

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: **78400081.2**

51 Int. Cl.²: **H 01 C 17/24, H 01 C 17/22,**
H 01 C 7/22

22 Date de dépôt: **29.08.78**

30 Priorité: **29.09.77 FR 7729381**

71 Demandeur: **SOCIETE FRANCAISE DE L'ELECTRO-RESISTANCE, 59 rue Gutenberg, F-75015 Paris (FR)**

43 Date de publication de la demande: **18.04.79**
Bulletin 79/8

72 Inventeur: **Frere, Bernard, Le Grand Soleil 31 avenue Joseph Giordan, F-06200 Nice (FR)**
Inventeur: **Morlet, Jean, Le Soleil Levant avenue des Rives, F-06270 Villeneuve Loubet (FR)**

84 Etats contractants désignés: **BE CH DE FR GB LU NL SE**

74 Mandataire: **Bouju, André, Cabinet Bouju 38 avenue de la Grande Armée, F-75017 Paris (FR)**

54 **Résistance électrique plane de haute précision et de valeur ohmique ajustable et procédé pour ajuster cette valeur ohmique.**

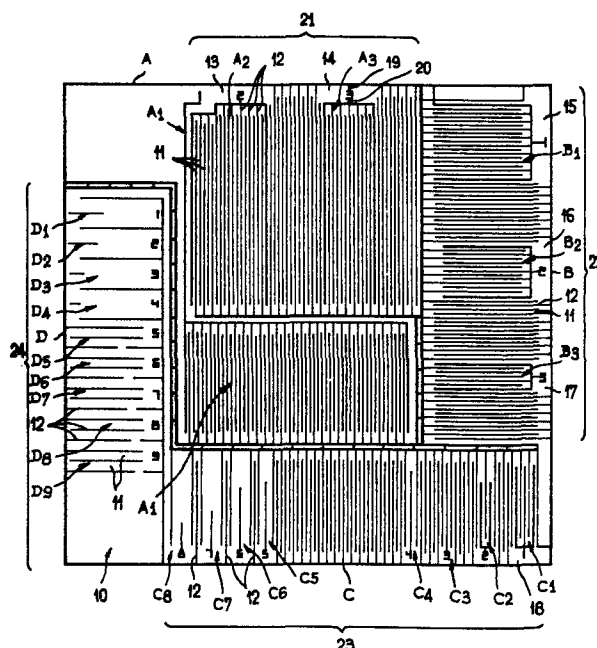
57 La résistance électrique plane de haute précision comprend une feuille (10) de métal ou d'alliage déposée ou collée sur un support comportant une série de filaments résistants électriques séparés par des sillons de manière à définir un circuit (11) résistant électrique sinueux, cette résistance comprenant une série de circuits résistants électriques ($A_1, A_2 \dots B_1, B_2 \dots$) court-circuités par des bandes conductrices (13, 14, ...) constituées par le métal ou l'alliage de la feuille.

Le rapport entre l'accroissement ΔR de la valeur ohmique lorsque l'on a branché en série les circuits annexes résistants ($A_1, A_2 \dots B_1, B_2 \dots$) et la valeur ohmique RT_{n-1} de la résistance, lorsqu'on a branché $n-1$ circuits annexes résistants suit la relation:

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

où U_n est le n ème terme d'une série absolument convergente au sens de Cauchy et

$$\Delta R = RT_n - RT_{n-1}.$$



EP 0 001 520 A1

La présente invention concerne une résistance électrique plane de haute précision et de valeur ohmique ajustable.

L'invention vise également un procédé pour ajuster
5 la valeur ohmique de la résistance électrique précitée.

On connaît déjà des résistances de haute précision obtenues en gravant, par usinage électrolytique ou bombardement ionique, une feuille de métal ou d'alliage de façon à obtenir une multitude de filaments résistants électriques
10 séparés par des sillons ou fentes. De telles résistances et leur procédé de fabrication sont décrits dans les demandes de brevets français N° 76 07889 déposée le 18 Mars 1976 et N° 76 17269 déposée le 8 Juin 1976, toutes deux au nom de la Demanderesse.

15 Les procédés précités permettent d'obtenir un circuit résistant de contour sinueux et de grande longueur. Les filaments résistants électriques gravés dans la feuille de métal ou d'alliage ont une épaisseur qui ne dépasse pas quelques microns, de sorte que ces résistances présentent
20 une très grande valeur ohmique par unité de surface.

Après fabrication en série, ces résistances doivent être ajustées à une valeur ohmique précise qui est parfois supérieure de 50 à 150 % à la valeur ohmique initiale.

25 Dans les procédés connus, on ajuste cette valeur en réalisant entre le bord de la résistance et les sillons qui séparent les filaments résistants électriques des découpes destinées à mettre en circuit un nombre prédéterminé de ces filaments, de manière à augmenter la valeur ohmique.

Cette opération d'ajustage de la résistance par découpe est très délicate. En effet, cette opération doit être réalisée sous microscope par grattage, jet de sable ou laser. Par ailleurs, cette opération est très longue, car il est souvent nécessaire de procéder à un très grand nombre de découpes, compte tenu du nombre élevé de filaments résistants électriques contenus dans chaque résistance. Ainsi, par exemple, pour ajuster à 42 Kiloohms la valeur ohmique d'une résistance présentant une valeur initiale de 23 Kiloohms, il est nécessaire d'effectuer 102 découpes sur les côtés de la résistance.

Le but de la présente invention est de fournir une résistance électrique plane dont la valeur ohmique peut être ajustable d'une manière beaucoup plus commode et rapide que dans le cas des résistances précitées.

La résistance électrique plane visée par l'invention comprend une feuille de métal ou d'alliage déposée ou collée sur un support comportant une série de filaments résistants électriques séparés par des sillons de manière à définir un circuit résistant électrique sinueux, cette résistance comprenant une série de circuits résistants électriques court-circuités par des bandes conductrices constituées par le métal ou l'alliage de la feuille.

Suivant l'invention, cette résistance est caractérisée en ce que le rapport entre l'accroissement ΔR de la valeur ohmique R_{Tn} lorsque l'on a branché en série n circuits annexes résistants, et la valeur ohmique R_{Tn-1} de la résistance lorsqu'on a branché $n-1$ circuits annexes résistants, suit la relation :

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

où U_n est le n ème terme d'une série absolument convergente au sens de Cauchy et

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

Pour ajuster la valeur ohmique finale de la résistance, on pratique dans la feuille des découpes destinées à mettre en série avec le reste du circuit, le ou les circuit(s) résistant(s) électrique(s) annexe(s) dont la valeur ohmique correspond à la valeur ohmique d'ajustage désirée pour la résistance.

On a constaté que lorsque l'accroissement ΔR suit la relation précitée, il était possible de réduire considérablement le nombre des découpes à réaliser dans la feuille pour ajuster la valeur ohmique de la résistance.

Selon une version préférée de l'invention :

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

où K est un coefficient numérique ajustable inférieur à 1.

L'invention concerne également une résistance électrique de haute précision telle que définie ci-dessus, dans laquelle la feuille de métal ou d'alliage est déposée ou scellée sur un substrat ayant un coefficient de conductibilité thermique, en général égal ou plus élevé que celui de l'alumine, suffisant pour éviter un gradient de température trop élevé entre les parties résistantes en circuit et celles encore court-circuitées.

L'invention vise également le procédé pour ajuster la valeur ohmique de la résistance électrique précitée.

Dans ce procédé, on pratique des découpes dans des bandes conductrices qui court-circuitent les circuits résistants électriques annexes. Ce procédé est caractérisé en ce qu'on pratique une telle découpe d'abord dans la bande conductrice correspondant à un circuit annexe tel que l'accroissement de la valeur ohmique soit le plus proche possible de la valeur d'ajustage désirée, puis on affine l'ajustage en mettant en circuit successivement des circuits annexes donnant lieu à des accroissements de la valeur ohmique de plus en plus faibles.

De cette façon, on ne réalise qu'une seule dé-

coupe par circuit résistant annexe, de sorte que le nombre maximum de découpes à réaliser ne dépasse pas celui du nombre de ces circuits. De plus, étant donné que chaque circuit annexe est constitué en général par plusieurs filaments résistants parallèles qui s'étendent sur une largeur relativement grande, la découpe nécessite une précision qui est beaucoup moins grande que dans le procédé connu.

Il est avantageux en outre de graver dans les bandes précitées, en même temps que les différents circuits résistants électriques, un numéro de repère ainsi qu'une fente s'étendant entre ce numéro de repère et le circuit résistant annexe correspondant et, pour ajuster la valeur ohmique finale de la résistance, ladite découpe est réalisée entre le côté de la feuille et le numéro de repère précité.

Ces numéros facilitent considérablement le repérage des circuits annexes à mettre en circuit et la réalisation des découpes.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après. Aux dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs :

- la Figure 1 est une vue schématique en plan d'une résistance électrique obtenue selon l'invention,
- la Figure 2 est une vue à grande échelle, d'une partie de la résistance de la Figure 1, montrant un circuit résistant électrique annexe connecté avec le reste de la résistance, après découpe effectuée sur le bord de la feuille.

Sur les Figures annexées, on voit une résistance électrique plane obtenue à partir d'une feuille 10 carrée, en un alliage métallique ayant une épaisseur de quelques microns, tel que du nickel-chrome. Le circuit résistant électrique de cette résistance est obtenu d'une manière connue en soi, de préférence par usinage électrolytique ou par bombardement ionique au travers d'un masque comportant des fenêtres définissant le contour du circuit électrique

à graver sur la feuille 10.

Cette feuille 10 est déposée ou scellée sur un support isolant électrique non représenté possédant un coefficient de conductibilité thermique égal ou supérieur à celui de l'alumine de pureté égale à 96 %.

Pour la clarté de la représentation, les filaments résistants électriques 11 sont représentés sur la Figure 1 entre des traits parallèles qui désignent les sillons ou fentes 12 de la résistance. Une représentation réelle d'une partie du circuit résistant électrique est montrée sur la Figure 2.

Comme on le voit sur la Figure 1, la résistance comprend une multitude de filaments parallèles 11 qui définissent un circuit électrique sinueux de grande longueur et par suite de grande valeur ohmique par unité de surface.

La feuille 10 comprend une série de circuits résistants annexes $A_1, A_2, A_3 ; B_1, B_2, B_3 ; C_1, C_2, C_3, \dots, C_8 ; D_1, D_2, \dots, D_9$ dont l'accroissement ΔR des valeurs ohmiques intrinsèques suit la relation :

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

où U_n est le nième terme d'une série absolument convergente au sens de Cauchy et où :

$$\cdot \Delta R = RT_n - RT_{n-1},$$

25 RT_n étant la valeur ohmique de n circuits résistants annexes et RT_{n-1} étant la valeur ohmique de $n-1$ circuits résistants annexes.

On voit, sur la Figure 1, que le circuit A_1 possède un nombre de filaments 11 qui est plus important que celui du circuit A_2 qui présente lui-même un nombre de filaments 11 plus grand que les autres circuits A_3, B_1, B_2 , etc..

La série convergente peut être telle que :

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

où K est un coefficient numérique ajustable inférieur à 1.

Cette série convergente peut être une progression géométrique.

Comme on le voit en outre sur la Figure 1, lors de la fabrication, on laisse entre les côtés A, B, C, D de la feuille 10 et chacun des circuits annexes $A_1, \dots, B_1, \dots, C_1, \dots, D_1$ des bandes telles que 13, 14, 15, 16, 17, 18 qui court-circuitent ces circuits annexes par rapport au reste de la résistance.

Par conséquent, la résistance obtenue après fabrication présente une résistance initiale R_{T0} constituée par la valeur ohmique de l'ensemble des filaments résistants électriques qui n'appartiennent pas aux circuits annexes $A_1, \dots, B_1, \dots, C_1, \dots, D_1$.

Pour ajuster la valeur ohmique de la résistance à la valeur désirée, on commence par mettre en circuit d'abord le circuit annexe $A_1, \dots, B_1, \dots, C_1$, ou D_1 qui présente la valeur ohmique la plus proche de la valeur d'ajustage désirée, puis on affine l'ajustage en mettant en circuit des circuits annexes présentant des valeurs ohmiques de plus en plus faibles.

Cette opération est réalisée en pratiquant dans les bandes conductrices telles que 13, 14, 15, 16, 17 ou 18, une découpe 19 (voir Figure 2) qui s'étend entre le côté A ou B, C, D de la feuille 10 et le circuit annexe A_3 correspondant. Ces découpes telles que 19 sont réalisées d'une manière connue en soi, par exemple par grattage au moyen d'une pointe, par jet de sable ou par laser.

Pour pouvoir ajuster la résistance selon une gamme assez étendue de valeurs ohmiques, on choisira généralement un coefficient multiplicateur M égal au rapport $\frac{R_{Tn}}{R_{T0}}$ (R_{Tn} étant la valeur ohmique obtenue lorsque tous les circuits annexes sont mis en circuit) voisin de 2.

Comme on le voit d'autre part sur les Figures 1 et 2, on a gravé dans les bandes 13, 14, 15, 16, 17 ou 18, en

même temps que les différents circuits résistants électriques
 A₁, B₁, C₁, D₁,, des numéros de repère 1, 2,
 3,, 9 ainsi qu'une fente telle que 20 (voir Figure 2)
 qui s'étend entre ces numéros et le circuit annexe A₃ corres-
 pondant.

Par conséquent, pour ajuster la résistance, il
 suffit de repérer le numéro du circuit annexe A₁, B₁,
 C₁, D₁, destiné à être mis en circuit, puis de réa-
 liser une découpe, comme désigné en 19 sur la Figure 2, entre
 le côté A (ou B, C, D) de la feuille 10 et le numéro repère
 du circuit annexe correspondant.

Dans la réalisation de la Figure 1, les circuits
 résistants électriques annexes A₁, B₁, C₁, D₁,
, sont groupés en quatre blocs rectangulaires 21, 22, 23,
 24 distincts, disposés le long de chacun des côtés A, B, C,
 D de la feuille 10. Cette disposition facilite encore le
 repérage des circuits annexes.

On donne ci-après quelques exemples numériques.

Exemple I.

Cet exemple, non limitatif, montre la manière de
 créer une loi d'ajustement d'une résistance suivant le pro-
 cédé selon l'invention.

Cette résistance se caractérise par un nombre de
 points d'ajustage égal à 23 et un coefficient multiplica-
 teur M égal à 2. Le coefficient multiplicateur est le rapport
 entre la valeur de la résistance lorsque tous les points ont
 été ajustés et sa valeur initiale. On adopte la loi :

$$\frac{\Delta R}{R_{Tn-1}} = \frac{1.3..... 2n-1}{2.4..... 2n} K^{2n} \quad \text{avec } K = 0,82$$

On a donc le tableau suivant, pour une valeur
 R_{To} = 15 kilohms.

TABLEAU I

	Point d'ajustage	$\Delta R/RT_{n-1}$	$\Delta R/RT_0$	ΔR (en ohms)
	A ₁ 1	0,336	0,336	5040
	A ₂ 2	0,169	0,226	3390
5	A ₃ 3	0,095	0,143	2145
	B ₁ 4	0,056	0,090	1350
	B ₂ 5	0,034	0,056	840
	B ₃ 6	0,021	0,035	525
	C ₁ 7	0,013	0,022	330
10	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
15	C ₇ 13	0,0009	0,0016	24
	C ₈ 14	0,0006	0,0010	15
	D ₁ 15	0,0004	0,00070	10,5
	D ₂ 16	0,00024	0,00042	6,3
	D ₃ 17	0,00016	0,00028	4,2
20	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
25	D ₉ 23	0,000012	0,000021	0,315

Lorsque toutes les résistances sont mises en circuit c'est-à-dire lorsqu'on a réalisé 23 découpes telles que 19, la résistance maximum ajustée est égale à 14 212 ohms + 15 000 ohms (valeur initiale) = 29 212,11 ohms, soit un coefficient multiplicateur de 1,9474.

Exemple II.

La résistance, selon cet exemple, présente une valeur ohmique initiale RT_0 égale à 15 kilohms. On veut ajuster cette valeur à 25 000 ohms $\pm 0,1\%$. La valeur initiale doit donc être augmentée de 66,51 % à 66,83 %, afin

d'être dans la tolérance $\pm 0,1 \%$.

A cet effet, on choisit tout d'abord le (les) circuit(s) dont la (les) valeur(s) ohmique(s) est (sont) la (les) plus proche(s) en % de la valeur que l'on veut obtenir.

Il s'agit dans cet exemple des points A_1 et A_2 de poids respectifs égaux à 33,6 % et 22,6 %. On réalise donc une découpe telle que 19, comme indiqué précédemment.

On procède ensuite de la même manière successivement :

- . Pour B_1 qui représente 9 %.
- . Pour C_2 qui représente 1,4 %.
- . Pour D_1 qui représente 0,07%.

On obtient donc 66,67 %. Ce résultat est donc atteint en réalisant seulement 5 découpes telles que désignées en 19, sur la Figure 2.

S'il était nécessaire d'affiner davantage la valeur ohmique de la résistance, il faudrait réaliser d'autres découpes pour mettre en circuit des résistances annexes dont la valeur ohmique est de plus en plus faible.

Exemple III (comparatif).

Dans le cas d'une résistance réalisée à l'aide d'une méthode d'ajustage classique, présentant la même valeur ohmique initiale que dans le cas de l'exemple II, pour obtenir une résistance finale égale à 25 kilohms $\pm 0,1 \%$, il est nécessaire de réaliser 27 découpes.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples que l'on vient de décrire, et on peut apporter à ceux-ci de nombreuses modifications sans sortir du cadre de l'invention.

Ainsi, la résistance peut être ajustée en l'incorporant de façon connue dans un pont de Wheastone ou de Kelvin et en utilisant un voltmètre digital. On peut également utiliser un ordinateur comprenant en mémoire les valeurs ohmiques correspondant à chaque circuit annexe

A₁, B₁, C₁, D₁, Un programme de calcul simple permet ainsi :

5 . soit d'indiquer à l'opérateur au moyen d'un micro-afficheur digital, la découpe à réaliser, l'image de la résistance étant observée dans une binoculaire ;

10 . soit de commander une table XY portant un dispositif automatique de découpe connu en soi (jet de sable ou laser), et piloté par l'ordinateur. Ceci peut être réalisé grâce au fait que les chiffres de repérage 1, 2, 3,, des circuits annexes sont relativement peu nombreux et suffisamment grands pour qu'il n'existe aucun problème mécanique pour guider le dispositif de découpe.

15 Par ailleurs, grâce aux numéros de repérage et aux bandes de métal existant entre ces numéros et les côtés A, B, C, ou D de la résistance, l'ajustage de la résistance peut encore être réalisé par un simple grattage entre le numéro en question et le bord adjacent de la résistance.

20 L'invention permet, par conséquent, de faciliter considérablement l'ajustage de la valeur ohmique d'une résistance du genre décrit.

 L'invention permet de plus de limiter les risques d'erreur de sorte que la fiabilité de la précision obtenue est statistiquement beaucoup plus grande que dans le cas du procédé connu.

REVENDEICATIONS

1. Résistance électrique plane de haute précision et de valeur ohmique ajustable comprenant une feuille de métal ou d'alliage déposée ou collée sur un support
 5 comportant une série de filaments résistants électriques séparés par des sillons de manière à définir un circuit résistant électrique sinueux, cette résistance comprenant une série de circuits résistants électriques court-circuités par des bandes conductrices constituées par le métal ou
 10 l'alliage de la feuille, caractérisée en ce que le rapport entre l'accroissement ΔR de la valeur ohmique lorsque l'on a branché en série les circuits annexes résistants, et la valeur ohmique R_{Tn-1} de la résistance lorsqu'on a branché $n-1$ circuits annexes résistants suit la relation :

$$15 \quad \cdot \quad \frac{\Delta R}{R_{Tn-1}} = U_n$$

où U_n est le nième terme d'une série absolument convergente au sens de Cauchy et

20 $\cdot \quad \Delta R = R_{Tn} - R_{Tn-1}$
 2. Résistance conforme à la revendication 1, caractérisée en ce que :

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

où K est un coefficient numérique ajustable inférieur à 1.

25 3. Résistance conforme à l'une quelconque des revendications 1 ou 2, la feuille étant carrée ou rectangulaire, caractérisée en ce que les circuits résistants électriques annexes sont groupés en quatre blocs rectangulaires distincts disposés le long de chacun des côtés de la feuille.

30 4. Résistance conforme à la revendication 3, caractérisée en ce que les circuits résistants de chaque bloc sont repérés par un numéro inférieur ou égal à 9 gravé dans une bande conductrice située entre les circuits annexes et le côté adjacent de la feuille.

35 5. Résistance conforme à la revendication 1, ca-

ractérisée en ce que le support sur lequel est déposée ou scellée la feuille résistante a un coefficient de conductibilité thermique égal ou supérieur à celui de l'alumine de pureté égale à 96 %.

- 5 6. Procédé pour ajuster la valeur ohmique de la résistance électrique conforme à la revendication 1, dans lequel on pratique des découpes dans les bandes conductrices qui court-circuitent les circuits résistants électriques annexes, caractérisé en ce qu'on pratique une telle
- 10 découpe d'abord dans la bande conductrice correspondant à un circuit annexe tel que l'accroissement de la valeur ohmique soit le plus proche possible de la valeur d'ajustage désirée, puis on affine l'ajustage en mettant en circuit successivement des circuits annexes donnant lieu à des
- 15 accroissements de la valeur ohmique de plus en plus faibles.

FIG.1

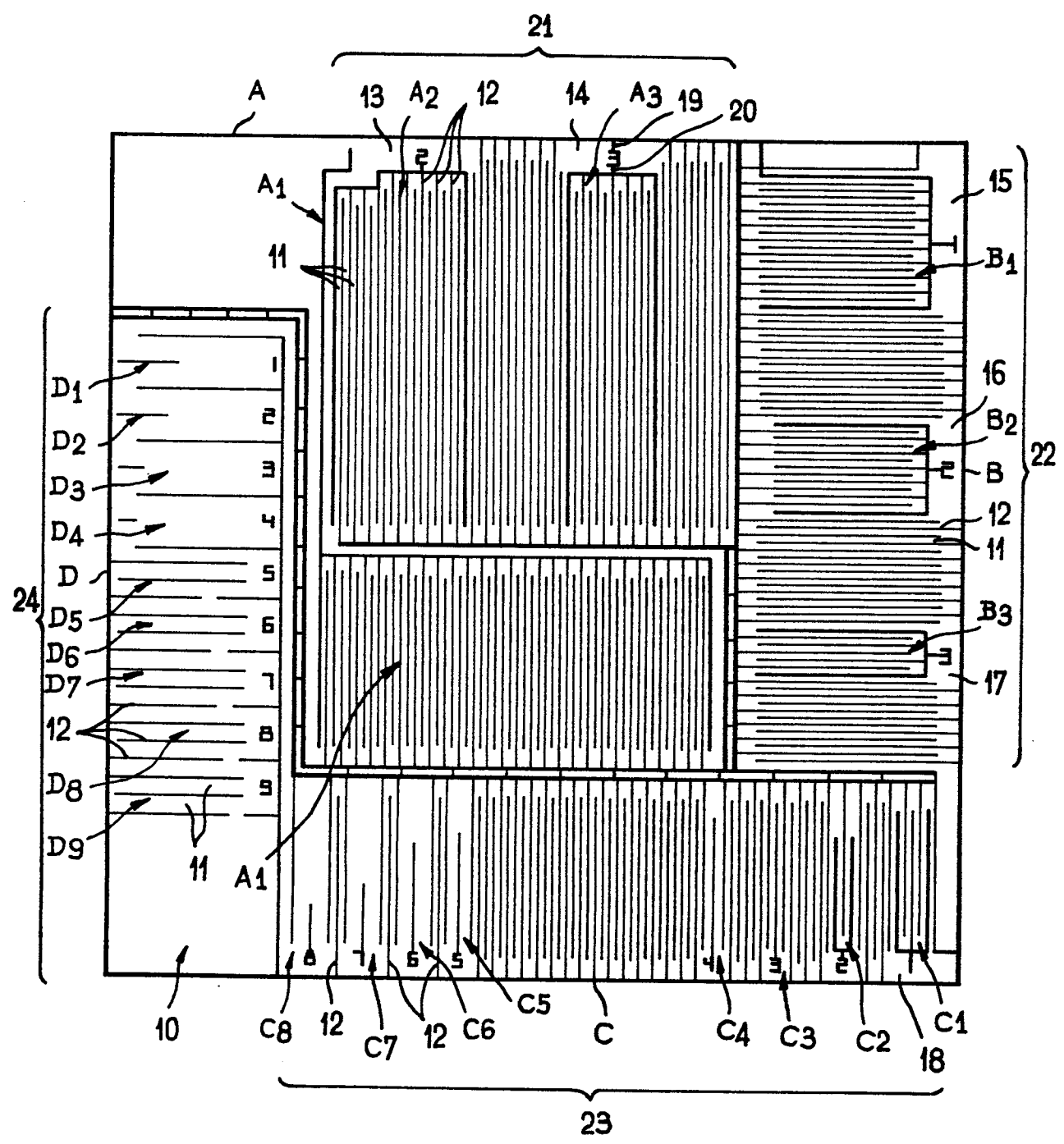
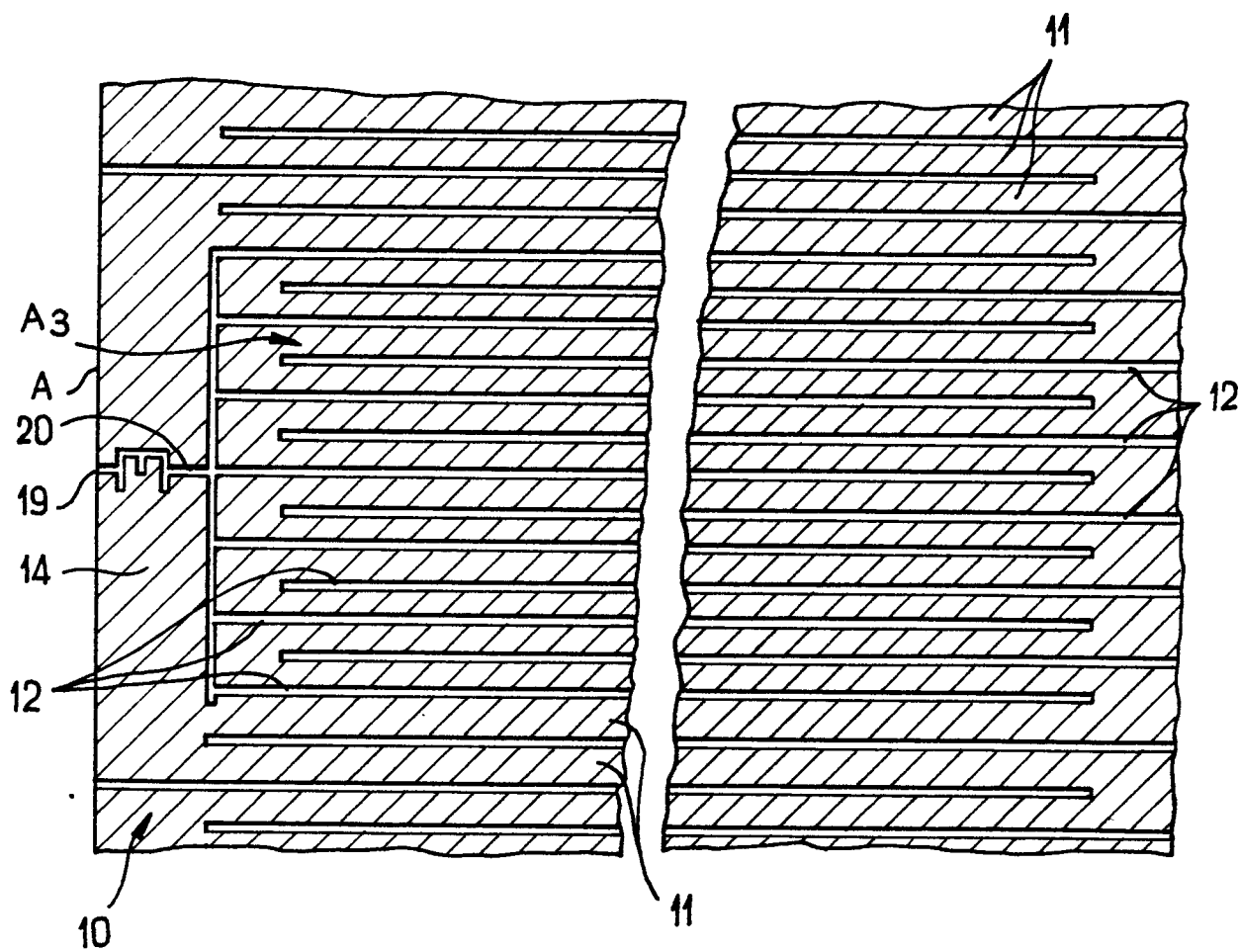


FIG. 2





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ²)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	FR - A - 2 058 583 (BOCHKAREV BORIS U.R.S.S.) * Page 3, ligne 29 - page 5, ligne 18; revendications 1,2,4,5; figures * --	1,6	H 01 C 17/24 17/22 7/22
A	FR - A - 2 267 616 (CRL ELECTRONIC BAUELEMENTE) * Page 4, ligne 14 - page 5, ligne 6; revendications 1,7,8,14,16 * --	1,6	
A	SOLID STATE TECHNOLOGY, vol 18, no. 7, juillet 1975, Washington S. SCHILLER et al: "Electron-Beam Trimming of Thin and Thick Film Resistor Networks", pages 38-44. * Page 22, colonne 2, milieu - page 44, colonne 2, milieu; figure 13 * ----	1	H 01 C 17/24 17/22 7/22 7/00
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ²)
			CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
			X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
			&: membre de la même famille, document correspondant
☒ Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 22-12-1978	Examineur GOKUN