

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 82 04545

(54) Perfectionnements aux dispositifs de mesure des charges électriques portées par un diélectrique.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 01 R 29/24.

(22) Date de dépôt..... 17 mars 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 38 du 23-9-1983.

(71) Déposant : LEWINER Jacques et CHARPAK Georges. — FR.

(72) Invention de : Jacques Lewiner et Georges Charpak.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

Perfectionnements aux dispositifs de mesure des charges électriques portées par un diélectrique.

L'invention est relative aux dispositifs pour mesurer localement les quantités de charges électriques portées superficiellement par un support diélectrique en forme de feuille ou analogue, support qui sera désigné
5 par le mot "feuille" dans la suite, mais qui pourrait se présenter aussi bien sous la forme d'une feuille proprement dite que sous une forme analogue telle que celle d'une bande, d'un disque ou d'un tambour.

Elle est applicable d'une manière avantageuse à
10 des fins de lecture d'informations ou d'images enregistrées électriquement sur de telles feuilles.

Elle vise plus particulièrement, parmi les dispositifs de mesure du genre en question, ceux qui comportent une première électrode disposée en regard de la face,
15 de la feuille, porteuse des charges à explorer, électrode appelée "sonde" dans la suite, une seconde électrode disposée contre la face, de la feuille, opposée à la face chargée à étudier, des moyens pour faire défiler la
20 feuille en regard de la sonde ou inversement, et des moyens pour mesurer à chaque instant les quantités des charges induites sur la sonde par les charges à mesurer.

Par l'expression "mesure", on entend dans le présent exposé aussi bien une mesure proprement dite se traduisant par l'affichage d'une indication sur un appa-
25 reil approprié, avec ou sans enregistrement, que la détermination d'une grandeur immédiatement exploitée, sans affichage spécial, notamment à des fins d'enregistrement, de correction automatique, d'alarme ou autres.

Dans les dispositifs de mesure du genre en question
30 déjà connus, la mesure est assurée en faisant vibrer la sonde en direction de la feuille à une fréquence γ ou

en masquant périodiquement à cette fréquence g vis-à-vis de la sonde la zone de feuille à étudier, ce qui module à ladite fréquence les quantités des charges induites sur la sonde, en élaborant une grandeur électrique alternative liée aux quantités de charges induites ainsi modulées et en mesurant cette grandeur électrique.

Ces dispositifs, souvent désignés sous l'appellation d'"électromètres à condensateur vibrant", présentent certains avantages, mais aussi les inconvénients suivants :

- 10 - la grandeur électrique exploitée aux fins de mesure dépend non seulement des quantités de charges à mesurer, mais aussi de la distance moyenne d entre la sonde et la feuille ; pour rendre le plus possible la mesure insensible à l'état de surface de la feuille ou aux
- 15 changements d'épaisseur ou de position transversale de cette feuille, il convient de réduire le plus possible les variations relatives de cette distance d , c'est-à-dire d'augmenter le plus possible ladite distance ; or, si l'on désire obtenir une grande finesse de la mesure,
- 20 c'est-à-dire une bonne résolution spatiale, il faut utiliser une sonde de très petites dimensions latérales, ce qui implique, pour obtenir une sensibilité suffisante, sa mise en place très près de la feuille, et donc une petite valeur pour la distance d ;
- 25 - cette mise en place de la sonde très près de la feuille peut être une cause de claquages électriques ;
- comme la fréquence g correspond à des déplacements mécaniques, elle ne peut pas être très élevée, étant en général de l'ordre de quelques centaines ou de quelques
- 30 milliers de Herz, ce qui limite la vitesse du défilement relatif entre la sonde et la feuille : en effet, la détection de la charge de chacune des unités de surface que l'on désire différencier - et dont les dimensions définissent la résolution spatiale de la mesure - exige
- 35 plusieurs cycles des déplacements mécaniques ci-dessus à la fréquence g ; la mesure est donc relativement longue lorsqu'elle concerne une surface importante que

l'on désire balayer avec une finesse de résolution suffisante ;

x 5 - la grandeur électrique exploitée aux fins de mesure fournit une information globale sur la quantité des charges électriques portées par la totalité des surfaces de la feuille, propre à influencer la sonde ; c'est là encore une cause de limitation de la résolution spatiale.

10 L'invention a pour but, surtout, de remédier à ces divers inconvénients, c'est-à-dire d'effectuer la mesure avec une excellente résolution spatiale, une grande vitesse, et en même temps une relative insensibilité aux claquages et aux variations de la distance d .

15 A cet effet, les dispositifs de mesure du genre en question sont essentiellement caractérisés en ce qu'ils comprennent des moyens pour déformer la feuille pendant des temps t_0 très courts sur une plage p dont la position est liée à la sonde et dont la surface s , très petite, est de l'ordre de celle définissant la résolution spatiale désirée, chaque déformation étant créée
20 de façon telle que seule la plage p soit concernée de manière appréciable par cette déformation, et ces déformations locales étant répétées à une fréquence f_0 suffisante, dépendant de la vitesse de défilement de la feuille par rapport à la sonde, pour que les plages
25 p successivement déformées se chevauchent au moins légèrement.

Dans des modes de réalisation préférés, on a recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- 30 - la plage p est centrée sur l'axe de la sonde,
- les moyens déformants comprennent au moins une source d'impulsions de pression,
- les moyens déformants selon l'alinéa précédent comprennent une pluralité de sources d'impulsions de
35 pression et les impulsions de pression émises par ces différentes sources sont concentrées simultanément en une zone focale située sur la plage p ou au voisinage

immédiat de cette plage,

- les impulsions de pression selon l'alinéa précédent sont engendrées simultanément en des points situés sur une même surface sphérique dont le centre est situé
5 dans la zone focale,

- les impulsions de pression selon l'alinéa qui précède le précédent sont engendrées en des points situés dans un même plan, à des instants distincts dépendant de leurs positions dans ce plan,

10 - les moyens déformants comprennent au moins une source d'un rayonnement d'énergie suffisante pour déformer mécaniquement, par échauffement brusque, une cible solide sur laquelle ce rayonnement est envoyé,

- le rayonnement selon l'alinéa précédent est lumineux,
15

- dans un dispositif de mesure selon l'alinéa précédent pour lequel la seconde électrode est une couche conductrice disposée contre la face de la feuille opposée à la sonde, le rayonnement est focalisé en une plage
20 de la surface externe, de cette couche, située en regard de la plage p à déformer,

- dans un dispositif de mesure selon l'alinéa précédent, la couche conductrice constitutive de la seconde électrode est recouverte, sur sa face opposée à la
25 feuille, par une pellicule rigide transparente au rayonnement considéré,

- la sonde est composée d'une électrode centrale et d'au moins une électrode cylindrique entourant cette électrode centrale et isolée électriquement de celle-ci,
30

- les moyens de mesure des quantités de charge induites sur la sonde sont activés uniquement pendant des durées très courtes correspondant au moins à l'établissement des déformations locales de la feuille,

- la surface s de la plage p à déformer présente
35 sensiblement la forme d'un cercle dont le diamètre est compris entre 10 et 500 microns.

L'invention comprend, mises à part ces dispositions principales, certaines autres dispositions qui s'utili-

sent de préférence en même temps et dont il sera plus explicitement question ci-après.

Dans ce qui suit, on va décrire des modes de réalisation préférés de l'invention en se référant aux
5 dessins ci-annexés d'une manière bien entendu non limitative.

La fig. 1, de ces dessins, est un schéma permettant d'expliquer le principe de l'invention.

Les fig. 2 à 5 montrent schématiquement quatre
10 modes de réalisation de ce principe.

La fig. 6 est un schéma semblable à celui de la fig. 1 faisant apparaître une variante d'exécution de la sonde.

Dans chaque cas, on se propose d'analyser la répartition des charges électriques portées par une feuille diélectrique 1.
15

Comme dit plus haut, cette feuille peut se présenter sous la forme d'une feuille proprement dite ou sous celle de tout autre support (bande, disque, tambour, ...) s'étendant essentiellement sur deux dimensions
20 et dont la troisième dimension correspond à une épaisseur relativement faible. Cette épaisseur est généralement comprise entre 10 et 1000 microns.

Le diélectrique constitutif de la feuille est avantageusement constitué par un matériau isolant, notamment d'un type plastique (polypropylène, polytétrafluoroéthylène, polyamide...) ou minéral (verre...), ou encore par un matériau photoconducteur (sulfure de cadmium, sélénium, polyvinylcarbazol....).
25

S'il s'agit d'un matériau photoconducteur, la feuille peut, par exemple, être préalablement impressionnée électriquement et illuminée par une image donnant lieu à différentes zones de charges selon leur caractère plus ou moins foncé dans l'image.
30

La mesure des charges électriques selon l'invention, alors effectuée progressivement sur toute la surface de la feuille moyennant un balayage adéquat, permet dans un tel cas d'enregistrer l'image en question sur
35

tout support approprié (bande, disque, fil, carte...),
notamment sous la forme d'une suite de petites plages
magnétisées dont les intensités d'aimantation sont pro-
portionnelles aux quantités des charges détectées, puis
5 de reconstituer ladite image à partir de l'enregistrement
effectué à tout moment désirable sur tout support appro-
prié tel que feuille, bande, plaque...

Les charges électriques 2 dont on désire mesurer
les quantités sont portées par l'une des deux faces S
10 de la feuille 1 en ce sens qu'elles sont localisées sur
cette face S ou au voisinage de celle-ci, c'est-à-dire
à une faible profondeur dans la feuille.

Elles ont été représentées par des signes + sur
la fig. 1 à titre purement illustratif, la densité des
15 charges en question étant d'autant plus élevée que
le nombre de ces signes + représentés par unité de lon-
gueur de la feuille est plus élevé.

En regard de cette feuille est placée l'extrémité
libre d'une électrode de mesure 3 appelée "sonde" dans
20 la suite, extrémité se présentant généralement sous
la forme d'un embout cylindrique de révolution de petit
diamètre (par exemple 1 à 5 mm).

Une seconde électrode 4 est appliquée contre la
face, de la feuille 1, opposée à la face S.

25 Cette seconde électrode est avantageusement cons-
tituée par une couche métallique mince rapportée contre
ladite feuille.

Les deux électrodes 3 et 4 forment les deux ar-
matures d'un condensateur encadrant le diélectrique
30 chargé 1 à étudier.

Ces deux armatures sont connectées électriquement
à un ensemble de mesure schématisé par le rectangle 5.

Des moyens symbolisés par la flèche F sont prévus
pour faire défiler la feuille 1 devant la sonde 3.

35 Lorsque les charges 2 se présentent devant cette
sonde 3, elles induisent sur le bout de celle-ci des
charges de signe contraire 6.

La mesure des quantités des charges 2 portées par la feuille 1 revient donc à celle des charges induites 6.

Comme dit plus haut, les techniques habituellement proposées pour mesurer les quantités de ces charges induites font appel à des vibrations mécaniques assurant une modulation de ces quantités, lesdites modulations étant transformées en une grandeur électrique alternative mesurable.

Bien que ces techniques donnent satisfaction dans certaines circonstances, la quantité des charges induites 6 prise en considération à chaque instant correspond aux charges 2 de toute la plage, de la face S, susceptible d'influencer électriquement à cet instant le bout de la sonde 3.

Cette plage, délimitée par le panache H de la fig. 1, est plus étendue que ce bout de sonde : elle est donc très étendue.

Par conséquent, il n'est pas possible avec les techniques connues de différencier, lors de l'analyse des charges portées par la face S, les zones qui sont diversement chargées à l'intérieur de la plage considérée.

La résolution spatiale de la mesure est donc très grossière.

Pour affiner cette résolution, selon l'invention, on ne prévoit aucun moyen de modulation globale des charges induites 6, mais on déforme momentanément et exclusivement, dans la face S, en regard de la sonde, une plage p dont la surface s est très petite.

Les principales variations des quantités des charges induites sur la sonde à chaque instant sont alors dues aux charges portées par la petite plage p déformée à cet instant.

On dispose donc d'un instrument de mesure permettant d'analyser la face S au point de vue des charges électriques qu'elle porte avec une résolution spatiale extrêmement fine, cette résolution étant définie par le diamètre de la petite plage déformée p .

La déformation en question de la plage p a été schématisée sur la fig. 1 par le cratère 7 et l'influence des charges 2 localisées sur la plage p ainsi déformée a été symbolisée par les flèches f .

5 La petite surface s de la plage p est généralement délimitée extérieurement par un cercle dont le diamètre est avantageusement de l'ordre de 100 microns, ce diamètre étant plus généralement compris entre 10 et 500 microns.

10 La déformation locale de la feuille 1 est réduite non seulement dans l'espace, mais aussi dans le temps, sa durée t_0 étant liée à sa vitesse de propagation dans cette feuille et à la surface s .

Mais il faut par ailleurs que la mesure de charge
15 effectuée intéresse sans discontinuité la totalité de la longueur de la feuille 1 considérée selon la direction du défilement relatif F .

A cet effet, on répète la déformation en question à une fréquence f_0 suffisante pour que, compte tenu
20 de la vitesse du défilement relatif, les différentes plages p successivement déformées dans la face F se chevauchent au moins légèrement.

La fréquence f_0 est généralement comprise entre 10 Hz et 1 MHz, le temps t_0 étant lui-même compris
25 entre 100 ps et 30 ns pour des vitesses du défilement relatif elles-mêmes comprises entre 1 mm/s et 10 m/s.

Pour assurer les déformations répétées, très localisées et très brèves ci-dessus, tous moyens désirables peuvent être envisagés.

30 Ces moyens peuvent être prévus de façon à assurer directement ces déformations à partir de la portion de l'espace située du côté de la face S par rapport à la feuille 1.

Dans un tel cas, les moyens déformants peuvent tra-
35 vailler coaxialement avec la sonde 3 et du même côté que cette sonde par rapport à la feuille.

Ou encore, l'axe de travail de ces moyens peut être incliné sur la normale à la face S , la sonde 3

étant alors éventuellement évidée latéralement en partie pour livrer passage à cet axe, et/ou l'axe de cette sonde étant lui-même incliné sur ladite normale et convergeant alors avec l'axe précédent en un point situé dans la plage p ou au voisinage immédiat de celle-ci.

Dans les modes de réalisation qui seront décrits ci-après à titre purement illustratif, les moyens déformants sont situés du côté, de la feuille 1, opposé à la face S à déformer de cette feuille.

Dans les modes de réalisation schématisés sur les fig. 2 et 3, les moyens déformants sont du type acoustique et travaillent par focalisation d'impulsions de pression.

Dans chaque cas, les sources de ces impulsions sont des transducteurs électromécaniques 8, notamment du type piézoélectrique.

Dans le cas de la fig. 2, ces transducteurs 8 sont disposés sur une même surface sphérique 9 dont le centre C est situé au voisinage immédiat de la plage p, par exemple très légèrement à l'extérieur de la feuille 1.

Dans ce cas, toutes les impulsions de pression sont engendrées simultanément par les différentes sources 8 de façon à être focalisées simultanément sur la plage p.

Dans le cas de la fig. 3, les transducteurs 8 sont disposés sur un même plan 11 parallèle à la feuille 1, selon des anneaux concentriques et coaxiaux dont l'axe commun est perpendiculaire et confondu avec celui de la sonde.

Dans ce cas, les impulsions de pression 12 sont engendrées successivement dans les différents anneaux, étant déphasées mutuellement de façon telle qu'elles parviennent toutes simultanément sur la plage p.

Dans le cas des fig. 4 et 5, les moyens déformants font appel à un rayonnement de grande énergie.

Ce rayonnement pourrait être un faisceau d'électrons.

Selon une réalisation particulièrement avantageuse, le rayonnement en question 13 est un faisceau lumineux du type laser ou émis par une lampe équipée d'un système de focalisation.

5 Ce rayonnement 13 est ici focalisé sur une cible ponctuelle 14 (fig. 4), linéaire ou plane 14' (fig. 5), disposée juste en regard de la plage p sur la face du revêtement conducteur 4 constitutif de la seconde électrode, opposée à la feuille 1.

10 L'énergie de ce rayonnement 13 est suffisante pour provoquer un échauffement violent de la cible, échauffement se traduisant par une surpression qui se propage selon des ondes sphériques 15 (fig. 4) ou planes 15' (fig. 5) dans le revêtement 4 et dans le diélectrique
15 constitutif de la feuille 1.

La durée d'établissement de la déformation locale de la feuille 1, c'est-à-dire le temps de montée t_1 de chaque impulsion lumineuse 16 à laquelle est dû le rayonnement 13, doit être inférieur(e) à la durée
20 de propagation de l'ébranlement mécanique à travers l'épaisseur de ladite feuille.

En d'autres termes, si v désigne la vitesse de cette propagation et e cette épaisseur, la quantité vt_1 doit être inférieure à e .

25 La durée totale t_0 de chaque impulsion 16 peut alors être sensiblement égale à $2t_1$.

A titre d'exemple, si l'épaisseur e est égale à 100 microns, la durée t_1 doit être inférieure à 30 ns et, de préférence, de l'ordre de 1 ns, vu que la
30 vitesse v est en général comprise entre 1100 et 5000 m/s.

Afin d'accroître l'amplitude de la déformation, il peut être avantageux de rapporter contre la cible 14 ou 14' un revêtement 17 transparent à la longueur d'onde du rayonnement 13, ce qui a pour effet de confiner
35 du côté de la feuille 1 l'onde mécanique engendrée par l'échauffement intense de la cible.

Il peut également être avantageux de recouvrir la couche-électrode 4 d'un matériau, tel que du graphite,

très absorbant pour le rayonnement lumineux utilisé de façon à transformer au mieux en chaleur l'énergie lumineuse incidente.

L'épaisseur de cette couche 4 est avantageusement comprise entre 500 Å et 500 microns.

Les valeurs inférieures de cette gamme d'épaisseurs peuvent être adoptées lorsque le traitement (ou la suite de traitements) que l'on se propose de faire subir à la feuille 1 aux fins de mesure exige seulement l'application d'une impulsion d'énergie relativement faible, ou d'un petit nombre de telles impulsions, en chacune de ses zones formant cible 14 ou 14' : chacune de ces impulsions peut, en effet, arracher de la cible par vaporisation un volume de matière s'étendant sur une profondeur comprise entre 500 Å et 1 micron.

Pour les valeurs les plus faibles de ladite gamme d'épaisseurs, la couche 4 peut être obtenue par dépôt sous vide alors qu'un dépôt électrolytique ou électrochimique sera plutôt adopté pour les épaisseurs intermédiaires et que l'on constituera, de préférence, ladite couche par une pellicule rapportée indépendante pour les épaisseurs les plus élevées.

Pour réduire l'effet d'arrachement ci-dessus, on peut pulvériser, sur la couche 4, un matériau tampon, tel qu'un graphite colloïdal, notamment avant chaque traitement de mesure de la feuille 1.

Les moyens de mesure 5 peuvent avantageusement être agencés de manière à n'effectuer des mesures que pendant des temps très courts comprenant les instants où se produisent les déformations locales de la feuille 1, notamment ceux où l'ébranlement mécanique engendré par l'échauffement brusque de la couche 4 parvient à ladite feuille 1.

C'est ainsi que, si la couche 4 présente une épaisseur de l'ordre de 100 microns et est constituée en un matériau dans lequel la vitesse de propagation des ébranlements mécaniques est de 5.000 m/s, la feuille 1 est atteinte 20 ns après l'impact de l'impulsion

lumineuse 16 sur la couche 4 : il est alors avantageux de débloquent les moyens de mesure 5 uniquement 20 ns après l'émission de l'impulsion 16, et ce pendant une durée de l'ordre de t_0 ou du temps d'établissement t_1 ci-dessus.

Ceci permet d'améliorer dans de grandes proportions le rapport signal/bruit de la mesure.

Au lieu d'être formée d'une pièce conductrice unique 3, la sonde peut être composée d'une pièce conductrice centrale 3' et d'une pièce conductrice cylindrique 3" entourant la pièce 3', ces deux pièces 3' et 3" étant séparées par un manchon 18 isolant de l'électricité et chacune d'elles étant connectée à un ensemble de traitement approprié 5', 5" : avec un tel montage, on peut mesurer simultanément les variations de charges induites respectivement sur les deux pièces 3' et 3" par les déformations locales de la feuille 1 et en déduire une information sur la distance \underline{d} entre la sonde et la feuille, information qui est ensuite exploitée à des fins de compensation des variations de cette distance \underline{d} . La pièce extérieure 3" peut aussi être utilisée comme blindage ou anneau de garde ou être elle-même entourée d'une autre pièce cylindrique conductrice jouant un tel rôle.

Comme il va de soi, et comme il résulte d'ailleurs déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes d'application et de réalisation qui ont été plus spécialement envisagés ; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes, notamment :

- celles où ce ne serait pas la feuille 1 qui serait déplacée par rapport à la sonde 3 et aux moyens déformants, mais l'ensemble de la sonde et des moyens déformants, ou tout au moins de la portion active de ces moyens, qui serait déplacé par rapport à la feuille parallèlement à celle-ci,

- et celles où les petites déformations locales de la feuille 1 seraient situées non pas au niveau de sa face S ou à proximité immédiate de cette face, comme dans les exemples décrits et illustrés ci-dessus, mais

5 au sein même de cette feuille 1, ou même au voisinage de l'électrode 4, la condition à remplir par cette localisation des déformations étant que ces déformations modifient les quantités de charges induites sur la sonde à

10 partir des charges portées par la feuille en regard des zones déformées.

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour mesurer localement les quantités de charges électriques portées superficiellement par une feuille diélectrique (1), comportant une première électrode (3) disposée en regard de la face S, de la feuille, porteuse des charges (2) à explorer, électrode appelée "sonde" dans la suite, une seconde électrode (4) disposée contre la face, de la feuille, opposée à la face chargée à étudier, des moyens (F) pour faire défiler la feuille en regard de la sonde ou inversement, et des moyens (5) pour mesurer à chaque instant les quantités des charges (6) induites sur la sonde par les charges à mesurer, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens pour déformer la feuille (1) pendant des temps t_0 très courts sur une plage p dont la position est liée à la sonde (3) et dont la surface s , très petite, est de l'ordre de celle définissant la résolution spatiale désirée, chaque déformation étant créée de façon telle que seule la plage p soit concernée de manière appréciable par cette déformation, et ces déformations locales étant répétées à une fréquence f_0 suffisante, dépendant de la vitesse de défilement de la feuille par rapport à la sonde, pour que les plages p successivement déformées se chevauchent au moins légèrement.

2. Dispositif de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que la plage p est centrée sur l'axe de la sonde (3).

3. Dispositif de mesure selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les moyens déformants comprennent au moins une source (8) d'impulsions de pression.

4. Dispositif de mesure selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens déformants comprennent

une pluralité de sources d'impulsions de pression et en ce que les impulsions de pression émises par ces différentes sources sont concentrées simultanément en une zone focale située sur la plage p ou au voisinage
5 immédiat de cette plage.

5.- Dispositif de mesure selon la revendication 4, caractérisé en ce que les impulsions de pression (10) sont engendrées simultanément en des points situés sur une même surface sphérique (9) dont le centre (C) est
10 situé dans la zone focale.

6.- Dispositif de mesure selon la revendication 4, caractérisé en ce que les impulsions de pression (12) sont engendrées en des points situés dans un même plan (11) à des instants distincts dépendant de leurs posi-
15 tions dans ce plan.

7.- Dispositif de mesure selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les moyens déformants comprennent au moins une source d'un rayonnement (13) d'énergie suffisante pour déformer
20 mécaniquement, par échauffement brutal, une cible solide sur laquelle ce rayonnement est envoyé.

8.- Dispositif de mesure selon la revendication 7, caractérisé en ce que le rayonnement (13) est lumineux.

9.- Dispositif de mesure selon la revendication 8,
25 pour lequel la seconde électrode est une couche conductrice (4) disposée contre la face de la feuille (1) opposée à la sonde (3), caractérisé en ce que le rayonnement est focalisé en une plage de la surface externe, de cette couche (4), située en regard de la
30 plage p à déformer.

10.- Dispositif de mesure selon la revendication 9, caractérisé en ce que la couche conductrice (4) est recouverte, sur sa face opposée à la feuille (1), par une pellicule rigide (17) transparente au rayonnement
35 considéré.

11.- Dispositif de mesure selon l'une quelconque des précédentes revendications, caractérisé en ce que

la sonde est composée d'une électrode centrale (3') et d'au moins une électrode cylindrique (3'') entourant l'électrode centrale et isolée électriquement de celle-ci (en 18).

- 5 12.- Dispositif de mesure selon l'une quelconque des précédentes revendications, caractérisé en ce que les moyens de mesure des quantités de charge induites sur la sonde sont activés uniquement pendant des durées très courtes correspondant au moins à l'établissement
10 des déformations locales de la feuille (1).

- 13.- Dispositif de mesure selon l'une quelconque des précédentes revendications, caractérisé en ce que la surface s de la plage p à déformer présente sensiblement la forme d'un cercle dont le diamètre est com-
15 pris entre 10 et 500 microns.

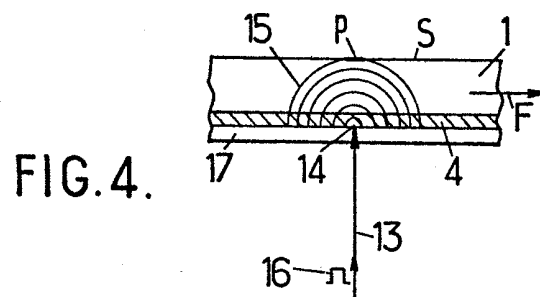
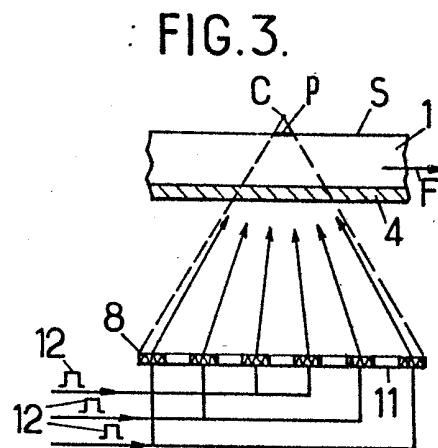
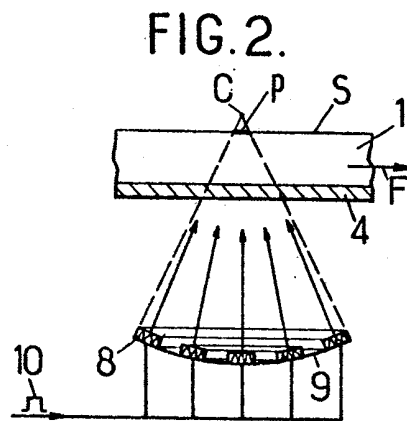
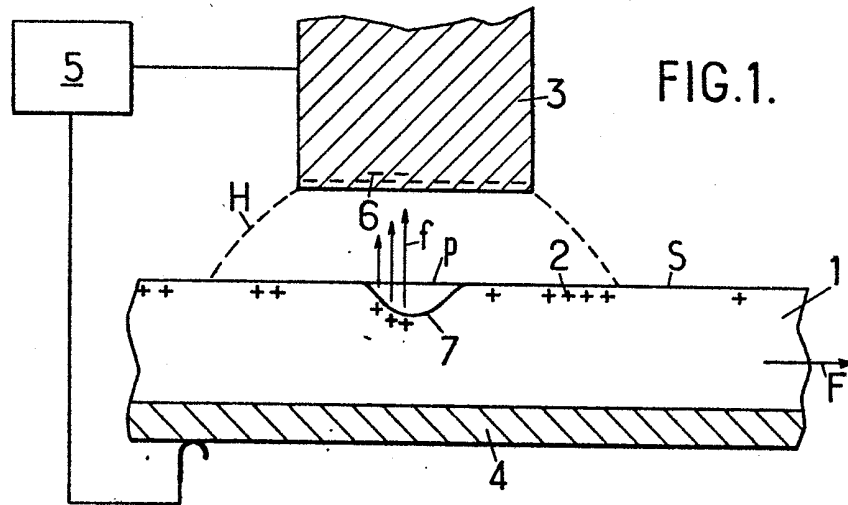


FIG.5.

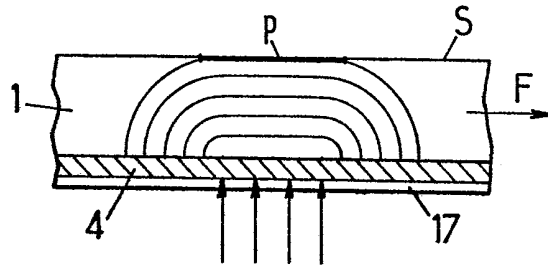


FIG.6.

