

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **712 226 B1**

(51) Int. Cl.: **G04B 17/06** (2006.01)

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00279/16

(22) Date de dépôt: 04.03.2016

(43) Demande publiée: 15.09.2017

(24) Brevet délivré: 13.12.2019

(45) Fascicule du brevet publié: 13.12.2019

(73) Titulaire(s):
ETA SA Manufacture Horlogère Suisse,
Schild-Rust-Strasse 17
2540 Grenchen (CH)

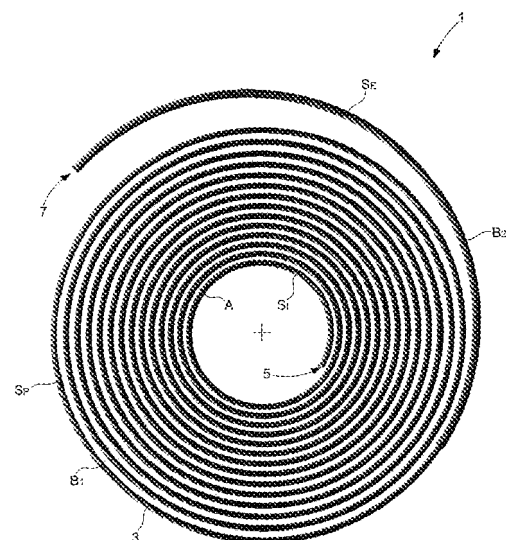
(72) Inventeur(s):
HELPER, Jean-Luc, 2525 Le Landeron (CH)
Yves-Alain Cosandier, 1020 Renens (CH)

(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Spiral à encombrement réduit.**

(57) L'invention se rapporte à un spiral (1) monobloc comportant une lame (3) unique enroulée sur elle-même entre une spire interne (S_i) et une spire externe (S_e), la lame (3) comprenant une géométrie permettant que le spiral (1), lorsqu'il est en contraction à une valeur de 360 degrés, ait un éloignement sensible-ment constant entre chaque spire de la spire interne (S_i) à la pénultième spire (S_p).

De préférence, les spires d'une zone (A) sont de section constante et différente d'une section constante de la spire externe (S_e) en zone (B_2).



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention se rapporte à un spiral à encombrement réduit et, plus particulièrement, un tel spiral destiné à coopérer avec un balancier pour former un résonateur.

Arrière-plan de l'invention

[0002] Le prix d'un spiral en silicium est sensiblement proportionnel à sa surface, c'est-à-dire plus on arrive à graver de spiraux sur une même plaquette, plus bas est le prix d'un spiral à l'unité.

[0003] Il n'est toutefois pas possible de diminuer l'encombrement au hasard, car les spires d'un spiral ne doivent pas se toucher aussi bien en contraction qu'en expansion.

Résumé de l'invention

[0004] Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les inconvénients cités précédemment en proposant un spiral à encombrement réduit tout en garantissant que ses spires ne se touchent pas aussi bien en contraction qu'en expansion.

[0005] A cet effet, l'invention se rapporte à un spiral monobloc comportant une lame unique enroulée sur elle-même entre une spire interne et une spire externe, la lame au repos comprenant entre l'extrémité de la spire interne et la pénultième spire, une première zone dans laquelle le pas entre chaque spire augmente continûment afin que le spiral, lorsqu'il est en contraction à une valeur de 360 degrés, ait un éloignement sensiblement constant entre chaque spire de la spire interne à la pénultième spire.

[0006] Avantagusement selon l'invention, on comprend que l'encombrement du spiral est réduit tout en garantissant un éloignement constant minimal entre les spires en contraction et, éventuellement, également en expansion. On peut donc chercher à minimiser la taille du spiral, sans pour autant perdre en propriétés chronométriques. Un tel spiral permet d'optimiser le nombre de spiraux qui seront gravés sur une même plaquette afin d'en réduire le coût unitaire.

[0007] Conformément à d'autres variantes avantageuses de l'invention:

- dans la première zone, le pas entre chaque spire augmente continûment selon une valeur constante;
- la première zone comporte une section constante;
- le spiral comporte une deuxième zone, en prolongement de la première zone et comprise entre le début de la pénultième spire et l'extrémité de la spire externe, dans laquelle le pas augmente continûment afin que le spiral, lorsqu'il est en expansion à une valeur de 360 degrés, ait un éloignement minimal entre la pénultième spire et la spire externe pour éviter leur contact;
- dans la deuxième zone, le pas augmente continûment selon une valeur constante;
- la deuxième zone comporte une première partie dont la section est sensiblement identique à celle de la première zone et une deuxième partie, en prolongement de la première partie, dont la section est augmentée;
- la section de la lame est constante entre le début de la deuxième partie de la deuxième zone et l'extrémité de la spire externe;
- le spiral est à base de silicium.

[0008] L'invention se rapporte également à un résonateur caractérisé en ce que le résonateur comporte un balancier coopérant avec un spiral selon l'une des variantes précédentes.

Description sommaire des dessins

[0009] D'autres particularités et avantages ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels:

- la fig. 1 est une vue de dessus en contraction d'un spiral selon l'invention;
- la fig. 2 est une vue de dessus au repos d'un spiral selon l'invention;
- la fig. 3 est une vue de dessus en expansion d'un spiral selon l'invention;
- la fig. 4 est un graphique représentant l'évolution du pas entre les spires en fonction du nombre de spire du spiral au repos;
- la fig. 5 est un graphique représentant l'évolution de l'épaisseur des spires en fonction du nombre de spire du spiral au repos;
- la fig. 6 est un graphique représentant l'évolution de l'éloignement entre spires en fonction du nombre de spire du spiral et du mouvement du spiral.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0010] L'invention se rapporte à un spiral à encombrement réduit destiné à coopérer avec un balancier pour former un résonateur du type balancier-spiral pour une pièce d'horlogerie.

[0011] Le développement de la présente invention a été initié pour optimiser le nombre de spiraux sur une même plaquette à base de silicium tout en garantissant que les spires de chaque spiral ne se touchent pas aussi bien en contraction qu'en expansion. Toutefois, on comprend que le spiral ne saurait se limiter à un matériau à base de silicium. De manière non limitative, on comprend qu'une même logique est applicable à un spiral formé à partir d'un procédé LIGA (Lithographie, Galvanoformung, Abformung), c'est-à-dire à base d'un matériau électriquement conducteur ou tout autre matériau fabri-cable en plaquette.

[0012] Les termes à base de silicium signifient un matériau comportant du silicium monocristallin, du silicium monocristallin dopé, du silicium polycristallin, du silicium polycristallin dopé, du silicium poreux, de l'oxyde de silicium, du quartz, de la silice, du nitrure de silicium ou du carbure de silicium. Bien entendu, quand le matériau à base de silicium est sous phase cristalline, n'importe quelle orientation cristalline peut être utilisée.

[0013] Comme illustré à la fig. 2, l'invention se rapporte ainsi à un spiral 1 monobloc comportant une lame 3 unique enroulée sur elle-même entre une spire interne S_I et une spire externe S_E . Selon l'invention, la lame 3 du spiral 1, dans sa position de repos de la fig. 2, comprend entre l'extrémité 5 de la spire interne S_I et la pénultième spire S_P , une première zone A dans laquelle le pas entre chaque spire augmente continûment comme illustré à la fig. 4.

[0014] Cette configuration avantageuse permet au spiral 1, lorsqu'il est en contraction, c'est-à-dire lorsque l'extrémité 5 de la spire interne S_I a effectué une rotation de sensiblement à -360 degrés par rapport au centre du spiral 1, comme visible à la fig. 1, ait un éloignement sensiblement constant entre chaque spire, de la spire interne S_I à la pénultième spire S_P .

[0015] De manière préférée, comme illustré à la fig. 4, le pas entre chaque spire augmente continûment selon une valeur constante ΔV_1 dans la première zone A. De plus, comme illustré à la fig. 5, la première zone A comporte, préférentiellement selon l'invention, une section constante. Ainsi, à titre d'exemple, la section constante peut comporter une épaisseur constante E_1 comprise entre 10 et 50 μm et une hauteur constante comprise entre 50 μm et 250 μm .

[0016] Selon une caractéristique optionnelle supplémentaire, le spiral 1 comporte, avantageusement selon l'invention, une deuxième zone B, en prolongement de la première zone A et comprise entre le début de la pénultième spire S_P et l'extrémité 7 de la spire externe S_E . La deuxième zone B comporte un pas, entre la pénultième spire S_P et la spire externe S_E , qui augmente continûment comme illustré à la fig. 4.

[0017] Cette configuration avantageuse permet au spiral 1, lorsqu'il est en expansion, c'est-à-dire lorsque l'extrémité 5 de la spire interne S_I a effectué une rotation de sensiblement à $+360$ degrés par rapport au centre du spiral 1, comme visible à la fig. 3, ait un éloignement minimal, c'est-à-dire une distance prédéfinie de sécurité garantie, entre la pénultième spire S_P et la spire externe S_E pour éviter le contact notamment entre la pénultième spire S_P et la spire externe S_E .

[0018] De manière préférée, comme illustré à la fig. 4, le pas entre chaque spire augmente continûment selon une deuxième valeur constante ΔV_2 dans la deuxième zone B. Comme visible à la fig. 4, la deuxième valeur constante ΔV_2 de la deuxième zone B est préférentiellement supérieure à la première valeur constante ΔV_1 , de la première zone A.

[0019] De plus, comme illustré à la fig. 5, la deuxième zone B comporte, préférentiellement selon l'invention, une première partie B_1 avec une section sensiblement identique à celle de la première zone A puis une deuxième partie B_2 dans laquelle la section est augmentée. De manière préférée, comme illustré à la fig. 5, la section de la lame est constante entre le début de la deuxième partie B_2 de la deuxième zone B et l'extrémité 7 de la spire externe S_E .

[0020] En outre, la section est préférentiellement augmentée uniquement par la variation de l'épaisseur de la lame 3, c'est-à-dire avec une hauteur constante. Ainsi, comme visible à la fig. 5, la deuxième valeur constante d'épaisseur de la deuxième partie B_2 de la deuxième zone B est préférentiellement supérieure à la première valeur constante d'épaisseur de la première zone A et de la première partie B_1 de la deuxième zone B. Ainsi, à titre d'exemple, la section constante de la deuxième partie B_2 de la deuxième zone B peut comporter une épaisseur constante comprise entre 25 et 75 μm et une hauteur constante comprise entre 50 μm et 250 μm .

[0021] Un premier graphique représentant l'évolution du pas entre les spires en fonction du nombre de spire du spiral au repos est illustré à la fig. 4. On peut voir que, dans la première zone A du spiral 1, la deuxième zone A comporte une augmentation constante selon la valeur ΔV_1 , du pas jusqu'à la deuxième zone B. La deuxième zone B comporte une augmentation constante selon la valeur ΔV_2 du pas jusqu'à l'extrémité 7 de la spire externe S_E . Comme visible à la fig. 4, l'augmentation constante ΔV_2 du pas de la deuxième zone B est beaucoup plus prononcée que celle ΔV_1 de la première zone A.

[0022] De manière complémentaire, un deuxième graphique illustré à la fig. 5 montre indirectement l'évolution de la section de la lame 3. En effet, la fabrication à l'aide d'une plaquette induisant intrinsèquement une hauteur sensiblement constante, seule l'évolution de l'épaisseur des spires en fonction du nombre de spire du spiral est représentée à la fig. 5. On peut voir que la première zone A du spiral 1 comporte une section constante E_1 jusqu'à la deuxième zone B. Plus exactement, la deuxième zone B comporte une première partie B_1 dont la section reste sensiblement identique à celle E_1 de la première zone A et une deuxième partie B_2 , en prolongement de la première partie B_1 , dont la section est augmentée.

[0023] Comme visible à la fig. 5, la section E_2 de la lame 3 est sensiblement constante entre le début de la deuxième partie B_2 de la deuxième zone B et l'extrémité 7 de la spire externe S_E . On peut notamment voir dans l'exemple de la fig. 5 que la section E_2 de la deuxième partie B_2 de la deuxième zone B est presque deux fois plus grande que celle E_1 de la première zone A et de la première partie de la deuxième zone B.

[0024] Enfin, un graphique représentant l'évolution ΔP de l'éloignement entre spires en fonction du nombre de spire du spiral est illustré à la fig. 6. Plus précisément, l'éloignement ΔP des spires est illustré pour le spiral dans son état en contraction à la fig. 1 (courbe annotée en carré $\square$), dans son état au repos à la fig. 2 (courbe annotée en triangle Δ) et, dans son état en expansion à la fig. 3 (courbe annotée en cercle $\circ$).

[0025] Par conséquent, en état d'expansion annoté en cercle ($\circ$), on peut voir que, dans la première zone A du spiral 1, l'éloignement ΔP entre les spires comporte un éloignement ΔP entre les spires qui augmente continûment jusqu'à ce que le point de pitonnage fixe de l'extrémité 7 ramène l'éloignement entre les spires à une valeur minimale, c'est-à-dire une distance prédéfinie de sécurité garantie. Dans l'exemple de la fig. 6, on peut voir que la distance prédéfinie de sécurité garantie est d'environ 50 μm .

[0026] De manière logique, puisque dans son état au repos, la courbe annotée en triangle Δ à la fig. 6 est identique à la courbe de la fig. 4. Enfin, en état de contraction annoté en carré ($\square$), on peut voir que, dans la première zone A du spiral 1, l'éloignement ΔP entre les spires comporte un éloignement ΔP entre les spires qui augmente continûment selon une pente si faible que l'éloignement ΔP peut être considéré comme sensiblement constant dans la première zone A. Dans l'exemple de la fig. 6, on peut voir que l'éloignement ΔP dans la zone A est d'environ 35 μm . On remarque, ensuite, que la deuxième zone B comporte une augmentation continue, plus marquée que dans la première zone A, de l'éloignement ΔP entre les spires en se rapprochant de l'extrémité 7 de la spire externe S_E .

[0027] A la fig. 6, on remarque que les valeurs minimales des courbes en cercle ($\circ$) et en carré ($\square$) ne sont pas identiques. Toutefois, elles pourraient être rendues géométriquement identiques.

[0028] De même, les valeurs décrites dans les fig. 4 à 6 sont utilisées uniquement à titre d'exemple. Ainsi, suivant les configurations du spiral et/ou du résonateur auquel il appartient, la valeur minimale choisie pourrait être différente des 35 micromètres choisis comme exemple à la fig. 6. On comprend donc que chaque valeur minimale des courbes en cercle ($\circ$) et en carré ($\square$) pourrait être choisie inférieure ou supérieure à, respectivement, 50 et 35 micromètres.

[0029] Avantagusement selon l'invention, on comprend toutefois que ces caractéristiques particulières du spiral 1 autorisent un encombrement du spiral au repos qui est réduit tout en garantissant un éloignement constant minimal entre les spires en contraction et, préférentiellement, également en expansion. On peut donc minimiser la taille du spiral sans pour autant perdre en propriétés chronométriques. Un tel spiral selon l'invention permet d'optimiser le nombre de spiraux qui seront gravés sur une même plaquette afin d'en réduire le coût unitaire.

[0030] Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, la géométrie, c'est-à-dire les variations de pas, de section comme, par exemple, l'épaisseur et le nombre de spires, peut varier suivant les applications prévues.

[0031] A titre d'exemple, il pourrait être envisagé de manière additionnelle de réduire le nombre de spires pour encore d'avantage diminuer l'encombrement du spiral.

[0032] Il est également clair que l'angle de 360 degrés en contraction ou en expansion pourrait être plus faible sans sortir du cadre de l'invention. En effet, cet angle a été choisi, car mécaniquement cet angle ne peut théoriquement pas être dépassé dans un résonateur du type balancier-spiral. Toutefois, l'importance n'est pas pour quel angle l'éloignement est minimal mais plutôt d'être sûr que l'éloignement minimal ne soit jamais dépassé. On comprend donc que l'angle pourrait être choisi volontairement plus bas car, suivant la configuration du mouvement, il est clair que cet angle ne sera pas dépassé en fonctionnement normal.

[0033] De plus, les valeurs en ordonnées de la fig. 4 ne sont nullement limitatives. Ainsi, suivant la section de la première zone A, le pas minimal de la première zone A et/ou le pas maximal de la deuxième zone B peuvent varier. On comprend donc que seules les variations de pas sont conservées mais pas forcément selon les mêmes valeurs minimales et/ou maximales.

[0034] De manière similaire, les valeurs en ordonnées de la fig. 5, ne sont nullement limitatives. Ainsi, suivant la variation du pas de la première zone A, la section minimale de la première zone A et/ou la section maximale de la deuxième zone B peuvent varier. On comprend donc que seules les variations de section sont conservées mais pas forcément selon les mêmes valeurs minimales et/ou maximales.

[0035] Enfin, même si les calculs ont été effectués à partir de la variation de l'épaisseur, il est bien évident que la variation doit être comprise comme une variation de section, c'est-à-dire que la variation s'applique à la hauteur et/ou à l'épaisseur de la lame du spiral.

Revendications

1. Spiral (1) monobloc comportant une lame (3) unique enroulée sur elle-même entre une spire interne (S_i) et une spire externe (S_e), la lame (3) au repos comprenant entre l'extrémité de la spire interne (S_i) et la pénultième spire (S_p), une première zone (A) dans laquelle le pas entre chaque spire augmente continûment afin que le spiral (1), lorsqu'il est en contraction à une valeur de 360 degrés, ait un éloignement sensiblement constant entre chaque spire de la spire interne (S_i) à la pénultième spire (S_p).
2. Spiral (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que, dans la première zone (A), le pas entre chaque spire augmente continûment selon une valeur constante (ΔV_1).
3. Spiral (1) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la première zone (A) comporte une section constante.
4. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le spiral (1) comporte une deuxième zone (B), en prolongement de la première zone (A) et comprise entre le début de la pénultième spire (S_p) et l'extrémité (7) de la spire externe (S_e), dans laquelle le pas augmente continûment afin que le spiral (1), lorsqu'il est en expansion à une valeur de 360 degrés, ait un éloignement minimal entre la pénultième spire (S_p) et la spire externe (S_e) pour éviter leur contact.
5. Spiral (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que, dans la deuxième zone (B), le pas augmente continûment selon une valeur constante (ΔV_2).
6. Spiral (1) selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que la deuxième zone (B) comporte une première partie (B_1) dont la section est sensiblement identique à celle de la première zone (A) et une deuxième partie (B_2), en prolongement de la première partie (B_1), dont la section est augmentée.
7. Spiral (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la section de la lame (3) est constante entre le début de la deuxième partie (B_2) de la deuxième zone (B) et l'extrémité (7) de la spire externe (S_e).
8. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le spiral (1) est à base de silicium.
9. Résonateur caractérisé en ce qu'il comporte un balancier coopérant avec un spiral (1) selon l'une des revendications précédentes.

Fig. 1

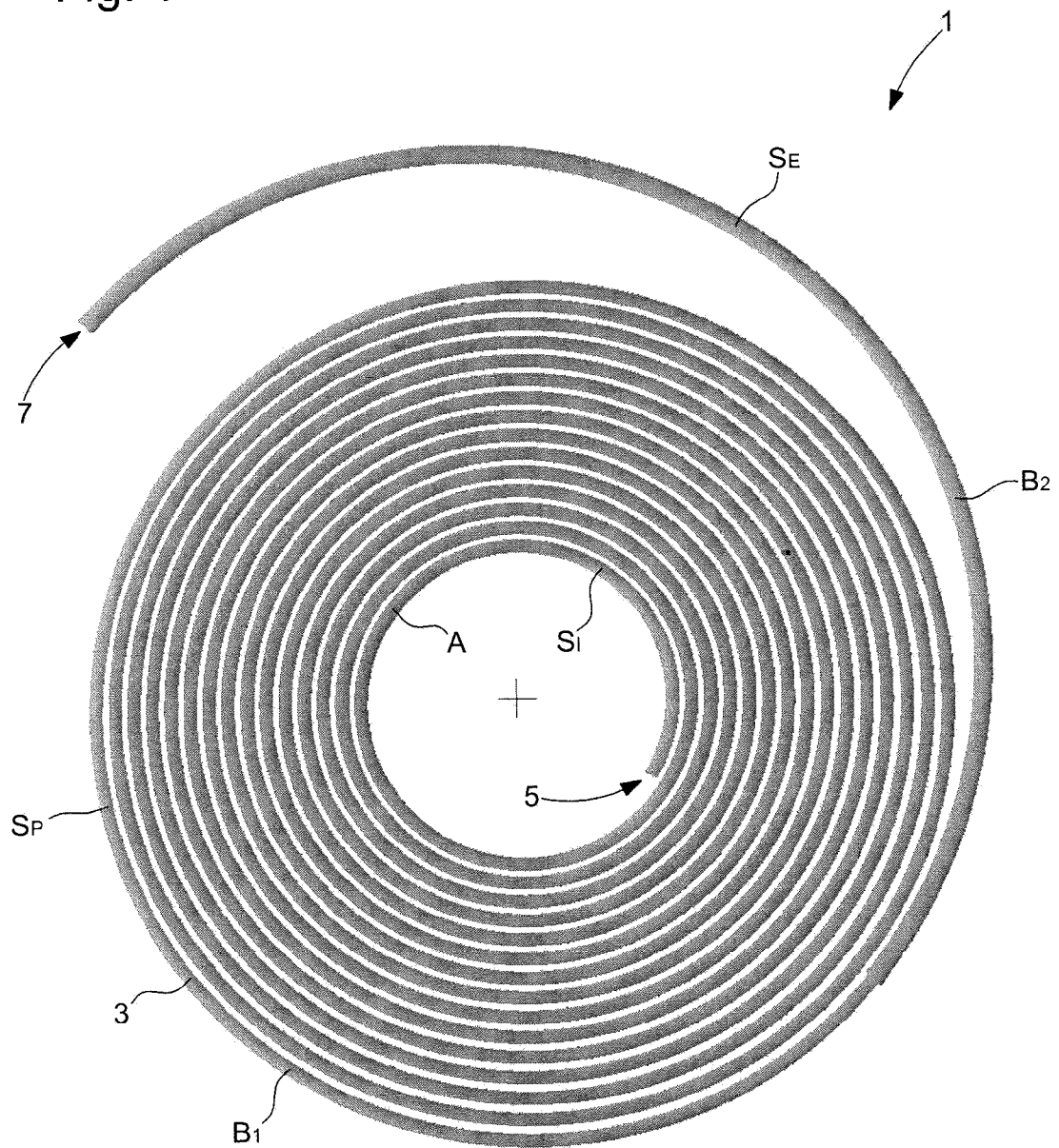


Fig. 2

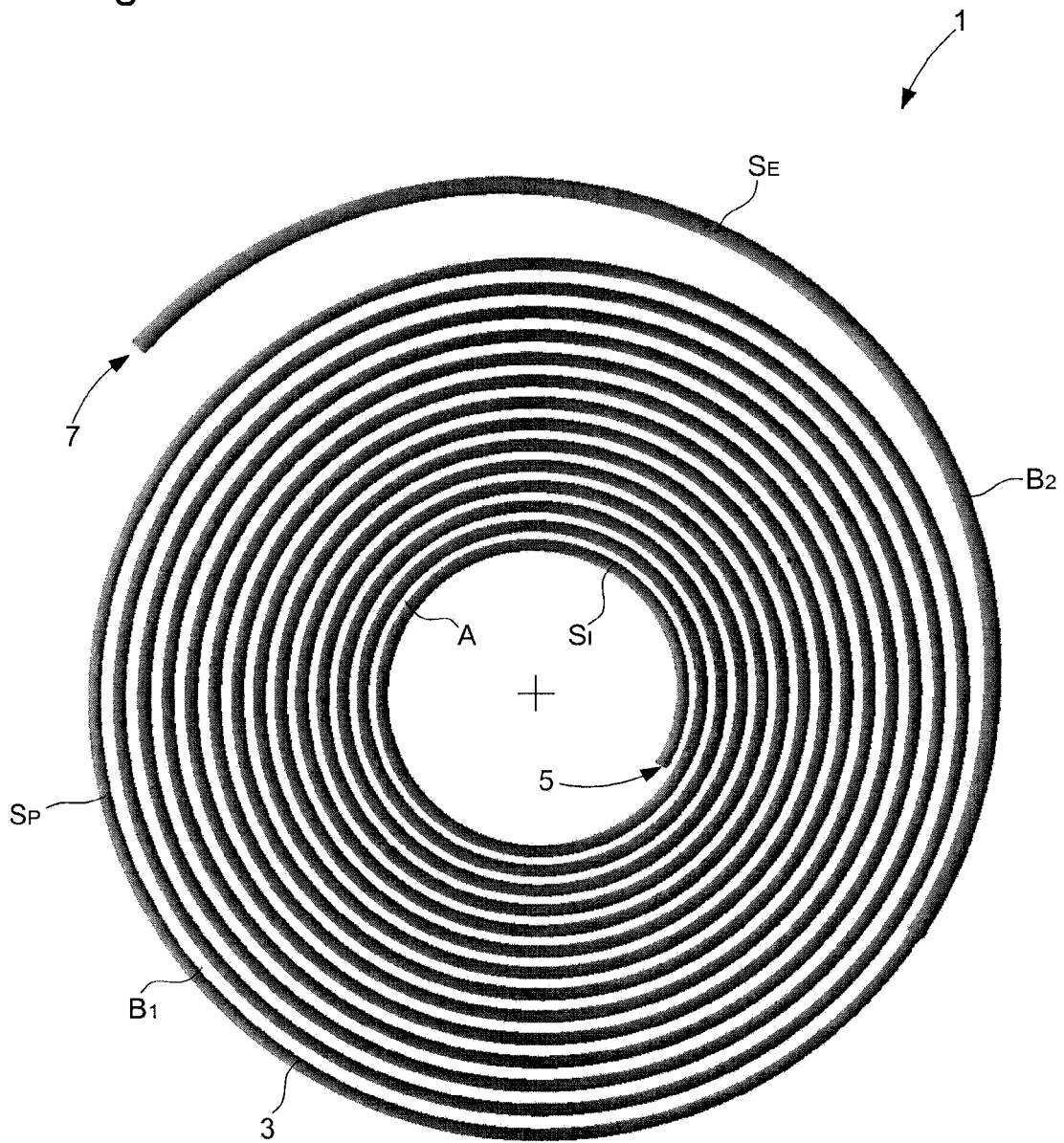


Fig. 3

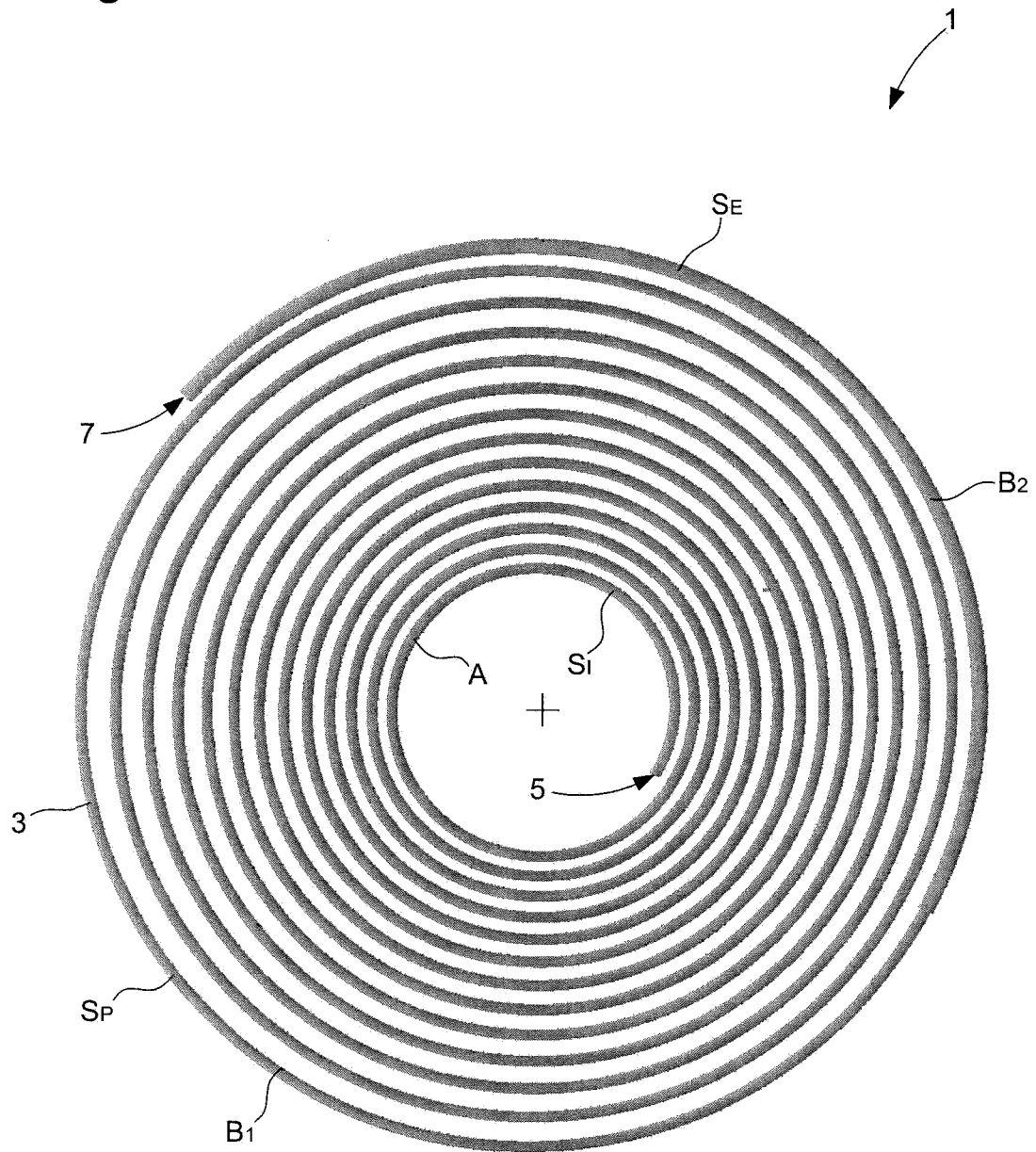


Fig. 4

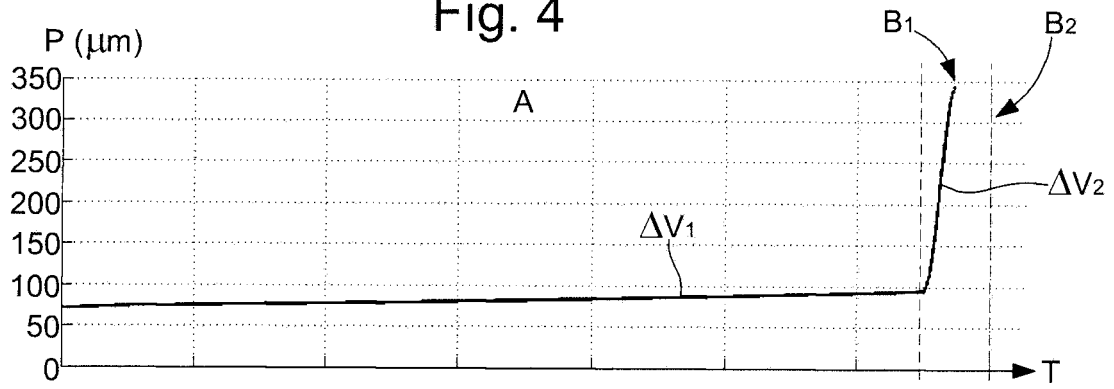


Fig. 5

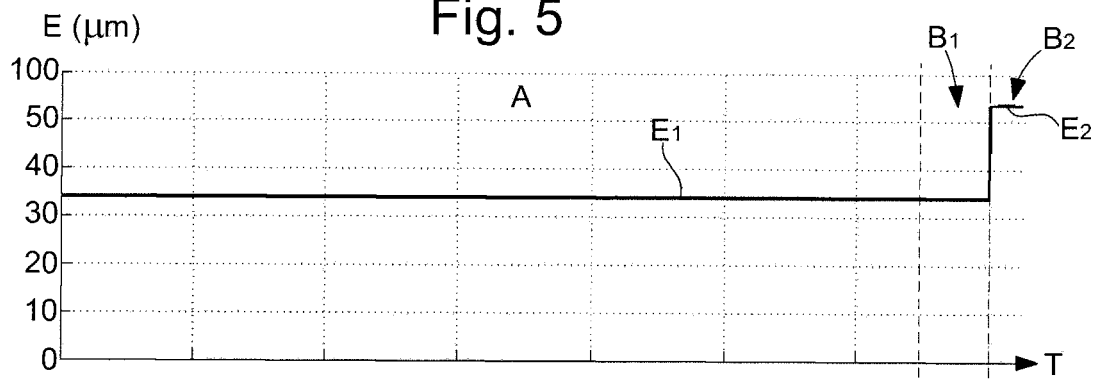


Fig. 6

