

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: 82401661.2

(51) Int. Cl.³: **H 01 F 10/24**
H 01 F 41/14

(22) Date de dépôt: 13.09.82

(30) Priorité: 21.09.81 FR 8117763

(43) Date de publication de la demande:
06.04.83 Bulletin 83/14

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB NL

(71) Demandeur: COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Etablissement de Caractère Scientifique Technique et
Industriel
31/33, rue de la Fédération
F-75015 Paris(FR)

(72) Inventeur: Gerard, Philippe
Clos Marchand 406 Route de Rozat
F-38330 Saint Ismier(FR)

(72) Inventeur: Jouve, Hubert
8, Domaine des Plantées
F-38330 Biviers(FR)

(72) Inventeur: Madore, Michel
16, rue Lakanal
F-38000 Grenoble(FR)

(74) Mandataire: Mongrédien, André et al,
c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris(FR)

(54) Procédé d'obtention d'une couche à aimantation plane homogène dans un grenat ferrimagnétique.

(57) L'invention concerne un procédé permettant d'obtenir dans un matériau constitué d'un film de grenat ferrimagnétique épitaxié sur un substrat amagnétique au moins une couche à aimantation plane homogène.

Ce procédé se caractérise en ce que l'on effectue dans ledit film au moins une implantation d'ions, à l'exception des ions des éléments gazeux et à l'exception des ions des éléments métalliques entrant dans la composition du solvant, et ce à forte dose, et en ce que l'on recuit le film et le substrat afin de recristalliser sous forme monocristalline la partie du film rendue amorphe par l'implantation.

Application à l'élaboration de mémoires à bulles magnétiques.

La présente invention concerne un procédé d'obtention d'une couche à aimantation plane homogène dans un grenat ferrimagnétique. En particulier, le procédé de l'invention permet d'obtenir dans un matériau
5 constitué d'un film de grenat ferrimagnétique épitaxié sur un substrat amagnétique monocristallin une couche à aimantation plane homogène par implantation ionique. L'invention s'applique en particulier dans le domaine de l'élaboration de mémoires à bulles magnétiques.

10 On rappelle qu'un film de grenat ferrimagnétique est préparé par épitaxie en phase liquide, à partir d'un solvant constitué d'oxyde de bore (B_2O_3) et d'oxyde de plomb (PbO).

Dans ce domaine d'application, on sait que
15 l'utilisation d'une implantation ionique permet la création, en surface du film de grenat ferrimagnétique, d'une couche à aimantation plane qui a pour but notamment d'augmenter la stabilité des bulles magnétiques. Cela permet d'augmenter le champ de polarisation du ma-
20 tériel ferrimagnétique au-dessus duquel les bulles disparaissent. Ce champ de polarisation est communément appelé champ de collapse. De plus, le but de l'implan-
tation ionique est de supprimer les bulles dures (bulles ayant des structures de paroi complexes) et de per-
25 mettre le déplacement de l'information en définissant des chemins de propagation non implantés dans ladite couche.

L'existence de cette couche à aimantation plane permet de stabiliser sous la couche de matériau
30 implantée les domaines magnétiques dudit matériau.

Les ions utilisés jusqu'à ce jour pour l'im-
plantation sont des ions d'éléments gazeux tels que des ions d'hydrogène, d'hélium, de néon, etc... Ces ions
sont implantés généralement à des doses inférieures à
35 celles nécessaires pour rendre amorphe le matériau.

On sait qu'une implantation d'ions dans un matériau, comprenant notamment un film de grenat ferri-magnétique, entraîne dans le réseau cristallin du matériau la formation de défauts de différents types. Ces défauts introduisent dans le matériau de fortes contraintes mécaniques.

Il est à noter que l'existence de la couche à aimantation plane est liée au fait que le coefficient d'anisotropie de contrainte K_i de la couche implantée est supérieur au coefficient d'anisotropie uniaxiale K_u du matériau non implanté.

Par ailleurs, le profil de ces défauts, en profondeur, n'est pas homogène. En effet, la distribution de ces défauts et des impuretés (ions implantés) est, en profondeur, une distribution du type gaussienne ; ceci est lié au fait que les ions implantés sont ralentis dans le matériau par freinage électronique, créant ainsi une zone de contrainte mécanique, puis arrêtés par freinage nucléaire, créant ainsi une zone dans laquelle certaines des liaisons cristallines sont rompues, ce qui entraîne instantanément une diminution de l'aimantation.

Ces deux effets (contraintes mécaniques et profil des défauts non homogène), résultant de l'implantation, conduisent à des modifications des propriétés magnétiques des films de grenat ferrimagnétique comme par exemple des modifications dans l'intensité de l'aimantation à saturation de ces films et dans l'énergie d'anisotropie magnétique ; l'intensité de l'aimantation et l'énergie d'anisotropie ne sont pas homogènes dans l'épaisseur de la couche implantée, c'est-à-dire que le profil de celles-ci n'est pas plat.

Sur la figure 1, on a représenté une courbe a correspondant à un profil de défauts obtenus lors d'une implantation d'ions hydrogène à une dose de l'ordre de

10¹⁶ atomes/cm² dans un film de grenat ferrimagnétique et ce avec une énergie de 50 keV. Il est à noter que l'implantation d'ions hydrogène à une dose voisine de 10¹⁶ atomes/cm² ne modifie pas la structure cristalline du film de grenat.

Ce profil est obtenu par des mesures d'attaques chimiques différentielles. Cette courbe donne la vitesse différentielle d'attaque chimique entre zone implantée V_I et zone non implantée V_{NI} en fonction de la profondeur d'attaque (A) exprimée en μm . On constate que ce profil de défauts n'est pas homogène, c'est-à-dire que la courbe ne présente pas une forme carrée. En conséquence la couche à aimantation plane obtenue par implantation n'est pas homogène du point de vue magnétique.

Afin d'améliorer ce profil de défauts on a envisagé d'effectuer plusieurs implantations successives à des énergies différentes. Le profil obtenu, dans ce cas, correspond à la courbe b de la figure 1. Les conditions opératoires pour l'obtention de ce profil des défauts sont les mêmes que ci-dessus si ce n'est l'utilisation de différentes doses d'ions légers implantés à des énergies différentes ce qui a pour effet de mieux répartir les défauts en profondeur. On constate que ce profil est un peu plus homogène que dans le cas d'une seule implantation.

Par ailleurs, afin de rendre plus homogène le profil des défauts dans la couche de matériau implantée, on soumet ledit matériau à une étape de recuit, consistant à placer le matériau dans un four où règne une température peu élevée. Ce recuit permet de réarranger le réseau cristallin du matériau perturbé lors de l'implantation. En général, les températures de recuit utilisées sont comprises entre 300 et 400°C. Mais ce recuit, bien qu'il rende un peu plus homogène le

profil des défauts n'est pas suffisant pour obtenir une couche à aimantation plane homogène.

L'invention a justement pour objet un procédé d'obtention d'une couche à aimantation plane homogène
5 dans un grenat ferrimagnétique.

De façon plus précise, l'invention a pour objet un procédé permettant d'obtenir dans un film de grenat ferrimagnétique au moins une couche à aimantation plane homogène, ce film étant obtenu par épitaxie,
10 en phase liquide dans un solvant, sur un substrat aimantique monocristallin, et se caractérise en ce que l'on effectue dans ledit film au moins une implantation d'ions, à l'exception des ions des éléments gazeux et à l'exception des ions des éléments métalliques entrant
15 dans la composition du solvant, et ce à une dose permettant de rendre amorphe la partie implantée du film de grenat, et en ce que l'on recuit le film et le substrat afin de cristalliser sous forme monocristalline la partie du film rendue amorphe par ladite implantation.

L'utilisation d'une implantation d'ions à
20 une dose supérieure à celle nécessaire pour rendre amorphe ce film de grenat, suivie d'un recuit, permet d'obtenir dans la couche épitaxiée une couche à aimantation plane homogène.

Des études antérieures ont montré que des implantations d'ions d'éléments gazeux, à des doses supérieures à celles nécessaires pour rendre amorphe le film, entraînent, lors du recuit, des phénomènes d'éclatement de surface (blistering - terme anglo-saxon)
30 causés par la création d'agréats de bulles gazeuses". Le matériau obtenu présente alors une structure polycristalline et non monocristalline.

Par ailleurs, on sait par expérience que les éléments métalliques entrant dans la composition du
35 solvant, nécessaire à l'épitaxie en phase liquide, tel

que le plomb et le bore, sont nuisibles aux bonnes propriétés magnétiques du film de grenat.

Selon un mode préféré de mise en oeuvre du procédé de l'invention, on effectue dans ledit film une
5 multiimplantation d'ions en effectuant une première implantation d'un certain type d'ions, suivie d'au moins une deuxième implantation d'un autre type d'ions, afin d'obtenir à une même profondeur des propriétés différentes.

10 L'utilisation d'une multiimplantation, conformément à l'invention, suivie d'un recuit permet de modifier les propriétés de la couche implantée. En effet les ions implantés, selon l'invention, sont en concentration suffisante pour changer de façon notable les
15 caractéristiques de la couche implantée dont la structure cristalline a été reconstituée à l'aide du recuit. De cette manière on peut planter des ions qui modifie les propriétés physiques de ladite couche telles que les propriétés optiques, magnétiques, électriques,
20 etc...

Selon un autre mode préféré de mise en oeuvre du procédé de l'invention, on effectue dans ledit film une multiimplantation d'ions de types différents, chaque type d'ions étant implanté à une profondeur différente afin d'obtenir des propriétés différentes à des
25 profondeurs différentes.

Selon un autre mode préféré de mise en oeuvre du procédé de l'invention, on effectue une double couche à aimantation plane homogène, en effectuant dans la
30 partie supérieure dudit film, une première implantation d'ions, et dans la partie inférieure dudit film une deuxième implantation d'ions, réalisée avec des ions plus légers que les premiers, afin d'obtenir une meilleure stabilisation magnétique.

35 L'utilisation d'une multiimplantation permet en particulier d'améliorer, par rapport à une monoim-

plantation, l'homogénéité magnétique de la couche implantée.

5 Selon un autre mode préféré de mise en oeuvre du procédé de l'invention, les ions implantés sont les ions d'un élément choisi parmi le fer, l'arsenic, le gallium.

10 Selon un autre mode préféré de mise en oeuvre du procédé de l'invention, le recuit est réalisé par exemple en atmosphère d'oxygène dans un four dans lequel règne une température comprise entre 400 et 1000°C, et de préférence comprise entre 600 et 700°C. Bien entendu, d'autres atmosphères peuvent être utilisées, ce qui modifiera les conditions de recuit.

15 Ces températures de recuit permettent de s'affranchir des problèmes technologiques et notamment de dépôt et de rendre bénéfique l'implantation d'ions.

Selon un autre mode préféré de mise en oeuvre du procédé de l'invention, le recuit est réalisé au moyen d'un faisceau laser.

20 A l'aide du procédé de l'invention, on envisage d'implanter des ions dans des films de grenats ferrimagnétiques très minces (environ 0,5 μm d'épaisseur), l'implantation étant conduite sur une profondeur égale au tiers de l'épaisseur du film. Par ailleurs, on
25 sait que l'anisotropie uniaxiale K_u du matériau non implanté augmente lorsque l'épaisseur de la couche épitaxiée, donc du film de grenat, diminue. Ceci implique que le coefficient d'anisotropie de contrainte K_i de la couche implantée doit être prépondérant dans celle-ci
30 pour créer la couche à aimantation plane. L'invention telle que définie précédemment permet d'obtenir une couche implantée amorphe, sans anisotropie uniaxiale, que l'on rend de nouveau cristalline par recuit, cette
35 couche est caractérisée par un coefficient de contrainte K_i homogène.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, donnée à titre illustratif mais nullement limitatif en référence aux figures annexées, sur lesquelles :

5 - la figure 1, déjà décrite, représente des courbes correspondant à un profil de défauts obtenus lors d'une implantation (courbe a) et lors de plusieurs implantations (courbe b) effectuées dans un film de grenat ferrimagnétique avec des ions d'hydrogène im-
10 plantés à une dose de l'ordre de 10^{16} atomes/cm² et à une énergie de 50 keV,

 - la figure 2 représente une courbe correspondant à un profil de défauts obtenus lors d'une im-
 plantation effectuée dans un film de grenat ferrimagné-
15 tique avec des ions de fer implantés à une dose de 10^{16} atomes/cm²,

 - la figure 3 représente des courbes illus-
 trant les variations du champ de collapse H_c en fonc-
 tion de la température de recuit (T), exprimée en °C,
20 pour une implantation de 10^{16} atomes/cm² dans un film de grenat ferrimagnétique et présentant une énergie de 120 keV ; la courbe c représente une implantation d'ions de fer, la courbe d une implantation d'ions de gallium et la courbe e une implantation d'ions d'arse-
25 nic,

 - la figure 4 représente des courbes illus-
 trant les variations du champ d'anisotropie H_k en fonc-
 tion de la température de recuit (T), exprimée en °C,
 pour une implantation de 10^{16} atomes/cm² dans un film
30 de grenat ferrimagnétique et présentant une énergie de 120 keV ; la courbe f représente une implantation d'ions de fer, la courbe g une implantation d'ions de gallium et la courbe h une implantation d'ions d'arse-
 nic,

35 - la figure 5 représente des courbes donnant les variations du signal magnétique i en fonction de la

température (T), exprimée en °C, d'un film de grenat ferrimagnétique implanté avec des ions de fer à une dose de 3.10^{16} atomes/cm² et à une énergie de 120 keV puis recuit ; la courbe 1 correspond à un recuit de 500°C, la courbe 2 à un recuit de 650°C et la courbe 3 à un recuit de 700°C, et

- la figure 6 représente une courbe donnant le rapport $\Delta a/a$ à un facteur 10^3 près, en fonction de la température de recuit (T), exprimée en °C, pour un film de grenat ferrimagnétique implanté avec des ions de fer à une dose de 10^{16} atomes/cm² et présentant une énergie de 150 keV.

Selon l'invention, la création d'une couche à aimantation plane homogène à la surface d'un film de grenat ferrimagnétique, épitaxié de façon classique sur un substrat amagnétique monocristallin, est liée à l'implantation d'ions dans le film de grenat. Ces ions, à l'exception de ceux provenant des éléments gazeux et à l'exception de ceux provenant des éléments métalliques entrant dans le solvant nécessaire à l'épitaxie (Pb, B), sont par exemple des ions de fer, d'arsenic, de gallium. Ces ions sont implantés dans le film de grenat à des doses supérieures à celles nécessaires pour rendre amorphe le matériau.

Une telle implantation d'ions permet d'obtenir un profil de défauts tout à fait homogène ou plat, et donc une couche à aimantation plane homogène. Ceci est illustré par la figure 2 qui représente une courbe correspondant à un profil de défauts obtenus lors d'une implantation, à une dose de 10^{16} atomes/cm², d'ions de fer dans un film de grenat ferrimagnétique. Il est à noter qu'une implantation d'ions fer à une dose de 10^{16} atomes/cm² permet de rendre amorphe la couche implantée alors qu'une implantation d'ions hydrogène à cette même dose ne le permet pas.

D'après cette courbe, on constate que la couche à aimantation plane homogène est voisine de $0,2 \mu\text{m}$. Ce profil de défauts est obtenu par des mesures d'attaques chimiques différentielles.

5 Par ailleurs, on a constaté que la vitesse d'attaque chimique du matériau implanté selon l'invention est beaucoup plus rapide que dans le cas des matériaux implantés selon l'art antérieur ; ceci montre bien que la couche implantée selon l'invention est complètement amorphe, ce qui n'était pas le cas pour les
10 matériaux implantés selon l'art antérieur.

Afin de réarranger le réseau cristallin du matériau (film et substrat) et de recristalliser sous une forme monocristalline la partie du film rendue précédemment amorphe, ce matériau est soumis à un recuit.
15 Selon l'invention, ce recuit peut être effectué en plaçant le matériau, par exemple en atmosphère d'oxygène dans un four isotherme où règne une température comprise entre 400 et 1000°C .

20 Il est à noter que les variations du champ d'anisotropie magnétique H_k et du champ de collapse H_c sont fonctions de la température de recuit du matériau implanté. Etant donné que les températures, lors des étapes technologiques ultérieures par exemple pour la
25 réalisation de dépôts, d'espacements et de couches de passivation, sont comprises entre 300 et 400°C , la zone d'exploitation de la couche implantée se situe donc pour des recuits supérieurs à 400°C .

30 Sur des échantillons de matériaux implantés, et recuits, selon l'invention, on a effectué différentes mesures des caractéristiques physiques de ces matériaux.

En premier lieu, on a mesuré les variations ΔH_c du champ de collapse H_c entre la couche implantée
35 et la couche non implantée du matériau en fonction de

la température de recuit. Ces mesures sont illustrées par les courbes de la figure 3 donnant le rapport $\Delta H_c/H_c$, H_c représentant le champ de collapse du film vierge, en fonction de la température de recuit (T), exprimée en °C. La courbe c correspond à une implantation d'ions de fer à une dose de 10^{16} atomes/cm² et présentant une énergie de 120 keV, la courbe d à une implantation d'ions de gallium à une dose de 10^{16} atomes/cm² et présentant une énergie de 120 keV, et la courbe e à une implantation d'ions d'arsenic à une dose de 10^{16} atomes/cm² et présentant une énergie de 120 keV.

D'après ces courbes, on constate que la variation maximale du champ de collapse est obtenue pour des températures de recuit comprises entre 600 et 700°C. Par ailleurs, on constate que cette variation est plus importante lorsque l'on implante des ions de fer (courbe c).

En second lieu, on a mesuré les variations ΔH_k du champ d'anisotropie magnétique en fonction de la température de recuit, par des mesures de résonance ferromagnétique, par application d'un champ magnétique appliqué perpendiculairement à l'échantillon de matériau, la fréquence de résonance étant de 9 GHz. Ces variations ΔH_k représentent la différence entre la valeur du champ d'anisotropie de la couche ferrimagnétique ayant subi une implantation et la valeur du champ d'anisotropie de la couche ferrimagnétique n'ayant pas subi d'implantation.

Ces mesures sont illustrées par les courbes de la figure 4 donnant ΔH_k , exprimé en gauss, en fonction de la température de recuit, exprimée en °C. Pour une implantation de 10^{16} atomes/cm² dans un film de grenat ferrimagnétique et présentant une énergie de 120 keV, la courbe f représente une implantation d'ions

de fer, la courbe g une implantation d'ions de gallium et la courbe h une implantation d'ions d'arsenic.

5 D'après ces courbes, on constate que la variation maximale du champ d'anisotropie est obtenue pour des températures de recuit comprises entre 600 et 700°C. Par ailleurs, on constate que cette variation est plus importante lorsque l'on implante des ions de fer (courbe f).

10 D'après ces différentes mesures, on en déduit que la température de recuit doit être de préférence choisie entre 600 et 700°C et que les ions à planter sont de préférence des ions fer.

15 On a ensuite effectué la mesure de l'intensité du signal magnétique i de la couche implantée. L'intensité de ce signal i est régi par l'équation :

$$i = \left(\frac{\Delta H_i}{\Delta H_0} \right)^2 \frac{h_i}{h_0}$$

20 dans laquelle ΔH_i et ΔH_0 représentent respectivement la largeur du mode de résonance ferromagnétique implanté et du mode principal et dans laquelle h_i et h_0 représentent respectivement la hauteur du mode implanté et du mode principal. Cette mesure a été effectuée sur des échantillons de grenat ferrimagnétique implantés avec
25 des ions de fer, à une dose de 3.10^{16} atomes/cm² et avec une énergie d'implantation de 120 keV, puis recuits respectivement à une température de 500, 650 et 700°C.

30 Cette mesure est illustrée par les courbes de la figure 5 donnant les variations de l'intensité du signal i, à un facteur 10^2 près, en fonction de la température, exprimée en °C. Cette mesure est reliée au nombre de spins électroniques résonnants dans la couche implantée. La courbe 1 correspond à un recuit de 500°C,
35 la courbe 2 à un recuit de 650°C et la courbe 3 à un recuit de 700°C.

Cette mesure démontre la qualité de la couche implantée du point de vue de son homogénéité magnétique. En effet, ces courbes présentent une importante zone dans laquelle le signal i varie peu ou pas avec la température. En particulier, le signal i donné par le recuit à 650°C (courbe 2) est démonstratif de l'excellente qualité et de l'homogénéité de la couche implantée.

On a ensuite effectué la mesure, par diffraction aux rayons X, du rapport $\Delta a/a$ qui est régi par l'équation :

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{a_o - a_i}{a_o}$$

dans laquelle a_o et a_i représentent respectivement le paramètre de la maille cristalline du film non implanté et du film implanté. Cette mesure a été effectuée sur des échantillons de grenat ferrimagnétique implantés avec des ions de fer, à une dose de 10^{16} atomes/cm² et avec une énergie d'implantation de 150 keV, puis recuits à des températures comprises entre 700 et 800°C. Les variations du rapport $\Delta a/a$ en fonction de la température de recuit, exprimée en °C, sont illustrées par la courbe de la figure 6.

D'après cette courbe, on constate que les valeurs obtenues sont très faibles. Ceci démontre que le matériau amorphisé puis recuit selon l'invention a retrouvé une structure cristalline d'excellente qualité, ce qui semble correspondre à un phénomène de ré-épitaxie de la couche implantée sur la couche non implantée lors du recuit.

Jusqu'à présent, on n'a envisagé que des recuits au four, mais des études ont montré que le recuit de matériaux implantés conformément à l'invention peut être réalisé par faisceau laser. Comme le recuit au

four, le recuit par faisceau laser permet le réarrangement du réseau cristallin du matériau perturbé lors de l'implantation. Ce recuit, contrairement au recuit au four, permet du fait de la focalisation du faisceau laser de recuire localement le matériau.

Par ailleurs, on n'a envisagé que l'utilisation d'une seule implantation. Cependant, une multiimplantation d'ions peut être envisagée. Cette multiimplantation peut être effectuée avec un ou plusieurs ions à des doses identiques ou différentes et à des énergies égales ou différentes. En effet, à chaque monoimplantation d'ions à une énergie et une dose données est associés un profil de défauts cristallins, une distance de pénétration moyenne dans le matériau, ainsi qu'une largeur à mi-hauteur du profil de défauts.

Une multiimplantation peut être effectuée afin d'avoir la plus grande homogénéité magnétique possible dans la région implantée, du fait de l'addition des profils de défauts cristallins aboutissant à un profil plat, ceci peut être réalisé avec une multiimplantation d'ions notamment de fer à différentes énergies. Cette multiimplantation peut être aussi effectuée pour s'opposer à l'anisotropie de croissance sur une grande épaisseur, ce qui peut être réalisé par l'implantation d'ions différents, à différentes énergies.

On peut de même envisager l'obtention d'une double couche à aimantation plane homogène, c'est-à-dire de deux couches à aimantation plane situées de part et d'autre de la bulle magnétique de façon à obtenir une meilleure stabilisation de celle-ci, ceci peut être réalisé par une implantation d'ions dits légers à grande énergie dans la partie inférieure du film de grenat et par une implantation d'ions plus lourds que les premiers et notamment de fer, dans la partie supérieure du film de grenat.

REVENDECATIONS

1. Procédé permettant d'obtenir dans un film de grenat ferrimagnétique au moins une couche à aimantation plane homogène, ce film étant obtenu par épitaxie, en phase liquide dans un solvant, sur un substrat amagnétique monocristallin, caractérisé en ce que l'on effectue dans ledit film au moins une implantation d'ions, à l'exception des ions des éléments gazeux et à l'exception des ions des éléments métalliques entrant dans la composition du solvant, et ce à une dose permettant de rendre amorphe la partie implantée du film de grenat, et en ce que l'on recuit le film et le substrat afin de recristalliser sous forme monocristalline la partie du film rendue amorphe par ladite implantation.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on effectue dans ledit film une multi-implantation d'ions en effectuant une première implantation d'un certain type d'ions, suivie d'au moins une deuxième implantation d'un autre type d'ions, afin d'obtenir à une même profondeur des propriétés différentes.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on effectue dans ledit film une multi-implantation d'ions de types différents, chaque type d'ions étant implanté à une profondeur différente afin d'obtenir des propriétés différentes à des profondeurs différentes.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'on effectue une double couche à aimantation plane homogène en effectuant dans la partie supérieure dudit film, une première implantation d'ions, et dans la partie inférieure dudit film, une deuxième implantation d'ions réalisé, avec des ions plus légers que les premiers, afin d'obtenir une meilleure stabilisation magnétique.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les ions implantés sont les ions d'un élément choisi parmi le fer, l'arsenic et le gallium.

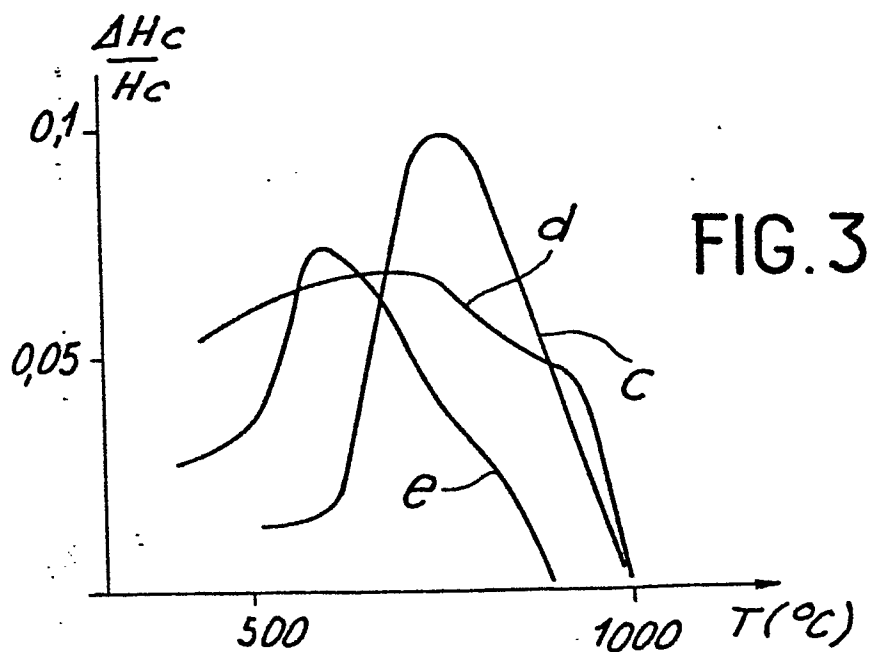
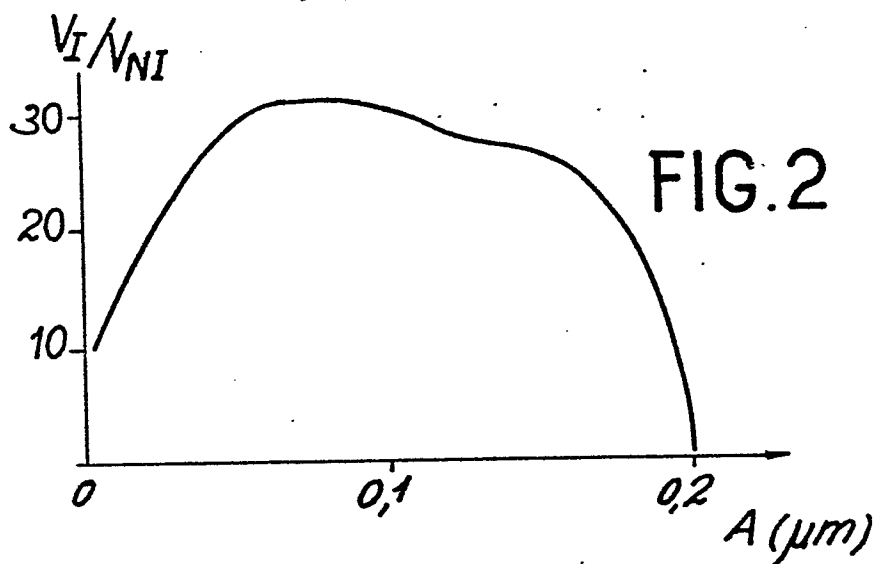
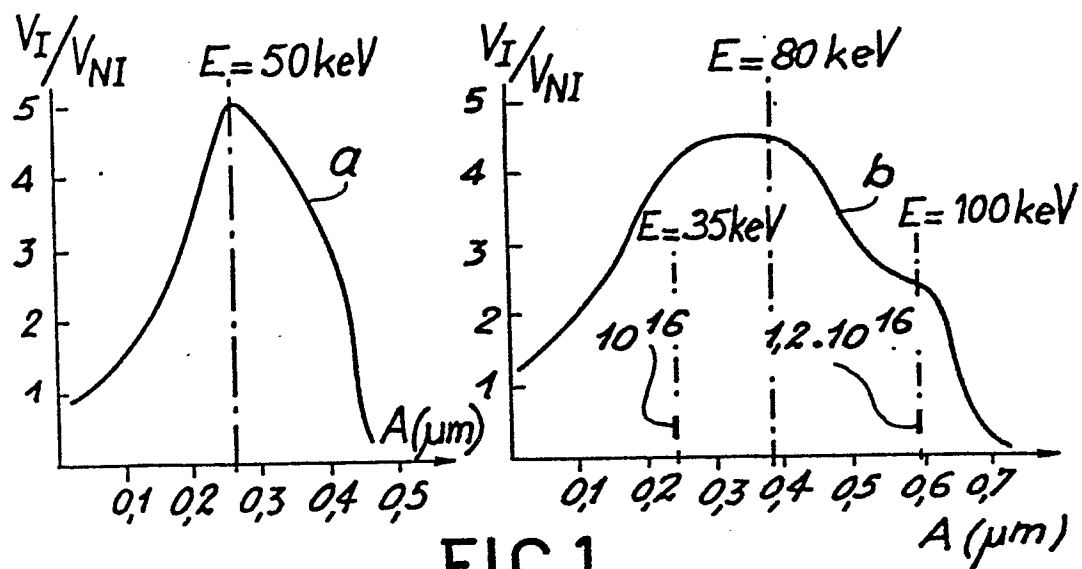
5 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'élément choisi est le fer.

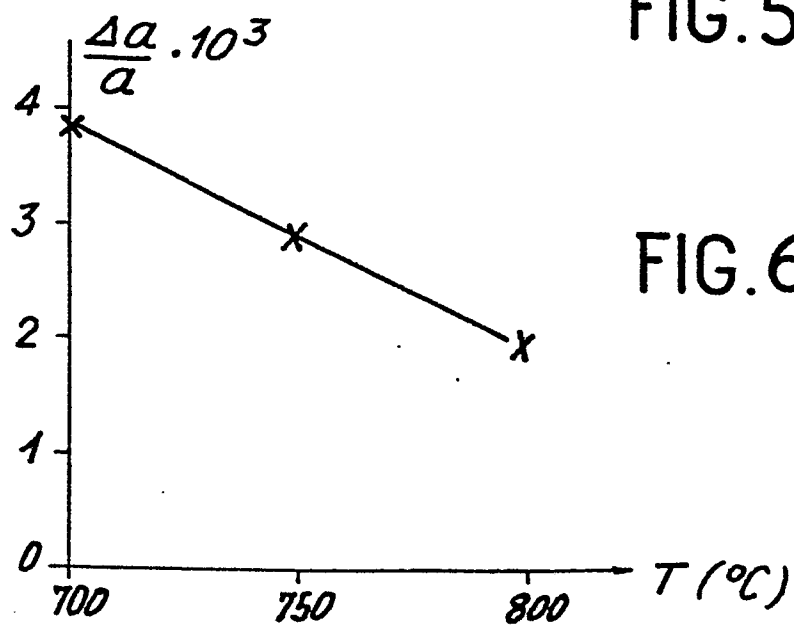
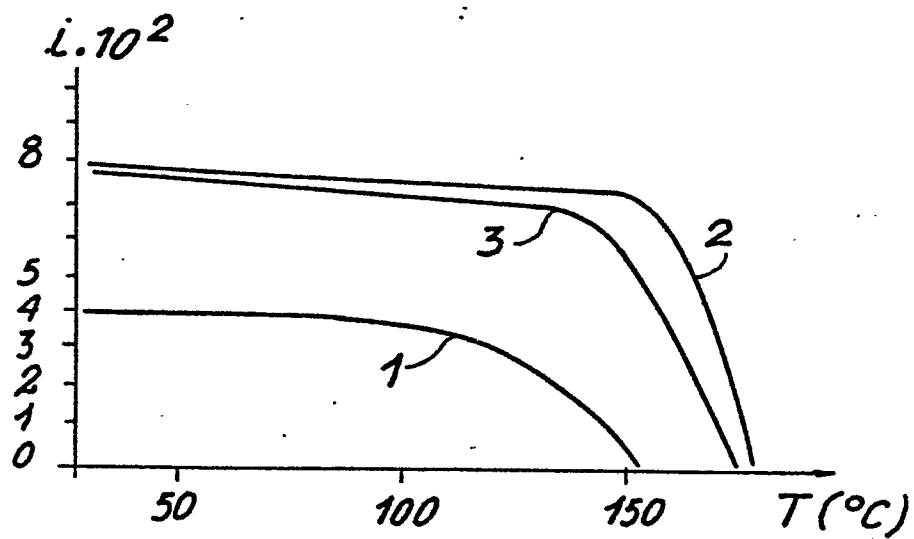
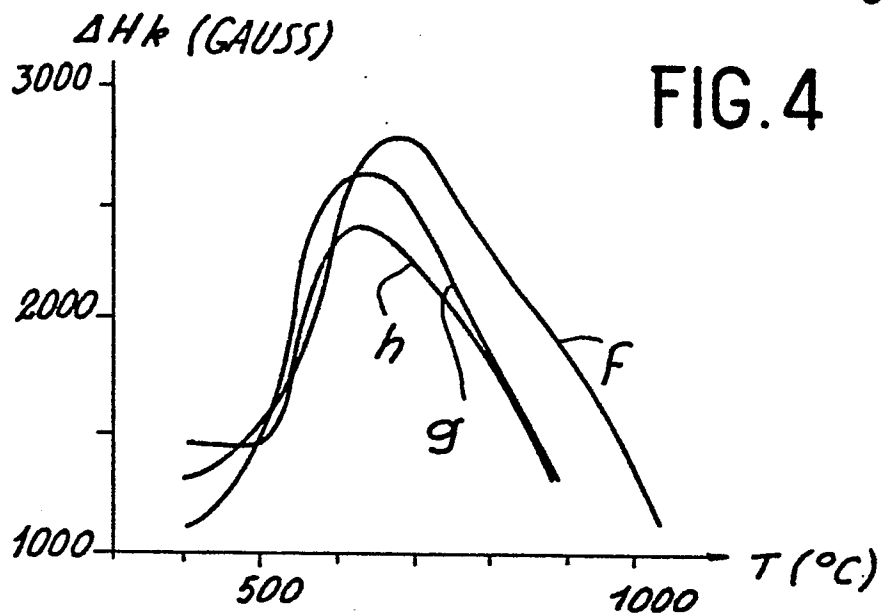
10 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le recuit est réalisé dans un four dans lequel règne une température comprise entre 400 et 1000°C.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le recuit est réalisé en atmosphère d'oxygène.

15 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que ladite température est comprise entre 600 et 700°C.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le recuit est réalisé au moyen d'un faisceau laser.







DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
Y	--- THIN SOLID FILMS, vol. 60, no. 1, juin 1979, pages 109-111, Elsevier Sequoia S.A. (NL); L.PRANEVICIUS et al.: "The influence of ion-implantation-induced stress on the properties of magnetic bubble garnets". *Page 109, lignes 20-24, page 111, lignes 13-15*	1,7	H 01 F 10/24 H 01 F 41/14
Y	--- APPLIED PHYSICS, vol. 21, no. 2, février 1980, pages 141-149, Heidelberg (DE); B.STROCKA et al.: "Lattice strain in garnet single crystals caused by high-energy heavy ion irradiation". *Résumé*	1,7,10	
Y	--- IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, vol. MAG-16, no. 5, Septembre 1980, pages 958-960, New York (USA); R.HIRKO et al.: "Ion-implantation conditions and annealing effects for contiguous disk bubble devices". *Page 958, colonne de gauche, dernier alinéa; figure 1*	1,7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3) H 01 F
---		-/-	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 28-12-1982	Examineur VITZTHUM N.A.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			Page 2
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
Y	IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, vol. 23, no. 9, février 1981, page 4345, New York (USA); J.C.DELUCA et al.: "Laser annealing of garnet epitaxial layers under controlled atmospheres for device applications". *Dernier alinéa*	1,10	
A	--- PHYSICAL REVIEW LETTERS, vol. 43, no. 19, novembre 1979, pages 1444-1447; P.HANSEN et al.: "Influence of nuclear tracks on the magnetic properties of a (Gd,Bi) ₃ (Fe,Ga) ₅ O ₁₂ garnet film". -----		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 28-12-1982	Examineur VITZTHUM N.A.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	