

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 644 295**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **89 03102**

⑤1 Int Cl⁵ : H 01 M 4/50.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 9 mars 1989.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 37 du 14 septembre 1990.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : SAFT, Société Anonyme. — FR.

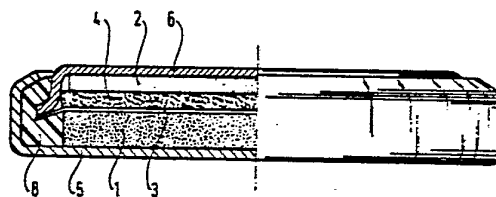
⑦2 Inventeur(s) : André Lecerf ; Francis Lubin, SAFT/TIM ;
Michel Broussely.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Danièle Laroche, Sospil.

⑤4 Générateur électrochimique rechargeable à anode de lithium.

⑤7 Générateur électrochimique rechargeable dont l'anode 2
est à base de lithium et dont l'électrolyte est constitué par une
solution d'un sel de lithium dans un solvant non aqueux. Le
matériau actif de la cathode 1 est un bioxyde de manganèse
contenant des ions lithium et présentant la structure cristallo-
graphique du bioxyde de manganèse α appelée cryptomélane.



FR 2 644 295 - A1

D

Générateur électrochimique rechargeable à anode de lithium

La présente invention concerne un générateur électrochimique rechargeable à anode de lithium et électrolyte non aqueux, dont les performances sont améliorées par l'utilisation d'une cathode appropriée.

De nombreux sulfures et oxydes métalliques ont été proposés comme matières actives cathodiques dans des générateurs du type précédent. Parmi les oxydes le bioxyde de manganèse MnO_2 a fait l'objet d'un grand nombre d'essais ; il est en effet bon marché, facile à se procurer et non toxique. MnO_2 est largement utilisé comme cathode dans des générateurs primaires, mais il est apparu rapidement que les bioxydes utilisés dans ces générateurs ne convenaient pas pour des générateurs rechargeables. La raison essentielle est que la décharge provoque des modifications structurales de l'oxyde qui sont irréversibles.

Il est connu que les oxydes possédant la structure spinelle, par exemple $LiMn_2O_4$, $Li_{1-x}Mn_2O_4$, λMnO_2 peuvent servir de matière cathodique active dans des générateurs rechargeables. Toutefois les capacités spécifiques des générateurs ainsi réalisés diminuent rapidement après quelques cycles.

Par ailleurs, les oxydes de managanèse αMnO_2 ont déjà été expérimentés comme matière cathodique cyclable. Mais on constate aussi une diminution rapide de la capacité à mesure que le cyclage se poursuit. La raison de cette dégradation est probablement l'élimination des gros ions K^+ ou NH_4^+ qui stabilisent la structure α .

La présente invention a pour but de mettre en oeuvre dans un générateur électrochimique rechargeable à anode de lithium, un nouveau type de matière active cyclable à performances améliorées.

La présente invention a pour objet un générateur électrochimique rechargeable dont l'anode est à base de lithium ou d'alliage de lithium et dont l'électrolyte est constitué par une solution d'un sel de lithium dans un solvant non aqueux, générateur caractérisé par le fait que le matériau cathodique est un bioxyde de manganèse contenant des ions lithium et présentant la structure cristallographique du bioxyde de manganèse α appelée cryptomélane.

De préférence, le rapport atomique Li/Mn est sensiblement

compris entre 0,1 et 0,5.

Lorsque l'on étudie le diagramme de diffraction de rayons X du matériau cathodique selon l'invention, on constate que les pics sont caractéristiques d'une structure α MnO_2 , avec un déplacement de ces pics et des modifications d'intensité par rapport au diagramme connu du bioxyde α MnO_2 .

L'analyse chimique montre que le matériau selon l'invention contient bien du lithium.

L'électrolyte non aqueux d'un générateur selon l'invention est constitué par un solvant, choisi parmi les éthers linéaires ou cycliques, les esters ou leurs mélanges, et un soluté choisi parmi LiAsF_6 , LiCF_3SO_3 , LiBF_4 , LiPF_6 , LiClO_4 et leurs mélanges.

De préférence l'électrolyte est une solution de LiAsF_6 dans un mélange de carbonate de propylène, carbonate d'éthylène.

Selon une variante, l'électrolyte est une solution de LiAsF_6 dans un mélange de carbonate de propylène, carbonate d'éthylène et diméthoxyéthane.

La présente invention a également pour objet un procédé de fabrication du matériau cathodique précédent.

Il consiste à chauffer un mélange de bioxyde de manganèse de structure α et d'un composé du lithium, à une température comprise entre 300°C et 400°C, la proportion de lithium étant comprise entre 0,1 et 0,5 mole de lithium par mole de manganèse ; de préférence cette proportion est de 0,5 mole de lithium par mole de manganèse.

La phase de chauffage provoque une réaction chimique entre α MnO_2 et le composé du lithium. Après la réaction, le produit est lavé à l'eau pour éliminer l'excès éventuel du composé du lithium qui n'aurait pas réagi.

La durée du chauffage est telle qu'il n'apparaisse pas d'autre solide que le bioxyde α MnO_2 en cours de réaction, en particulier LiMn_2O_4 ou Li_2MnO_3 . Cette durée peut être de l'ordre de douze heures. La présence des solides précités peut être constatée facilement sur un diagramme de diffraction de rayons X.

Le composé du lithium peut être choisi parmi LiOH , Li_2O , Li_2CO_3 , LiI , LiBr .

Le bioxyde de manganèse α introduit dans ledit mélange peut être obtenu par réaction du sulfate de manganèse $MnSO_4$ avec le persulfate d'ammonium. Il peut également être obtenu par réaction du sulfate de manganèse $MnSO_4$ avec le permanganate de potassium.

5 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront au cours de la description suivante de modes de réalisation donnés à titre illustratif mais nullement limitatif. Dans le dessin annexé :

- 10 - La figure 1 montre très schématiquement en vue semi-coupée un exemple de générateur électrochimique rechargeable de type bouton.
- La figure 2 montre la structure cristallographique du bioxyde de manganèse α connu, appelée cryptomélane.
- La figure 3A montre le diagramme de diffraction de rayons X du bioxyde de manganèse α de la figure 2.
- 15 - La figure 3B montre le diagramme de diffraction de rayons X d'un exemple de matériau cathodique selon l'invention.
- La figure 4 montre les courbes de décharge (tension V en fonction du temps t) d'un générateur de l'art antérieur mettant en oeuvre le bioxyde de la figure 2.
- 20 - La figure 5 montre des courbes de variations de la capacité spécifique C d'un générateur de l'art antérieur et d'un générateur selon l'invention en fonction du nombre de cycles n.
- La figure 6 montre les courbes de décharge d'un premier exemple de générateur selon l'invention.
- 25 - La figure 7 montre le diagramme de diffraction de rayons X d'un autre exemple de matériau cathodique selon l'invention.
- La figure 8 montre les courbes de décharge d'un générateur selon l'invention contenant un matériau cathodique correspondant au diagramme de la figure 7.
- 30 - La figure 9 montre le diagramme de diffraction de rayons X d'un autre exemple de matériau cathodique selon l'invention.
- La figure 10 montre les courbes de décharge d'un générateur selon l'invention contenant un matériau cathodique correspondant au diagramme de la figure 9.
- 35 - La figure 11 montre le diagramme de diffraction de rayons X d'un

bioxyde de manganèse α connu, préparé par une autre méthode que celle ayant permis d'obtenir le bioxyde α MnO_2 correspondant au diagramme de la figure 3A.

5 - La figure 12 montre les courbes de décharge d'un générateur de l'art antérieur contenant un matériau cathodique correspondant au diagramme de la figure 11.

- La figure 13 montre le diagramme de diffraction de rayons X d'un matériau selon l'invention obtenu à partir du bioxyde α MnO_2 correspondant au diagramme de la figure 11.

10 - La figure 14 montre les courbes de décharge d'un générateur selon l'invention contenant un matériau cathodique correspondant au diagramme de la figure 13.

- La figure 15 montre des courbes de variations de la capacité spécifique C des générateurs correspondant aux figures 12 et 14.

15 Dans tous les diagrammes de diffraction précités on a porté en abscisses les angles de diffraction "a" en degrés.

Afin d'expérimenter les propriétés électrochimiques des matériaux selon l'invention vis-à-vis de ceux de l'art antérieur, un accumulateur de type bouton est constitué de la façon suivante (voir figure 1).

20 Le matériau cathodique est mélangé intimement avec du noir d'acétylène, du graphite, du PTFE dans les proportions pondérales suivantes :

- matériau cathodique 80%
- noir d'acétylène 7,5%
- 25 - graphite 7,5% - PTFE 5%.

Une cathode 1 est fabriquée en incrustant une certaine quantité de ce mélange sur une grille d'aluminium. Après séchage et découpe avec un outil approprié, on obtient une électrode ayant la forme d'un disque de 16 mm de diamètre et d'environ 0,5 mm d'épaisseur.

30 L'anode 2 est constituée par un disque de lithium de diamètre 20 mm et de masse 110 mg environ.

Le solvant d'électrolyte est constitué par un mélange de carbonate de propylène, de carbonate d'éthylène et de diméthoxyéthane dans les proportions pondérales respectives de 25%, 25% et 50%.

35 On y dissout un soluté, par exemple l'hexafluoroarséniate de lithium, à la concentration de 1 mole/litre.

Les électrodes 1 et 2 sont séparées par un séparateur de

polypropylène microporeux 3 et un séparateur réservoir 4 en fibres de polypropylène sous forme de feutre.

L'ensemble est disposé dans une coupelle 5 fermée de manière étanche par un couvercle 6 par l'intermédiaire d'un joint 8.

5 La figure 2 montre la structure du bioxyde de manganèse α connu, appelée cryptomélane, conformément à la description donnée par E.H. PERSEIL et R. GIOVANOLI dans SCHWEIZ MINERAL PETROGR. MITT. 68 p. 114. 1988.

10 EXEMPLE 1 ART ANTERIEUR

On prépare le bioxyde α MnO_2 de l'art antérieur comme cela est décrit dans la littérature, par exemple par K.M. PARIDA, S.B. KANUNGA et B.R. SANT, dans Electrochemica Acta Vol.26 pages 435 à 443. On oxyde une solution de $MnSO_4$ par le persulfate d'ammonium.

15 La figure 3A représente le diagramme de diffraction du bioxyde α MnO_2 obtenu.

On prend 57 mg de ce produit et on le place comme matériau cathodique dans l'accumulateur de la figure 1.

20 Cet accumulateur est ensuite soumis à des cycles de décharge/charge, à un courant de 1mA. La charge est effectuée jusqu'à une tension maximum de 4 volts, la décharge jusqu'à une tension minimum de 2 volts.

La figure 4 montre les résultats obtenus en décharge, pour plusieurs cycles. La tension V (en volts) a été portée en ordonnées, et le temps t (en heures) en abscisses.

25 La capacité spécifique (C) de cet accumulateur exprimée en Ah/Kg apparaît dans la courbe A de la figure 5 en fonction du nombre de cycles n. On voit que cette capacité décroît très rapidement lors des premiers cycles.

30 On va donner ci-dessous plusieurs exemples de générateurs selon l'invention.

EXEMPLE 2

35 On prépare le même α MnO_2 que précédemment correspondant au diagramme de la figure 3A. 40g de cet α MnO_2 sont intimement

mélangés à 8,67g de LiOH, H₂O. Le mélange est chauffé de préférence une première fois environ 3 heures à 300°C ; le solide est de nouveau mélangé puis chauffé environ 12 heures à 300°C. Après réaction le solide est lavé à l'eau et séché.

5 La figure 3B montre le diagramme de diffraction de rayons X du matériau obtenu après réaction et lavage. On constate que les deux diagrammes des figures 3A et 3B correspondent à la structure α MnO₂ dite cryptomélane, mais qu'il y a déplacement des pics et modifications des intensités. Ces modifications apparaissent plus clairement sur le dépouillement des diagrammes dans le tableau I
10 ci-dessous. On a noté "d" les distances réticulaires en Å et "I/I°" le rapport des intensités des raies en % par rapport à la raie la plus intense.

TABLEAU I

15

Avant réaction		Après réaction	
d	I/I°	d	I/I°
7.059	36	7.299	19
4.975	52	5.110	48
3.140	52	3.202	39
2.402	100	2.429	100
2.161	33	2.186	25
1.834	38	1.856	28
1.643	24	-	-
1.544	37	1.561	30
1.429	19	1.431	19
1.359	27	1.376	23

30

L'analyse chimique montre que le produit obtenu contient 3,0% de lithium, soit une proportion d'environ 0,5 mole de lithium par mole de manganèse.

35 - 73 mg du matériau selon l'invention sont introduits dans une électrode à titre de matériau cathodique, dans un accumulateur de type bouton

(voir figure 1).

Cet accumulateur est cyclé dans les mêmes conditions que l'accumulateur de l'art antérieur.

La figure 6 montre les résultats obtenus en décharge pour
5 plusieurs cycles. La courbe B de la figure 5 montre que la capacité spécifique C est élevée, et se stabilise après quelques cycles. Les courbes A et B montrent clairement l'intérêt du matériau selon l'invention vis-à-vis du α MnO₂ de l'art antérieur.

10 EXEMPLE 3

On fabrique un matériau selon l'invention par la méthode décrite dans l'exemple 2, contenant une proportion de 0,3 mole de lithium par mole de manganèse.

Les proportions des réactifs dans ce cas sont les suivantes :

15 α MnO₂ : 40g

LiOH, H₂O : 5,38g

L'analyse montre une proportion de lithium de 0,29 mole de lithium par mole de manganèse.

La figure 7 montre le diagramme de rayons X du composé obtenu.

20 Il s'agit toujours de la structure dite cryptomélane.

- 49mg de ce matériau ont été utilisés comme cathode dans un accumulateur de type bouton selon la méthode décrite dans les exemples précédents. Cet accumulateur a été cyclé sous 1mA, dans les mêmes conditions que précédemment.

25 Le résultat obtenu est reporté sur la figure 8 montrant différentes courbes de décharge.

EXEMPLE 4

Il est identique à l'exemple 3, à ceci près que la proportion
30 de lithium dans le matériau est de 0,1 mole de lithium par mole de manganèse. On a pris au départ :

α MnO₂ : 40g

LiOH, H₂O : 1,79g

35 Le diagramme de rayons X du matériau obtenu après mise en oeuvre du procédé selon l'invention apparaît dans la figure 9. Il s'agit

toujours de la structure cristallographique du α MnO_2 dite cryptomélane. La proportion de lithium obtenue par analyse est de 0,11.

- 58 mg de ce matériau ont été introduits comme matériau cathodique de l'accumulateur de la figure 1. Les courbes de décharges apparaissent dans la figure 10.

EXEMPLE 5

On prépare le bioxyde de départ α MnO_2 en oxydant une solution de MnSO_4 par le permanganate de potassium KMnO_4 , selon un procédé classique en milieu aqueux. Le produit obtenu est décrit par le diagramme de rayons X présenté dans la figure 11. Il s'agit bien d'un bioxyde α MnO_2 à structure cristallographique dite cryptomélane.

On introduit 61,6 mg de ce matériau comme matériau cathodique pour réaliser un accumulateur, selon une méthode identique aux exemples précédents.

Cet accumulateur est ensuite cyclé à 1mA dans les mêmes conditions que les autres.

La figure 12 montre les résultats obtenus pour les décharges pendant 4 cycles.

EXEMPLE 6

On part du bioxyde de manganèse α MnO_2 de l'exemple 5 et on en mélange intimement 40g à 5,15g de LiOH , H_2O . Le mélange est chauffé à 300°C pendant 3 heures. Après réhomogénéisation, le mélange est chauffé une deuxième fois 12 heures à 350°C. Après réaction, le solide est lavé à l'eau et séché.

Le diagramme de rayons X du matériau obtenu selon l'invention est présenté dans la figure 13. Ce diagramme montre que la structure du α MnO_2 initial est bien conservée.

- 77,6 mg de ce matériau sont utilisés pour la réalisation d'un accumulateur de type bouton selon la méthode décrite dans les exemples précédents. Cet accumulateur est ensuite cyclé à 1mA toujours dans les mêmes conditions que précédemment.

La figure 14 montre les résultats obtenus en décharge pendant plusieurs cycles. Bien que la forme des courbes soit un plus différente de

celle obtenue à partir du bioxyde αMnO_2 de l'exemple 1, le matériau cathodique ainsi fabriqué peut être utilisé comme cathode réversible.

La capacité spécifique C obtenue après 4 cycles apparaît dans la courbe E de la figure 15.

5 A titre de comparaison on a reporté dans la courbe D les résultats obtenus avec l'accumulateur de l'exemple 5. On voit que pour ce dernier la capacité spécifique chute très rapidement.

Bien entendu l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui viennent d'être décrits.

10

15

20

25

30

35

REVENDEICATIONS

- 1/ Générateur électrochimique rechargeable dont l'anode est à base de lithium ou d'alliage de lithium et dont l'électrolyte est constitué par une solution d'un sel de lithium dans un solvant non aqueux, 5
générateur caractérisé par le fait que le matériau cathodique est un bioxyde de manganèse contenant des ions lithium et présentant la structure cristallographique du bioxyde de manganèse α appelée cryptomélane.
- 2/ Générateur électrochimique selon la revendication 1, caractérisé 10
par le fait que dans ledit matériau cathodique le rapport atomique Li/Mn est sensiblement compris entre 0,1 et 0,5.
- 3/ Générateur électrochimique selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que ledit électrolyte non aqueux est constitué d'un solvant, choisi parmi les éthers linéaires ou 15
cycliques, les esters de leurs mélanges, et d'un soluté choisi parmi LiAsF_6 , LiCF_3SO_3 , LiBF_4 , LiPF_6 , LiClO_4 et leurs mélanges.
- 4/ Générateur électrochimique selon la revendication 3, caractérisé par le fait que l'électrolyte est une solution de LiAsF_6 dans un mélange de carbonate de propylène et de carbonate d'éthylène.
- 20 5/ Générateur électrochimique selon la revendication 3, caractérisé par le fait que l'électrolyte est une solution de LiAsF_6 dans un mélange de carbonate de propylène, de carbonate d'éthylène et de diméthoxyéthane.
- 6/ Procédé de fabrication du matériau cathodique du générateur 25
selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que l'on chauffe un mélange de bioxyde de manganèse de structure α et d'un composé du lithium, à une température comprise entre 300°C et 400°C, pendant une durée telle que le matériau obtenu garde la structure cristallographique du bioxyde de manganèse α appelée 30
cryptomélane.
- 7/ Procédé de fabrication selon la revendication 6, caractérisé par le fait que la proportion de lithium est comprise entre 0,1 et 0,5 mole de lithium par mole de manganèse.
- 8/ Procédé de fabrication selon l'une des revendications 6 et 7, 35
caractérisé par le fait que ledit composé du lithium est choisi

parmi LiOH, Li₂O, Li₂CO₃, LiI, LiBr.

9/ Procédé de fabrication selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé par le fait que ledit bioxyde de manganèse de structure α introduit dans ledit mélange est obtenu par réaction du sulfate de manganèse MnSO₄ avec le persulfate d'ammonium.

10/ Procédé de fabrication selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé par le fait que ledit bioxyde de manganèse de structure α introduit dans ledit mélange est obtenu par réaction du sulfate de manganèse MnSO₄ avec le permanganate de potassium.

1/15

FIG. 1

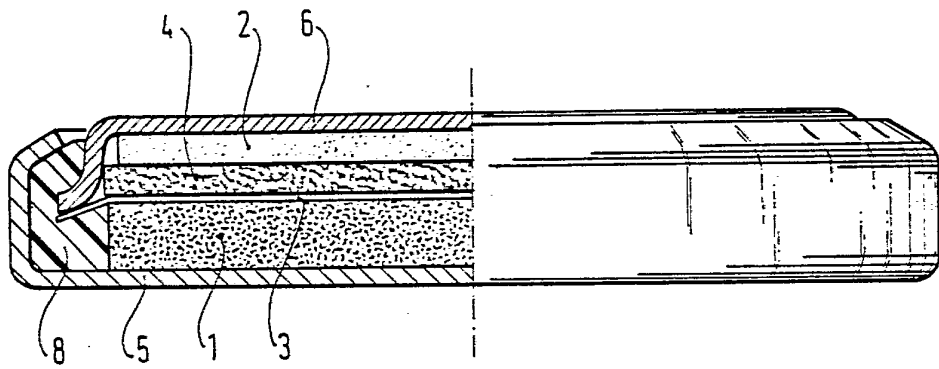


FIG. 2

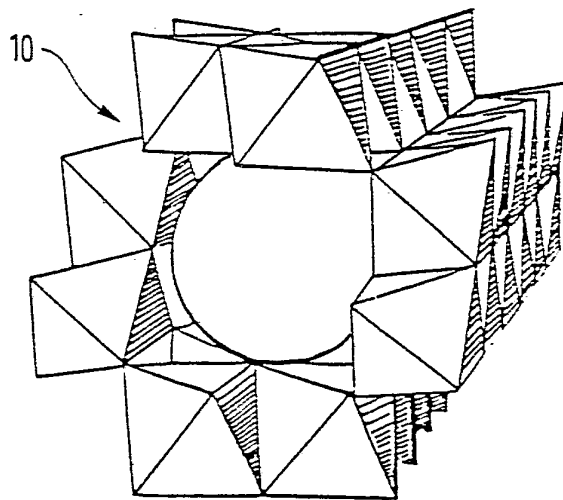


FIG. 3A

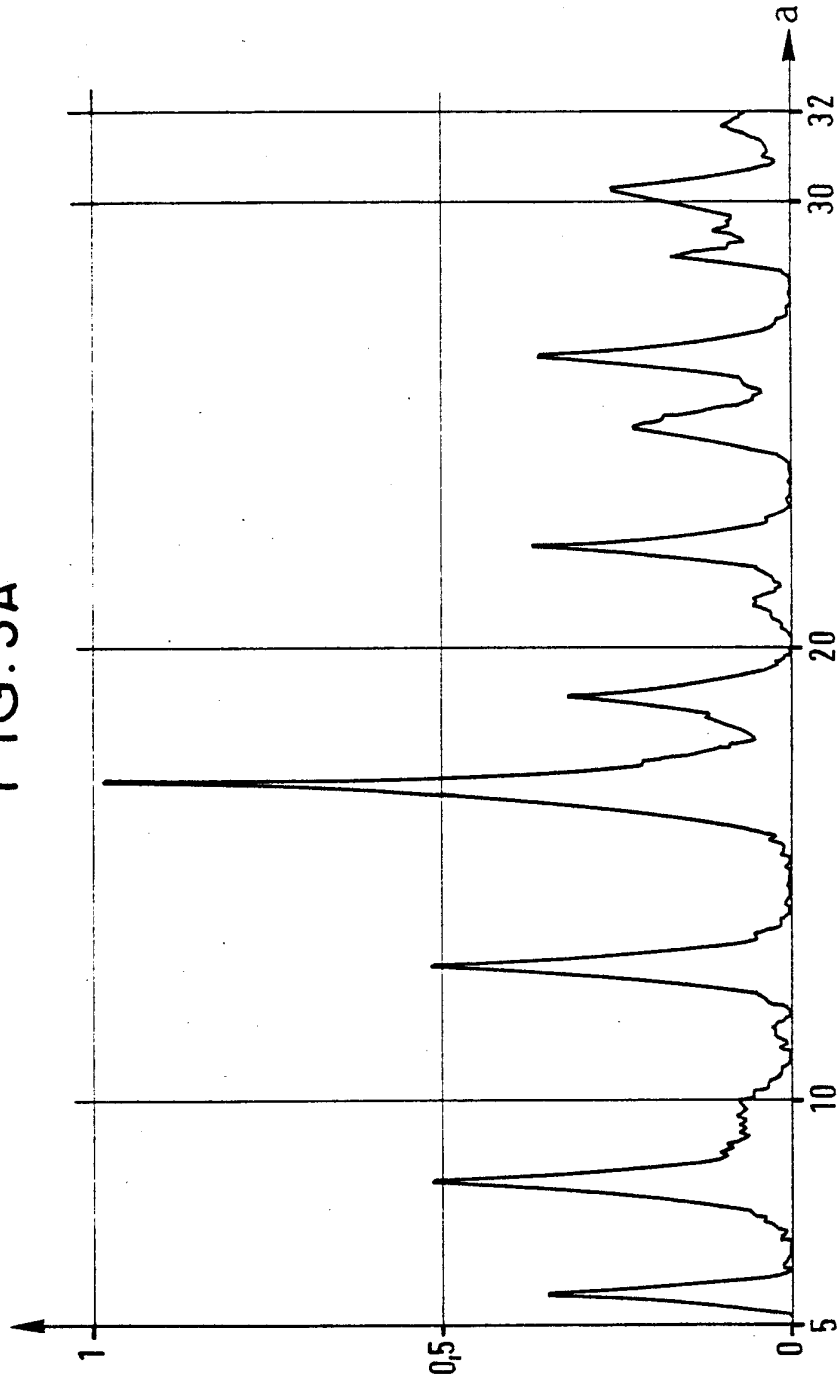


FIG. 3B

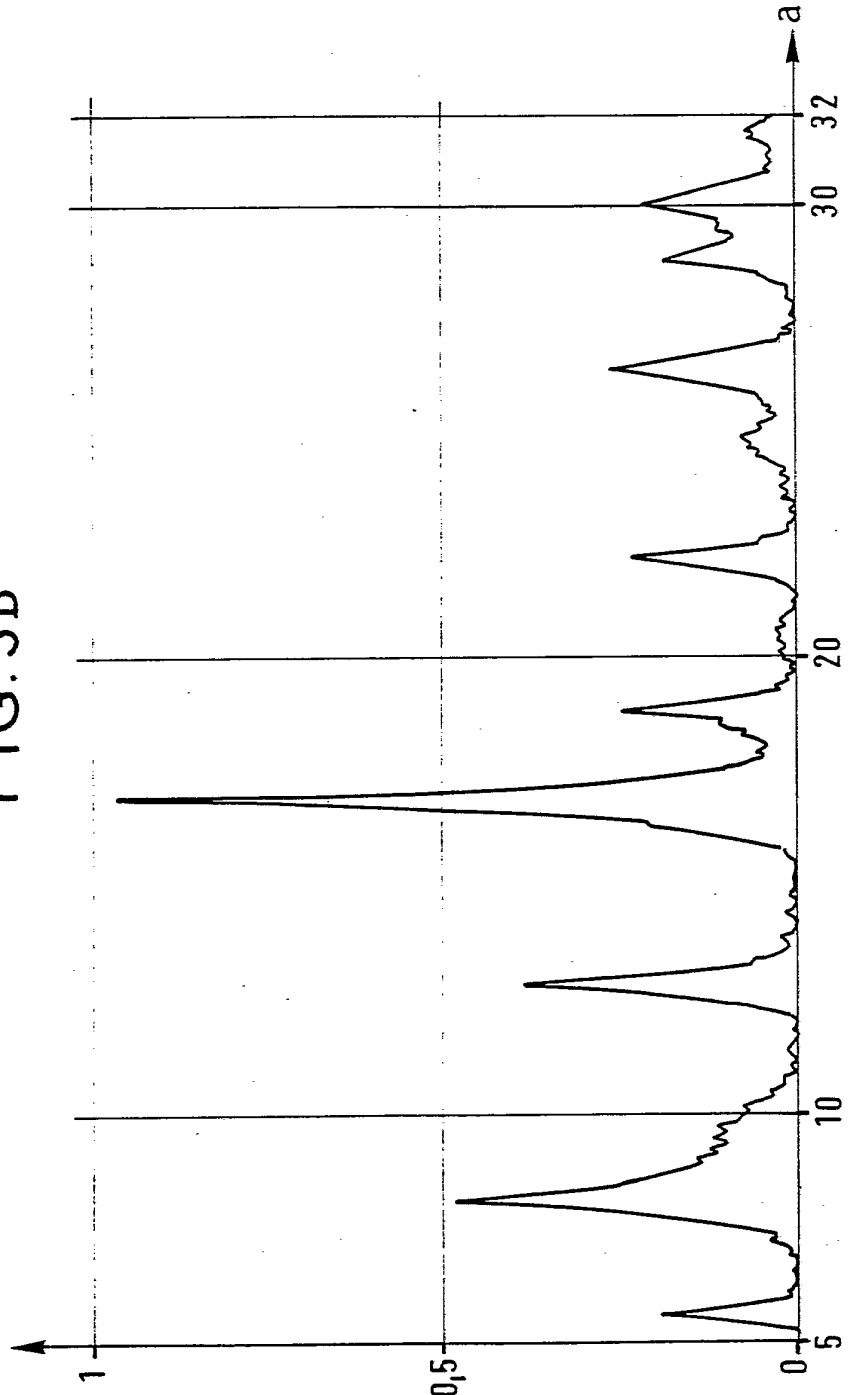
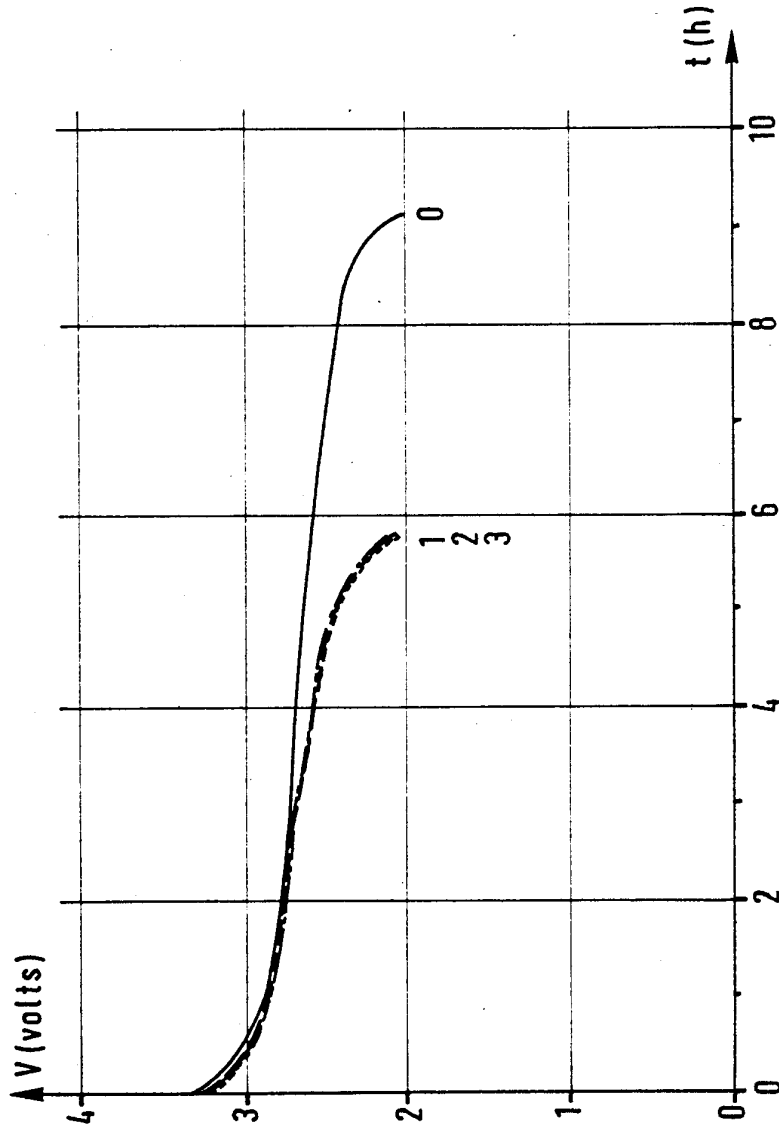
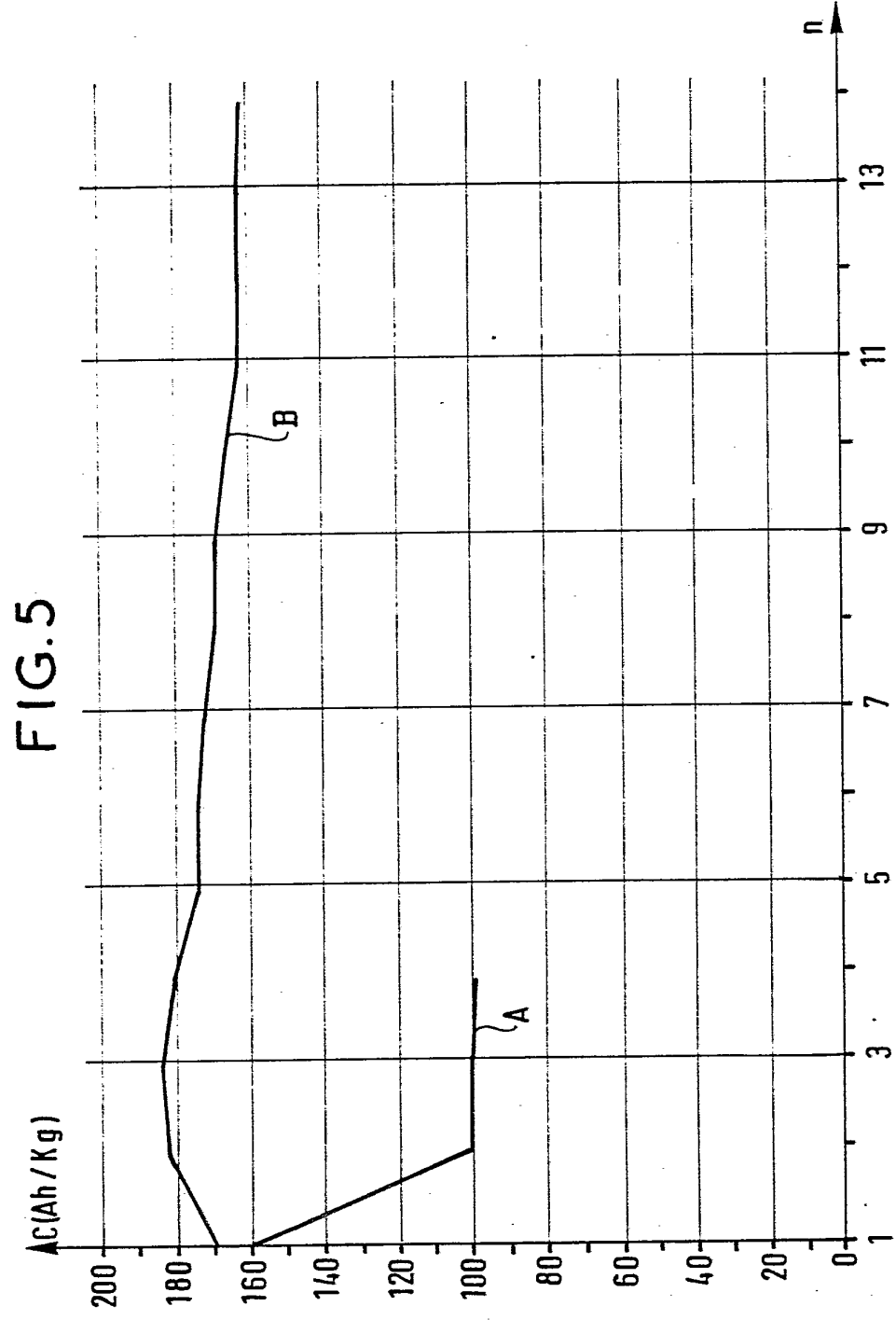


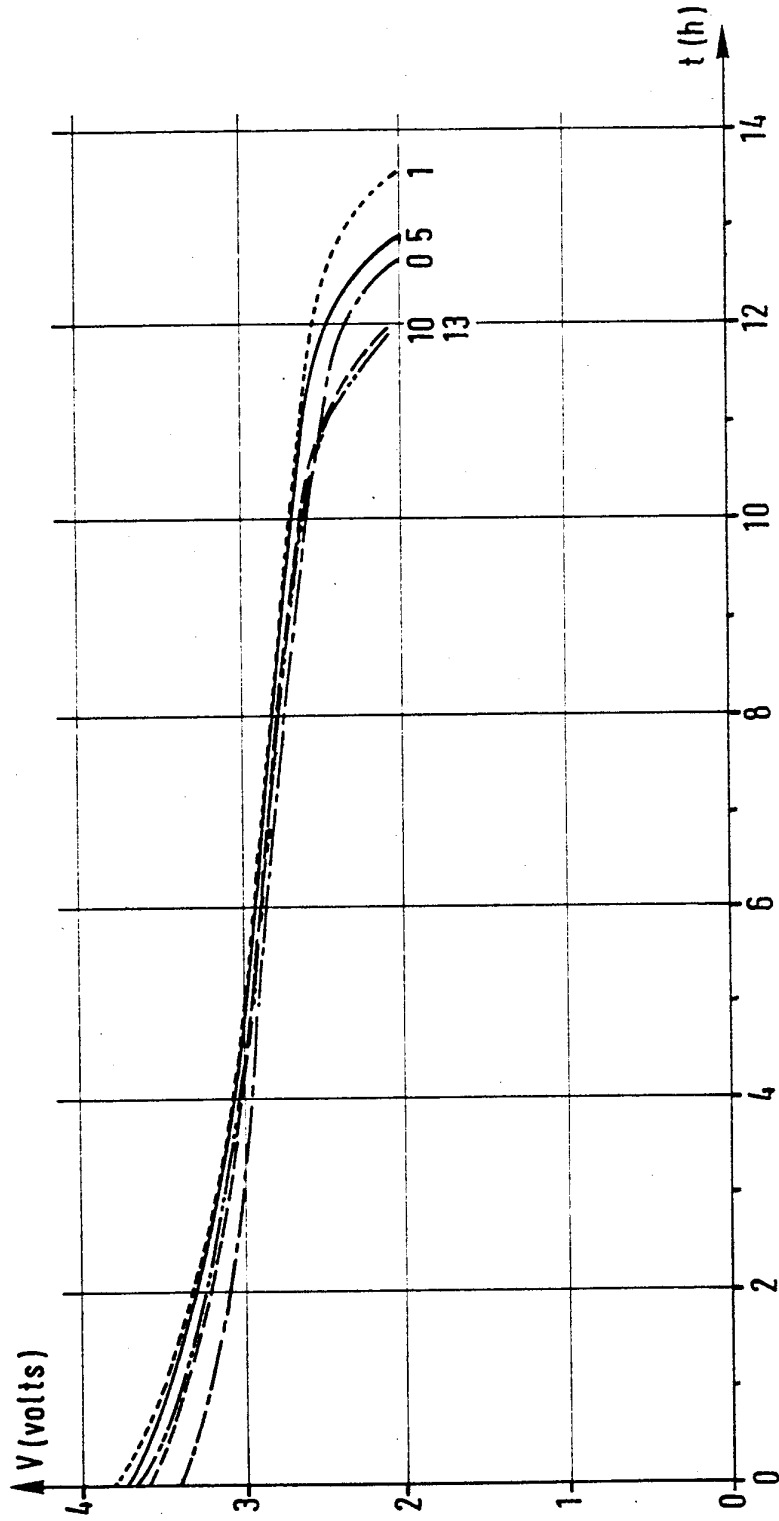
FIG. 4





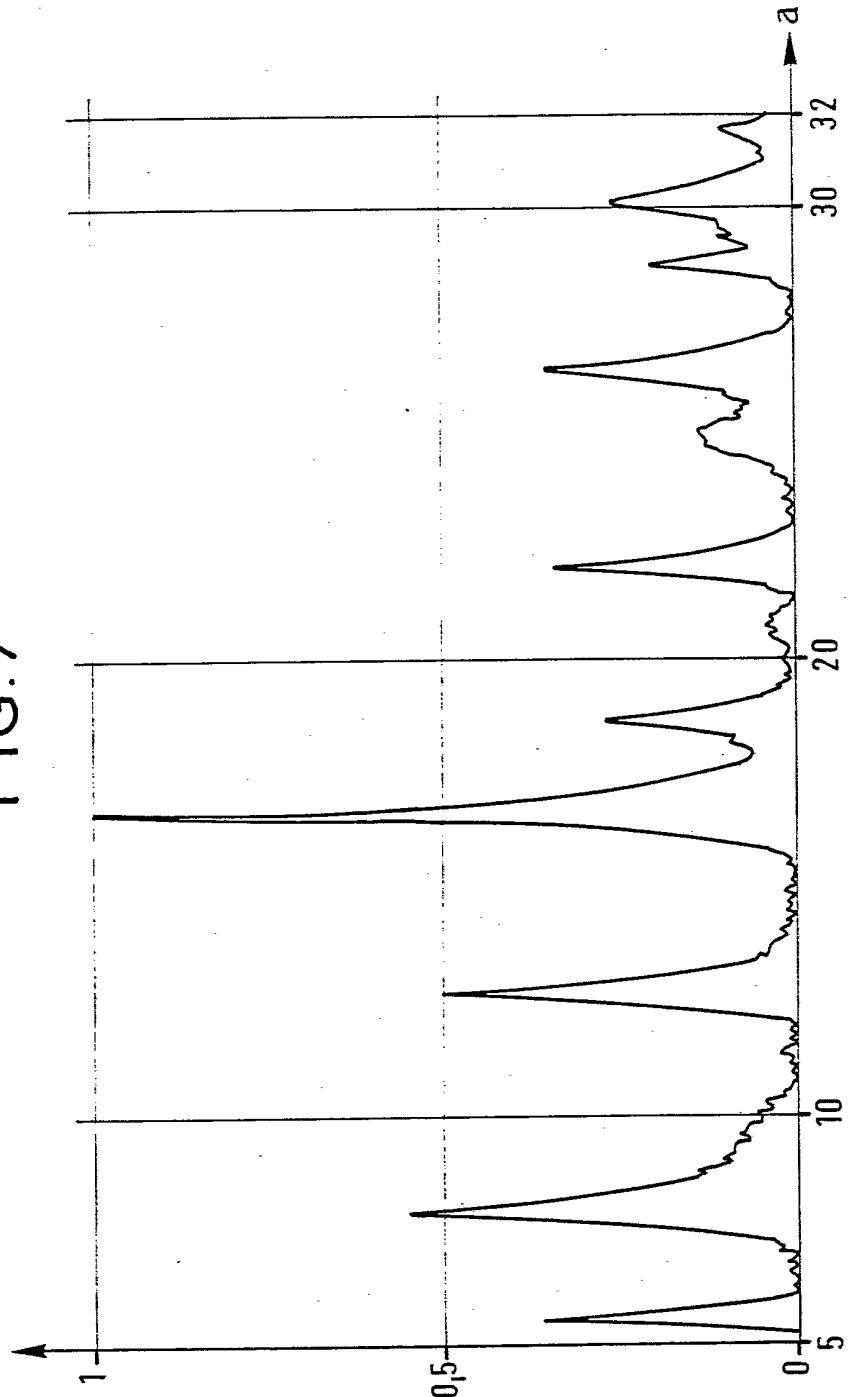
6/15

FIG. 6



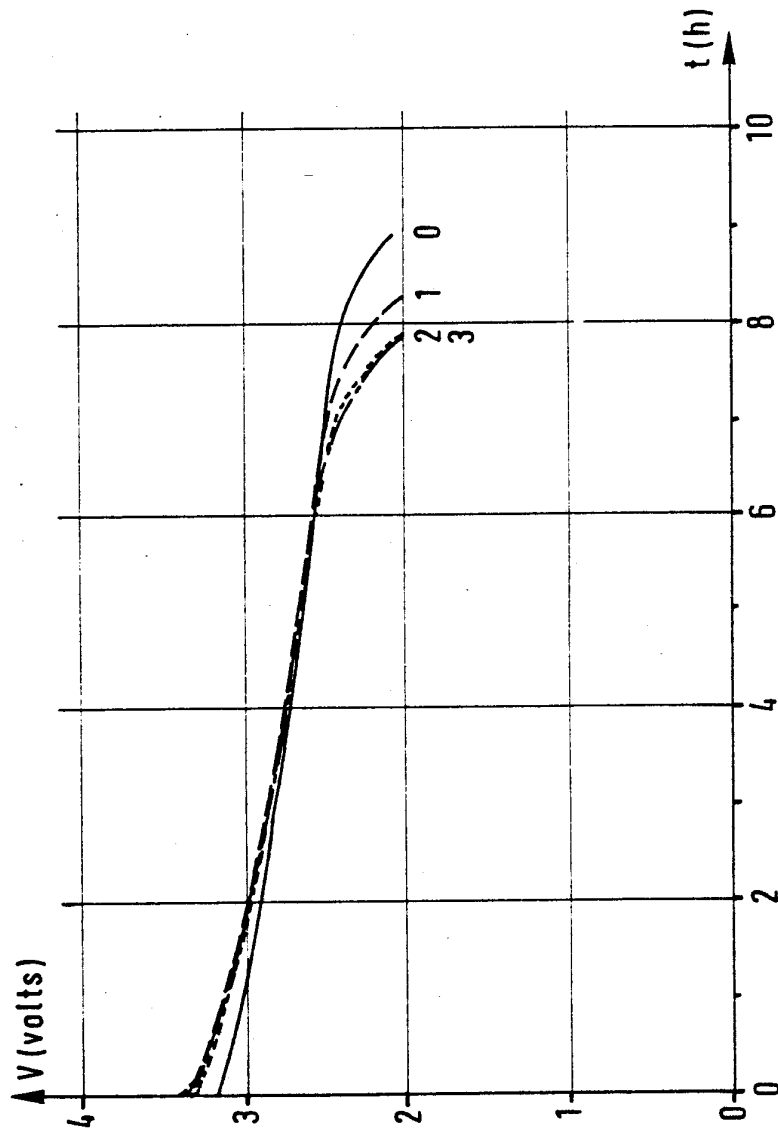
7/15

FIG. 7

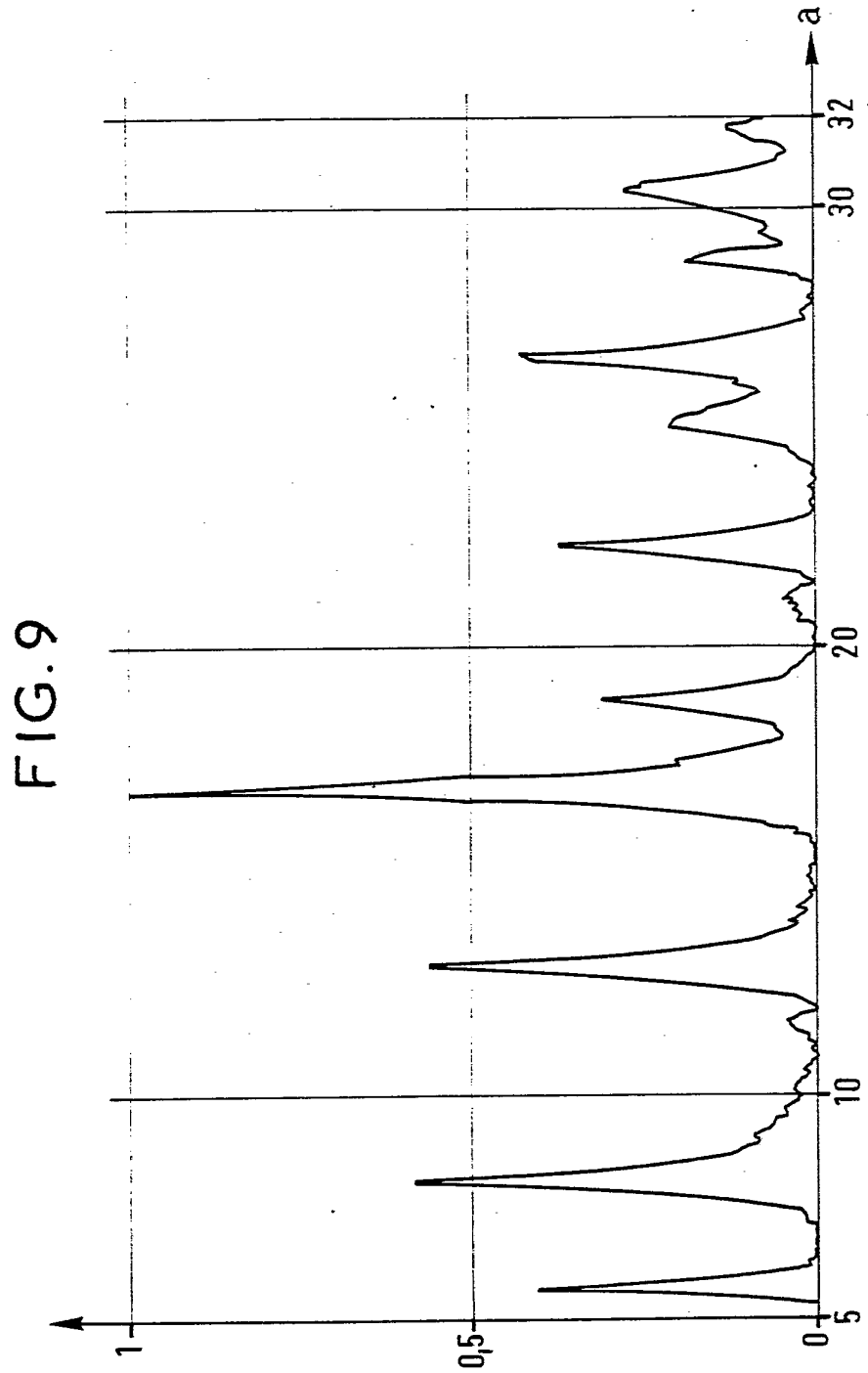


8/15

FIG. 8

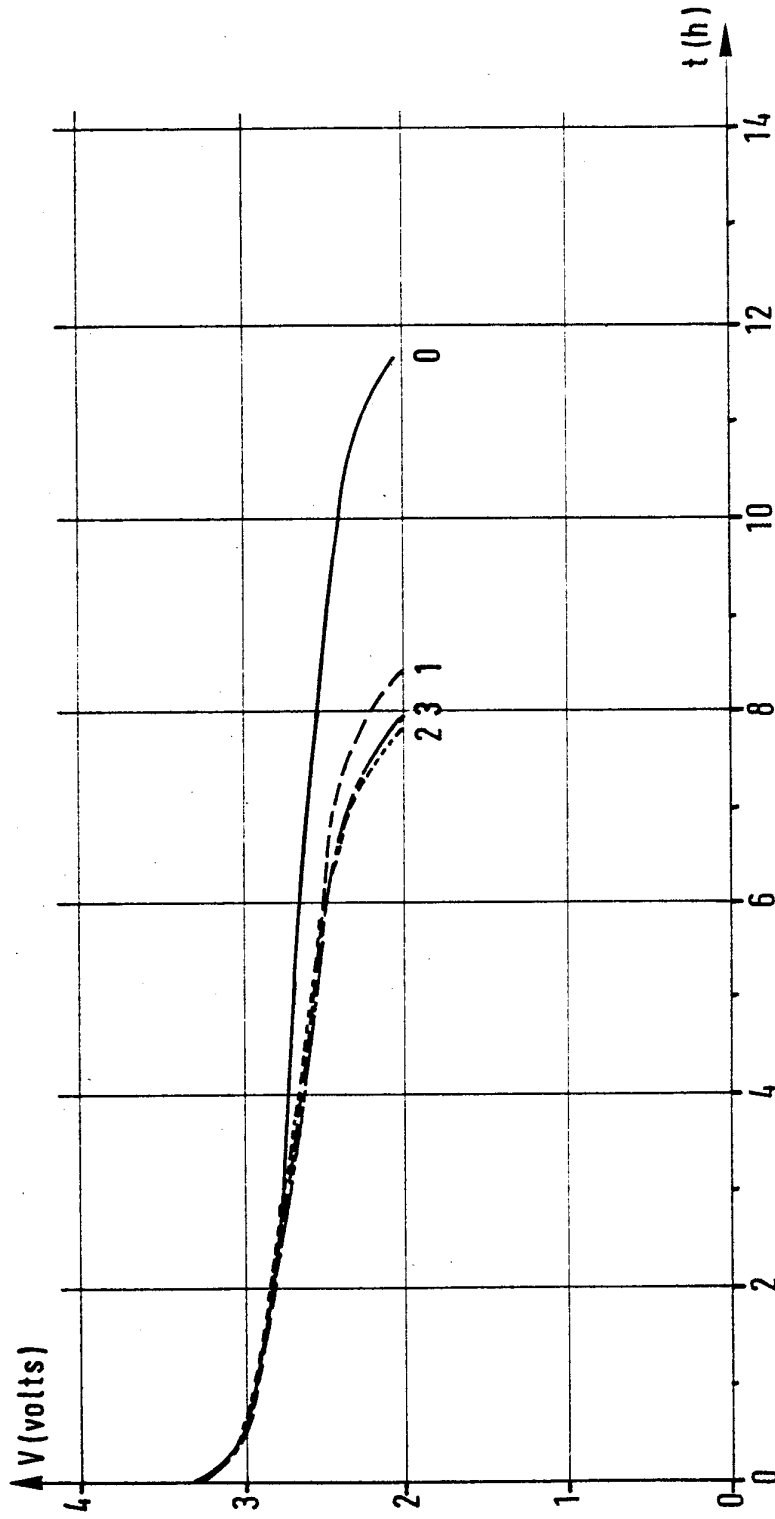


9/15



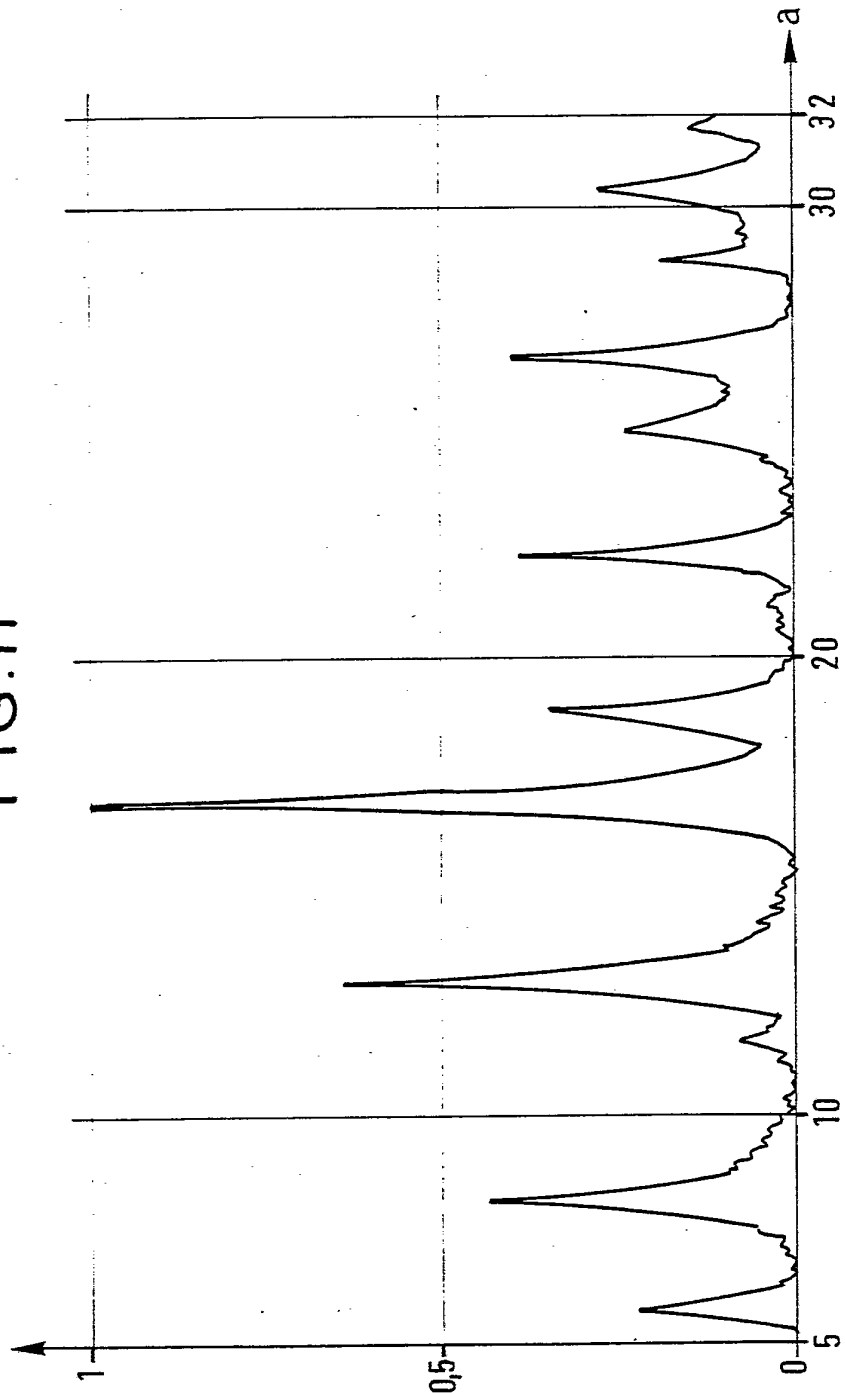
10/15

FIG.10



11/15

FIG.11



12/15

FIG.12

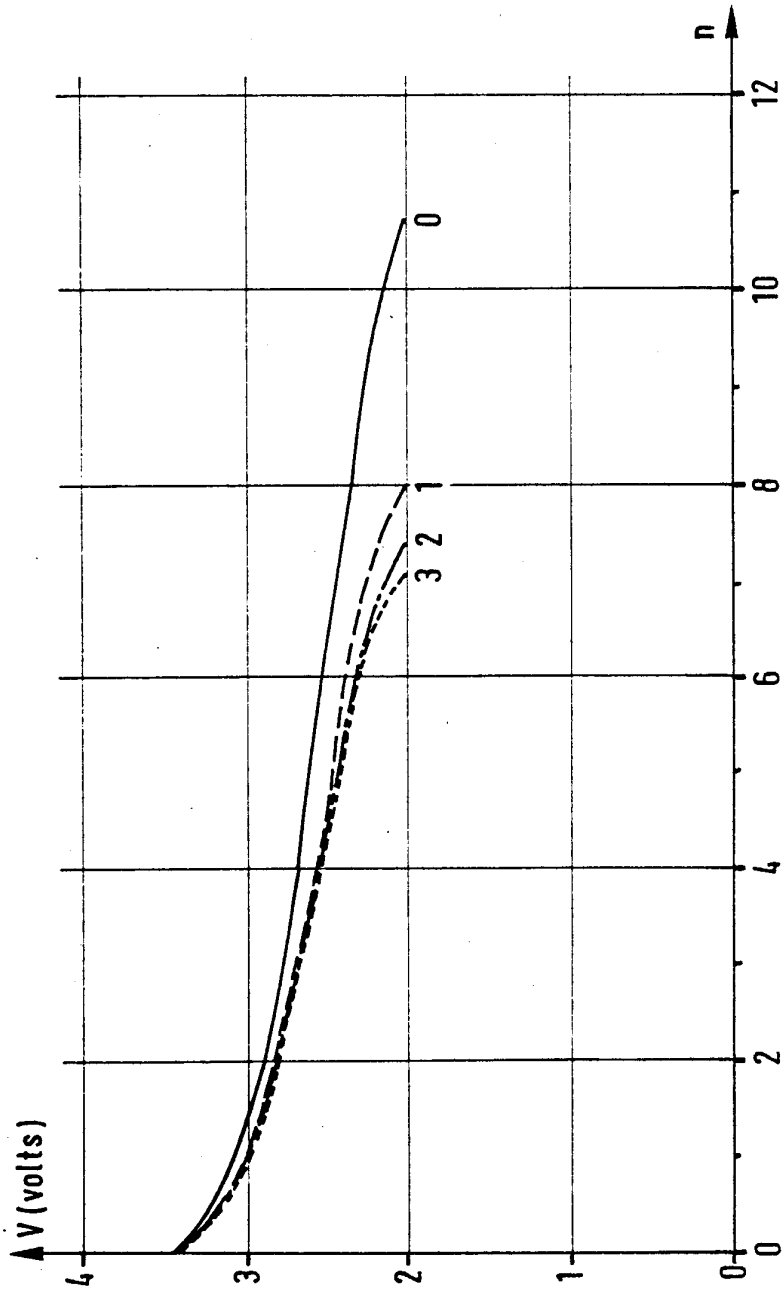
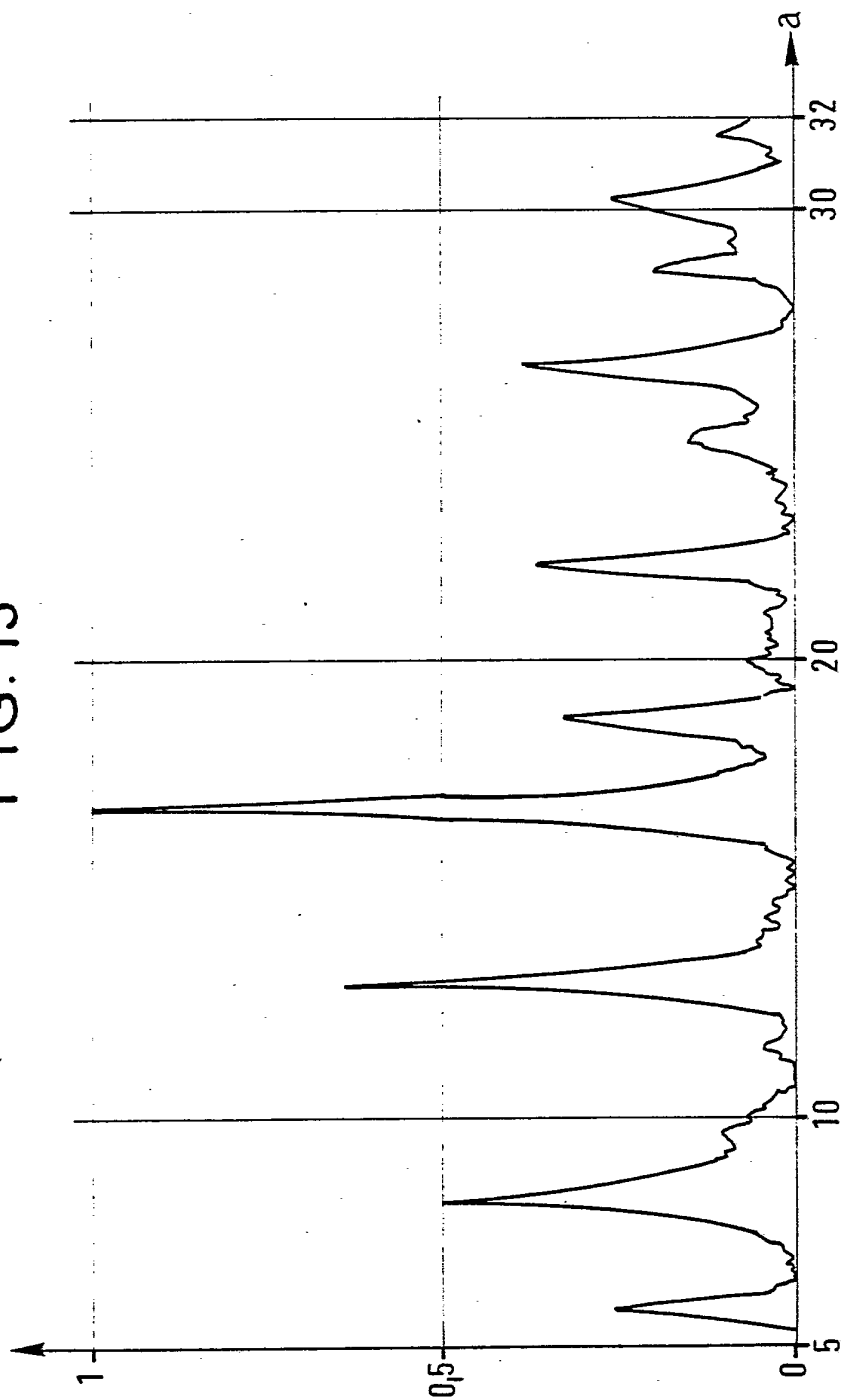


FIG. 13



14/15

FIG.14

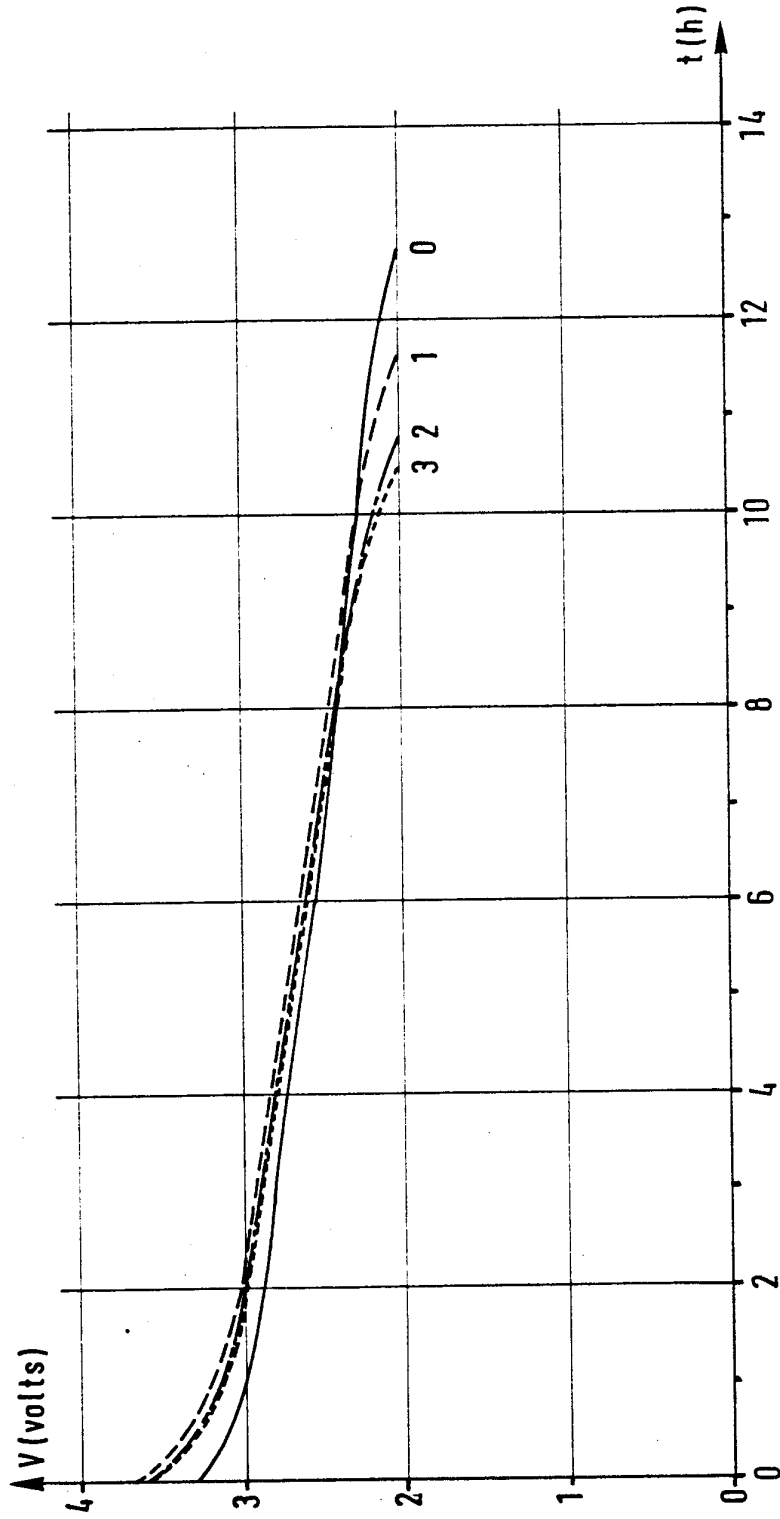


FIG.15

