 2n} K^{2n}, \text{ kde } K = 0,82.$$

Pro hodnotu $RT_0 = 15 \text{ k}\Omega$ platí následující tabulka:

Tabulka I

	Nastavovací bod	$\Delta R/RT_{n-1}$	$\Delta R/RT_0$	$\Delta R \text{ (ohm)}$
A_1	1	0,336	0,336	5 040
A_2	2	0,169	0,226	3 390
A_3	3	0,095	0,143	2 145
B_1	4	0,56	0,090	1 350
B_2	5	0,034	0,056	840
B_3	6	0,021	0,035	525
C_1	7	0,013	0,022	330
C_2	8	0,0082	0,014	210
C_3	9	0,0052	0,009	135
C_4	10	0,0033	0,006	90
C_5	11	0,0021	0,0036	54
C_6	12	0,0014	0,0024	36
C_7	13	0,0009	0,0016	24
C_8	14	0,0006	0,0010	15
D_1	15	0,0004	0,0007	10,5
D_2	16	0,00024	0,00042	6,3
D_3	17	0,00016	0,00028	4,2
D_4	18	0,00010	0,00017	2,55
D_5	19	0,00007	0,00012	1,80
D_6	20	0,000045	0,000079	1,185
D_7	21	0,000029	0,000051	0,765
D_8	22	0,000019	0,000033	0,495
D_9	23	0,000012	0,000021	0,315

Když jsou všechny odpory spojeny, to znamená, když bylo vytvořeno dvacet tři výřezů 19, je maximální nastavený odpor rovný 14 212 ohmů - 15 000 ohmů (počáteční hodnota) = 29 212,11 ohmů, tedy součinitel rovný 1,9474.

P ř í k l a d II

Odpor podle tohoto příkladu má počáteční ohmickou hodnotu RT_0 rovnou 15 k Ω . Je třeba nastavit tuto hodnotu na 25 000 ohmů $\pm 0,1$ %. Počáteční hodnota se má tedy zvětšit o 66,51 až 66,83 %, aby ležela v tolerančním rozmezí $\pm 0,1$ %.

K tomuto účelu se nejprve zvolí ten obvod nebo ty obvody, jehož nebo jejichž ohmická hodnota je v procantech nejbližší hodnotě, jež se má vytvořit. Jde v tomto případě o body A_1 a A_2 , které mají váhu rovnou 33,6 % a 22,6 %. Vytvoří se tedy výřez 19 dříve popsaným způsobem. Potom se postupuje tímto způsobem: vytvoří se výřez pro B_1 , který představuje 9 %, vytvoří se výřez pro C_2 , který představuje 1,4 %, vytvoří se výřez pro D_1 , který představuje 0,07 %.

Tím vznikne tedy 66,67 %. Tohoto výsledku se tudíž dosáhlo vytvořením pouhých pěti výřezů 19 podle obr. 2.

Kdyby bylo třeba ještě dále nastavovat ohmickou hodnotu odporu, musely by se vytvořit další výřezy, aby se připojily další sdružené odporové obvody, jejichž ohmická hodnota je neustále menší a menší.

P ř í k l a d III (srovnávací)

V případě odporu realizovaného klasickou metodou nastavování, přičemž tento odpor má počáteční ohmickou hodnotu stejnou jako v příkladě II, je k vytvoření výsledného odporu s hodnotou 25 k $\Omega \pm 1$ % celkem 27 výřezů.

Je samozřejmé, že vynález není omezen na popsané příklady a že jej lze různě obměňovat. Tak například lze odpor nastavovat tak, že se známým způsobem zapojí do Wheastonova nebo Kelvinova můstku a měří se číslicovým voltmetrem. Rovněž lze použít samočinného počítače, v jehož paměti jsou zaznamenány ohmické hodnoty odpovídající každému sdruženému obvodu $A_1, \dots, B_1, \dots, C_1, \dots, D_1$. Jednoduchý počítačový program pak umožňuje ukázat vyrábějícímu pracovníkovi na číslicovém displeji výřez, který se má vytvořit, přičemž obraz odporu se pozoruje binokuláram, nebo řídít posuvný stůl XY, který nese známý automatický přístroj pro vytváření výřezů, například tryskač paprsků písku nebo laser, a který je ovládán číslicovým počítačem. Lze to realizovat díky tomu, že číselné značky 1, 2, 3 ... 9 sdružených obvodů nejsou nijak četné a přitom jsou dostatečně velké, takže neexistují mechanické problémy při vedení řezného zařízení.

V důsledku existence číselných značek 1 až 9 a vodivých pásů 13 až 18, které jsou mezi těmito číselnými značkami 1 až 9 a stranami A, B, C nebo D odporu, lze nastavování odporu provádět jednoduchým vyškrobáním mezi příslušnou číselnou značkou a sousedním okrajem obvodu.

Vynález umožňuje podstatné zjednodušení při nastavování ohmické hodnoty odporu a odstraňuje nebezpečí chyb, poněvadž má staticky mnohem větší přesnost.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Plošný elektrický odpor s vysokou přesností a nastavitelnou ohmickou hodnotou, sestávající z folie z kovu nebo slitiny uložené nebo přilepené na nosiči a obsahující soustavu odporových elektrických vláken oddělených mezerami a tvořící meandrový odporový elektrický obvod, přičemž tento odpor obsahuje soustavu odporových elektrických odporů zkratovaných vodivými pásy tvořenými kovem nebo slitinou folie, vyznačený tím, že poměr přírůstku ΔR

ohmické hodnoty při zapojení n odporových sdružených obvodů ($A_1, \dots, B_1, \dots, C_1, \dots, D_1, \dots$) do série a hodnotou R_{Tn-1} odporu při zapojení $n-1$ sdružených elektrických obvodů do série vyhovuje vztahu

$$\frac{\Delta R}{R_{Tn-1}} = U_n$$

kde U_n je n -tý člen absolutně konvergentní řady ve smyslu Cauchyho kritéria a $\Delta R = R_{Tn} - R_{Tn-1}$.

2. Plošný elektrický odpor podle bodu 1 vyznačený tím, že

$$\frac{R}{R_{Tn-1}} = \frac{1.3 \dots 2n-1}{2.4 \dots 2n} K^{2n}$$

kde K je nastavitelný numerický součinitel menší než 1.

Plošný elektrický odpor podle bodu 1 nebo 2 se čtvercovou nebo obdélníkovou folií, vyznačený tím, že odporové elektrické sdružené obvody ($A_1, \dots, B_1, \dots, C_1, \dots, D_1, \dots$) jsou seskupeny ve čtyři oddělené obdélníkové bloky (21, 22, 32, 24), které jsou uloženy podél každé ze stran (A, B, C, D) folie (10).

4. Plošný elektrický odpor podle bodu 3 vyznačený tím, že odporové obvody každého bloku (21, 22, 23, 24) jsou označeny číselnou značkou menší nebo rovnou 9, vyleptanou do vodivého pásu (13 až 18) umístěného mezi sdruženými obvody ($A_1, \dots, B_1, \dots, C_1, \dots, D_1, \dots$) a sousední stranou (A, B, C, D) fólie (10).

5. Plošný elektrický odpor podle bodu 1 vyznačený tím, že nosič, na němž je uložena nebo přilepena fólie (10), má součinitel tepelné vodivosti rovný nebo větší než kysličník hliníkový o čistotě 96 %.

6. Způsob nastavování ohmické hodnoty elektrického odporu podle bodu 1, při kterém se vytvářejí výřezy ve vodivých páslech spojujících elektrické odporové sdružené odpory, vyznačený tím, že se výřez vytvoří ve vodivém pásu odpovídajícím takovému sdruženému obvodu, kde přírůstek ohmické hodnoty je co nejblíže požadované hodnotě, a potom se postupně nastavuje postupným připojováním dalších sdružených obvodů, které dávají přírůstky ohmické hodnoty, jež se postupně zmenšuje.

