

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②①

N° 80 24976

⑤④ Elément diélectrique non linéaire.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. ³). H 01 B 3/12.

②② Date de dépôt..... 25 novembre 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : Japon, 26 novembre 1979, n° 152573/79.

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 22 du 29-5-1980.

⑦① Déposant : Société dite : TDK ELECTRONICS CO., LTD, résidant au Japon.

⑦② Invention de : Shoichi Iwaya, Hitoshi Masumura, Yoshifumi Midori, Yasunobu Oikawa et Hisao Abe.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Boettcher,
23, rue La Boétie, 75008 Paris.

L'invention a pour objet un élément diélectrique non linéaire et, plus particulièrement, un élément diélectrique non linéaire utilisant la non linéarité d'une constante diélectrique qui dépend d'un champ électrique auquel est
5 soumis un polycristal composé de BaTiO_3 .

BaTiO_3 est une céramique typique des éléments ferroélectriques ayant une structure pérovskite. On sait que l'on peut en utiliser la constante diélectrique élevée et la propriété piézoélectrique dans des composants électroniques.
10 Il est connu que l'on peut se servir dans un élément saturable de type non linéaire de la variance de la constante diélectrique d'un unique cristal BaTiO_3 en fonction de la grandeur d'un champ électrique. En outre, On sait encore que l'on peut utiliser dans un élément de mémoire et dans un
15 élément fonctionnel d'un circuit de logique la propriété d'un unique cristal de BaTiO_3 de présenter une hystérésis D-E. On a espéré que l'on pourrait obtenir les avantages qui suivent par rapport à la composition polycristalline classique BaTiO_3 en utilisant dans les éléments mentionnés ci-
20 dessus un unique cristal de BaTiO_3 . Ces avantages sont : l'élévation de la fréquence maximum utilisable du courant électrique dans les éléments, une réduction considérable de la consommation en puissance électrique de ces éléments, la fabrication facile d'éléments ayant une grande capacité et
25 un faible encombrement. Le résultat de recherches sur un unique cristal BaTiO_3 utilisable comme élément saturable de type non linéaire, et pour d'autres éléments, a été publié par Anderson et al de l'Entreprise américaine Bell Research Laboratory. Toutefois, des recherches plus récentes ont révélé
30 qu'un unique cristal de BaTiO_3 n'est pas utilisable commercialement pour la réalisation d'un élément saturable de type non linéaire et d'éléments analogues en raison de ses défauts tels qu'un phénomène de fatigue et l'absence de seuil du champ électrique.

35 Une nouvelle utilisation d'un unique cristal de BaTiO_3 est décrite dans la demande de brevet japonais publié n° 48-28726. Selon ce dernier, un unique cristal de BaTiO_3 est employé comme élément saturable non linéaire dans un

dispositif d'amorçage sans contact d'une lampe fluorescente, d'une lampe à mercure, de tubes de décharge, comme une lampe à vapeur de sodium.

Toutefois, un tel dispositif d'amorçage sans
5 contact utilisant un cristal unique est exagérément coûteux en raison du prix du cristal unique qui est obtenu par une méthode de flux ou une méthode de fusion.

Dans les dessins annexés dont on donnera la liste plus loin, la figure 1 est un graphique montrant le cycle
10 d'hystérésis D-E (D = la densité du flux diélectrique en ordonnées, E = l'intensité du champ électrique) d'un polycristal classique de BaTiO_3 (titanate de baryum). Comme le montre cette figure 1, le cycle d'hystérésis D-E présente une certaine caractéristique de saturation mais la pente du
15 cycle d'hystérésis D-E est progressive. En conséquence, le polycristal classique de BaTiO_3 n'est pas utilisable comme élément diélectrique non linéaire. De plus, la constante diélectrique du titanate de baryum classique varie de manière instable avec la température, ce qui fait qu'il a
20 une propriété non linéaire instable.

Il est décrit dans la demande de brevet japonais publié n° 52-146069 que l'on peut produire des éléments ferroélectriques ABO_3 par mélange de constituants en poudre comme PbO , ZrO_2 , BaTiO_3 , SrTiO_3 , etc., puis en réalisant le
25 frittage de ces poudres mélangées. Bien que l'on puisse produire par ce procédé un élément diélectrique non linéaire ayant une structure polycristalline, sa non linéarité n'est pas suffisante pour les dispositifs d'amorçage mentionnés plus haut.

30 Les propriétés exigées des éléments ferrodiélectriques que l'on envisage d'utiliser pour la fabrication d'un élément diélectrique non linéaire sont : la pente du cycle d'hystérésis D-E doit être raide; le cycle doit présenter de préférence une allure rectangulaire comme on
35 peut le voir sur la figure 2; la constante diélectrique doit être élevée et la caractéristique non linéaire doit être stable en fonction de la température. Le cristal unique de BaTiO_3 a une constante diélectrique élevée et un cycle

d'hystérésis D-E rectangulaire mais, de façon regrettable, il a une médiocre stabilité de sa caractéristique non linéaire en fonction de la température. Le polycristal classique de BaTiO_3 a généralement un cycle d'hystérésis D-E tel que
5 celui visible sur la figure 1 et n'est pas utilisable pour la fabrication d'un élément diélectrique non linéaire.

Dans la demande de brevet japonais publié n° 52-146069, la surface de l'élément non linéaire, qui a une épaisseur de 200 microns environ, est soumise à un
10 traitement par attaque chimique ou à une finition lui donnant un poli de qualité miroir, afin que l'on obtienne une excellente courbe de saturation du cycle d'hystérésis D-E. Cependant, un tel traitement est compliqué et l'élément non linéaire mince n'a pas la résistance ou la rigidité
15 mécanique suffisamment élevée pour supporter les impulsions de tension qui sont créées dans un dispositif d'amorçage.

Le but principal de la présente invention est d'apporter un élément diélectrique non linéaire polycristallin qui présente une excellente propriété de non linéarité
20 et une tension de rupture élevée, susceptible d'être fabriqué à l'aide d'un procédé simple.

Selon l'invention, on parvient à un élément diélectrique non linéaire à partir d'un polycristal fritté composé principalement de $\text{Ba}(\text{Ti}_{0,90-0,98}\text{Sn}_{0,02-0,10})\text{O}_3$ et
25 ayant une dimension moyenne de grain se situant dans la gamme de 10 à 60 microns.

La dimension des grains envisagée par l'invention est la dimension des grains ou cristaux du produit fritté. Cette dimension dans une composition céramique de type BaTiO_3
30 est déterminée principalement par le remplacement d'une quantité de titane (Ti) par de l'étain (Sn), plus exactement par les proportions du mélange du composant BaTiO_3 et du composant BaSnO_3 . La dimension des grains est contrôlée additionnellement par l'adjonction d'un additif minéralisant
35 comme le carbonate de manganèse (MnCO_3) et une matière argileuse, ainsi que par les impuretés à l'état de traces comme la silice (SiO_2) et l'alumine (Al_2O_3). La dimension moyenne des grains se situant dans la gamme de 10 à 60 microns mentionnée plus haut peut s'obtenir à partir de 0,02 à 0,5 %

approximativement de l'additif minéralisant et jusqu'à 0,5% environ, en poids, d'impuretés. On peut déterminer la dimension des grains en comptant le nombre des cristaux le long d'une ligne tracée à volonté sur la matière céramique sur
5 une longueur de 1000 microns au moins.

Pour bien faire comprendre l'invention et ses avantages, on en donnera maintenant une description détaillée; on se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un graphique montrant un cycle
10 d'hystérésis D-E d'un élément diélectrique linéaire ,
 - la figure 2 est un graphique montrant un cycle d'hystérésis D-E d'un élément diélectrique non linéaire,
 - la figure 3 est un graphique montrant un cycle
15 d'hystérésis D-E d'un élément diélectrique non linéaire conforme à l'invention ,
 - la figure 4 est un schéma d'un circuit électrique destiné à engendrer une impulsion de tension et comprenant l'élément diélectrique non linéaire de l'invention,
 - la figure 5 est un schéma d'un circuit électrique
20 pour l'allumage d'une lampe fluorescente ,
 - la figure 6 est un graphique qui permet d'expliquer le principe de fonctionnement de l'élément diélectrique non linéaire de l'invention,
 - la figure 7 est un graphique montrant la relation
25 entre l'impulsion de tension et la tension de rupture en fonction du diamètre moyen des grains des compositions frittées diélectriques polycristallines non linéaires ,
 - la figure 8 est un graphique montrant les relations entre la température ambiante et les impulsions de tension engendrées par des compositions diélectriques non
30 linéaires frittées ayant la formule $Ba(Ti_xSn_{1-x})O_3$,
 - les figures 9A à 9D sont des reproductions de microphotographies de la surface de quatre échantillons de compositions dites frittées diélectriques non linéaires.
- 35 La non linéarité mentionnée ci-dessus devient remarquable quand l'allure du cycle d'hystérésis D-E est modifiée pour passer de l'allure visible sur la figure 1 à une allure voisine de celle d'un rectangle visible sur

la figure 2. Dans le cycle d'hystérésis D-E qui a une allure presque rectangulaire, la différence entre les pentes des courbes d'hystérésis est importante et la non linéarité est obtenue. Un cas particulier de réalisation d'un élément diélectrique non linéaire, ayant la composition $\text{Ba}(\text{Ti}_{0,94}\text{Sn}_{0,06})\text{O}_3$ et un diamètre moyen des grains de 32 microns, a le cycle d'hystérésis D-E non linéaire représenté sur la figure 3.

Il est difficile d'exprimer quantitativement la propriété non linéaire illustrée par les allures des cycles d'hystérésis D-E des figures 1 et 3. En conséquence, on se servira ci-après d'une impulsion de tension pour caractériser quantitativement la propriété non linéaire des polycristaux de BaTiO_3 . La figure 4 montre un circuit dans lequel une tension alternative de 100 volts est appliquée à travers un stabilisateur L à un élément diélectrique non linéaire Cn. La tension mesurée aux extrémités de cet élément diélectrique non linéaire Cn se compose de la tension alternative et de la tension d'une impulsion qui se développe au-delà de la tension alternative de valeur E_0 . L'impulsion de tension est provoquée par une force contre-électromotrice qui est proportionnelle à l'inductance L_0 du stabilisateur L, cette force contre-électromotrice étant due à un changement brutal du courant de charge (di/dt) de l'élément diélectrique non linéaire Cn qui a lieu à la valeur E_0 de la tension. Ce changement brutal résulte du changement brusque de la pente du cycle d'hystérésis non linéaire D-E. On décrira maintenant en détail le mécanisme qui engendre cette impulsion, en se référant à la figure 6.

Sur le graphique de la figure 6, la charge électrique (Q) de l'élément diélectrique linéaire est proportionnelle au champ électrique (E) comme le montre la droite A. Toutefois, dans les éléments diélectriques non linéaires, la charge électrique (Q) est constante quand le champ électrique est supérieur à E_0 comme le montre la ligne B. Etant donné qu'il existe la relation $Q(C) = C(F) \times V(V)$, entre la charge électrique (Q), la capacité (C) et la tension (V), la charge électrique emmagasinée dans

l'élément diélectrique non linéaire est à saturation à une tension qui correspond ou qui est supérieure au champ électrique de E_0 ou $-E_0$. Par suite de l'arrivée à saturation de la charge électrique emmagasinée, le changement du courant de charge (I_c) décroît brutalement comme on peut le voir sur la moitié supérieure de la figure 6. En considérant la moitié inférieure de cette dernière, on peut constater le changement de la tension alternative (V_{AC}) appliquée à l'élément diélectrique non linéaire C_n (figure 4). Quand la tension alternative (V_{AC}) atteint une valeur qui correspond au champ électrique de E_0 et $-E_0$, la force contre-électromotrice qui est proportionnelle à $L_0 \times (di/dt)$ et l'impulsion de tension V_p sont engendrées dans le stabilisateur L. On comprend, par conséquent, d'après les explications données en référence aux figures 4 et 6 que l'impulsion de tension (V_p) est proportionnelle au degré de non linéarité de l'élément diélectrique non linéaire, c'est-à-dire au degré de différence des pentes des courbes B à la valeur E_0 du champ électrique.

En procédant à des études sur l'impulsion de tension en rapport avec différentes compositions céramiques du type $BaTiO_3$, il a été découvert que l'on obtient un polycristal de type $BaTiO_3$ ayant le cycle d'hystérésis D-E souhaité, comme celui de la figure 2, une tension élevée de rupture et une grande stabilité à la température de la non linéarité, par réglage du diamètre moyen des grains entre 10 et 60 microns, et de préférence de 16 à 40 microns, et aussi par le remplacement du titane (Ti) par de l'étain (Sn) dans un pourcentage molaire allant de 2 à 10%, et de préférence de 4 à 6%, sur la base de la quantité totale de titane et d'étain.

Dans un exemple de réalisation d'un élément diélectrique non linéaire conforme à l'invention, ce dernier comprenait une quantité faible mais efficace d'un additif minéralisant qui est au moins l'un de ceux qui font partie du groupe composé d'une matière argileuse, l'oxyde de manganèse et d'un composé d'un élément des terres rares. L'additif minéralisant empêche la réduction de la composition

céramique et favorise le phénomène de densification pendant le frittage. La quantité maximum de cet additif est de 0,5%, de préférence 0,3%, en poids sur la base de 100% en poids de la composition céramique.

5 Dans un autre exemple de réalisation de l'invention, on a utilisé un élément diélectrique non linéaire ayant la composition mentionnée ci-dessus dans un dispositif générateur d'impulsions, un dispositif d'allumage sans contact de lampes, un élément de mémoire, un élément de circuit
10 logique fonctionnel, un élément de commutation d'une source à haute tension et un circuit générateur d'une tension élevée de déclenchement. Comme l'élément diélectrique non linéaire de l'invention a une constante diélectrique élevée
_____ et une dépendance de la non
15 linéarité extrêmement stable en fonction de la température en comparaison de celle d'un cristal unique de BaTiO_3 , un tel élément diélectrique non linéaire peut être utilisé pratiquement pour tous les dispositifs et éléments mentionnés ci-dessus.

20 La figure 5 illustre le cas d'un circuit électrique comprenant un dispositif d'amorçage d'une lampe fluorescente. Une tension alternative de 100 volts est appliquée aux bornes d'une lampe fluorescente (FL) par l'intermédiaire d'un stabilisateur (L). Un générateur d'im-
25 pulsions (monté entre les points A et B) et un circuit de préchauffage (PS) sont connectés en parallèle entre les deux filaments de la lampe fluorescente (FL). Le générateur d'impulsions comprend une résistance (R_1), l'élément diélectrique non linéaire (Cn) et une diode (D_3) qui sont montés
30 en série. Le circuit de préchauffage (PS) comprend une diode (D_1) et un interrupteur à semi-conducteur unilatéral à déclenchement (D_2) tel qu'un interrupteur PNPN qui sont montés en série entre les bornes du générateur d'impulsions. Des résistances R_1 , R_2 , R_3 et R_4 font partie du circuit
35 électrique.

Le circuit représenté sur la figure 5 est une application pratique du circuit électrique illustré par la figure 4 à un dispositif d'allumage d'une lampe fluorescente.

Le dispositif d'allumage d'une telle lampe comprend comme éléments de base l'élément diélectrique non linéaire (Cn) qui est monté en série avec la lampe fluorescente (FL) et le circuit de préchauffage; il peut subir des modifications par rapport au schéma visible sur la figure 5.

Le fonctionnement du circuit électrique de la figure 5 est le suivant. La tension, ayant une valeur presque identique à celle de la source, est appliquée aux bornes de la résistance (R_2) à un quart positif croissant du cycle de l'onde sinusoïdale du courant alternatif. Cette tension est envoyée, presque simultanément à son application à la résistance (R_2), au commutateur unilatéral (D_2).

Quand la tension fournie au commutateur (D_2) atteint la tension de rupture de celui-ci, il devient conducteur et le courant est envoyé à travers le stabilisateur (L), l'un des filaments (a) de la lampe fluorescente (FL), la diode (D_1) et l'autre filament (b). Ces filaments (a et b) sont préchauffés de cette façon. Quand le courant de préchauffage diminue jusqu'à une valeur inférieure au courant de maintien du commutateur (D_2), ce dernier cesse d'être conducteur. En raison de la charge inductive apportée par le stabilisateur (L), le courant alternatif est en retard de phase par rapport à celle de la tension. Par conséquent, quand le commutateur (D_2) cesse d'être conducteur, la tension entre dans un cycle positif, avec le résultat que l'élément diélectrique non linéaire (Cn) est chargé brutalement par cette tension entre le point A où elle est dans la partie négative du cycle et le point B où elle est dans la partie positive. Peu de temps après que la charge de l'élément diélectrique non linéaire a commencé, la charge électrique emmagasinée dans cet élément arrive à saturation et le courant de charge I_c (fig. 6) diminue fortement jusqu'à une valeur voisine de celle que l'on peut voir sur la figure 6. Il en résulte la création d'une force contre-électromotrice et d'une impulsion de tension. Quand les filaments de la lampe fluorescente (FL) sont complètement préchauffés, cette dernière est amorcée ou allumée par cette impulsion de tension. La tension d'allumage, qui amorce ou allume la lampe fluorescente, est proportionnelle à la valeur de $L \times di/dt$. Une valeur

élevée de di/dt est nécessaire pour la production d'une forte tension de déclenchement. Comme l'impulsion de tension engendrée par l'élément diélectrique non linéaire conforme à l'invention est généralement élevée, les lampes fluorescentes disponibles dans le commerce peuvent être allumées d'une manière sûre. On notera que la tension de l'impulsion peut aller de 500 à 950 volts et suffit par conséquent pour l'amorçage des lampes fluorescentes à une température de -30°C à 60°C .

On donnera maintenant plusieurs exemples de fabrication d'un élément conforme à l'invention.

Exemple 1

On a mélangé des matières de départ sous forme de poudre, c'est-à-dire de la poudre de BaCO_3 , TiO_2 et SnO_2 pour obtenir les mélanges reportés sur le tableau 1 donné plus loin. Des matières minéralisantes ont été ajoutées sous forme de MnCO_3 et d'argile à la quantité, en poids, de 0,1 partie pour 100 parties de la composition. L'ensemble de ces matières et substances a été malaxé par un processus humide à l'aide d'un pot en porcelaine puis, ensuite, à l'aide d'un bol en agate. On a fait sécher les mélanges pour en éliminer l'eau puis on a effectué un préfrittage à 1150°C pendant une durée de 2 heures. Les mélanges préfrittés ont été broyés et mélangés par un processus humide dans un pot en porcelaine puis dans un bol en agate. Après évaporation de l'eau on a ajouté une quantité convenable de liant aux poudres mélangées qui ont été mises en forme sous pression, dans une presse de 10 tonnes, sous forme de disques ayant un diamètre de 16,5 mm et une épaisseur de 0,45 mm. Ces disques ont été soumis à un frittage final à une température de 1400 à 1500°C pendant 2 heures pour donner des éléments diélectriques non linéaires. La constante diélectrique (ϵ_s), l'angle de pertes à 1 kHz ($\text{tg } \delta$), la résistance d'isolement (IR) et la tension de rupture de ces éléments diélectriques non linéaires ont été mesurés.

On a observé la surface des éléments diélectriques non linéaires avec un grossissement de 400 et on a déterminé le diamètre moyen des grains en comptant le nombre des cristaux par unité de longueur. Le diamètre des grains

observé à l'intérieur de ces éléments s'est révélé le même que le diamètre observé à la surface.

Les micrographies de quatre échantillons sont représentées sur les figures 9A à 9D. On a fixé une électrode en argent sur les deux faces des éléments diélectriques
5 qui ont été branchés, comme un élément diélectrique non linéaire (Cn), dans un dispositif d'allumage comme celui de la figure 5. La tension de l'impulsion a été mesurée dans le circuit électrique représenté par cette même figure. Les résultats sont reportés sur le tableau 1 qui suit.

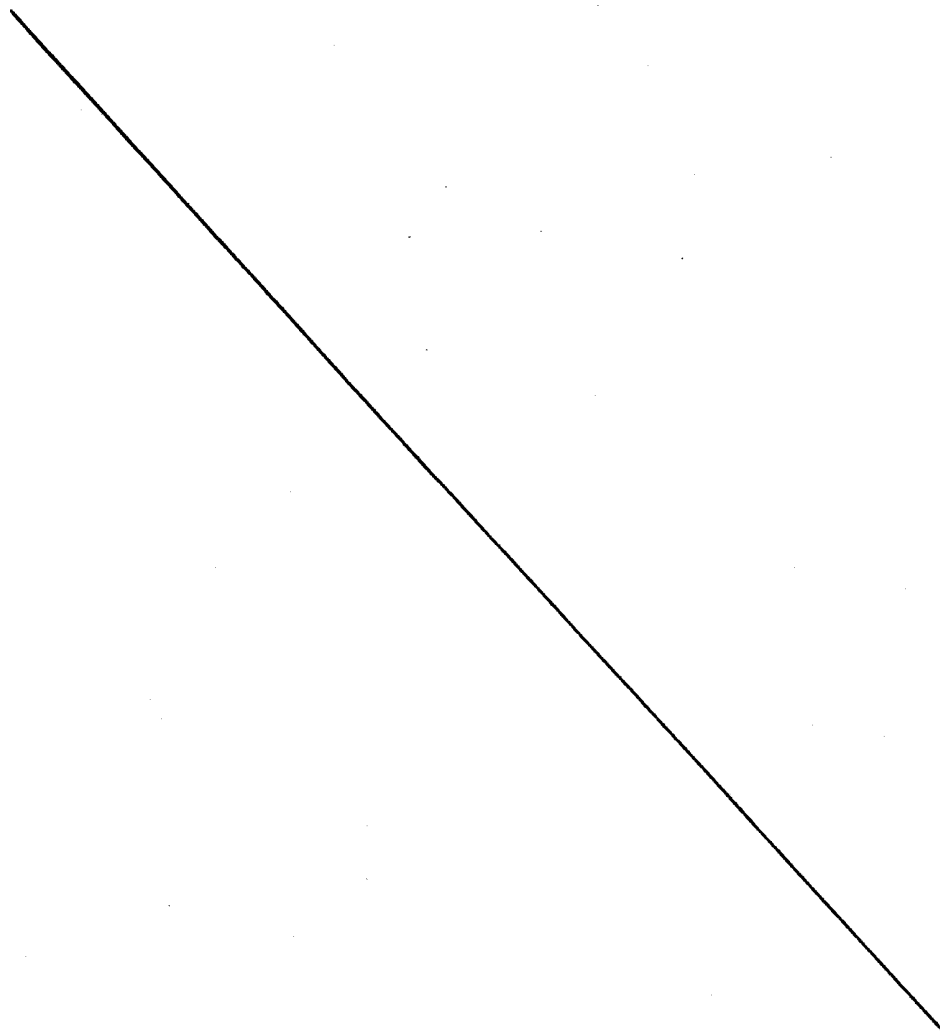


Tableau 1

Echantillon n°	Proportion des ingrédients mol. %		Diamètre moyen des grains (μm)	Propriétés électriques				
	BaTiO ₃	BaSnO ₃		ϵ_s	tg δ (%)	IR (M Ω)	Tension des impulsions (V)	Tension de rupture (kV)
①	100	0	38	1800	3,5	4×10^4	300	2,5
2	98	2	45	3000	4,6	4×10^4	700	3,5
3	96	4	16	2300	4,2	5×10^4	950	4,0
4	94	6	32	2500	3,2	4×10^4	940	3,8
5	92	8	20	5200	4,0	4×10^4	700	3,8
6	90	10	40	7300	3,9	4×10^4	700	2,5
⑦	84	16	50	9500	0,5	3×10^4	230	3,2
⑧	96	4	7	4900	9,0	10×10^4	350	5,2
9	96	4	10	4800	7,3	8×10^4	770	4,7
10	96	4	17	4500	4,7	5×10^4	900	3,8
11	96	4	32	4100	3,6	5×10^4	950	3,2
12	96	4	60	3800	2,4	2×10^4	890	2,1
⑬	96	4	103	3200	1,3	1×10^4	850	0,9

Sur ce tableau, les numéros des échantillons qui sont entourés d'un cercle désignent ceux qui ont un diamètre moyen des grains et une composition qui tombent en dehors de l'invention. On peut voir que la tension des impulsions
 5 fournie par les échantillons conformes à l'invention est de 700 volts pour la valeur la plus faible et de 950 volts pour la valeur la plus élevée.

La tension des impulsions et la tension de rupture des échantillons du tableau 1 sont illustrées graphiquement sur la figure 7 en fonction du diamètre moyen des grains. Sur ce graphique les diamètres moyens sont indiqués en abscisses, en microns, la tension de rupture est portée en ordonnées, dans la partie basse, en kilovolts en courant continu, et la tension des impulsions est portée à la
 15 partie haute, en volts. Il ressort de ce graphique de la figure 7 que la tension des impulsions présente un accroissement remarquable avec l'accroissement du diamètre moyen des grains jusqu'à une valeur de 30 microns et que la tension de rupture présente une diminution graduelle avec
 20 l'augmentation du diamètre moyen des grains. Le diamètre moyen se trouvant dans la gamme de 10 à 60 microns, de préférence de 16 à 40 microns, est préférable si l'on tient compte à la fois de la tension élevée des impulsions et de la tension élevée de rupture.

25 Exemple 2

On a préparé par le même processus que celui expliqué à l'exemple 1 cinq compositions céramiques qui correspondent aux échantillons n^{os} 1, 2, 3, 6 et 7 du tableau 1 et qui sont indiquées sur la figure 8 avec
 30 leurs symboles, en fonction du pourcentage molaire des deux constituants BaTiO_3 et BaSnO_3 , de la façon suivante:

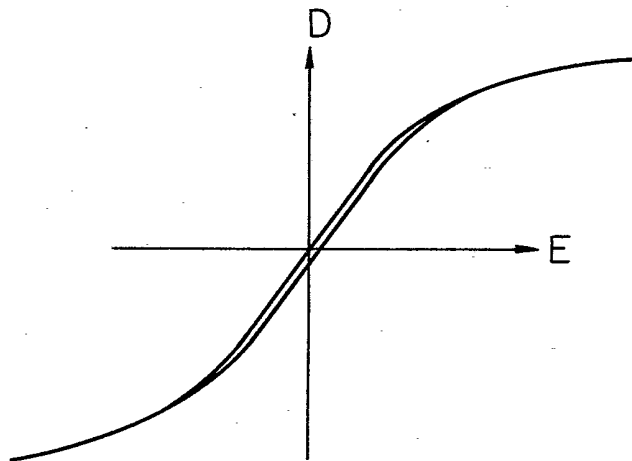
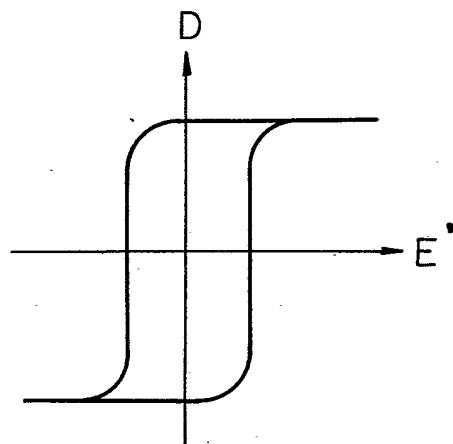
	BaTiO_3	BaSnO_3
•	100	0
.	98	2
x	96	4
Δ	90	10
◻	84	16
	(mol %)	

Pour tracer les courbes visibles sur ce graphique on a porté la température ambiante en abscisses, de -30 à 90°C et la tension des impulsions en ordonnées, en volts. Il ressort de la figure 8 que les compositions dans les-
5 quelles BaSnO_3 est absent, ou présent à 16%, présentent un changement considérable de la tension des impulsions.

REVENDICATIONS

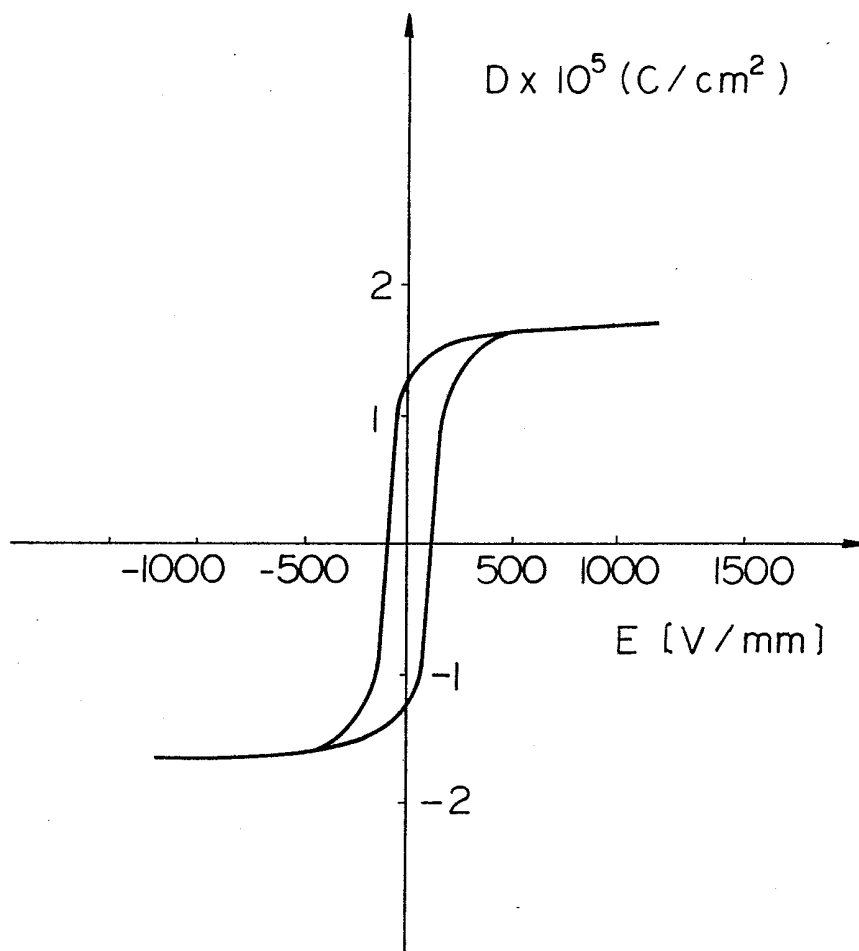
1. Elément diélectrique non linéaire constitué par un polycristal fritté composé principalement de $\text{Ba}(\text{Ti}_{0,90-0,98}\text{Sn}_{0,02-0,10})\text{O}_3$ caractérisé en ce que le diamètre moyen des grains est compris dans la gamme de 10 à 60 microns.
2. Elément diélectrique non linéaire selon la revendication 1 caractérisé en ce que le diamètre moyen des grains est situé entre 16 et 40 microns.
3. Elément diélectrique non linéaire selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comprend une quantité faible mais efficace d'un additif minéralisant qui est au moins l'un de ceux qui composent le groupe suivant: une matière argileuse, l'oxyde de manganèse, un composé d'un élément des terres rares.
4. Elément diélectrique non linéaire selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il est utilisé dans un dispositif générateur d'impulsions.
5. Elément diélectrique non linéaire selon la revendication 4 caractérisé en ce qu'il est utilisé dans un circuit d'amorçage d'une lampe fluorescente.

Pl. I-8

Fig. 1*Fig. 2*W. L. Hunt

Pl. II-8

Fig. 3



Pl. III-8

Fig. 4

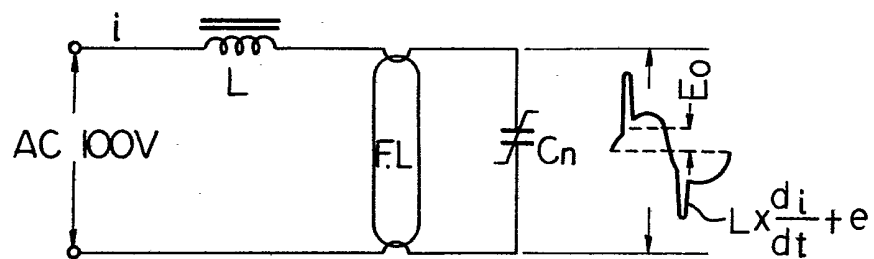
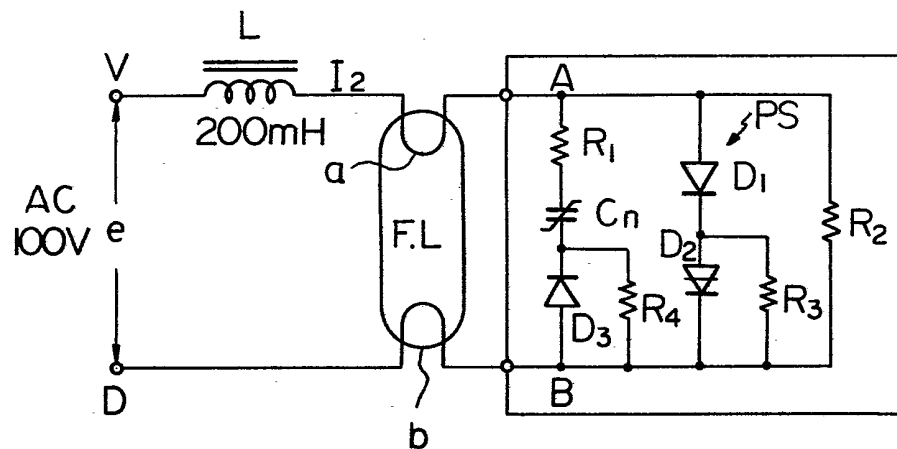


Fig. 5



INVENTOR
 BENJAMIN
 [Signature]

Pl. IV-8

Fig. 6

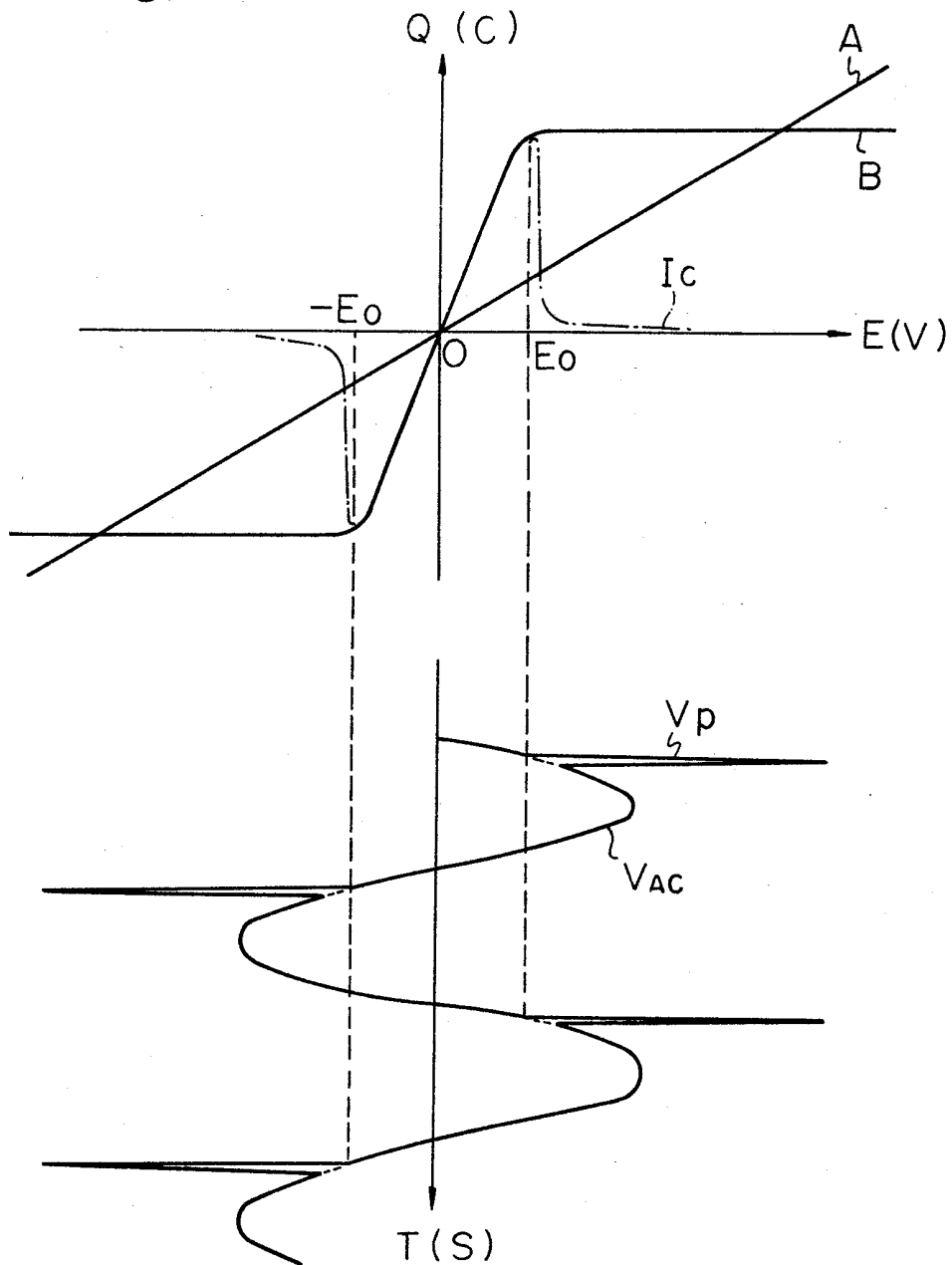


Figure 1 consists of two vertically stacked plots sharing a common x-axis representing the distance r in μm , ranging from 0 to 140.

The top plot shows the dependence of $V_0 - P$ (V) on r . The y-axis ranges from 0 to 1000 V. The data points, marked with open circles, show a sharp increase from approximately 350 V at $r = 10 \mu\text{m}$ to a peak of about 950 V at $r = 35 \mu\text{m}$, followed by a slight decrease to approximately 850 V at $r = 105 \mu\text{m}$.

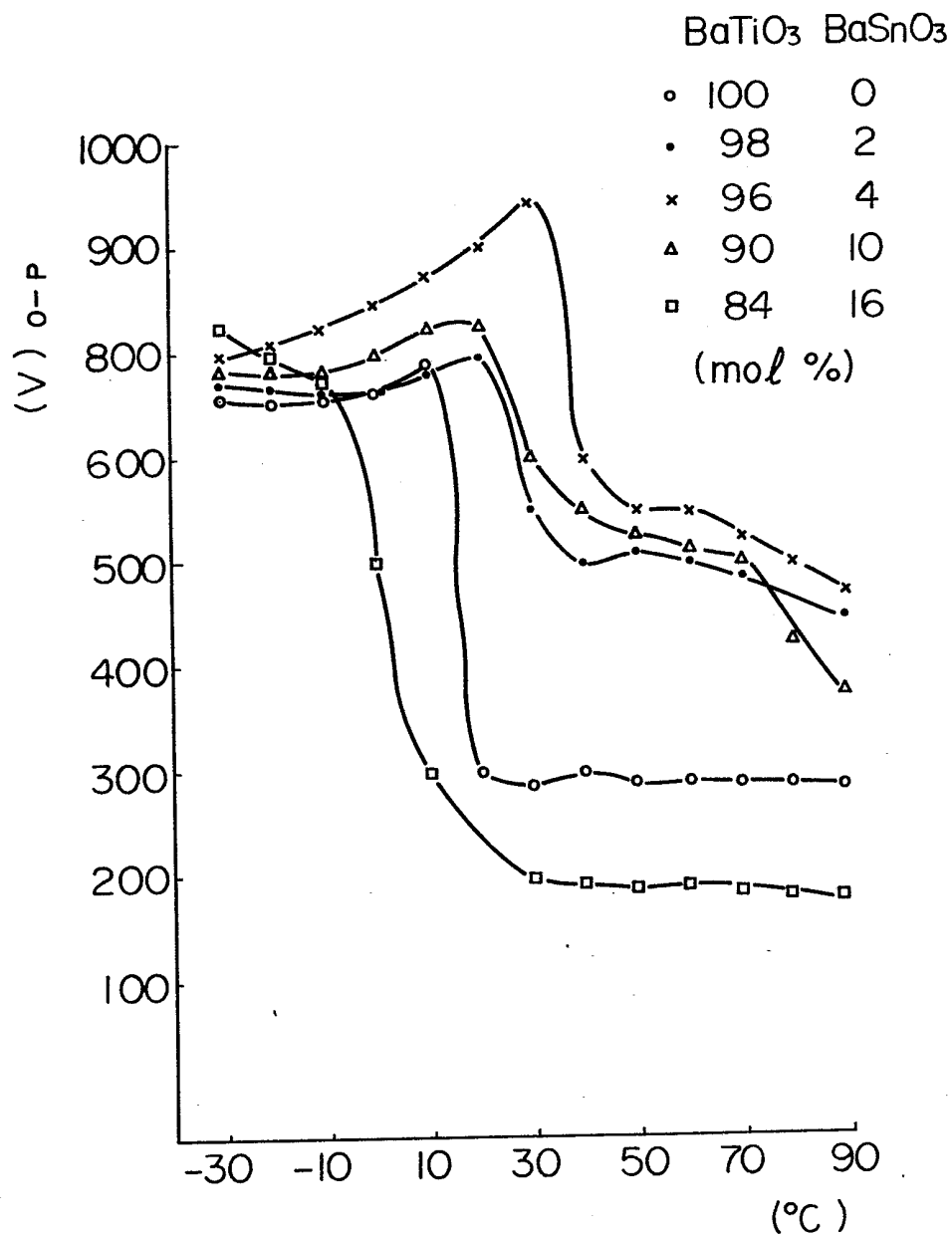
The bottom plot shows the dependence of $kV_{(\text{cont.})}$ on r . The y-axis ranges from 0.0 to 6.0. The data points, marked with solid dots, show a decreasing trend from approximately 5.3 at $r = 10 \mu\text{m}$ to approximately 0.9 at $r = 105 \mu\text{m}$.

r (μm)	$V_0 - P$ (V)	$kV_{(\text{cont.})}$
10	350	5.3
15	770	4.7
20	910	3.9
35	950	3.2
60	880	2.1
105	850	0.9

Wilson

Pl. VI-8

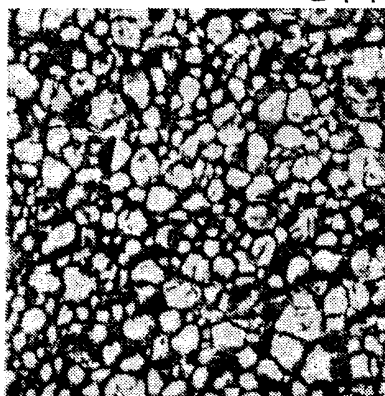
Fig. 8

*W. L. ...*

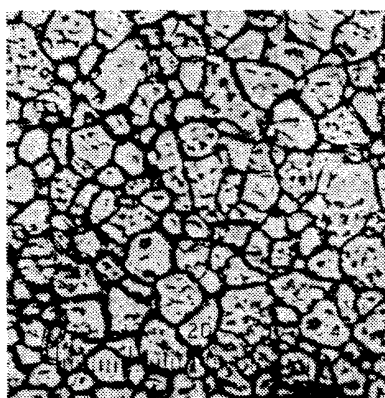
Pl. VII-8

Fig. 9A-D

9A



9B



2470434

Pl. VIII-8

9C



9D



Manila
Hilund