(19) CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 711 676 B1

(51) Int. Cl.: G04B 17/06 (2006.01)
F16F 1/10 (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: 01543/15

(22) Date de dépôt: 22.10.2015

(43) Demande publiée: 28.04.2017

(24) Brevet délivré: 15.07.2019

(45) Fascicule du brevet publié: 15.07.2019

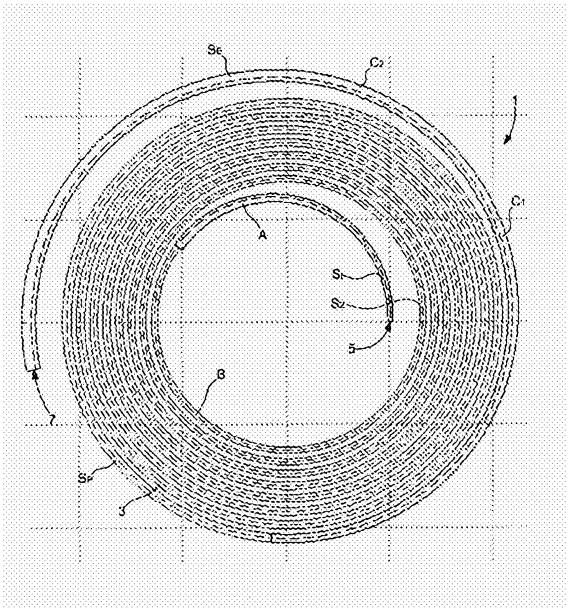
(73) Titulaire(s):
ETA SA Manufacture Horlogère Suisse,
Schild-Rust-Strasse 17
2540 Grenchen (CH)

(72) Inventeur(s):
Jean-Luc Helfer, 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 à section variable.

(57) L'invention se rapporte à un spiral (1) monobloc comportant une lame (3) unique enroulée sur elle-même entre une spire interné (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 constant entre chaque spire de la deuxième spire (S_2) à la pénultième spire (S_P).



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, à savoir 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 et 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 deuxième spire, une première zone dans laquelle le pas diminue, une deuxième zone, en prolongement de la première zone, dans laquelle le pas entre chaque spire et la section de la lame augmentent continûment afin que le spiral, lorsqu'il est en contraction à une valeur de 360 degrés, ait un éloignement constant entre chaque spire de la deuxième spire à la pénultième spire.

[0006] Avantageusement selon l'invention, on comprend que l'encombrement du spiral est réduit au maximum 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 deuxième zone, le pas entre chaque spire augmente continûment selon une valeur constante;
- dans la deuxième zone, la section de la lame augmente continûment selon une valeur constante;
- la première zone comporte une section qui augmente entre l'extrémité de la spire interne et sa jonction avec la deuxième zone;
- le spiral comporte une troisième zone, en prolongement de la deuxième 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 deuxième spire et la spire externe pour éviter leur contact;
- dans la troisième zone, le pas augmente continûment selon une valeur constante;
- la troisième zone comporte une première partie dont la section augmente de manière sensiblement identique par rapport à celle de la deuxième zone et une deuxième partie, en prolongement de la première partie, dont la section augmente en se rapprochant de l'extrémité de la spire externe, l'augmentation de la section dans la deuxième partie étant plus grande que l'augmentation de section dans la première partie;
- le spiral est à base de silicium.

[0008] De plus, l'invention se rapporte à un résonateur caractérisé en ce qu'il 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;
la fig. 5	est un graphique représentant l'évolution de l'épaisseur des spires en fonction du nombre de spire du spiral;

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 fabriquer un maximum 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, c'est-à-dire à base d'un matériau électriquement conducteur.

[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 deuxième spire S_2 une première zone A dans laquelle le pas entre la spire interne S_I et la deuxième spire S_2 diminue.

[0014] De manière avantageuse, le spiral 1 comporte, en prolongement de la première zone A, une deuxième zone B, dans laquelle le pas entre chaque spire et la section de la lame 3 augmentent continûment afin que le 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 deuxième spire S_2 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 dans la deuxième zone B. De plus, comme illustré à la fig. 5, préférentiellement selon l'invention, la section de la lame 3 augmente continûment selon une valeur constante dans la deuxième zone B. Ainsi, à titre d'exemple, la section peut comporter une épaisseur variable comprise entre 10 et 75 µm et une hauteur constante comprise entre 50 et 250 µm.

[0016] Selon une caractéristique optionnelle supplémentaire, le spiral comporte, avantageusement selon l'invention, une troisième zone C, en prolongement de la deuxième zone B 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, entre la pénultième spire S_P et la spire externe S_E, augmente continûment afin que le spiral 1, lorsqu'il est en expansion, c'est-à-dire lorsque l'extrémité 5 de la spire interne S, 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 entre la deuxième spire S_2 et la spire externe S_E pour éviter le contact notamment entre la pénultième spire S_P et la spire externe S_E.

[0017] De manière préférée, comme illustré à la fig. 4, le pas entre chaque spire augmente continûment selon une deuxième valeur constante dans la troisième zone C. Comme visible à la fig. 4, la deuxième valeur constante est préférentiellement supérieure à la première valeur constante de la deuxième zone B.

[0018] De plus comme illustré à la fig. 5, préférentiellement selon l'invention, la troisième zone C comporte une première partie C_1 dont la section augmente de manière sensiblement identique par rapport à celle de la deuxième zone B et une deuxième partie (C_2), en prolongement de la première partie C_1, dont la section augmente en se rapprochant de l'extrémité 7 de la spire externe S_E, l'augmentation de la section dans la deuxième partie C_2 étant plus grande que l'augmentation de section dans la première partie C_1. Ainsi, à titre d'exemple, la section peut comporter une épaisseur variable comprise entre 25 et 100 µm et une hauteur constante comprise entre 50 et 250 µm.

[0019] Un premier graphique représentant l'évolution du pas entre les spires en fonction du nombre de spire du spiral est illustré à la fig. 4. On peut voir que, dans la première zone A du spiral 1, le pas diminue sensiblement de manière sensiblement constante jusqu'au début de la deuxième zone B. A la fig. 4, on peut voir que la deuxième zone B comporte une augmentation constante du pas jusqu'à la troisième zone C. Cette dernière C comporte une augmentation constante du pas jusqu'à l'extrémité 7 de la spire externe S_E. Comme visible à la fig. 4, l'augmentation constante du pas de la troisième zone C est beaucoup plus prononcée que celle de la zone B.

[0020] De manière complémentaire, un deuxième graphique représentant l'évolution de l'épaisseur des spires en fonction du nombre de spire du spiral est illustré à la fig. 5. On peut voir que, dans la première zone A du spiral 1, l'épaisseur augmente jusqu'au début de la deuxième zone B où elle redescend à valeur proche de la section de début de la première zone A. A la fig. 5, on peut voir que la deuxième zone B comporte une augmentation constante de la section jusqu'à la deuxième partie C_2 de la troisième zone C. La deuxième partie C_2 comporte une augmentation constante du pas jusqu'à l'extrémité 7 de la spire externe S_E. Comme visible à la fig. 5, l'augmentation constante de la section de la troisième zone C est beaucoup plus prononcée que celle de la zone B.

[0021] 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 des spires est illustré pour le spiral dans son état en contraction de la fig. 1 (courbe annotée en carré □), dans son état au repos de la fig. 2 (courbe annotée en triangle Δ) et dans son état en expansion de la fig. 3 (courbe annotée en cercle O).

[0022] Par conséquent, en état d'expansion annoté en cercle (O), on peut voir que, dans la première zone A du spiral 1, l'éloignement entre les spires diminue jusqu'au début de la deuxième zone B. On remarque, ensuite, que les deuxième et troisième zones B et C comportent un éloignement ΔP entre les spires qui est sensiblement constant jusqu'à l'extrémité 7 du spiral 1.

[0023] Dans son état au repos à la courbe annotée en triangle Δ, on peut voir que, dans la première zone A du spiral 1, l'éloignement ΔP entre les spires diminue jusqu'au début de la troisième zone C. On remarque, ensuite, que la troisième zone C comporte un éloignement ΔP entre les spires qui augmente continûment jusqu'à l'extrémité 7 du spiral 1.

[0024] Enfin, en état de contraction annoté en carré (□), on peut voir que, dans selon la revendication première zone A, l'éloignement ΔP entre les spires diminue jusqu'au début de la deuxième zone B. On remarque ensuite, dans la deuxième zone B du spiral 1, que l'éloignement ΔP entre les spires est avantageusement constant et égale à une valeur minimale. Pour finir, la troisième zone C comporte une augmentation continue de l'éloignement entre les spires en se rapprochant de l'extrémité 7 de la spire externe S_E.

[0025] A la fig. 6, on remarque que les valeurs minimales des courbes en cercle (O) et en carré (□) ne sont pas identiques. Toutefois, elles pourraient être rendues géométriquement identiques.

[0026] De même, les valeurs décrites dans les fig. 4 à 6 sont utilisés 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 20 micromètres choisis comme exemple à la fig. 6. On comprend donc que chaque valeur minimale des courbes en cercle (O) et en carré (□) pourrait être choisie inférieure ou supérieure à 20 micromètres.

[0027] Avantageusement selon l'invention, on comprend toutefois que ces caractéristiques particulières du spiral 1 autorisent un encombrement du spiral au repos qui est réduit au maximum tout en garantissant un éloignement constant minimal entre les spires en contraction et, éventuellement, 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.

[0028] 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.

[0029] 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.

[0030] 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. 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.

[0031] De plus, les valeurs en ordonnées de la fig. 4 ne sont nullement limitatives. Ainsi, suivant la section de la deuxième zone B, le pas maximal de la première zone A et/ou de la troisième zone C peuvent varier. On comprend donc que seules les variations de pas sont conservées mais pas forcément selon les mêmes valeurs minimales et/ou maximales.

[0032] De manière similaire, les valeurs en ordonnées de la fig. 5 ne sont nullement limitatives. Ainsi, suivant l'épaisseur de la deuxième zone B, l'épaisseur maximale de la première zone A et/ou de la troisième zone C peuvent varier. On comprend donc que seules les variations d'épaisseur sont conservées mais pas forcément selon les mêmes valeurs minimales et/ou maximales.

[0033] 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 de la hauteur et/ou de 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 deuxième spire (S_2), une première zone (A) dans laquelle le pas diminue et comprenant une deuxième zone (B), en prolongement de la première zone (A), dans laquelle le pas entre chaque spire et la section de la lame (3) augmentent continûment afin que le spiral (1), lorsqu'il est en contraction à une valeur de 360 degrés, ait un éloignement constant entre chaque spire de la deuxième spire (S_2) à la pénultième spire (S_P).
2. Spiral (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que, dans la deuxième zone (B), le pas entre chaque spire augmente continûment selon une valeur constante.

3. Spiral (1) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, dans la deuxième zone (B), la section de la lame (3) augmente continûment selon une valeur constante.
4. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première zone (A) comporte une section qui augmente entre l'extrémité (5) de la spire interne (S_I) et sa jonction avec la deuxième zone (B).
5. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le spiral (1) comporte une troisième zone (C), en prolongement de la deuxième zone (B) 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.
6. Spiral (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que, dans la troisième zone (C), le pas augmente continûment selon une valeur constante.
7. Spiral (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la troisième zone (C) comporte une première partie (C_1) dont la section augmente de manière sensiblement identique par rapport à celle de la deuxième zone (B) et une deuxième partie (C_2), en prolongement de la première partie (C_1), dont la section augmente en se rapprochant de l'extrémité (7) de la spire externe (S_E), l'augmentation de la section dans la deuxième partie (C_2) étant plus grande que l'augmentation de section dans la première partie (C_1).
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 que le résonateur comporte un balancier coopérant avec un spiral (1) selon l'une des revendications précédentes.

Fig. 1

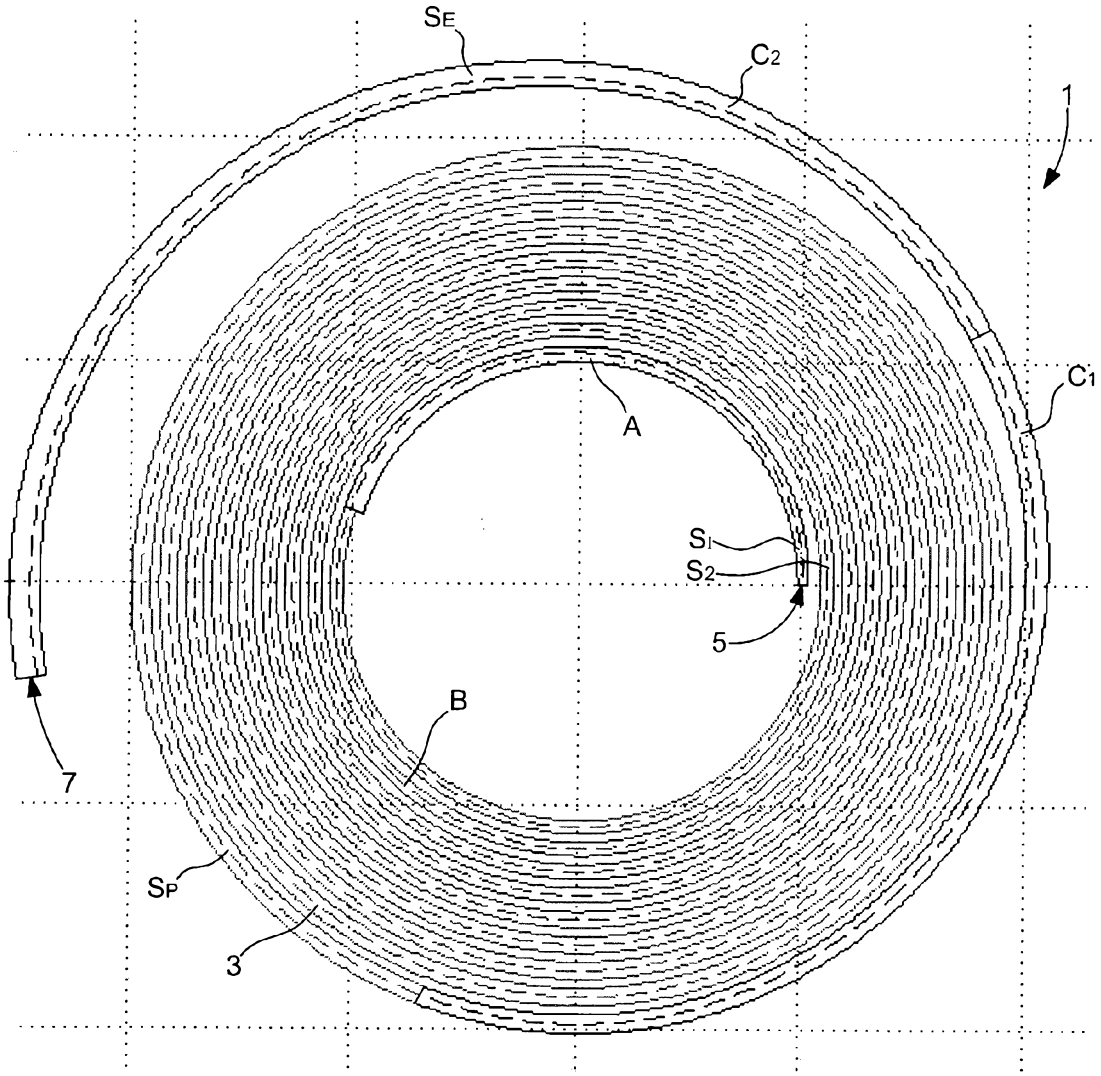


Fig. 2

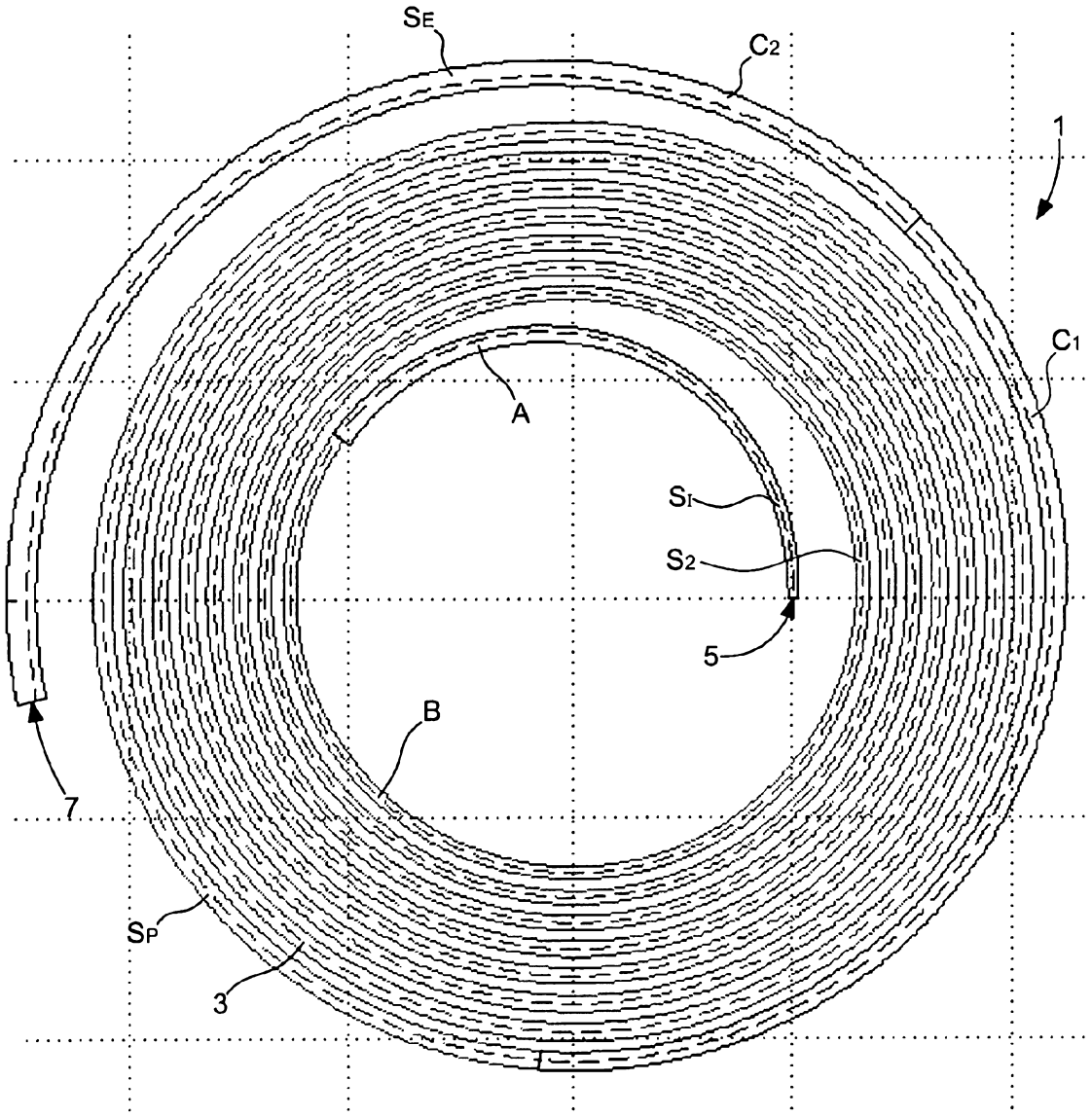
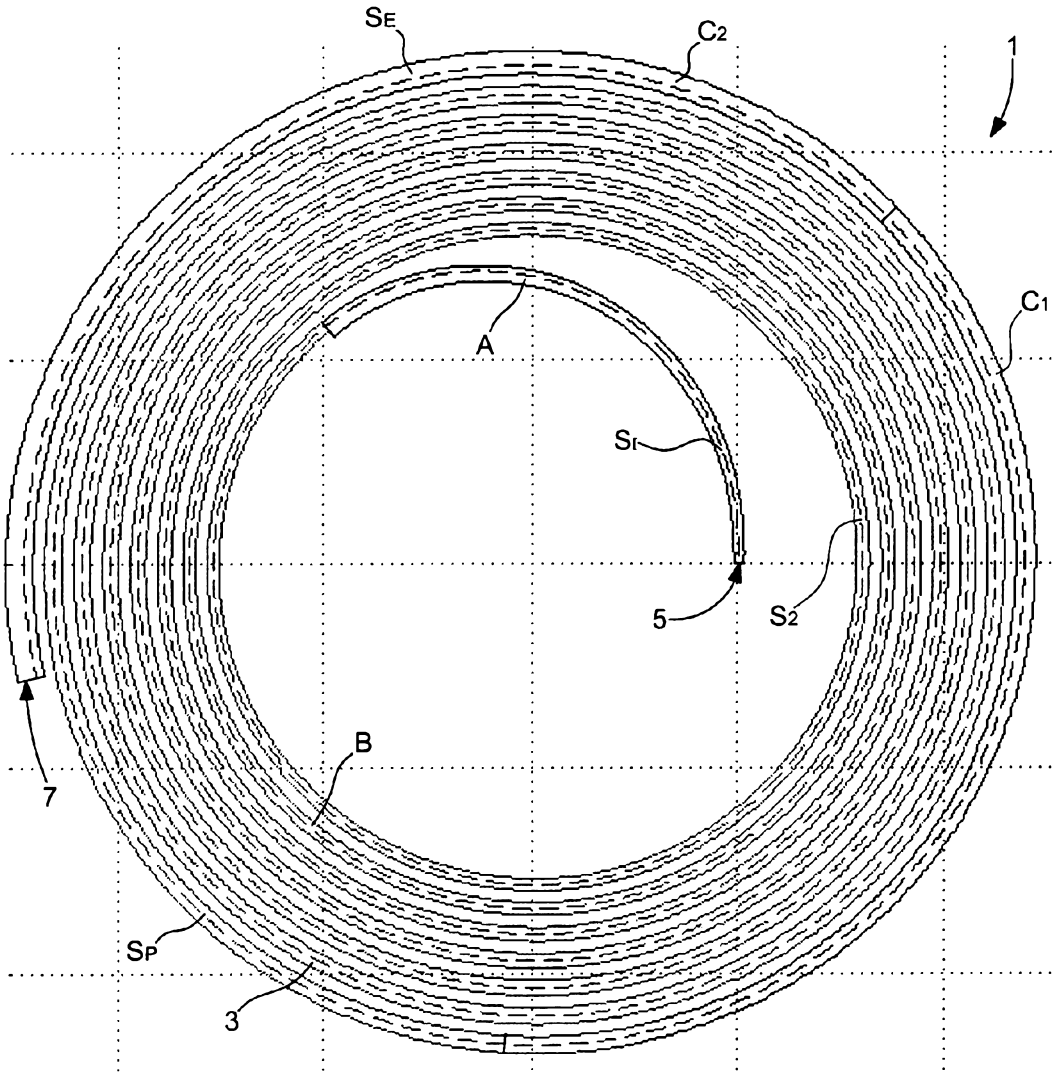


Fig. 3



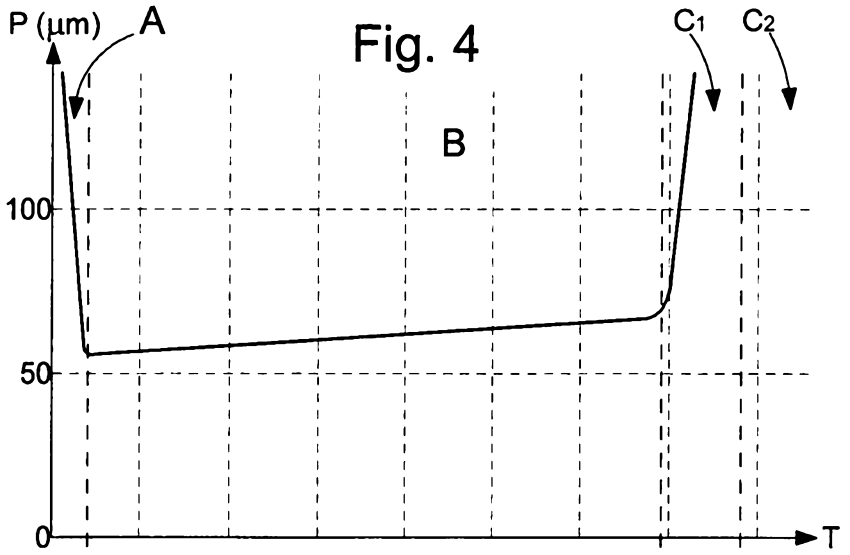


Fig. 4

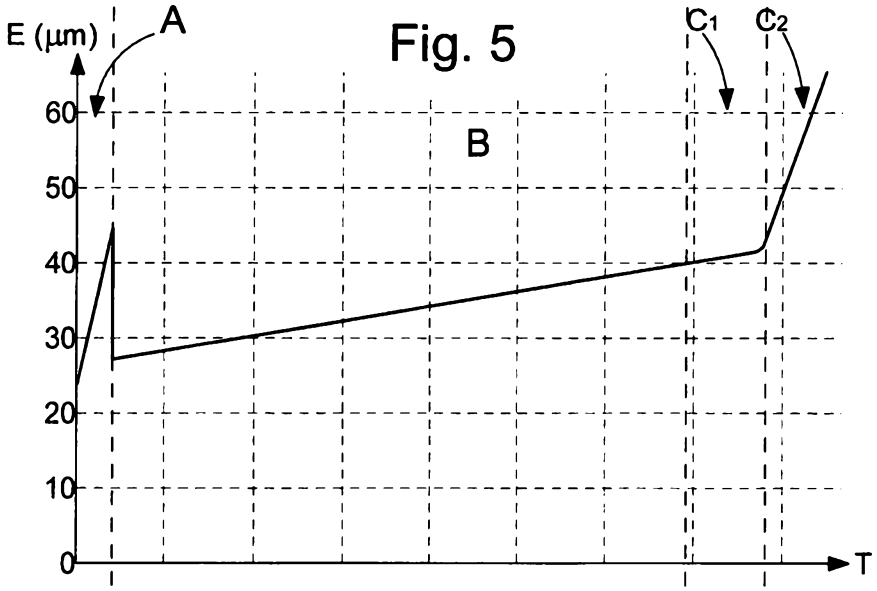


Fig. 5

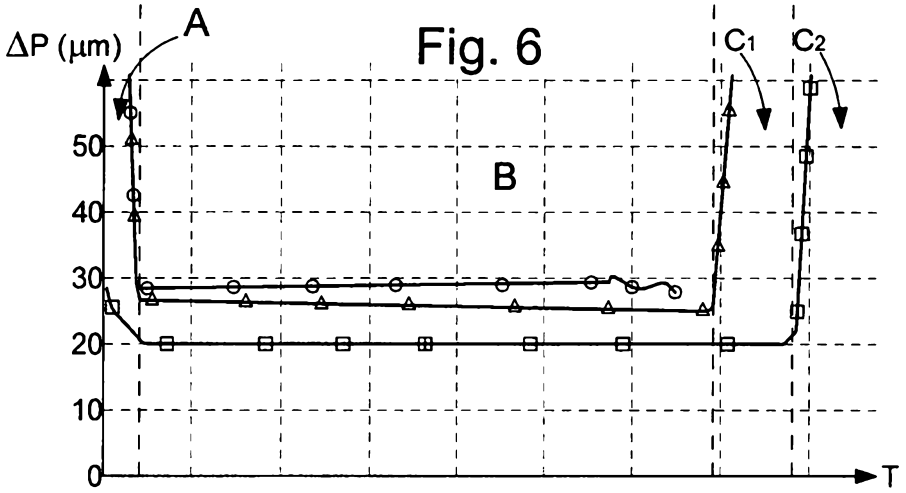


Fig. 6