



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 78430001.4

(51) Int. Cl.²: H 01 L 21/76, H 01 L 21/265,
H 01 L 21/316

(22) Date de dépôt: 01.06.78

(30) Priorité: 03.06.77 US 803182

(71) Demandeur: International Business Machines Corporation, Armonk, N.Y. 10504 (US)

(43) Date de publication de la demande:
10.01.79 Bulletin 79/1

(72) Inventeur: Crowder, Billy Lee, Oscawana Lake Road, Putnam Valley, New York 10579 (US)

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

(72) Inventeur: Hunter, William Ralph, 20 Marshall Place, Ossining, New York 10562 (US)

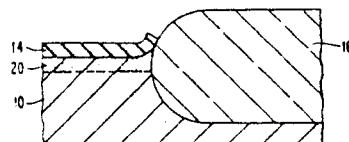
(72) Inventeur: Ormond, Jr. Douglas William, 52 Iroquois Road, Ossining, New York 10562 (US)

(74) Mandataire: Klein, Daniel, COMPAGNIE IBM FRANCE Dept. de Propriété Industrielle, F-06610 La Gaude (FR)

(54) Procédé de fabrication de dispositifs semi-conducteurs comportant des régions d'oxyde de silicium encastrées.

(57) — Perfectionnement aux procédés de fabrication de dispositifs semi-conducteurs. — Ce procédé évite l'apparition du phénomène dit du "bec d'oiseau" et permet cependant, le dépôt direct du masque en Si₃N₄, sur le substrat de silicium. Il comporte les étapes suivantes: (A) élaboration d'un substrat semi-conducteur typiquement de silicium (10); (B) implantation d'ions neutres (argon) dans la couche superficielle (20) du substrat pour l'endommager, et la rendre quasiment amorphe, cette étape est suivie d'un recuit; (C) formation sur ladite couche d'un masque (14) en nitride de silicium (Si₃N₄) selon une configuration désirée; (D) oxydation des portions exposées du substrat pour former des régions (16) de bioxyde de silicium encastrées. — Application à la fabrication de dispositifs semiconducteurs à isolement par des régions en matériau diélectrique encastrées à grande densité d'intégration.

FIG. 2C



A1
316 0 000
EP

PROCEDE DE FABRICATION DE DISPOSITIFS
SEMI-CONDUCTEURS COMPORTANT DES REGIONS
D'OXYDE ENCASTREES

Description

5 Domaine de l'invention

La présente invention concerne, la fabrication de dispositifs semi-conducteurs comportant des régions d'oxyde encastrées et plus particulièrement, un procédé d'application directe d'un masque de nitrure sur un substrat, 10 typiquement de silicium, préalablement endommagé par une étape d'implantation ionique suivie par un recuit.

Description de l'art antérieur
et énoncé du problème

Il est bien connu dans la fabrication des dispositifs 15 semi-conducteurs comportant des régions d'oxyde encastrées qui sont délimitées par un masque composé par exemple par du nitrure de silicium, que simultanément à la croissance de la région d'oxyde épais, il se développe aussi une région d'oxyde mince en saillie au-dessous dudit masque. Cette saillie qui se trouve dans 20 la zone où sera réalisée la région de porte dans le cas de la fabrication d'un dispositif MOS FET, est appelée "bec d'oiseau" en raison de son profil en forme de bec et sa présence est attribuée à une diffusion latérale 25 d'oxygène sous la couche de dioxyde de silicium mince qui est disposée entre le masque de nitrure de silicium et la surface du substrat typiquement, de silicium. On

utilise cette couche de dioxyde de silicium mince parce que le dépôt du masque de nitrure de silicium directement sur le substrat de silicium entraînerait des défauts provoqués par des contraintes et des dislocations dans
5 le substrat de silicium qui affecteraient de façon défavorable les performances du dispositif. Malheureusement, l'utilisation de cette couche de dioxyde de silicium pour empêcher l'apparition de ces défauts entraîne la formation de ces becs d'oiseaux indésirables
10 comme on l'a vu ci-dessus.

Ce problème étant posé, il y a eu de nombreuses tentatives pour améliorer les procédés de fabrication et minimiser la formation de ces becs d'oiseaux, souvent en continuant à utiliser cette couche intermédiaire de
15 dioxyde de silicium.

Par exemple, le brevet des E.U.A. No. 3 961 999 décrit un procédé permettant de réduire les problèmes posés par l'apparition des becs d'oiseaux. Dans ce brevet, la couche de dioxyde de silicium est classiquement située
20 entre le substrat de silicium et la couche de nitrure de silicium. Ce brevet précise que des trous sont d'abord réalisés par décapage dans le dioxyde de silicium; ces trous correspondent aux ouvertures pratiquées préalablement dans le masque de nitrure mais présentent
25 un diamètre d'ouverture plus important. Le silicium du substrat est éliminé dans les trous. Une couche de silicium est donc déposée globalement sur toute la structure, puis cette dernière est oxydée. Les régions d'isolation diélectrique encastrées sont relativement planes,
30 mais les problèmes posés par la présence des becs d'oiseaux ne sont pas totalement résolus.

Par exemple, le brevet des E.U.A No. 3 900 350 décrit une solution qui permet de réduire les becs d'oiseaux en utilisant une couche de silicium polycristallin sous le masque d'oxydation à la place de l'oxyde de silicium habituel. En outre ce brevet met en évidence les défauts créés par les contraintes, qui apparaissent lorsque le masque d'oxydation de nitrure de silicium est disposé directement sur le substrat de silicium.

Ces deux brevets sont classiques. Ils préconisent l'utilisation d'une couche intermédiaire placée entre le masque de nitrure et le substrat de silicium, en essayant de réduire au minimum les problèmes posés par les becs d'oiseaux.

Exposé de la présente invention

Le procédé de la présente invention est intéressant par le fait qu'il élimine ce besoin de disposer d'une couche intermédiaire, entre le masque de nitrure et le substrat, et qui avait pour conséquence le développement de ces becs d'oiseaux. En outre le procédé de la présente invention permet au masque de nitrure d'être déposé directement sur le substrat de silicium tout en éliminant les défauts par contraintes qui apparaissaient habituellement avec cette pratique.

Le procédé de la présente invention comporte essentiellement l'étape d'endommagement initial de la surface du substrat de silicium par une implantation ionique jusqu'à une profondeur contrôlée, suivie ensuite de préférence par une étape de recuit pour créer un réseau dense de dislocations qui empêchera la propagation des défauts induits par contraintes à partir de la couche

de masquage lorsque l'on procède à l'étape de dépôt d'un masque contre l'oxydation typiquement en nitrure de silicium directement sur la surface dudit substrat.

Dans une réalisation particulière le présent procédé
5 comporte les étapes suivantes:

10

15

20

- (A) élaboration d'un substrat semi-conducteur,
- (B) implantation d'ions neutres pour endommager l'édit substrat jusqu'à une profondeur contrôlée en créant un réseau dense de dislocations, et recuit
- (C) formation d'un masque d'oxydation selon une configuration désirée directement sur la surface dudit substrat selon une configuration désirée,
- (D) oxydation des régions du substrat exposées à travers les ouvertures dudit masque et
- (E) élimination dudit masque.

D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront mieux de l'exposé qui suit, fait en référence aux dessins annexés à ce texte, qui représentent un mode de réalisation préféré de celle-ci.

Brève description des dessins

Les figures 1A, 1B et 1C représentent différentes étapes de la fabrication d'une région d'oxyde encastrée dans un substrat semi-conducteur typiquement de silicium en utilisant un masque pour l'oxydation composite: nitrure-dioxyde de silicium, tel qu'il est réalisé habituellement dans l'art antérieur.

Les figures 2A, 2B, 2C et 2D, illustrent différentes étapes de la fabrication d'une région d'oxyde encastrée dans un substrat semi-conducteur typiquement de silicium en utilisant un masque pour l'oxydation en nitrure, placé directement sur le substrat, après que ce dernier ait subi les étapes d'implantation ionique et de recuit conformément aux principes de la présente invention.

Description détaillée du mode préféré
de réalisation

10 Les figures 1A, 1B et 1C sont des vues en coupe qui représentent le phénomène de formation d'un bec d'oiseau. Sur la figure 1A, on représente un substrat de silicium 10 et un masque d'oxydation 14 en nitrure de silicium déposé sur la région désirée. Le masque de nitrure de silicium 14 est séparé du substrat 10 par une couche 12 de dioxyde de silicium, puisque, comme on l'a vu placer le masque de nitrure 14 directement sur le substrat 10 entraînerait des déformations par contraintes dans ce substrat et conduirait ainsi à des dispositifs faiblement performants.

Sur la figure 1B, l'oxyde encastré 16 est obtenu par croissance thermique dans la région désirée non masquée et une saillie 16' apparaît sous le masque 14. Après l'étape d'oxydation, le masque 14 est éliminé tel que représenté sur la figure 1C. A cause de cette saillie relativement large d'oxyde de silicium 16', le long de la configuration d'oxyde encastré, une portion qui ressemble à un bec d'oiseau demeure après l'élimination du masque au nitrure 14 et de la couche d'oxyde mince sous-jacente 12, par un procédé de décapage approprié.

Cette portion en forme de bec d'oiseau produit un effet de masquage non désiré lors des procédés de diffusion

ultérieurs et peut même déterminer la frontière latérale de la zone diffusée, auquel cas la jonction p-n formée entre la zone diffusée et le substrat peut présenter des bords courbés. Dans des étapes de fabrication 5 ultérieures, lors de la fabrication de la zone diffusée il est même possible que la jonction p-n puisse être exposée à la surface du substrat.

Comme décrit dans le brevet des E.U.A No. 3 900 350 sus-mentionné, on pourra utiliser une couche de silicium 10 polycristallin au lieu et place de la couche de dioxyde de silicium. Cette couche de silicium polycristallin placée sur le substrat de silicium monocristallin réduit les contraintes dues au masque de nitrure et en même temps réduit à un minimum la saillie en forme de . bec d'oiseau. Cependant cette technique met ainsi en oeuvre une couche intermédiaire relativement épaisse qui doit être enlevée soit directement, soit indirectement après conversion en oxyde, par une étape de décapage.

20 La figure 2A représente, en coupe, un substrat de silicium 10 qui a été soumis à un faisceau d'ions jusqu'à une profondeur contrôlée d. L'implantation ionique produit une couche très endommagée 20 pratiquement en silicium amorphe à la surface du substrat 25 10. Le substrat 10 est alors recuit et la couche fortement endommagée 20 génère un réseau de dislocation très dense, dont la microstructure dépend de l'énergie, de la dose et de la nature des ions utilisés pendant l'opération d'implantation.

30 Le réseau de dislocation dense obtenu après les étapes d'implantation et de recuit, protège le silicium mono-

cristallin sous-jacent des défauts induits par contraintes et permet au masque d'oxydation au nitrure 14 d'être disposé directement sur le substrat 10 tel qu'illustré sur la figure 2B.

5 La surface du substrat 10 après les étapes d'implantation et de recuit est aussi protégée contre l'oxydation de sorte qu'on n'obtient pas de saillie en forme de bec d'oiseau. Ainsi, la figure 2C illustre la structure après l'étape d'oxydation, et la figure 2D illustre la 10 structure après l'élimination du masque d'oxydation au nitrure et (si nécessaire) du réseau de dislocations dense 20, région dans laquelle ne s'est pas formé de bec d'oiseau.

15 Un exemple de fabrication d'une réalisation particulière peut être décrit de la façon suivante:

Etape (A) : élaboration d'un substrat de silicium (10);

20 Etape (B) : implantation d'ions Ar dans le substrat de silicium 10 avec une énergie d'implantation de 20KeV, une dose totale d'environ $10^{15} \text{ at.cm}^{-2}$, pour constituer la couche 20 qui peut alors être recuite par les techniques classiques;

25 Etape (C) : dépôt à faible température de Si_3N_4 jusqu'à atteindre une épaisseur de l'ordre de 300 à 1000 Å pour réaliser la couche 14; et délimitation dudit masque d'oxydation en Si_3N_4 par des procédés appropriés (par exemple photolithographiques) pour obtenir la configuration désirée;

- Etape (D) : oxydation jusqu'à l'obtention d'une épaisseur désirée: 6500 \AA par exemple, par exposition à des atmosphères alternativement séche-humide-séche;
- 5 Etape (E) : élimination du masque d'oxydation en Si_3N_4 par un procédé classique tel que le décapage par un mélange d'acide HF tamponné et d'acide phosphorique concentré;
- 10 Etape (F) : élimination de la couche de silicium endommagée, si cela est nécessaire, soit par décapage de la couche de silicium (environ 500 \AA) soit par oxydation de la région endommagée: (croissance de SiO_2 jusqu'à environ 1000 \AA , suivie de l'élimination par décapage, de l'oxyde ainsi formé.
- 15

Il est possible de réaliser l'étape (A) après l'étape (B) pourvu que l'énergie ionique soit suffisamment importante pour réaliser l'opération d'implantation à travers la couche de nitrure. Le choix des ions est déterminé principalement par le fait qu'ils ne doivent pas, dans la plupart des cas, réagir électriquement avec le silicium. Par exemple, Si, Ge, Ar, Ne et O sont des corps possibles.

L'implantation d'ions de silicium quand elle est utilisée pour améliorer la qualité du silicium est connue. La publication de S.M. Hu parue dans "IBM Technical Disclosure Bulletin", Vol. 19, No.2, juillet 1976, intitulée "Hardening Silicon Wafers by Ion Implantation" décrit cette technique pour réduire les dislocations dans des

tranches de silicium soumises à des contraintes thermiques.

L'énergie de l'implantation commande la profondeur de la région endommagée. La dose d'ions devra être proche
5 de la dose critique pour qu'il se forme effectivement une couche amorphe continue dans le silicium, par exemple une dose comprise entre 5×10^{14} et 10×10^{14} ions par cm^2 (pour de l'argon dans du silicium) convient.
En outre, on notera que l'étape (F) peut ne pas être
10 nécessaire dans la fabrication des dispositifs bipolaires mais l'être dans la fabrication des transistors à effet de champ de type MOS.

Application industrielle

Ce qui a été décrit ci-dessus est donc un procédé
15 amélioré de fabrication de dispositifs semi-conducteurs dans lequel le phénomène appelé "bec d'oiseau" est éliminé, en soumettant un substrat semi-conducteur à une implantation ionique de façon à générer un réseau de dislocation, la couche superficielle ainsi endommagée
20 pouvant recevoir directement un masque de nitrure sans qu'une couche de dioxyde de silicium intermédiaire soit nécessaire. Ce procédé est donc d'un grand intérêt dans le domaine de la fabrication de dispositifs intégrés à semi-conducteurs à grande densité en particulier ceux
25 isolés par des régions de matériau diélectrique encastées.

Bien que l'on ait décrit dans ce qui précède et représenté sur les dessins les caractéristiques essentielles de l'invention appliquées à un mode de réalisation préféré de celle-ci, il est évident que l'homme de l'art peut y apporter toutes modifications de forme
30

0000316

10

ou de détail qu'il juge utiles, sans pour autant sortir du cadre de ladite invention.

Revendications

1. Procédé de fabrication de dispositifs semi-conducteurs comportant des régions d'oxyde encastrées réalisées à partir d'un masque formé directement sur un substrat, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:

- (A) élaboration d'un substrat semi-conducteur,
- (B) implantation d'ions neutres pour endommager ledit substrat jusqu'à une profondeur contrôlée en créant un réseau dense de dislocations,
- (C) formation d'un masque d'oxydation directement sur la surface dudit substrat selon une configuration désirée,
- (D) oxydation des régions du substrat exposées à travers les ouvertures dudit masque et
- (E) élimination dudit masque.

2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte en outre l'étape:

- (F) d'élimination de la couche superficielle endommagée dudit substrat.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que les étapes (B) et (C) sont inversées.
4. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3 caractérisé en ce que ledit masque est constitué par du
5 Si_3N_4 .
5. Procédé selon la revendication 1, 2, 3 ou 4 caractérisé en ce que l'étape (B) est suivie par une étape de recuit.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications
10 ci-dessus caractérisé en ce que le substrat semi-conducteur est un substrat silicium monocristallin.
7. Procédé selon la revendication 6 caractérisé en ce que lesdits ions neutres sont choisis dans le groupe comprenant Ar, Ge, Ne, O et Si.
- 15 8. Procédé selon la revendication 7 caractérisé en ce que lesdits ions neutres sont des ions Ar, la dose implantée étant voisine de la dose critique pour transformer la couche superficielle du substrat silicium en du silicium amorphe.
- 20 9. Procédé selon la revendication 8 caractérisé en ce que ladite dose est comprise entre 5×10^{14} et $10 \times 10^{14} \text{ ions.cm}^{-2}$.

3
0000316

1/2

FIG. 1A

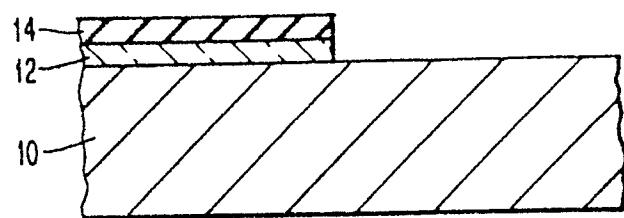


FIG. 1B

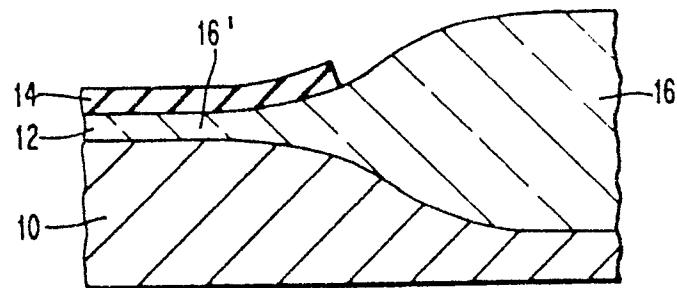
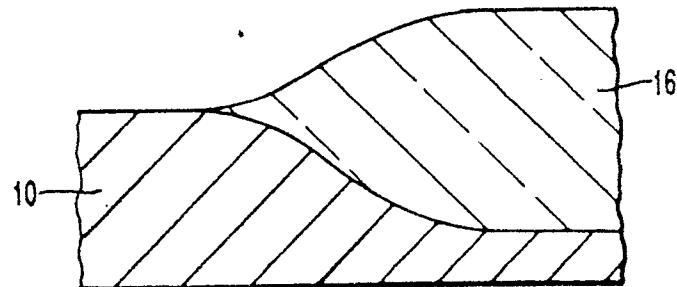
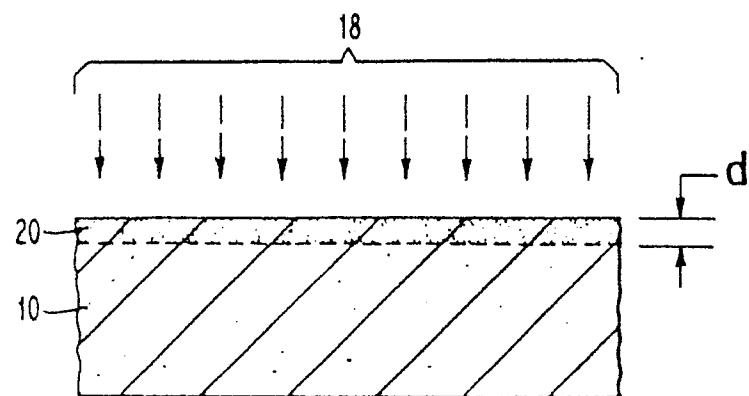
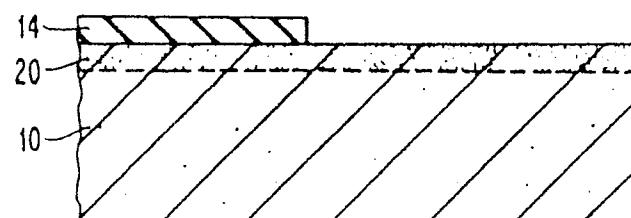
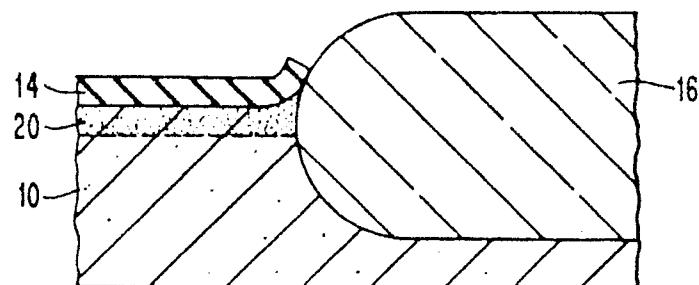
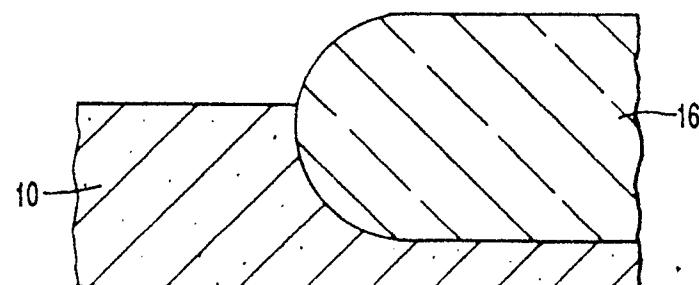


FIG. 1C



**FIG. 2A****FIG. 2B****FIG. 2C****FIG. 2D**



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ²)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ²)
	<p>IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 18, no. 5, octobre 1975, New York (USA) V.L.RIDEOUT "Reducing lateral oxidation in recessed oxide isolated structure", page 1616.</p> <p>* Page 1616, paragraphes 1,4 et 5 *</p> <p>—</p> <p>IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 19, no. 11, avril 1977, New York (USA) H.S.BHATIA et al. "Isolation process for shallow junction devices" page 4171.</p> <p>* Page 4171, paragraphes 2 et 3; figure *</p> <p>—</p> <p><u>US - A - 3 966 501 (MITSUBISHI)</u></p> <p>* Colonne 7, ligne 44 - colonne 10, ligne 46; colonne 18, lignes 5-20; revendications 3-5; figures 4a-4c; figures 5a-5b *</p> <p>—</p>	1,3,4, 6-9	H 01 L 21/76 H 01 L 21/265 H 01 L 21/316
	<p><u>US - A - 3 966 501 (MITSUBISHI)</u></p> <p>* Colonne 7, ligne 44 - colonne 10, ligne 46; colonne 18, lignes 5-20; revendications 3-5; figures 4a-4c; figures 5a-5b *</p> <p>—</p>	1,6,7,9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ²)
	<p><u>US - A - 3 966 501 (MITSUBISHI)</u></p> <p>* Colonne 7, ligne 44 - colonne 10, ligne 46; colonne 18, lignes 5-20; revendications 3-5; figures 4a-4c; figures 5a-5b *</p> <p>—</p>	1,6-8	H 01 L 21/76 H 01 L 21/265 H 01 L 21/316 H 01 L 21/32
A	<p>IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 17, no. 3, août 1974 New York (USA)</p> <p>V.L.RIDEOUT et al: "Fabricating recessed oxide isolation regions in silicon substrates" pages 949-951.</p> <p>* page 950, paragraphes 4,6 et 7; page 951, paragraphe 2; figures 1-5 *</p> <p>—</p>	1,4-6	CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
A	<p><u>US - A - 3 773 566 (HITACHI)</u></p> <p>* Revendications 1-3 *</p> <p>—</p>	4,6-8	<p>X: particulièrement pertinent</p> <p>A: arrière-plan technologique</p> <p>O: divulgation non-écrite</p> <p>P: document intercalaire</p> <p>T: théorie ou principe à la base de l'invention</p> <p>E: demande faisant interférence</p> <p>D: document cité dans la demande</p> <p>L: document cité pour d'autres raisons</p> <p>&: membre de la même famille, document correspondant</p>
X	Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications		
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
The Hague	07-09-1978	VANCRAEYNST	