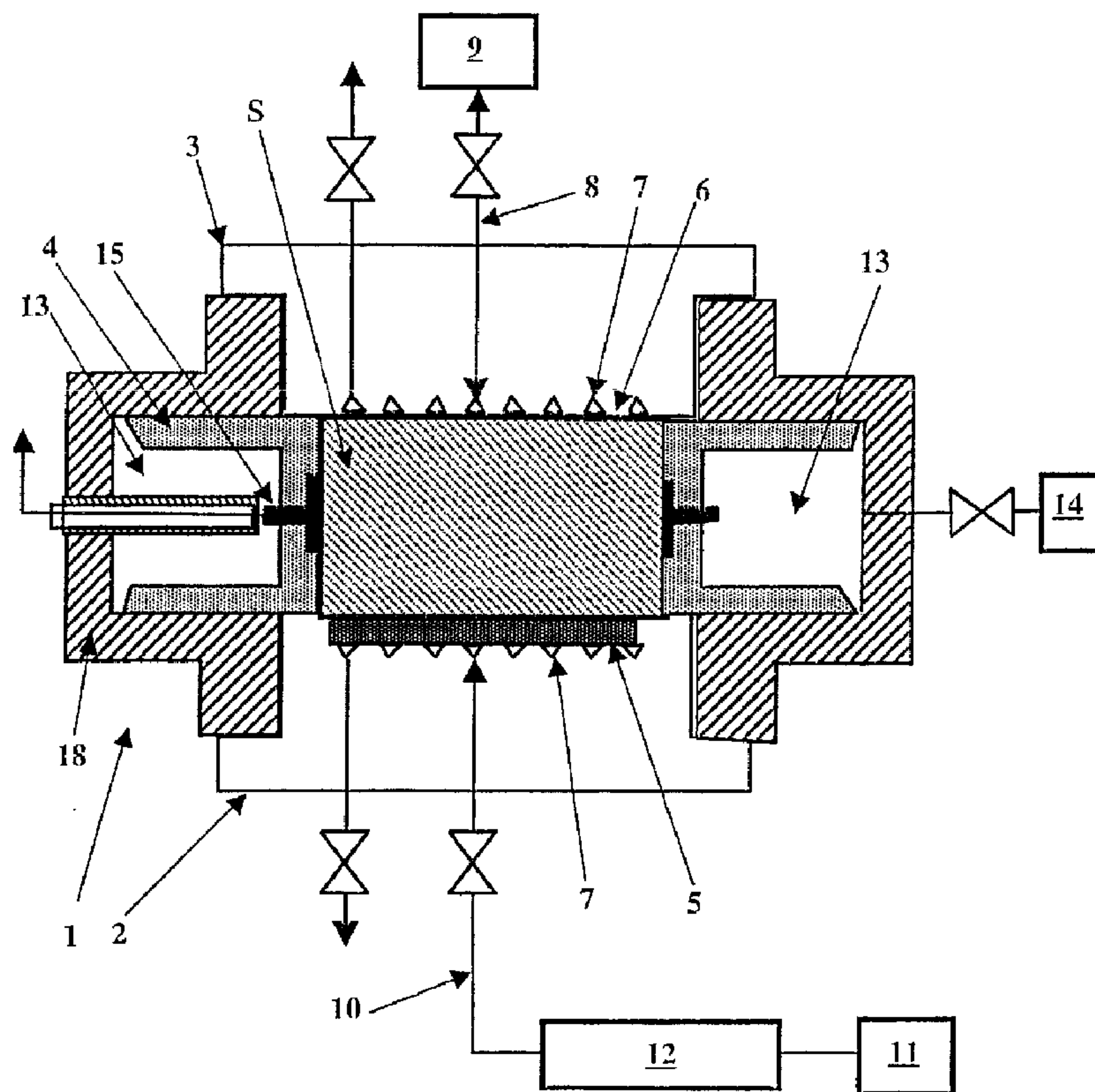




(22) Date de dépôt/Filing Date: 2001/05/31
(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2001/12/02
(30) Priorité/Priority: 2000/06/02 (00 07 123) FR

(51) Cl.Int.⁷/Int.Cl.⁷ H02G 15/24
(71) Demandeur/Applicant:
INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, FR
(72) Inventeurs/Inventors:
RINGOT, GABRIEL, FR;
FLEURY, MARC, FR
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : DISPOSITIF DE CONNEXION ELECTRIQUE ETANCHE D'ELECTRODES PAR CABLE BLINDE ET SYSTEME POUR MESURES PETROPHYSIQUES UTILISANT LE DISPOSITIF
(54) Title: DEVICE FOR THE WATERTIGHT ELECTRICAL CONNECTION OF ELECTRODES BY SHIELDED CABLE AND SYSTEM FOR PETROPHYSICAL MEASUREMENTS USING THE SAID DEVICE



(57) Abrégé/Abstract:
- Dispositif pour réaliser la connexion par câble blindé d'électrodes à un appareil de mesure, situés de part et d'autre d'une paroi séparant une enceinte sous pression du milieu extérieur. - Le dispositif comporte un manchon rigide de protection en matériau

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

isolant qui traverse la paroi de façon étanche et se prolonge jusqu'au voisinage immédiat de l'électrode, dans lequel on fait passer le câble blindé. A l'intérieur du manchon rigide est disposé un tube en matériau conducteur qui est en contact électrique avec le blindage du câble. Une fiche est assujettie au manchon rigide. Elle est connectée à l'électrode et reliée électriquement à l'âme du câble blindé à l'intérieur du tube métallique. Un connecteur électrique est associé au manchon rigide à l'extérieur de la paroi pour la connexion d'un fil blindé relié à l'appareil de mesure. Ce dispositif peut être utilisé dans un système de mesure de la résistivité électrique d'un échantillon dans une gamme de fréquence pouvant atteindre plusieurs dizaines de MHz. - Applications par exemple aux mesures pétrophysiques sur échantillons de roche poreux.

PRECIS DE LA DIVULGATION :

- Dispositif pour réaliser la connexion par câble blindé d'électrodes à un appareil de mesure, situés de part et d'autre d'une paroi séparant une enceinte sous pression du milieu extérieur.
- Le dispositif comporte un manchon rigide de protection en matériau isolant qui traverse la paroi de façon étanche et se prolonge jusqu'au voisinage immédiat de l'électrode, dans lequel on fait passer le câble blindé. A l'intérieur du manchon rigide est disposé un tube en matériau conducteur qui est en contact électrique avec le blindage du câble. Une fiche est assujettie au manchon rigide. Elle est connectée à l'électrode et reliée électriquement à l'âme du câble blindé à l'intérieur du tube métallique. Un connecteur électrique est associé au manchon rigide à l'extérieur de la paroi pour la connexion d'un fil blindé relié à l'appareil de mesure. Ce dispositif peut être utilisé dans un système de mesure de la résistivité électrique d'un échantillon dans une gamme de fréquence pouvant atteindre plusieurs dizaines de MHz.
- Applications par exemple aux mesures pétrophysiques sur échantillons de roche poreux.

DISPOSITIF DE CONNEXION ELECTRIQUE ETANCHE
D'ELECTRODES PAR CABLE BLINDE ET SYSTEME POUR
MESURES PETROPHYSIQUES UTILISANT LE DISPOSITIF

5 La présente invention a pour objet un dispositif pour établir précisément en laboratoire la courbe de l'indice de résistivité d'un échantillon solide indépendamment de la courbe de pression capillaire, adapté à des mesures en haute fréquence.

 La mesure de l'indice de résistivité de petites carottes est nécessaire pour obtenir une estimation précise de la saturation en eau à partir de données de diagraphie obtenues par
10 exemple par la technique de mesure pendant forage (MWD).

Etat de la technique

 Par les brevets FR2 781 573 et FR 2 762 681 (US 5 979 223) du demandeur, notamment on connaît des méthode et des dispositifs de mesure en continu de la courbe de l'indice de résistivité d'un échantillon solide initialement saturé par un premier fluide
15 mouillant, tel qu'un échantillon géologique, indépendamment de la courbe de pression capillaire. L'échantillon solide poreux est contenu dans une gaine étanche qui est placée dans une cellule de confinement allongée entre deux embouts. Des canaux au travers des deux embouts communiquent avec un système d'injection permettant d'injecter un
20 deuxième fluide non mouillant dans l'échantillon à une première extrémité de la cellule et de drainer le premier fluide hors de la cellule à l'extrémité opposée, au travers d'une membrane semi-perméable, perméable au premier fluide. L'échantillon est contenu dans une gaine et soumis à une pression radiale par injection d'huile sous pression dans l'espace annulaire entre le corps de la cellule et la gaine. Une membrane mouillable seulement par
25 le deuxième fluide est interposée entre l'échantillon et la première extrémité de la cellule pour réaliser des opérations de réimbibition.

 Des électrodes interposées entre l'échantillon et sa gaine permettent l'application d'un courant électrique et la détection des différences de potentiel apparaissant entre des points distincts en réponse à l'application du courant électrique. Les électrodes étant connectées à un appareil de mesure de l'impédance complexe de l'échantillon. L'extension
30 longitudinale des électrodes est relativement importante rapportée à la longueur de l'échantillon de façon à impliquer la plus grande partie possible du volume de l'échantillon

dans les mesures d'impédance tout en évitant les court-circuits par les extrémités de l'échantillon susceptibles de fausser les mesures.

On applique un ou plusieurs paliers de pression d'injection, on mesure les variations continues de l'indice de résistivité en fonction de la variation de saturation moyenne sans attendre que s'établisse les équilibres capillaires.

L'espace annulaire entre la gaine et la paroi extérieure de la cellule étant sous pression élevée, les conducteurs électriques reliant les électrodes à l'appareil de mesure traversent la paroi extérieure de la cellule par des traversées étanches (connecteurs à perles de verre par exemple).

Des études ont montré que l'indice de résistivité des roches poreuses variait sensiblement avec la fréquence. Comme les sondes de diagraphie mesurent la résistance électrique des terrains traversés à des fréquences souvent très élevées, il est nécessaire pour bien mettre en relation les mesures obtenues par les outils de puits et les mesures de l'indice de résistivité obtenues en laboratoire au moyen des cellules, que celles-ci puissent fonctionner avec précision dans la même gamme de fréquence.

Les résultats obtenus avec les cellules précédentes sont satisfaisants quand la plage de fréquence des courants électriques appliqués reste dans la limite de quelques KHz ou quelques dizaines de KHz. Ils perdent beaucoup de leur signification quand les mesures d'impédance sont effectuées à des fréquences beaucoup plus élevées comprises par exemple dans la plage 1MHz – 10MHz. A de telles fréquences, il faut bien entendu utiliser des câbles blindés d'impédance constante. La liaison continue des électrodes à l'appareil de mesure par câbles blindés est difficile à réaliser à cause à cause de problèmes d'étanchéité. Si l'on a recours à un connecteur classique de type à perles de verre par exemple, cela entraîne une rupture de la continuité du blindage. Cette discontinuité qui serait sans effet notable à basse fréquence, est la source à fréquence élevée, de réflexions parasites et d'un affaiblissement significatif des signaux.

LE DISPOSITIF SELON L'INVENTION

Le dispositif selon l'invention permet de réaliser la connexion par câble blindé d'au moins une électrode à un appareil de mesure, situés de part et d'autre d'une paroi séparant une enceinte sous pression du milieu extérieur. Il comporte au moins un manchon rigide de protection en matériau isolant qui traverse la paroi de façon étanche et se prolonge jusqu'au

voisinage immédiat de l'électrode, dans lequel on fait passer le câble blindé, ce manchon rigide contenant un tube en matériau conducteur en contact électrique avec le blindage du câble, et étant associé rigidement et de façon étanche à un moyen de connexion reliant électriquement l'âme du câble blindé à l'électrode.

5 Le moyen de connexion électrique comporte par exemple une fiche connectée à l'électrode, avec une embase qui est fixée rigidement et de façon étanche dans une cavité du manchon, et reliée électriquement à l'âme du câble blindé.

Pour tenir compte d'une certaine latitude possible de déplacement de l'électrode, la fiche est engagée dans un évidement de l'électrode et adaptée à maintenir le contact
10 électrique avec l'électrode quand elle se déplace.

Suivant un mode de réalisation, le dispositif comporte un connecteur électrique associé au manchon rigide à l'extérieur de la paroi pour la connexion d'un fil blindé relié à l'appareil de mesure, un élément de câble blindé intérieur au manchon rigide dont l'âme est connectée au moyen de connexion, et le blindage est électriquement relié au tube
15 conducteur qui se prolonge vers l'intérieur du manchon rigide jusqu'à la zone de connexion de l'âme au moyen de connexion.

La paroi est par exemple la paroi du corps d'une cellule destinée à la mesure des variations de l'indice de résistivité d'un échantillon solide poreux enrobé d'une gaine et soumis à une pression radiale par injection d'un liquide sous pression dans le corps de la
20 cellule, ces variations étant consécutives à des opérations de déplacement forcé d'un premier fluide hors de l'échantillon par injection d'un deuxième fluide, l'un des deux fluides étant conducteur de l'électricité et l'autre non, au moyen d'électrodes disposées entre l'échantillon et la gaine et pourvues chacune d'un prolongement traversant la gaine, chaque manchon rigide traversant la paroi du corps de cellule et se prolongeant
25 sensiblement jusqu'à la gaine.

Le système de mesure selon l'invention comprend une cellule de confinement allongée pour un échantillon dans une gaine d'enrobage, des moyens d'injection d'un liquide sous pression dans le corps de la cellule pour exercer une pression radiale sur l'échantillon, des électrodes disposées entre l'échantillon et la gaine d'enrobage, permettant
30 l'application d'un courant électrique et la détection des différences de potentiel apparaissant entre des points distincts de l'échantillon en réponse à l'application du courant

électrique. Les électrodes sont pourvues chacune d'un prolongement traversant la gaine et étant connectées à un appareil de mesure de l'impédance de l'échantillon, extérieur au corps de la cellule, un premier filtre semi-perméable, perméable au premier fluide et disposé sensiblement au contact d'une première extrémité de l'échantillon, et des moyens
5 d'injection pour l'injection sous pression d'un deuxième fluide au travers d'une deuxième extrémité de l'échantillon. Le système comporte des dispositifs de connexion pour connecter les différentes électrodes à l'appareil de mesure par des câbles blindés et chaque dispositif comprend au moins un manchon rigide de protection en matériau isolant qui traverse la paroi de façon étanche et se prolonge jusqu'au voisinage immédiat de
10 l'électrode, dans lequel on fait passer le câble blindé, ce manchon rigide contenant un tube en matériau conducteur en contact électrique avec le blindage du câble et étant associé rigidement et de façon étanche à un moyen de connexion reliant électriquement l'âme du câble blindé à l'électrode.

De préférence, les électrodes ont une extension longitudinale relativement importante
15 rapportée à la longueur de l'échantillon (entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{3}{4}$ de la longueur de l'échantillon et de préférence de l'ordre de la moitié) mais inférieure à cette longueur, de façon à impliquer la plus grande partie possible du volume de l'échantillon dans les mesures d'impédance tout en évitant les court-circuits par les extrémités de l'échantillon.

Le dispositif de connexion tel qu'il vient d'être défini, est avantageux en ce qu'il
20 permet la traversée étanche d'une paroi par un fil blindé sans qu'il y ait discontinuité de l'âme et du blindage du câble susceptibles d'affecter les signaux qui y sont transmis, ceci dans une gamme de fréquence s'étendant jusqu'à plusieurs dizaines de MHz.

Le système de mesure avec son ou ses différents dispositifs de connexion tel qu'il vient d'être défini est particulièrement avantageux en ce qu'il permet :

- 25 - d'établir une courbe très précise d'indice de résistivité continue en drainage et en peu de temps (environ 2 jours pour un grès typique de 100 mD alors que la durée typique nécessaire en utilisant la technique d'injection continue est souvent de l'ordre d'une quinzaine de jours) ;
- l'incidence de profils de saturation non uniformes au cours des mesures, s'avère
30 négligeable. Ceci est dû à la combinaison de trois facteurs : (i) la technique de mesure de résistivité radiale, (ii) la présence de filtres semi-perméables côté sortie, (iii) la

totalité du volume de la carotte est analysée au moyen de mesures électriques (ceci est vérifié lorsque le diamètre de la carotte est supérieur à sa longueur) ;

- de fournir des mesures d'indice de résistivité précis dans une gamme de fréquence très étendue prolongée jusqu'à des fréquences de l'ordre de plusieurs dizaines de MHz.

5 Présentation des figures

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'un exemple non limitatif de réalisation, en se référant aux dessins annexés où :

- la Fig.1 montre schématiquement en coupe longitudinale une cellule de mesure permettant la mesure de la résistivité d'un échantillon poreux ;
- 10 - la Fig.2 montre en coupe transversale la disposition des électrodes autour d'un échantillon permettant d'injecter un courant électrique et mesurer la différence de potentiel engendrée par le passage du courant au travers de l'échantillon ;
- la Fig.3 montre schématiquement en coupe longitudinale un dispositif de connexion permettant la connexion électrique étanche d'un câble blindé reliant une électrode à un
15 appareil de mesure extérieur ;
- la fig. 4A représente les variations comparées du module d'impédance Z d'un circuit électrique de test placé à l'extérieur de la cellule (en trait plein) et à l'intérieur de la cellule et raccordée à l'impédancemètre par l'intermédiaire du dispositif de connexion décrit (en pointillés),
- 20 - la Fig.4B représente dans les mêmes conditions les diagrammes d'Argand : partie réelle de Z en abscisse et partie imaginaire de Z en ordonnée) qui leur correspondent ;
- la Fig.5A, 5B représentent respectivement les variations comparées du module d'impédance normalisée en fonction de la fréquence pour deux échantillon de grès de Fontainebleau mouillables respectivement à l'eau (ww) et à l'huile (ow) et pour des
25 saturations S_w respectivement de 1 et de 0,38 ;
- les Fig.6A, 6B) représentent dans les mêmes conditions les diagrammes d'Argand qui leur correspondent respectivement ; et
- les Fig.7A, 7B montrent les effets dispersifs de la fréquence sur les courbes représentatives de la variation de l'index de résistivité en fonction de la saturation en
30 saumure, pour deux échantillons de grès de Fontainebleau mouillable l'un à l'eau (ww)

(Fig.7A), l'autre à l'huile (ow) (Fig.7B) et la réduction rapide de la pente des courbes au-dessus de 500 KHz.

DESCRIPTION DETAILLEE

Le dispositif de connexion va être décrit sans que cela constitue une quelconque
5 limitation, à un système expérimental destiné à la mesure des variations de l'indice de
résistivité d'un échantillon solide poreux, consécutifs à des déplacements forcés d'un
premier fluide mouillant conducteur de l'électricité tel que de la saumure par exemple, par
injection d'un deuxième fluide non conducteur tel que de l'huile par exemple, (phase de
drainage) ou du deuxième fluide par le premier (phase d'imbibition) tel que celui décrit
10 dans les brevets précités du demandeur.

Il comporte (Fig.1) une cellule de confinement d'une carotte qui comporte un corps
creux 1 à symétrie cylindrique fermé à ses deux extrémités opposées par deux embouts 2,
3. L'échantillon S est placé à l'intérieur d'une pièce cylindrique en élastomère 4 dont la
section longitudinale est en forme de U, constituant une gaine pour l'échantillon S.
15 L'ensemble de l'échantillon S et de sa gaine 4, est installé dans une cavité intérieure du
corps 1 et se trouve délimité axialement de part et d'autre par les deux embouts 2, 3. Du
côté de l'embout 2, l'échantillon S est en contact avec un filtre semi-perméable 5,
mouillable par le premier fluide tel qu'un filtre en céramique. Du côté de l'embout 3
opposé, l'échantillon S est en contact avec une membrane 6 mouillable par le deuxième
20 fluide. Les faces intérieures des deux embouts 2, 3 sont pourvues d'un réseau de rainures 7
(Fig.2). Des moyens de fixation non représentés permettent de fixer rigidement l'un à
l'autre les deux embouts.

Des canaux 8 traversent l'embout 3 et font communiquer le réseau de rainures 7 sur
sa face terminale, avec une première source 9 délivrant le deuxième fluide sous pression.
25 De même, des canaux 10 traversent l'embout 2 et font communiquer le réseau de rainures 7
correspondant avec une deuxième source de pression 11 du premier fluide drainé hors de
l'échantillon du fait de l'injection du deuxième fluide. Un élément 12 est installé sur le
circuit 10 pour mesurer le volume de fluide déplacé hors de l'échantillon S. On utilise de
préférence un capteur capacitif de faible coût possédant une précision de 0,05 cc et d'une
30 résolution de 0,01 cc, analogue à celui utilisé dans le dispositif décrit dans la demande de
brevet FR 2.772.477 du demandeur.

Le dispositif comporte par exemple deux couples d'électrodes E1, E2 qui sont moulées à l'intérieur de la gaine 4, de façon à s'appliquer étroitement contre la paroi périphérique de l'échantillon, permettant l'application d'un courant électrique. Au moyen d'un autre couple d'électrodes E'1, E'2, pareillement moulées, on mesure la différence de potentiel V créée en réponse à l'application du courant électrique.

Cette affectation séparée des couples d'électrodes, les uns, à l'application d'un courant, et l'autre, à la mesure de différences de potentiel, permet d'éviter les résistances dues aux contacts. Les électrodes sont par exemple de forme carrée et réalisées en Monel. L'extension angulaire d'une paire d'électrodes autour de l'échantillon est inférieure à 90°. Leur longueur doit être inférieure à la longueur de l'échantillon de façon à éviter les courts-circuits électriques d'extrémité extérieurs à l'échantillon, directement au travers des fluides, ce qui fausseraient les mesures. Cependant leur longueur doit être suffisamment importante rapportée à la longueur de l'échantillon de façon que les lignes de courant embrassent la plus grande partie de son volume avec une répartition relativement régulière. Cette longueur peut varier dans de notables proportions selon l'importance du diamètre de l'échantillon. Dans les expériences qui ont été réalisées, on a trouvé que la longueur des électrodes pouvait avantageusement être comprise entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{3}{4}$ de la longueur de l'échantillon et de préférence être de l'ordre de la moitié de cette longueur.

L'espace annulaire 13 entre le corps 1 et la gaine 4 communique avec des moyens de pression 14 permettant l'injection d'un liquide sous pression qui exerce une pression radiale de confinement sur l'échantillon S. La pression radiale de confinement autour de l'échantillon est par exemple de l'ordre de quelques Mpa, suffisante pour assurer un bon contact électrique des électrodes. Ainsi, dans des conditions normales, la résistance de contact est généralement du même ordre de grandeur que la résistance de l'échantillon qui doit être mesurée avec une faible saturation en eau.

L'ensemble est placé dans une enceinte thermostatée (non représentée).

Toutes les électrodes E sont pourvues d'un prolongement creux 15 traversant l'épaisseur de la gaine 4, et sont reliées à un impédancemètre RLC 16 couplé avec un ensemble 17 d'acquisition de mesures, par le dispositif de connexion qui va être décrit ci-après.

Le dispositif de connexion comporte pour chaque électrode E (Fig.3) un manchon tubulaire M en matériau isolant venant s'engager dans un alésage N dans la paroi terminale

extérieure 18 du corps 1 et fixé rigidement à lui. Des joints d'étanchéité 19 sont disposés dans des rainures du manchon tubulaire M. Un connecteur électrique 20 de type BNC bien connu des gens de l'art par exemple, est fixé contre la paroi extérieure du manchon tubulaire M. L'une de ses bornes est reliée à l'âme 21 d'une portion de câble blindé, l'autre, à la tresse 22 de ce même câble. La tresse 22 est en contact électrique étroit avec un tube en inox 23 disposé dans une cavité cylindrique du manchon tubulaire M. L'embase 24 d'une fiche est engagé dans une autre cavité à l'extrémité opposée de ce même manchon tubulaire M et fixé à lui par une bague fileté 26. La fixation est rendue étanche par des joints d'étanchéité 25. Cette embase 24 est pourvue d'un premier prolongement 27 auquel est soudé l'âme 21 du câble blindé et à son extrémité opposée, est solidaire de la fiche 28 destinée à venir s'engager dans un logement du prolongement 15 de chaque électrode E. Pour affermir le contact électrique avec le prolongement 15 de l'électrode E, la fiche 28 est pourvue d'un ressort à lame 29. Un certain débattement est permis à la fiche 28 dans son logement de l'électrode E pour tenir compte des déplacements de la gaine 4 en élastomère quand elle se trouve plaquée contre l'échantillon S par injection de liquide dans l'espace annulaire 13.

Le tube en inox 23 se prolonge vers l'intérieur du manchon tubulaire M de façon à recouvrir et isoler électriquement la zone où l'âme du câble est soudée au prolongement 27. Comme il est connecté au blindage 22, l'âme 21 est électriquement isolée jusqu'à sa jonction avec la fiche 24.

Le fil 21 présente un certain relâchement entre le connecteur 20 et l'embout 24 à l'intérieur du manchon tubulaire M pour les nécessités du montage.

FONCTIONNEMENT

L'échantillon S saturé avec le premier fluide est placé dans l'enceinte et l'on applique une pression de confinement radiale par connexion avec les moyens de pression 14.

On injecte alors par les canaux 8 un deuxième fluide tel que de l'huile à une première pression et l'on mesure en continu les variations de l'impédance complexe de l'échantillon pour plusieurs fréquences entre 0.1 Hz et quelques dizaines de MHz., qui sont enregistrées par l'ensemble d'acquisition 16, 17. Les données sont analysées en utilisant un index de résistivité généralisé ou index d'impédance fonction de la saturation et de la fréquence f , défini comme suit :

$$Ir(S_w) = \frac{|Z(S_w)|}{|Z(S_w = 1)|} = g(S_w, f) \text{ où}$$

$$|Z| = (Re(Z)^2 + Im(Z)^2)^{\frac{1}{2}}$$

On vérifie que la fréquence agit fortement sur les courbes d'index de résistivité I_r au dessus de 500 KHz (Fig.7A). Pour l'échantillon mouillable à l'eau, les données peuvent être ajustées par application de la loi d'Archie bien connue et l'exposant de saturation baisse de 2 à 1 KHz jusqu'à 1,5 à 2 MHz. Pour l'échantillon mouillable à l'huile, l'influence de la fréquence est différente (Fig.7B) et la courbe est fortement non linéaire dans une échelle log-log. A fréquence élevée, l'écart par rapport à la courbe à 1KHz dépend de la saturation. A 2MHz, l'écart se forme vers $S_w=0,7$ et la courbe s'aplatit graduellement à saturation faible. Si on mesurait un seul point de la courbe à saturation faible, on trouverait un exposant de saturation de 2.

Les courbes des Fig.5, 6, les courbes de dispersion peuvent être extraites des données enregistrées pour deux valeurs de saturation. Pour une saturation en eau de 100%, on observe peu de différence à haute fréquence (Fig.5A). La fréquence de coupure (i.e. le sommet du demi-cercle dans le diagramme d'Argand) (Fig.6A), est de l'ordre de 5MHz dans les deux cas. A fréquence faible (entre 0,1 et 1KHz) les écarts sont attribuables à des rugosités de surface différentes pour les deux échantillons. Pour une saturation plus faible ($S_w=0,38$), on observe une diminution de la fréquence de coupure (vers 500KHz). Les phénomènes attribués à la rugosité de surface sont décalés vers les fréquences plus basses (0,1 Hz).

Tests

Pour tester la qualité du dispositif de connexion, on a placé à l'intérieur de la cellule et connecté aux électrodes E, 15 un circuit électrique constitué d'une résistance de quelque $1 K\Omega$ et d'un condensateur avec une capacité de l'ordre de 200 pF, reproduisant typiquement le comportement électrique d'un échantillon S. On a mesuré l'impédance complexe Z de ce circuit, pour toutes fréquences jusqu'à 20 MHz lorsque ce circuit est placé à l'extérieur de la cellule et à l'intérieur de la cellule et connecté par le dispositif de connexion décrit plus haut. On voit sur les Fig.4A, 4B que les résultats obtenus sont tout à fait identiques et que la cellule et le dispositif de connexion n'altèrent en rien la qualité des mesures.

Les réalisations de l'invention au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué, sont définis comme il suit :

1) Dispositif pour réaliser la connexion par câble blindé, au travers de la paroi d'une
5 enceinte sous pression, d'au moins une électrode dans l'enceinte et d'un appareil de mesure
extérieur à l'enceinte, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un manchon tubulaire de
protection en matériau isolant qui est fixé à la paroi et la traverse de part en part et de façon
étanche, ce manchon tubulaire comportant une cavité intérieure dans lequel on fait passer
10 le câble blindé, un tube en matériau conducteur rapporté dans le manchon tubulaire et en
contact électrique avec le blindage du câble, un moyen de connexion électrique comportant
une fiche connectée à l'électrode avec une embase qui est engagée dans la cavité intérieure
du manchon tubulaire et reliée électriquement à l'âme du câble blindé à l'intérieur du tube
conducteur, et des moyens d'étanchéité associés au manchon tubulaire et au moyen de
15 connexion électrique, pour isoler l'intérieur de l'enceinte de l'extérieur et de la cavité
intérieure du manchon tubulaire.

2) Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la fiche est engagée dans
un évidement de l'électrode et adaptée à maintenir le contact électrique avec l'électrode
quand celle-ci subit un déplacement.

3) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il
20 comporte un connecteur électrique associé au manchon tubulaire à l'extérieur de la paroi
pour la connexion d'un fil blindé relié à l'appareil de mesure, un élément de câble blindé
intérieur au manchon tubulaire dont l'âme est connectée au moyen de connexion, et le
blindage est électriquement relié au tube conducteur qui se prolonge-vers l'intérieur du
manchon tubulaire jusqu'à la zone de connexion de l'âme au moyen de connexion.

4) Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la
25 paroi est celle du corps d'une cellule destinée à la mesure des variations de l'indice de
résistivité d'un échantillon solide poreux enrobé d'une gaine et soumis à une pression
radiale par injection d'un liquide sous pression dans le corps de la cellule, ces variations
étant consécutives à des opérations de déplacement forcé d'un premier fluide hors de
30 l'échantillon par injection d'un deuxième fluide, l'un des deux fluides étant conducteur de
l'électricité et l'autre non, au moyen d'électrodes disposées entre l'échantillon et la gaine et

pourvues chacune d'un prolongement traversant la gaine, chaque manchon tubulaire traversant la paroi du corps de la cellule (1) et se prolongeant sensiblement jusqu'à la gaine.

5 5) Système de mesure de grandeurs physiques d'un échantillon solide poreux placé dans une gaine d'enrobage, comprenant une cellule de confinement allongée pour l'échantillon dans sa gaine, des moyens d'injection d'un liquide sous pression dans le corps de la cellule permettant d'exercer une pression radiale sur l'échantillon par injection d'un liquide sous pression, et des moyens destinés à la mesure des variations de l'indice de résistivité de l'échantillon, consécutives à des opérations de déplacement forcé d'un
10 premier fluide hors de l'échantillon par injection d'un deuxième fluide, l'un des deux fluides étant conducteur de l'électricité et l'autre non, comportant des électrodes disposées entre l'échantillon et la gaine et pourvues chacune d'un prolongement traversant la gaine, et un appareil de mesure extérieur à la cellule connecté aux électrodes, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un manchon tubulaire de protection en matériau isolant qui est
15 fixé à la paroi et la traverse de part en part et de façon étanche, ce manchon tubulaire comportant une cavité intérieure dans lequel on fait passer le câble blindé, un tube en matériau conducteur rapporté dans le manchon tubulaire et en contact électrique avec le blindage du câble, un moyen de connexion électrique comportant une fiche connectée à l'électrode avec une embase qui est engagée dans la cavité intérieure du manchon tubulaire
20 et reliée électriquement à l'âme du câble blindé à l'intérieur du tube conducteur, et des moyens d'étanchéité associés au manchon tubulaire et au moyen de connexion électrique, pour isoler l'intérieur de l'enceinte de l'extérieur et de la cavité intérieure du manchon tubulaire.

25 6) Système de mesure suivant la revendication 5, caractérisé en ce que les électrodes permettent l'application d'un courant électrique et la détection des différences de potentiel apparaissant entre des points distincts de l'échantillon en réponse à l'application du courant électrique, et la cellule comporte un premier filtre semi-perméable, perméable au premier fluide et disposé sensiblement au contact d'une première extrémité de l'échantillon, et des moyens d'injection pour l'injection sous pression d'un deuxième fluide au travers d'une
30 deuxième extrémité de l'échantillon.

7) Système selon la revendication 6, caractérisé en ce que le moyen de connexion électrique comporte une fiche connectée à l'électrode avec une embase qui est fixée

rigidement et de façon étanche dans une cavité du manchon tubulaire, et reliée électriquement à l'âme du câble blindé.

8) Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que la fiche est engagée dans un évidement de l'électrode et adaptée à maintenir le contact électrique avec l'électrode
5 quand celle-ci subit un déplacement.

9) Système selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte un connecteur électrique associé au manchon tubulaire à l'extérieur de la paroi pour la connexion d'un fil blindé relié à l'appareil de mesure, un élément de câble blindé intérieur au manchon tubulaire dont l'âme est connectée au moyen de connexion, et le blindage est
10 électriquement relié au tube conducteur qui se prolonge vers l'intérieur du manchon tubulaire jusqu'à la zone de connexion de l'âme au moyen de connexion.

10) Système selon l'une des revendications 5 à 9, caractérisé en ce qu'il comporte des électrodes ayant une extension longitudinale relativement importante rapportée à la longueur de l'échantillon mais inférieure à cette longueur, de façon à impliquer la plus
15 grande partie possible du volume de l'échantillon dans les mesures d'impédance tout en évitant les court-circuits par les extrémités de l'échantillon.

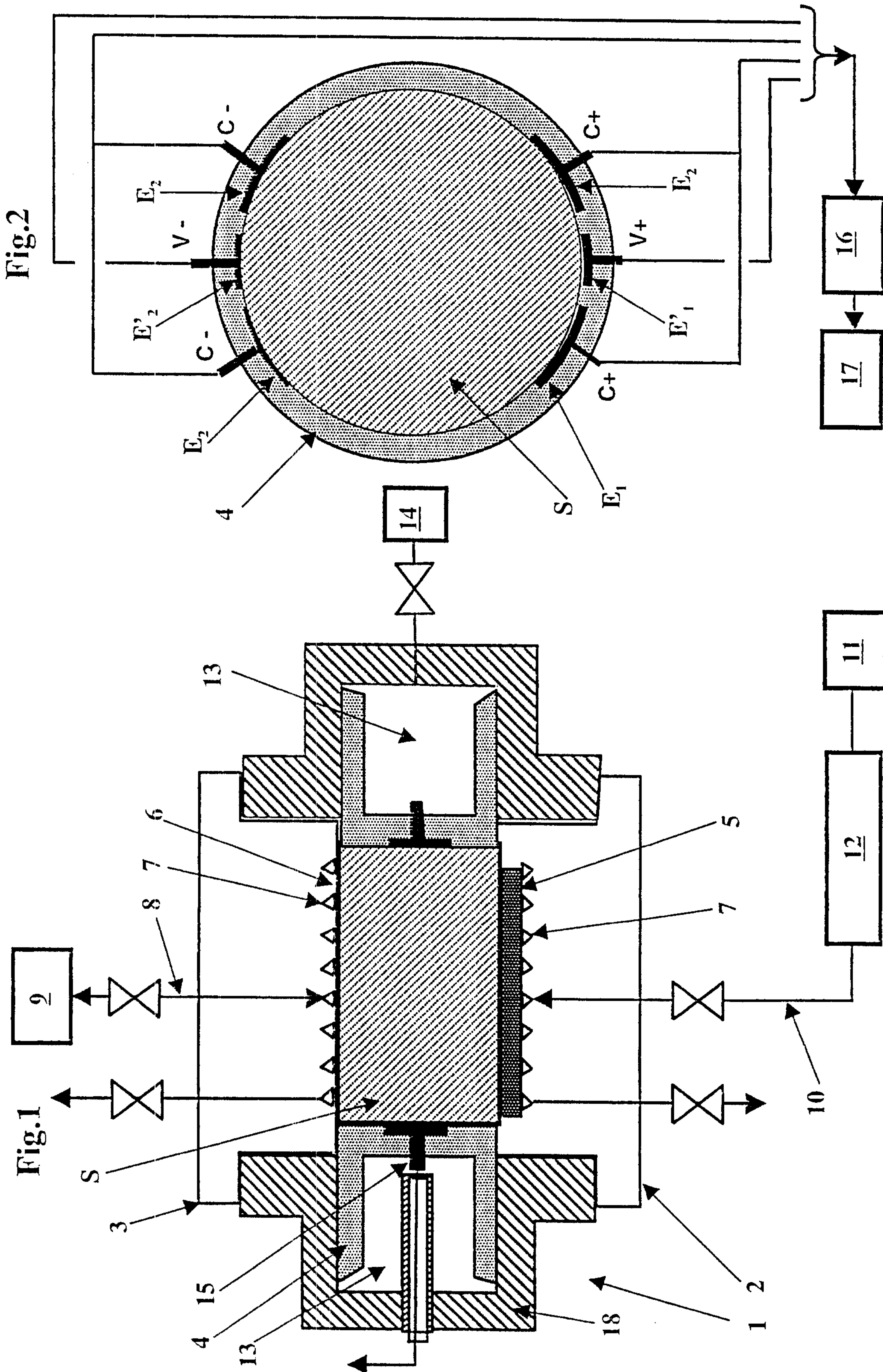


FIG. 3

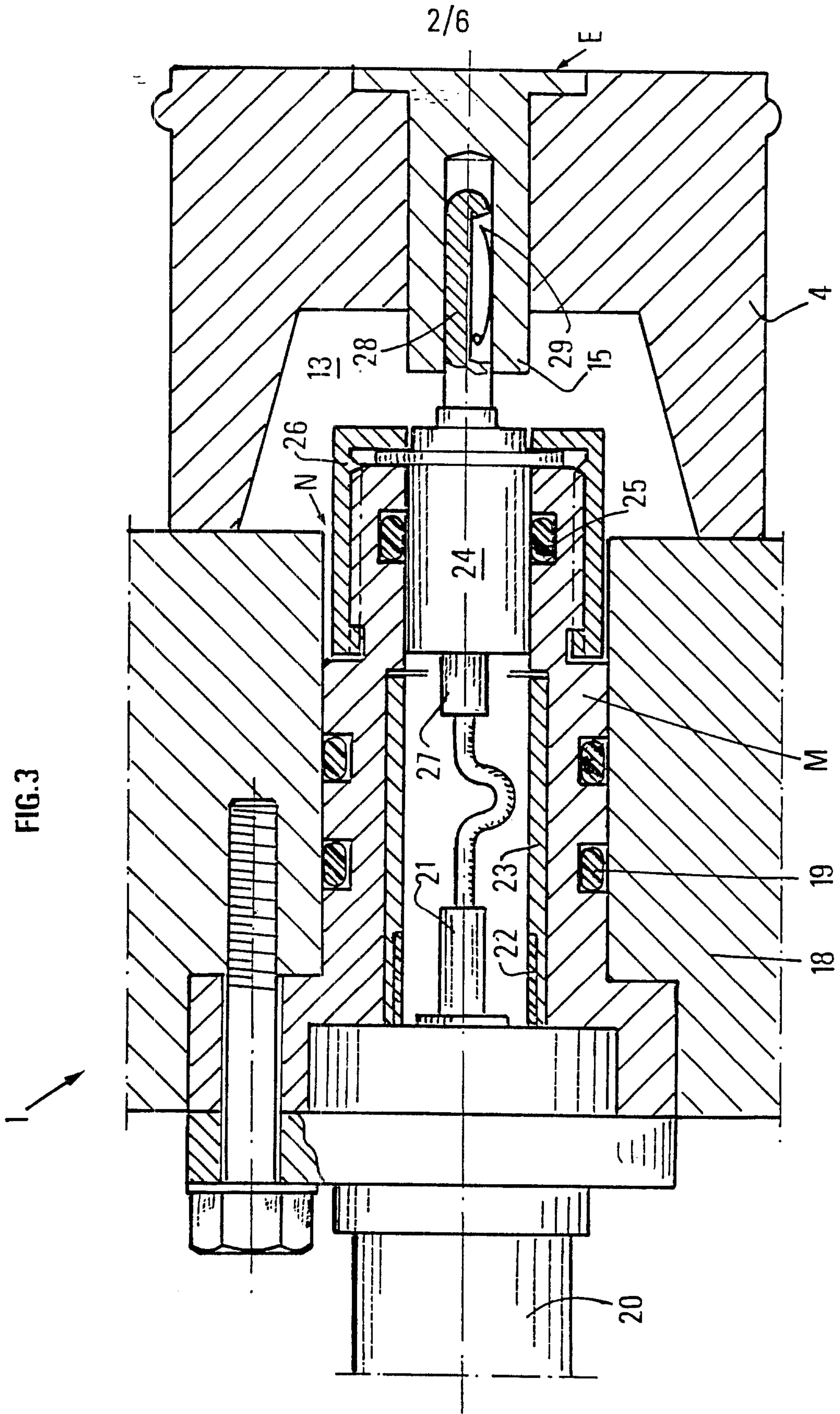


FIG.4A

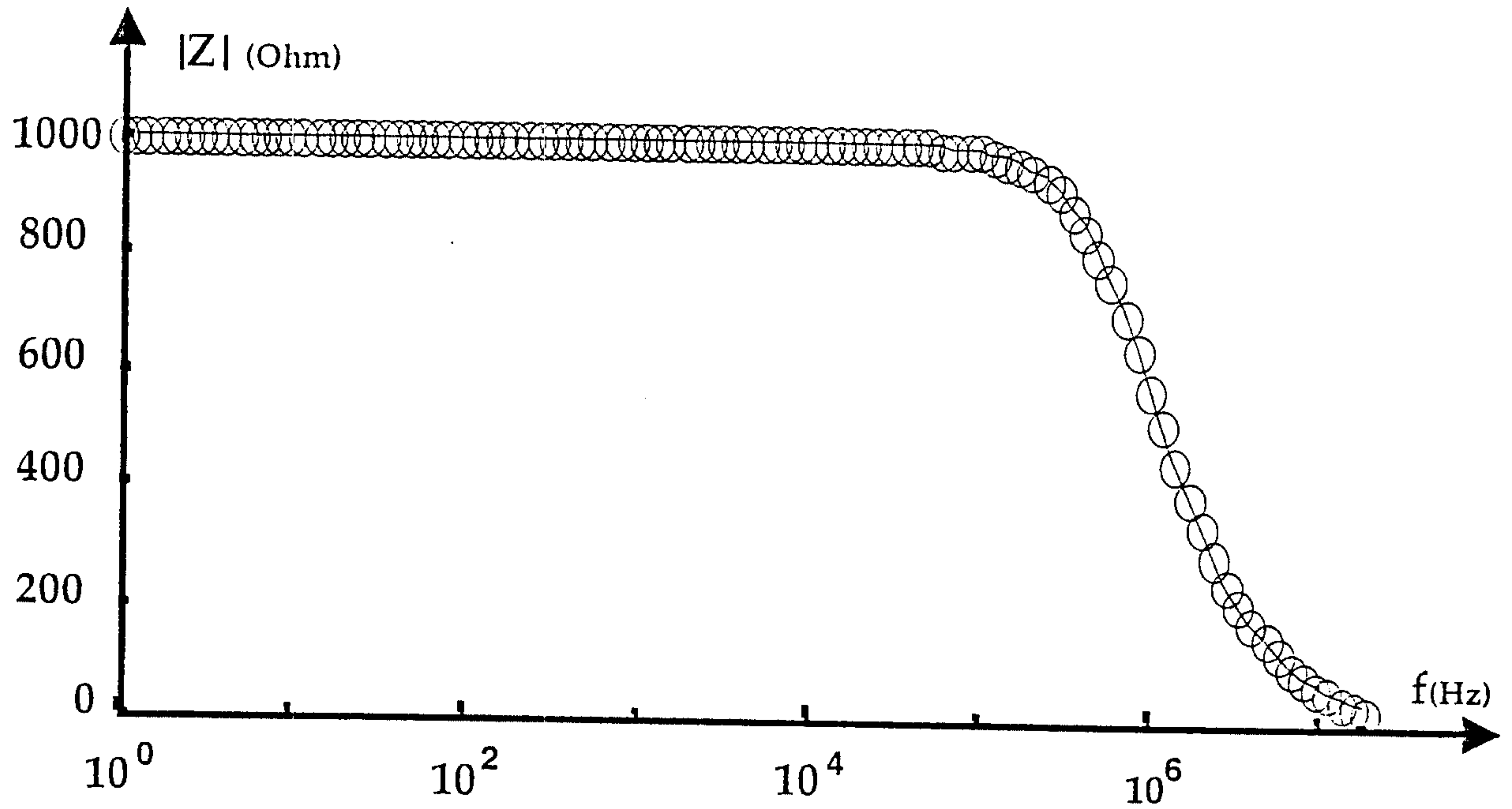
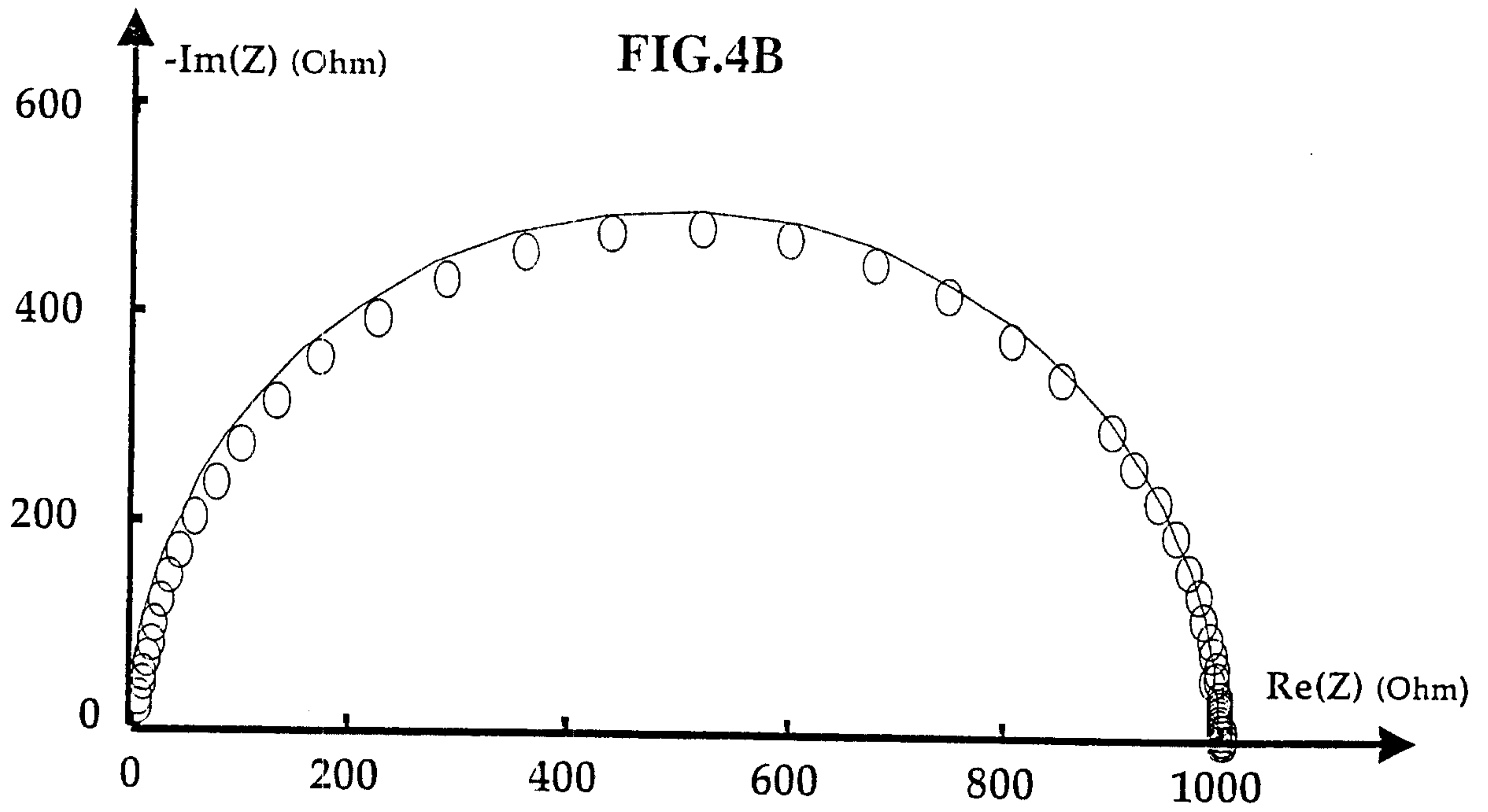


FIG.4B



4/6

FIG.5A

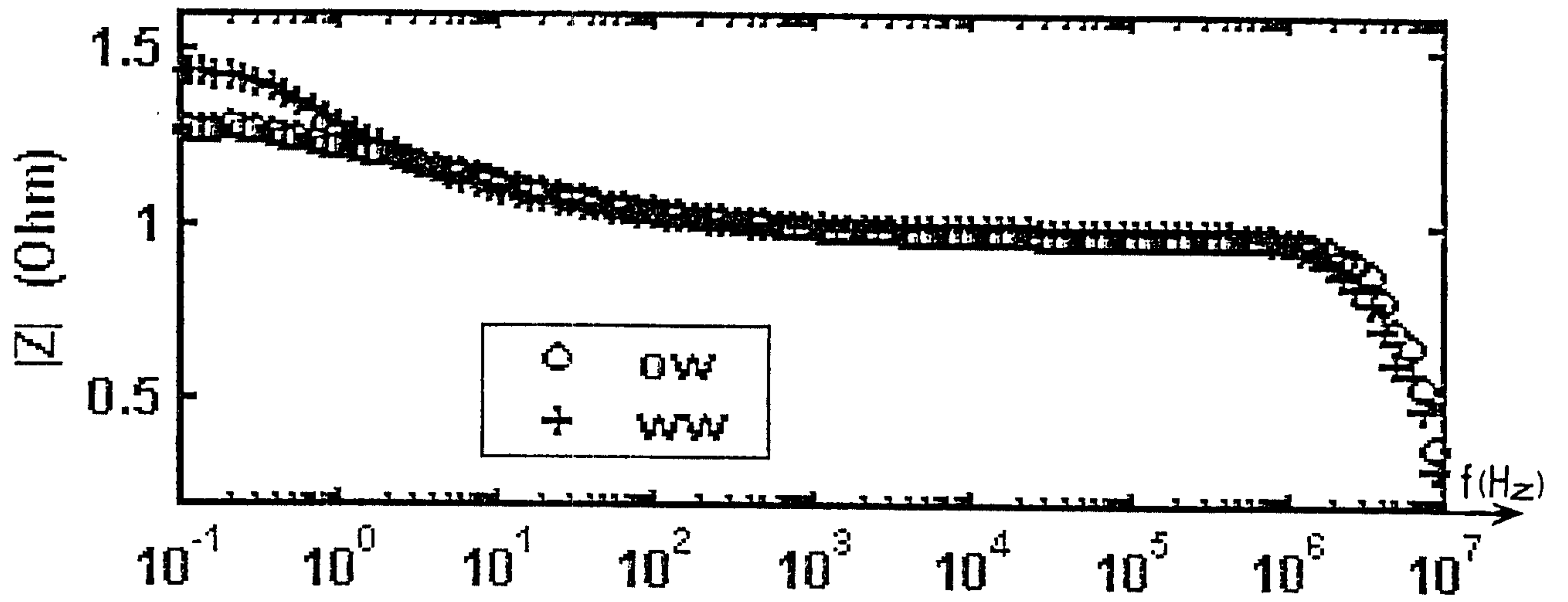
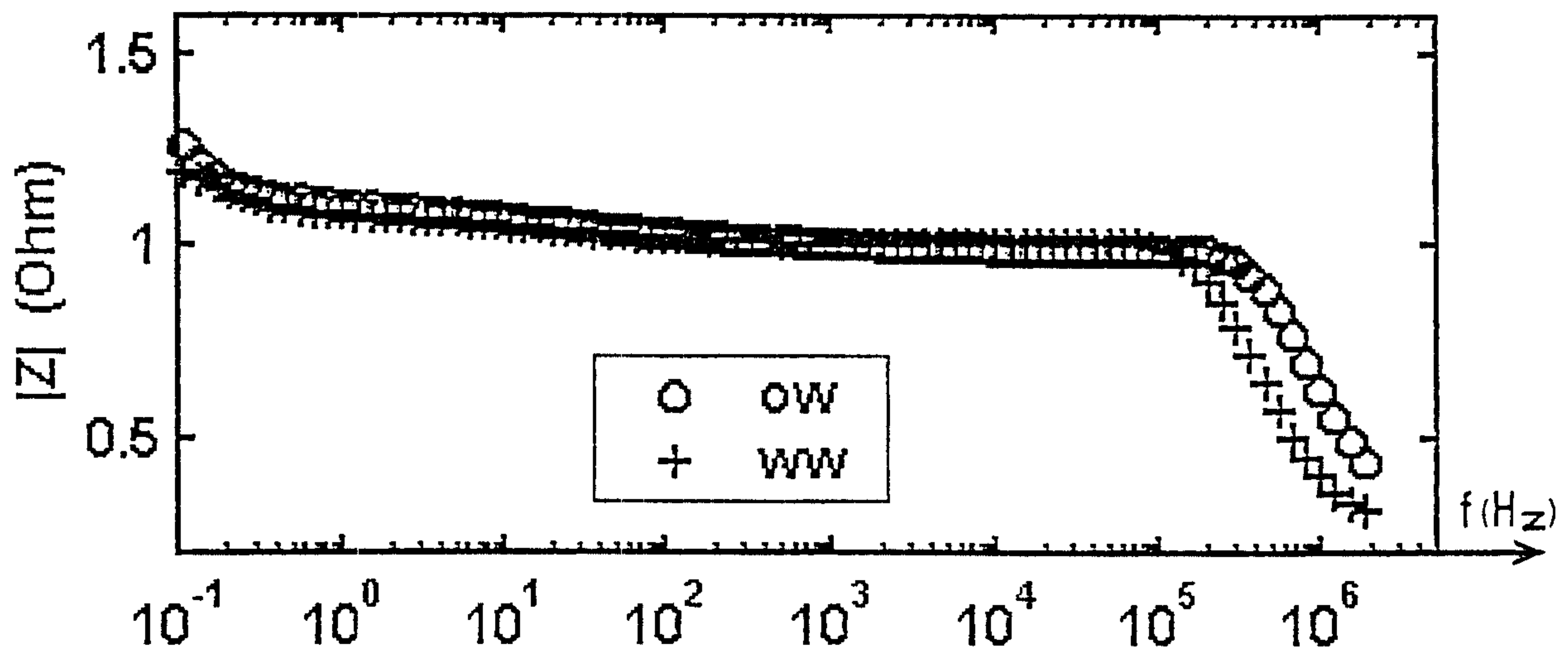


FIG.5B



5/6

FIG.6A

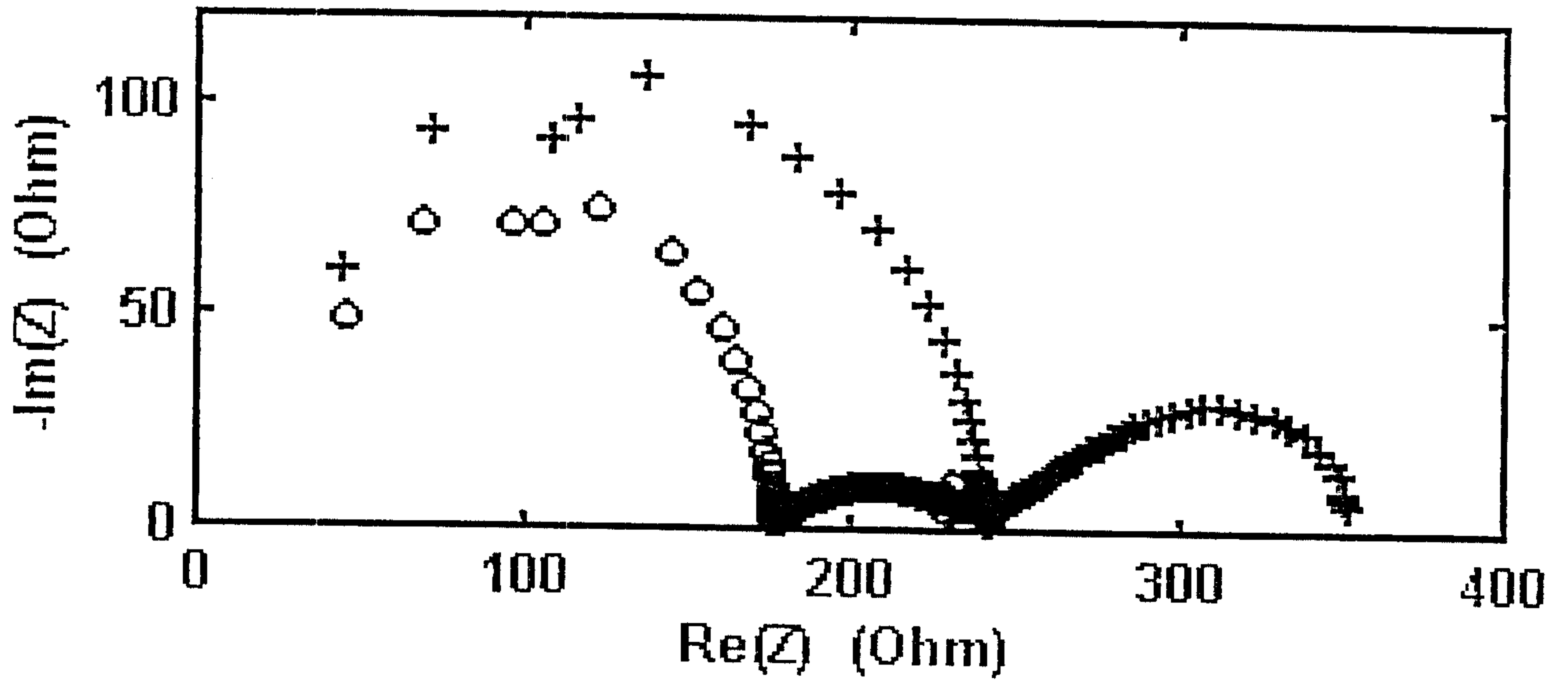


FIG.6B

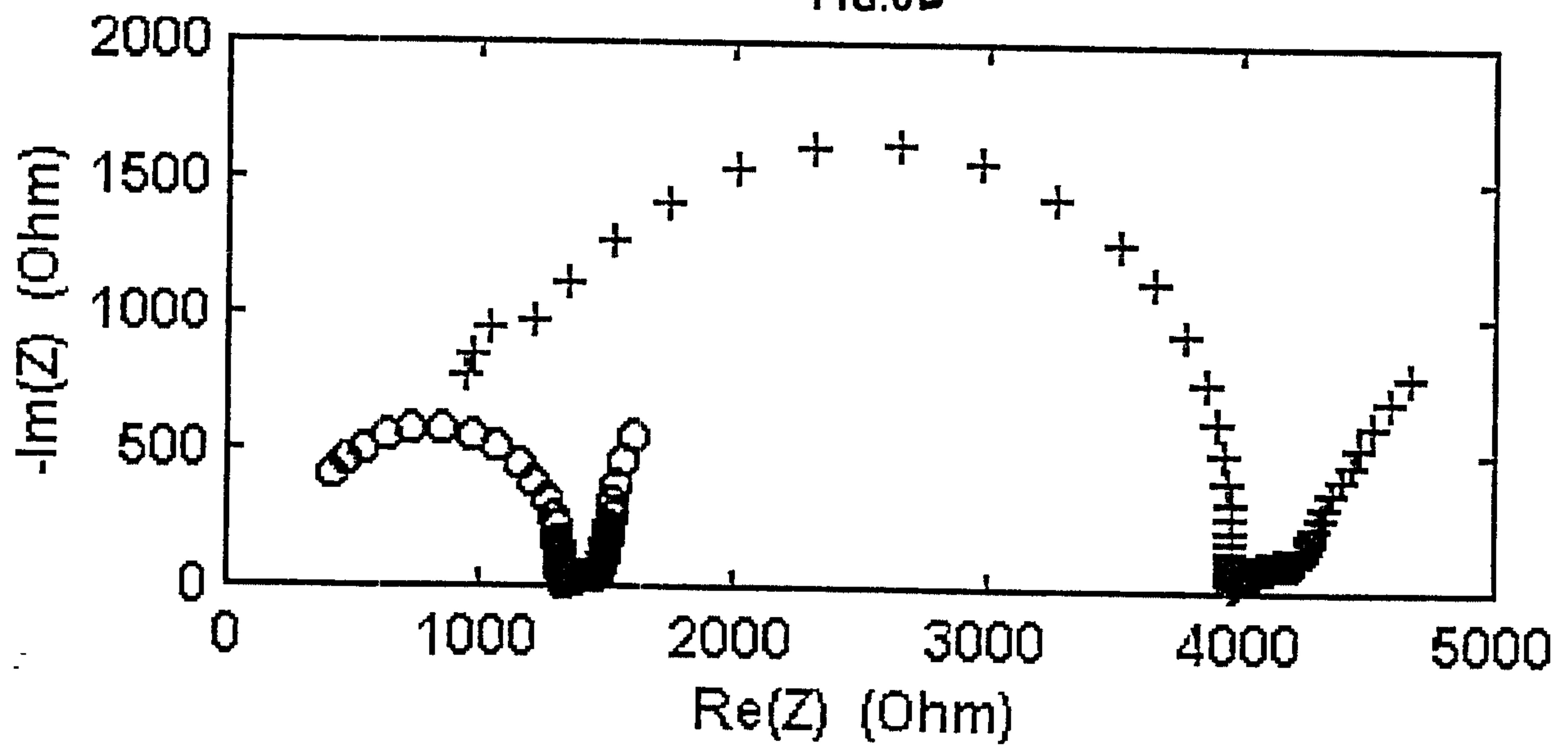


FIG.7A

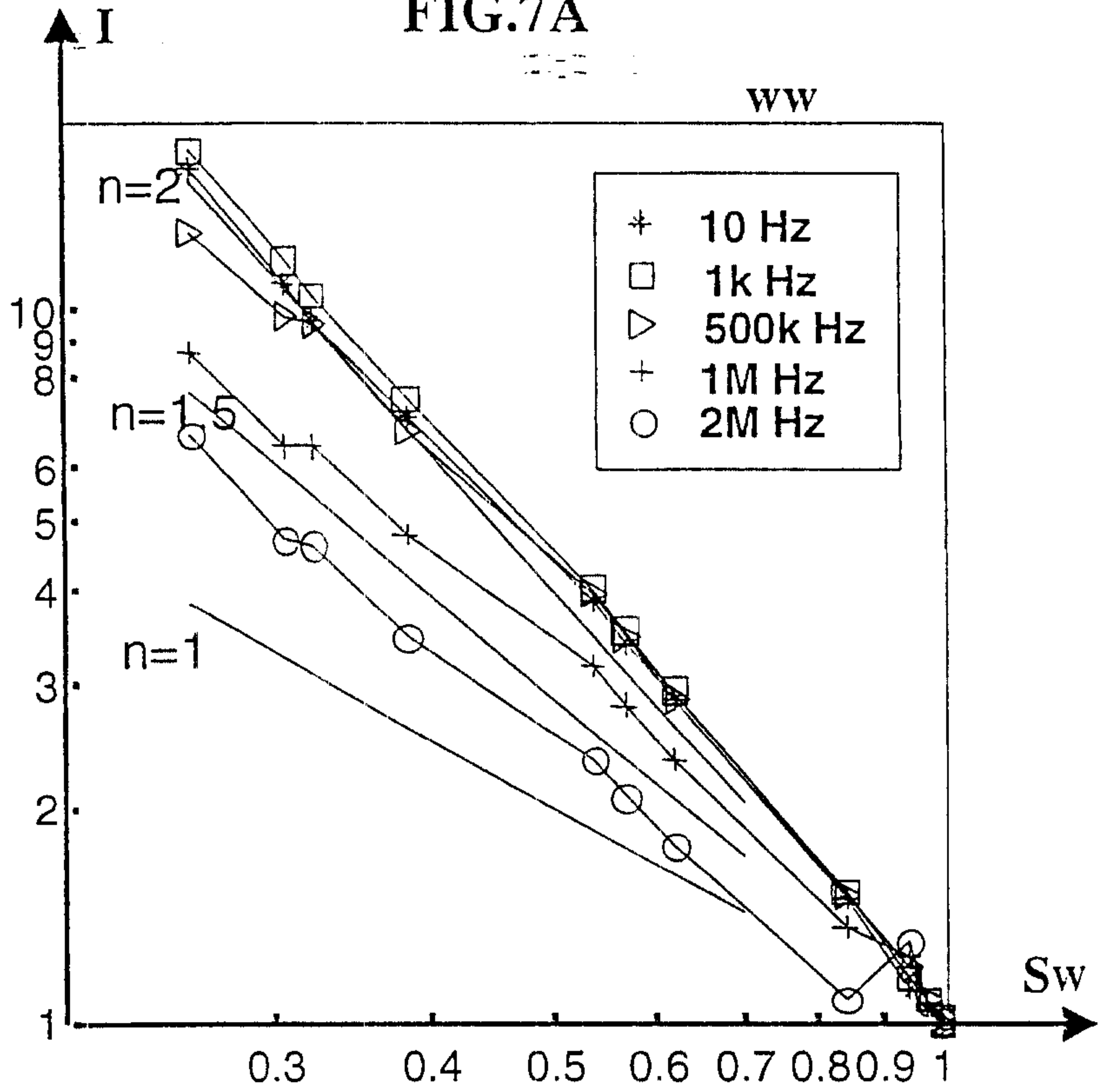


FIG.7B

