



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 718 120 A2

(51) Int. Cl.: H02P 8/02 (2006.01)
H02P 8/34 (2006.01)
G04C 3/14 (2006.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 70682/21

(22) Date de dépôt: 08.12.2021

(43) Demande publiée: 15.06.2022

(30) Priorité: 08.12.2020 JP 2020-203383
29.09.2021 JP 2021-159512

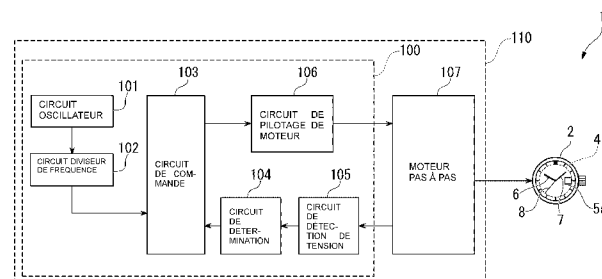
(71) Requérant:
Seiko Watch Kabushiki Kaisha (trading as Seiko Watch Corporation), 5-11, Ginza 4-chome Chuo-ku Tokyo (JP)

(72) Inventeur(s):
Kosuke Yamamoto, Chiba-shi, Chiba. (JP)
Akihito Okumura, Chiba-shi, Chiba. (JP)
Kazumi Sakumoto, Chiba-shi, Chiba. (JP)
Tetsuya Nobe, Chiba-shi, Chiba. (JP)

(74) Mandataire:
BOVARD SA Conseils en propriété intellectuelle,
Optingenstrasse 16
3013 Bern (CH)

(54) **Dispositif de commande de moteur pas à pas, mouvement, pièce d'horlogerie et procédé de commande de moteur pas à pas.**

(57) L'invention concerne un dispositif (100) de commande de moteur pas à pas (107) qui comprend une unité de pilotage (106) qui pilote un moteur pas à pas comprenant un rotor qui fait tourner une aiguille et un enroulement qui, génère un flux magnétique pour faire tourner le rotor, une unité de commande (103) qui émet, à destination de l'unité de pilotage, une impulsion d'entraînement pour faire tourner le rotor et une impulsion de basculement pour faire basculer le rotor, une unité de détection de tension (105) qui détecte une tension induite générée dans l'enroulement lorsque le rotor oscille, et une unité de détermination (104) qui, sur la base d'un résultat de la détection par l'unité de détection de tension, détermine une charge mécanique reçue par le rotor.



Description

ARRIERE-PLAN

1. Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne un dispositif de commande de moteur pas à pas, un mouvement, une pièce d'horlogerie et un procédé de commande de moteur pas à pas.

2. Description de l'art antérieur afférant

[0002] Il existe un procédé de détection de la position d'une aiguille d'une pièce d'horlogerie. Par exemple, il a été proposé une technique d'entraînement d'un moteur pas à pas au moyen d'une impulsion d'entraînement à un instant normal d'entraînement et de détection de l'état angulaire du rotor avec une tension induite (voir, par exemple, JP-A-62-291591).

[0003] Selon l'art antérieur décrit dans JP-A-62-291591, pour la détection de l'état angulaire du rotor, après qu'une impulsion d'entraînement normal a été appliquée au rotor, le rotor nécessite de vibrer à une vitesse constante ou supérieure et de générer une tension induite égale ou supérieure à une tension seuil prédéterminée. Cependant, il y a un problème qui est que, en fonction du moteur, la tension induite est moins facilement générée et qu'il est difficile de détecter l'état angulaire.

RÉSUMÉ

[0004] L'invention a été imaginée au vu d'une telle situation et un but de la présente invention est de réaliser la détection de la position d'une aiguille.

[0005] Un dispositif de commande de moteur pas à pas selon un aspect de la présente invention comprend : une unité de pilotage qui pilote un moteur pas à pas comprenant un rotor qui fait tourner une aiguille et un enroulement qui génère un flux magnétique pour faire tourner le rotor ; une unité de commande qui émet, à destination de l'unité de pilotage, une impulsion d'entraînement pour faire tourner le rotor et une impulsion de basculement pour faire basculer le rotor ; une unité de détection de tension qui détecte une tension induite générée dans l'enroulement lorsque le rotor oscille ; et une unité de détermination qui, sur la base d'un résultat de la détection par l'unité de détection de tension, détermine une charge mécanique reçue par le rotor.

[0006] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir qu'après avoir émis l'impulsion de basculement, l'unité de commande émet l'impulsion d'entraînement après qu'une durée prédéterminée s'est écoulée.

[0007] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de détermination détermine, comme étant la charge mécanique, si une première partie dentée qui tourne en conséquence de la rotation du rotor est en contact avec une dent de charge d'une deuxième partie dentée comprenant la dent de charge.

[0008] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de commande commande, en fonction de la charge mécanique déterminée par l'unité de détermination, l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas.

[0009] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de commande commande la durée d'émission de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas.

[0010] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de commande commande un procédé d'alimentation du moteur pas à pas pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas.

[0011] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de commande commande un rapport cyclique de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas.

[0012] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de commande commande une tension de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas.

[0013] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'impulsion de basculement est une première impulsion de basculement ayant une énergie pour faire tourner le rotor dans un premier sens de rotation, la première impulsion de basculement basculant le rotor, ou une deuxième impulsion de basculement ayant une énergie pour faire tourner le rotor dans un deuxième sens de rotation après que la première impulsion a été émise, la deuxième impulsion de basculement basculant le rotor.

[0014] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que le premier sens de rotation est un sens de rotation normal, et le deuxième sens de rotation est un sens contraire au premier sens de rotation.

[0015] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de commande émet la première impulsion de basculement lorsqu'elle émet l'impulsion de basculement selon un cycle prédéterminé dans lequel l'impulsion d'entraînement est émise, et émet la première impulsion de basculement et la deuxième impulsion de basculement lorsqu'elle émet l'impulsion de basculement à un instant prédéterminé ne correspondant pas au cycle prédéterminé dans lequel l'impulsion d'entraînement est émise.

[0016] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de détermination détermine, selon qu'une valeur de tension détectée par l'unité de détection de tension a dépassé ou non un seuil prédéterminé, la charge mécanique reçue par le rotor.

[0017] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de détermination détermine, selon que le moment de génération d'une valeur de tension détectée par l'unité de détection de tension est ou non à l'intérieur d'une période prédéterminée, la charge mécanique reçue par le rotor.

[0018] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de commande a un mode avec émission d'impulsions de basculement pour émettre l'impulsion de basculement et un mode sans émission d'impulsion de basculement pour ne pas émettre l'impulsion de basculement.

[0019] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de pilotage de moteur pilote le moteur pas à pas avec une première tension lorsque l'impulsion d'entraînement est émise depuis l'unité de commande, et pilote le moteur pas à pas avec une deuxième tension inférieure à la première tension lorsque l'impulsion de basculement est émise depuis l'unité de commande.

[0020] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de commande applique, lorsque la charge mécanique reçue par le rotor telle que déterminée par l'unité de détermination est inférieure à un seuil prédéterminé, l'impulsion d'entraînement d'un échelon supérieur à l'impulsion d'entraînement appliquée immédiatement avant l'impulsion d'entraînement, parmi des impulsions d'entraînement de plusieurs échelons ayant des énergies différentes, et applique, lorsqu'un résultat selon lequel la charge mécanique reçue par le rotor telle que déterminée par l'unité de détermination est supérieure au seuil prédéterminé est obtenu continûment au moins un nombre de fois prédéterminé, l'impulsion d'entraînement d'un échelon inférieur à l'impulsion d'entraînement appliquée immédiatement avant l'impulsion d'entraînement parmi les impulsions d'entraînement de plusieurs échelons ayant des énergies différentes.

[0021] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que, lorsqu'une partie dentée comprenant une dent de charge effectue un tour, l'unité de commande sélectionne, sur la base du nombre de fois où il est déterminé par l'unité de détermination que la charge mécanique reçue par le rotor est supérieure à un seuil prédéterminé, une impulsion de basculement dont l'échelon parmi des impulsions de basculement de plusieurs échelons ayant des énergies différentes est appliqué.

[0022] Dans le dispositif de commande de moteur pas à pas selon l'aspect de la présente invention, on peut prévoir que l'unité de commande n'effectue pas la commande de l'impulsion d'entraînement pendant que l'unité de commande commande l'échelon de l'impulsion de basculement.

[0023] Un mouvement selon un aspect de la présente invention comprend : un dispositif de commande de moteur pas à pas tel que défini plus haut ; et le moteur pas à pas.

[0024] Une pièce d'horlogerie selon un aspect de la présente invention comprend un mouvement tel que défini ci-dessus.

[0025] Un procédé de commande de moteur pas à pas selon un aspect de la présente invention comprend : appliquer une impulsion d'entraînement à un moteur pas à pas, qui comprend un rotor qui fait tourner une aiguille et un enroulement qui génère un flux magnétique pour faire tourner le rotor, pour faire ainsi tourner le rotor, ou appliquer une impulsion de basculement au moteur pas à pas pour basculer ainsi le rotor ; détecter une tension induite générée dans l'enroulement lorsque le rotor oscille ; et déterminer, sur la base d'un résultat de la détection, une charge mécanique reçue par le rotor.

[0026] Selon la présente invention, il est possible de réaliser une détection de la position d'une aiguille.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0027]

La figure 1 est une vue extérieure d'une pièce d'horlogerie selon un premier mode de réalisation

La figure 2 est une vue en plan du côté avant d'un mouvement selon le premier mode de réalisation.

La figure 3 est une vue en plan du côté arrière du mouvement selon le premier mode de réalisation.

La figure 4 est une vue en plan montrant une partie d'un mouvement selon le premier mode de réalisation et représente un premier groupe de rouages tel que vu depuis le premier côté.

La figure 5 est une vue en plan d'une partie dentée de 24 heures selon le premier mode de réalisation.

La figure 6 est un schéma montrant un exemple d'une configuration fonctionnelle de la pièce d'horlogerie selon le premier mode de réalisation.

La figure 7 est un schéma montrant un exemple de constitution d'une unité d'entraînement d'aiguille selon le premier mode de réalisation.

Les figures 8A et 8B sont des diagrammes montrant un exemple d'une impulsion de basculement et d'une impulsion d'entraînement dans le premier mode de réalisation.

La figure 9 est un schéma montrant un exemple d'oscillation dans le cas où une dent de charge et un pignon engrène l'un avec l'autre et un exemple d'oscillation dans le cas où une dent standard et le pignon engrènent l'un avec l'autre.

La figure 10 est un organigramme montrant un exemple de fonctionnement d'un dispositif de commande de moteur pas à pas dans le premier mode de réalisation.

La figure 11 est une vue en plan d'un côté avant d'un mouvement dans un deuxième mode de réalisation.

La figure 12 est un schéma montrant un exemple de constitution d'une unité d'entraînement d'aiguille dans le deuxième mode de réalisation.

La figure 13 est un diagramme montrant un exemple d'une impulsion de basculement et d'une impulsion d'entraînement dans le deuxième mode de réalisation.

La figure 14 est un diagramme montrant une alternative de l'impulsion de basculement et de l'impulsion d'entraînement dans le deuxième mode de réalisation.

Les figures 15A et 15B sont des diagrammes montrant un exemple de cas où l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas est commandée en commandant un instant d'émission d'une impulsion d'entraînement dans un troisième mode de réalisation.

Les figures 16A et 16B sont des diagrammes montrant un exemple de cas où l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas est commandée en commandant un procédé d'excitation du moteur pas à pas dans le troisième mode de réalisation.

Les figures 17A et 17B sont des diagrammes montrant un exemple d'un cas où l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas est commandée en commandant un rapport cyclique de l'impulsion d'entraînement dans le troisième mode de réalisation.

Les figures 18A et 18B sont des diagrammes montrant un exemple de cas où l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas est commandée en commandant une tension de l'impulsion d'entraînement dans le troisième mode de réalisation.

La figure 19 est un diagramme montrant un exemple d'impulsion de basculement et un exemple d'impulsion d'entraînement dans un quatrième mode de réalisation.

La figure 20 est un diagramme montrant la détection ou l'absence de détection d'une tension induite dans le cas où les tensions d'une impulsion d'entraînement et d'une impulsion de basculement sont modifiées dans un cinquième mode de réalisation.

La figure 21 est un organigramme expliquant la commande de l'évolution par échelon de l'impulsion d'entraînement dans un sixième mode de réalisation.

La figure 22 est un organigramme expliquant la commande de l'évolution par échelon de l'impulsion d'entraînement dans un septième mode de réalisation.

La figure 23 est un organigramme expliquant un exemple de cas où la commande de l'évolution par échelon de l'impulsion d'entraînement et la commande de l'évolution par échelon de l'impulsion de basculement sont combinées dans un huitième mode de réalisation.

DESCRIPTION DE MODES DE RÉALISATION

[0028] Dans ce qui suit, on décrit des modes de réalisation de la présente invention en se référant aux dessins. On notera que, dans les explications qui suivent, des composants ayant la même fonction ou une fonction similaire sont repérés par les mêmes numéros et symboles de référence.

Premier mode de réalisation

[0029] De manière générale, un ensemble de machine comprenant la portion d'entraînement d'une pièce d'horlogerie est appelé un „mouvement“. Une pièce d'horlogerie ayant la forme d'un produit complet obtenu en ajoutant un cadran et des aiguilles au mouvement et en plaçant le mouvement dans une boîte de pièce d'horlogerie est qualifiée de „complète“. Parmi les deux côtés d'une platine formant un châssis de la pièce d'horlogerie, le côté où il y a la glace de la boîte de pièce d'horlogerie (c'est-à-dire le côté où il y a le cadran) est appelé le „côté arrière“ du mouvement. Parmi les deux côtés de la platine, le côté où il y a le fond de la boîte de pièce d'horlogerie (c'est-à-dire le côté opposé au cadran) est appelé le „côté avant“ du mouvement.

[0030] La figure 1 est une vue extérieure d'une pièce d'horlogerie selon un premier mode de réalisation.

[0031] Comme le montre la figure 1, une pièce d'horlogerie 1 complète, dans ce mode de réalisation, comprend un mouvement 4 (correspondant à ce qui est appelé un mouvement pour pièce d'horlogerie dans les revendications annexées), un cadran 5 ayant des indications, une aiguille des heures 6 (correspondant à ce qui est appelé une aiguille dans les revendications annexées), une aiguille des minutes 7, une aiguille des secondes 8 et une aiguille de 24 heures 9, dans une boîte de pièce d'horlogerie 2 comportant une partie arrière de boîte non visible et une glace 3. Par conséquent, la pièce d'horlogerie 1 permet de vérifier la date en plus de l'heure qu'il est.

[0032] La figure 2 est une vue en plan d'un côté avant d'un mouvement selon le premier mode de réalisation. La figure 3 est une vue en plan d'un côté arrière du mouvement selon le premier mode de réalisation.

[0033] Comme le montrent les figures 2 et 3, le mouvement 4 comprend une platine 11, une plaque de maintien d'indicateur de date 13, un premier moteur 20A, un deuxième moteur 20B, un premier groupe de rouages 30, ainsi qu'un deuxième groupe de rouages 50. La platine 11 forme un châssis du mouvement 4. La plaque de maintien d'indicateur de date 13 est disposée du côté arrière de la platine.

[0034] Comme le montre la figure 2, le premier moteur 20A et le deuxième moteur 20B sont des moteurs pas à pas dont chacun comprend un stator 21 et un rotor 22. Chacun des premier et deuxième moteurs 20A et 20B fait tourner son rotor 22 de 180° en un pas (un pas est une rotation de 180° du rotor). Le premier moteur 20A produit la puissance pour faire tourner l'aiguille des heures 6, l'aiguille de 24 heures 9 et l'indicateur de date 46 (pour chacun d'eux, voir la figure 1). Le deuxième moteur 20B produit la puissance pour faire tourner l'aiguille des minutes 7 et l'aiguille des secondes 8 (pour chacun d'eux, voir la figure 1). Des pignons sont formés dans les rotors 22 des premier et deuxième moteurs 20A et 20B respectifs.

[0035] La figure 4 est une vue en plan montrant une partie du mouvement selon le premier mode de réalisation et est une vue du premier groupe de rouages tel que vus depuis le côté avant.

[0036] Comme le montrent les figures 3 et 4, le premier groupe de rouages 30 comprend un engrenage qui tourne de par la rotation du rotor 22 du premier moteur 20A. Le premier groupe de rouages 30 comprend un rouage des heures 31, qui transmet la rotation du rotor 22 du premier moteur 20A à l'aiguille des heures 6, ainsi qu'un rouage de calendrier 41, qui transmet la rotation du rotor 22 du premier moteur 20A à l'aiguille de 24 heures 9 (voir la figure 1) et à l'indicateur de date 46.

[0037] Comme le montre la figure 4, le rouage des heures 31 comprend un premier mobile intermédiaire des heures 32, un deuxième mobile intermédiaire des heures 33, un troisième mobile intermédiaire des heures 34 et une roue de heures 35.

[0038] Le premier mobile intermédiaire des heures 32 est supporté par la platine 11 (voir la figure 2) de manière à être rotatif. Le premier mobile intermédiaire des heures 32 comprend une première roue intermédiaire des heures 32a et un premier pignon intermédiaire des heures 32b. La première roue intermédiaire des heures 32a engrène avec le pignon du rotor 22 du premier moteur 20A. Le premier mobile intermédiaire des heures 32 tourne avec un rapport de réduction de 6 par rapport au rotor 22. En d'autres termes, le premier mobile intermédiaire des heures 32 fait un tour lorsque le rotor 22 du premier moteur 20A fait six tours.

[0039] Le deuxième mobile intermédiaire des heures 33 est supporté par la platine 11 de manière à être rotatif. Le deuxième mobile intermédiaire des heures 33 comprend une deuxième roue intermédiaire des heures 33a et un deuxième pignon intermédiaire des heures 33b. La deuxième roue intermédiaire des heures 33a engrène avec le premier pignon intermédiaire des heures 32b du premier mobile intermédiaire des heures 32. Le deuxième mobile intermédiaire des heures 33 tourne avec un rapport de réduction de 7,5 par rapport au premier mobile intermédiaire des heures 32. En d'autres termes, le deuxième mobile intermédiaire des heures 33 tourne avec un rapport de réduction de 45 par rapport au rotor 22 du premier moteur 20A.

[0040] Le troisième mobile intermédiaire des heures 34 est supporté par la platine 11 de manière à être rotatif. Le troisième mobile intermédiaire des heures 34 comprend une troisième roue intermédiaire des heures 34a et un troisième pignon intermédiaire des heures 34b (correspondant à ce qui est appelé la première partie dentée dans les revendications). La

troisième roue intermédiaire des heures 34a engrène avec le deuxième pignon intermédiaire des heures 33b du deuxième mobile intermédiaire des heures 33. Le troisième mobile intermédiaire des heures 34 tourne avec un rapport de réduction de 8 par rapport au deuxième mobile intermédiaire des heures 33. En d'autres termes, le troisième mobile intermédiaire des heures 34 tourne avec un rapport de réduction de 360 par rapport au rotor 22 du premier moteur 20A.

[0041] La roue des heures 35 est enfilée extérieurement, de manière à être rotative, sur un tube central (non représenté) tenu par la platine 11. La roue des heures 35 est pressée contre la plaque de maintien d'indicateur de date 13 (voir la figure 3), depuis l'arrière, par une rondelle de cadran. L'extrémité arrière de la roue des heures 35 est en saillie vers l'arrière depuis la plaque de maintien d'indicateur de date 13. L'aiguille des heures 6 (voir la figure 1) est attachée à l'extrémité arrière de la roue des heures 35. La roue des heures 35 comprend une partie dentée des heures 35a. La partie dentée des heures 35a engrène avec la troisième roue intermédiaire des heures 34a du troisième mobile intermédiaire des heures 34. La roue des heures 35 est une partie menée qui suit la troisième roue intermédiaire des heures 34. La roue des heures 35 tourne avec un rapport de réduction de 1 par rapport à la troisième roue intermédiaire des heures 34. En d'autres termes, la roue des heures 35 tourne avec un rapport de réduction de 360 par rapport au rotor 22 du premier moteur 20A.

[0042] Le rouage de calendrier 41 comprend le premier mobile intermédiaire des heures 32, le deuxième mobile intermédiaire des heures 33 et le troisième mobile intermédiaire des heures 34 expliqués plus haut, ainsi qu'une roue de 24 heures 42 et qu'un mobile intermédiaire de date 43.

[0043] La roue de 24 heures 42 est supportée par la platine 11 de manière à être rotative. Un arbre de la roue de 24 heures 42 est en saillie vers l'arrière, depuis la platine de maintien d'indicateur de date 13. L'aiguille de 24 heures 9 (voir la figure 1) est attachée à l'extrémité arrière de cet arbre. La roue de 24 heures 42 comprend une partie dentée de 24 heures 42a (correspondant à ce qui est appelé la deuxième partie dentée dans les revendications). La partie dentée de 24 heures 42a engrène avec le troisième pignon intermédiaire des heures 34b du troisième mobile intermédiaire des heures 34. La roue de 24 heures 42 est une roue menée qui suit le troisième mobile intermédiaire des heures 34. La roue de 24 heures 42 tourne avec un rapport de réduction de 2 par rapport au troisième mobile intermédiaire des heures 34. En d'autres termes, la roue de 24 heures 42 tourne avec un rapport de réduction de 720 par rapport au rotor 22 du premier moteur 20A.

[0044] Le mobile intermédiaire de date 43 est supporté par la platine 11 de manière à être rotatif. Le centre de rotation du mobile intermédiaire de date 43 est placé dans une position qui est décalée d'un angle inférieur à 180° par rapport au centre de rotation du troisième mobile intermédiaire des heures 34, autour du centre de rotation de la roue de 24 heures 42. En d'autres termes, le centre de rotation du mobile intermédiaire de date 43 est placé dans une position décalée d'une ligne droite passant par le centre de rotation de la roue de 24 heures 42 et le centre de rotation du troisième mobile intermédiaire des heures 34 dans une vue en plan. Le mobile intermédiaire de date 43 comprend une roue intermédiaire de date 43a et une roue en disque 43b. La roue intermédiaire de date 43a engrène avec la partie dentée de 24 heures 42a. Le mobile intermédiaire de date 43 est un mobile mené qui suit la roue de 24 heures 42. Le mobile intermédiaire de date tourne avec un rapport de réduction de 1 par rapport à la roue de 24 heures 42. En d'autres termes, le mobile intermédiaire de date 43 tourne avec un rapport de réduction de 720 par rapport au rotor 22 du premier moteur 20A. La roue en disque 43b recouvre la roue intermédiaire de date 43a. La roue en disque 43b comporte une dent d'actionnement 43c. La dent d'actionnement 43c est en saillie radialement vers l'extérieur, à partir de la surface circonférentielle de la roue en disque 43b.

[0045] Une roue d'entraînement d'indicateur de date 44 est supportée par la platine 11 de manière à être rotative. La roue d'entraînement d'indicateur de date 44 comprend une denture d'entraînement d'indicateur de date 44a. La denture d'entraînement d'indicateur de date 44a est formée de manière à être à même d'engrener avec la dent d'actionnement 43c du mobile intermédiaire de date 43. La roue d'entraînement d'indicateur de date 44 tourne lorsque la dent d'actionnement 43c du mobile intermédiaire de date 43 entre dans la trajectoire de rotation de la denture d'entraînement d'indicateur de date 44a et engrène avec cette denture d'entraînement d'indicateur de date 44a. Par conséquent, la roue d'entraînement d'indicateur de date 44 tourne par intermittence en fonction de la rotation du mobile intermédiaire de date 43. La roue d'entraînement d'indicateur de date 44 fait tourner l'indicateur de date 46.

[0046] L'indicateur de date 46 est un élément en forme d'anneau attaché à la platine 11 de manière à être rotatif. L'indicateur de date 46 est pressé depuis l'arrière par la plaque de maintien d'indicateur de date 13 (voir la figure 3). Le caractère de date 46a (voir la figure 1), qui est une information relative à la date, est porté par la surface arrière de l'indicateur de date 46, le long d'une direction circonférentielle. Le caractère de date 46a est visible par le guichet de date 5a du cadran 5, moyennant quoi l'indicateur de date 46 affiche l'information relative à la date. Plusieurs dents internes 46b sont formées au niveau du bord circonférentiel intérieur de l'indicateur de date 46, sur toute la circonférence. Les dents internes 46b engrènent avec la denture d'entraînement d'indicateur de date 44a. L'indicateur de date 46 tourne en relation avec la rotation de la roue d'entraînement d'indicateur de date 44. Par conséquent, l'indicateur de date 46 tourne par intermittence en fonction de la rotation du mobile intermédiaire de date 43. La position angulaire de l'indicateur de date 46 est définie par un sautoir 47. Le sautoir 47 immobilise l'indicateur de date 46 en mettant en prise un bec se trouvant à l'extrémité distale du sautoir 47 avec des dents internes 46b de l'indicateur de date 46.

[0047] Comme le montre la figure 2, le deuxième groupe de rouages 50 comprend un engrenage qui tourne de par la rotation du rotor 22 du deuxième moteur 20B. Le deuxième groupe de rouages 50 comprend un rouage avant 51 qui transmet la rotation du rotor 22 du deuxième moteur 20B à l'aiguille des secondes 8 et à l'aiguille des minutes 7 (pour

chacune des deux, voir la figure 1). Le rouage avant 51 comprend un mobile intermédiaire des secondes 52, un mobile des secondes 53, un mobile de moyenne 54 et un mobile de centre 55.

[0048] Le mobile intermédiaire des secondes 52 est supporté par la platine de manière à être rotatif. Le mobile intermédiaire des secondes 52 comprend une roue intermédiaire des secondes 52a et un pignon intermédiaire des secondes 52b. La roue intermédiaire des secondes 52a engrène avec le pignon du rotor 22 du deuxième moteur 20B. Le mobile intermédiaire des secondes 52 tourne avec un rapport de réduction de 6 par rapport au rotor 22 du deuxième moteur 20B.

[0049] Le mobile des secondes 53 est agencé de manière à être rotatif par rapport à la platine 11. Le mobile des secondes 53 comprend un arbre des secondes (non représenté), une roue des secondes 53b retenue à l'arbre des secondes, ainsi qu'un pignon des secondes (non montré) formé dans l'arbre des secondes. L'arbre des secondes est inséré à l'intérieur d'un deuxième arbre expliqué plus bas. L'aiguille des secondes 8 (voir la figure 1) est attachée à l'extrémité arrière de l'arbre des secondes. La roue des secondes 53b engrène avec le pignon intermédiaire des secondes 52b. Le mobile des secondes 53 est un mobile mené qui suit le mobile intermédiaire des secondes 52. Le mobile des secondes 53 tourne avec un rapport de réduction de 10 par rapport au mobile intermédiaire des secondes 52. En d'autres termes, le mobile des secondes 53 tourne avec un rapport de réduction de 60 par rapport au rotor 22 du deuxième moteur 20B.

[0050] Le mobile de moyenne 54 est supporté par la platine 11 de manière à être rotatif. Le mobile de moyenne 54 comprend une roue de moyenne 54a et un pignon de moyenne (non montré). La roue de moyenne 54a engrène avec le pignon des secondes. Le mobile de moyenne 54 est un mobile mené qui suit le mobile des secondes 53. Le mobile de moyenne 54 tourne avec un rapport de réduction de 20 par rapport au mobile des secondes 53. En d'autres termes, le mobile de moyenne 54 tourne avec un rapport de réduction de 400 par rapport au rotor 22 du deuxième moteur 20B.

[0051] Le mobile de centre 55 est supporté par un tube central (non montré) de manière à être rotatif. Le mobile de centre 55 comprend un deuxième arbre (non montré) et une deuxième roue 55b retenue au deuxième arbre. Le deuxième arbre a une forme cylindrique et est inséré à l'intérieur du tube central. L'aiguille des minutes 7 (voir la figure 1) est attachée à l'extrémité arrière du deuxième arbre. La deuxième roue 55b engrène avec le pignon de moyenne. Le mobile de centre 55 est un mobile mené qui suit le mobile de moyenne 54. Le mobile de centre 55 tourne avec un rapport de réduction de 9 par rapport au mobile de moyenne 54. En d'autres termes, le mobile de centre 55 tourne avec un rapport de réduction de 3600 par rapport au rotor du moteur 20B.

[0052] La figure 5 est une vue en plan de la partie dentée de 24 heures selon le premier mode de réalisation.

[0053] Comme le montre la figure 5, la partie dentée de 24 heures 42a comprend plusieurs dents 60 et des parties élastiques 65. Les dents 60 comptent des dents standards 61 et des premières dents de charge 62A fonctionnant comme des dents de charge 62. Les dents standards 61 sont toutes les dents 60 qui ne sont pas les premières dents de charge 62A. Les dents standards 61 sont des dents d'un engrenage de manière générale, et sont des dents ayant une forme de dent arquée, un profil de dent développant, une forme de dent en cycloïde, ou analogue. Chacune des dents de charge 62A est une dent parmi les dents 60 faisant partie de la partie dentée de 24 heures 42a. Les premières dents de charge 62A sont disposées d'un côté de la circonférence externe de la partie dentée de 24 heures 42a de manière que les premières dents de charge 62A ne viennent pas en contact avec le troisième pignon intermédiaire des heures 34b à intervalle régulier lorsque la partie dentée de 24 heures 42a tourne. Les premières dents de charge 62A sont déplaçables élastiquement en étant portées par les parties élastiques 65.

[0054] Une partie élastique 65 est prévue pour chaque dent de charge 62. La partie élastique 65 est une poutre en porte-à-faux qui comprend la dent de charge 62 à l'extrémité distale et qui est formée de manière à être déformable élastiquement. La partie élastique 65 comprend une première partie élastique 65A comprenant la première dent de charge 62A. La première partie élastique 65A est une portion entre une première fente 67 et une deuxième fente 68 formées dans la partie dentée de 24 heures 42a. La première fente 67 s'étend depuis une gorge interdentaire adjacente à la première dent de charge 62A, radialement vers l'intérieur et, ensuite vers un côté selon la direction circonférentielle. La deuxième fente 68 s'étend à partir de l'autre gorge interdentaire adjacente à la première dent de charge 62A, le long de la première fente 67. Par conséquent, la première partie élastique 65A s'étend avec une largeur sensiblement constante et est formée de manière à pouvoir être déformée élastiquement pour déplacer radialement la première dent de charge 62A à l'extrémité distale.

[0055] Une première dent standard 61A et une deuxième dent standard 61 B parmi les dents standards 61 sont définies comme suit. La première dent standard 61A est adjacente à la première dent de charge 62A vers l'aval eu égard à un sens de rotation normal N (correspondant à ce qui est appelé un sens de rotation prédéterminé dans les revendications) de la partie dentée de 24 heures 42a. La deuxième dent standard 61 B est adjacente à la première dent de charge 62A vers l'amont eu égard au sens de rotation normal N.

[0056] L'intervalle entre la première dent de charge 62A et la première dent standard 61A est inférieur à l'intervalle entre la première dent de charge 62A et la deuxième dent standard 61 B. La largeur de la gorge interdentaire entre la première dent de charge 62A et la première dent standard 61A est inférieure à la largeur des dents du troisième pignon intermédiaire des heures 34b. On notera que la largeur de la gorge interdentaire entre deux dents 60 adjacentes l'une de l'autre est la distance entre les deux dents 60 sur le cercle primitif de la partie dentée de 24 heures 42a. La largeur de dent des dents 60 est la largeur des dents 60 sur le cercle primitif de la partie dentée de 24 heures 42a. Par conséquent, lorsqu'une dent

du troisième pignon intermédiaire des heures 34b pénètre la gorge interdentaire entre la première dent de charge 62A et la première dent standard 61A, la dent du troisième pignon intermédiaire des heures 34b entre en contact avec la première dent de charge 62A. La largeur de la gorge interdentaire entre la première dent de charge 62A et la deuxième dent standard 61 B est supérieure à la largeur des dents du troisième pignon intermédiaire des heures 34b. Par conséquent, chaque dent du troisième pignon intermédiaire des heures 34b peut entrer dans la gorge interdentaire entre la première dent de charge 62A et la deuxième dent standard 61 B sans entrer en contact avec la première dent de charge 62A.

[0057] L'action de la dent de charge 62 va être expliquée. On notera que, dans l'explication qui suit, on suppose que la partie dentée de 24 heures 42a tourne dans le sens de rotation normal N à moins qu'il soit explicitement mentionné qu'il en est autrement. Une dent du troisième pignon intermédiaire des heures 34b entre en contact avec les dents 60 de la partie dentée de 24 heures 42a depuis l'amont eu égard au sens de rotation normal N.

[0058] Lorsque la première dent standard 61A devient la dent 60 en prise avec le troisième pignon intermédiaire des heures 34b, une dent du troisième pignon intermédiaire des heures 34b entre dans la gorge interdentaire entre la première dent standard 61A et la première dent de charge 62A. A ce moment, la dent du troisième pignon intermédiaire des heures 34a entre en contact avec la première dent de charge 62A avant ou après le contact avec la première dent standard 61A et déplace élastiquement la première dent de charge 62A pour augmenter la largeur de la gorge interdentaire entre la première dent standard 61A et la première dent de charge 62A. Par conséquent, une perte d'énergie résultant du déplacement élastique de la première dent de charge 62A se produit dans le rouage de calendrier 41. Ensuite, lorsque la première dent de charge 62A devient la dent 60 en prise avec le troisième pignon intermédiaire des heures 34b, la première dent de charge 62A revient progressivement à sa position initiale. Lorsque la deuxième dent standard 61 B devient la dent 60 en prise avec le troisième pignon intermédiaire des heures 34b, après la première dent de charge 62A, la dent du troisième pignon intermédiaire des heures 34a se sépare complètement de la première dent de charge 62A dans la gorge interdentaire entre la première dent de charge 62A et la deuxième dent standard 61 B. La première dent de charge 62A revient à sa position initiale.

[0059] Comme expliqué plus haut, lorsque la première dent de charge 62A de la partie dentée de 24 heures 42a entre en contact avec le troisième pignon intermédiaire des heures 34b, une perte d'énergie se produit dans le rouage de calendrier 41. En d'autres termes, une perte d'énergie se produit dans le rouage de calendrier 41 deux fois à chaque fois que la partie dentée de 24 heures 42a tourne une fois. Lorsque la perte d'énergie se produit dans le rouage de calendrier 41, la charge reçue par le rotor 22 du premier moteur 20A fluctue. Par conséquent, la dent de charge 62 peut induire une fluctuation de la charge reçue par le rotor 22. On notera que la fluctuation de la charge induite par la dent de charge 62 nécessite seulement d'être différente de la charge au moment où une dent standard 61 entre en contact avec le troisième pignon intermédiaire des heures 34b. Dans les explications qui suivent, la charge reçue par le rotor 22 est parfois appelée la charge de rotation.

Constitution fonctionnelle de la pièce d'horlogerie

[0060] La figure 6 est un schéma montrant un exemple d'une constitution fonctionnelle de la pièce d'horlogerie selon le premier mode de réalisation. On va expliquer une constitution fonctionnelle de la pièce d'horlogerie 1 en se référant à cette figure. La pièce d'horlogerie 1 comprend un circuit oscillateur 101, un circuit diviseur de fréquence 102, un circuit de commande 103 (correspondant à ce qui est appelé une unité de commande dans les revendications), un circuit de détermination 104 (correspondant à ce qui est appelé une unité de détermination dans les revendications), un circuit de détection de tension 105 (correspondant à ce qui est appelé une unité de détection de tension dans les revendications), un circuit de pilotage de moteur 106 (correspondant à ce qui est appelé une unité de pilotage dans les revendications), un moteur pas à pas 107, la boîte de pièce d'horlogerie 2, le mouvement 4, l'aiguille des heures 6, l'aiguille des minutes 7, l'aiguille des secondes 8 et le guichet de date 5a.

[0061] Ci-après, le circuit oscillateur 101, le circuit diviseur de fréquence 102, le circuit de commande 103, le circuit de détermination 104, le circuit de détection de tension 105 et le circuit de pilotage de moteur 106 sont décrits également en tant que circuit de commande de moteur pas à pas 100 (correspondant à ce qui est appelé le dispositif de commande de moteur pas à pas dans les revendications). Le circuit de commande de moteur pas à pas 100 et le moteur pas à pas 107 sont décrits également comme étant l'unité d'entraînement d'aiguille 110.

[0062] Le circuit oscillateur 101 produit un signal ayant une fréquence prédéterminée et communique le signal produit, au circuit diviseur de fréquence 102. Le circuit diviseur de fréquence 102 réalise une division de fréquence sur le signal reçu du circuit oscillateur 101 pour produire un signal d'horloge servant de base de temps et communique le signal d'horloge généré, au circuit de commande 103. Le circuit de commande 103 communique des signaux de commande aux unités de la pièce d'horlogerie 1 et commande les fonctionnements des unités de la pièce d'horlogerie 1 sur la base du signal d'horloge et analogue reçu du circuit diviseur de fréquence 102.

[0063] Le circuit de pilotage de moteur 106 reçoit le signal de commande du circuit de commande 103 et pilote le moteur pas à pas 107 sur la base du signal de commande reçu. Le moteur pas à pas 107 est piloté par le circuit de pilotage de moteur 106 et fait tourner l'aiguille de heures 6, l'aiguille des minutes 7 et l'aiguille des secondes 8 via les rouages.

[0064] Le circuit de détection de tension 105 détecte une tension induite générée dans un enroulement lorsque le moteur pas à pas 107 vibre. Le circuit de détection de tension 105 transmet la tension induite détectée au circuit de détermination 104.

[0065] Sur la base de la tension induite détectée par le circuit de détection de tension 105, le circuit de détermination 104 détermine une charge mécanique reçue par un rotor faisant partie du moteur pas à pas 107. Par exemple, le circuit de détermination 104 détermine, selon que la valeur de tension détectée par le circuit de détection de tension 105 excède ou non un seuil prédéterminé, si une charge mécanique est reçue par le rotor.

Constitution de l'unité d'entraînement d'aiguille

[0066] La figure 7 est un schéma montrant un exemple de constitution de l'unité d'entraînement d'aiguille 110 selon le premier mode de réalisation.

[0067] Le moteur pas à pas 107 comprend un stator 201, un rotor 202, un trou traversant de réception de rotor 203, une encoche intérieure 204, une encoche intérieure 205, une encoche extérieure 206 et une encoche extérieure 207, un noyau magnétique 208 et un enroulement 209. Dans ce qui suit, le trou traversant de réception de rotor 203 est également appelé le trou traversant pour rotor.

[0068] Le noyau magnétique 208 est un élément fait d'un matériau magnétique et connecté à ses deux extrémités au stator 201. L'enroulement 209 est enroulé autour du noyau magnétique 208. Une extrémité de l'enroulement 209 est connectée à une borne OUT1 et l'autre extrémité de l'enroulement 209 est connectée à une borne OUT2. Un courant d'entraînement i alimente l'enroulement 209, moyennant quoi l'enroulement 209 génère un flux magnétique. Le stator 201 est un élément fait d'un matériau magnétique. Le stator fournit au rotor 202 le flux magnétique généré par l'enroulement 209.

[0069] Le rotor 202 a une forme de colonne et il est inséré, de manière à être rotatif, dans le trou traversant de réception de rotor 203 formé dans le stator 201. En d'autres termes, le moteur pas à pas 107 comprend le stator 201 dans lequel le trou traversant de réception de rotor 203 est prévu, le rotor 202 monté rotatif dans le trou traversant de réception de rotor 203, ainsi que l'enroulement 209 équipant le stator 201. Comme le rotor 202 est magnétisé, le rotor 202 a un pôle N et un pôle S. Dans l'explication qui suit, un axe joignant le pôle S au pôle N du rotor 202 est appelé l'axe des pôles magnétiques A, et la direction pôle S vers pôle N sur l'axe des pôles magnétiques A est appelé la direction positive de l'axe des pôles magnétiques A (ou simplement, une direction de l'axe des pôles magnétiques A) également.

[0070] Le rotor 202 tourne dans un sens de rotation normal pour ainsi faire tourner une aiguille 155 dans le sens des aiguilles d'une montre via un rouage et tourne dans un sens de rotation inverse pour ainsi faire tourner l'aiguille 155 dans le sens inverse des aiguilles d'une montre via le rouage. En d'autres termes, le rotor 202 fait tourner l'aiguille 155 dans le sens de rotation normal pour faire tourner l'aiguille dans le sens normal des aiguilles d'une montre, ainsi que dans le sens de rotation inverse, qui est le sens contraire au sens de rotation normal.

[0071] L'encoche intérieure 204 et l'encoche intérieure 205 sont des découpes faites dans la surface de paroi du trou traversant de réception de rotor 203 et déterminent une position d'arrêt du rotor 202 par rapport au stator 201. En d'autres termes, par exemple, lorsque l'enroulement 209 n'est pas magnétisé, le rotor 202 reste immobile dans une position où l'axe magnétique des pôles A est orthogonal à un segment de droite reliant l'encoche intérieure 204 et l'encoche intérieure 205.

[0072] L'encoche extérieure 206 et l'encoche extérieure 207 sont respectivement des découpes formées dans le côté interne et le côté externe du stator 201 arqué. Une portion saturable 210 est formée entre l'encoche externe 206 et le trou traversant de réception de rotor 203. Une portion saturable 211 est formée entre l'encoche externe 207 et le trou traversant de réception de rotor 203. La portion saturable 210 et la portion saturable 211 sont des portions qui ne sont pas magnétiquement saturées par un flux magnétique du rotor 202 et qui sont magnétiquement saturées pour avoir une résistance magnétique élevée lorsque l'enroulement 209 est excité.

Pilotage du moteur pas à pas

[0073] Le circuit de pilotage de moteur 106 applique une impulsion d'entraînement entre les bornes (la première borne OUT1 et la deuxième borne OUT 2) de l'enroulement 209 pour ainsi générer le courant d'entraînement i .

[0074] Le dispositif de commande de moteur 100 inverse, selon la direction de l'axe des pôles magnétiques A dans la position d'arrêt du rotor 202, le sens du courant d'entraînement i fourni à l'enroulement 209 pour ainsi faire tourner le rotor 202 dans un sens fixe (par exemple, dans le sens de rotation normal).

[0075] A titre d'exemple, un entraînement dans le sens de rotation normal est expliqué. Lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique l'impulsion d'entraînement entre la première borne OUT1 et la deuxième borne OUT2 du l'enroulement 209, un flux magnétique est généré dans le stator 201. Par conséquent, la portion saturable 210 et la portion saturable 211 sont saturées et la résistance magnétique augmente. Ensuite, le rotor 202 tourne de 180° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et s'immobilise de manière stable en fonction d'une interaction entre un pôle magnétique généré dans le stator 201 et un pôle magnétique du rotor 202. Selon la rotation d'environ 180° , l'aiguille 155 de la pièce d'horlogerie 1 peut bouger d'un échelon d'une quantité spécifiée. Un déplacement de la quantité spécifiée est parfois appelé un pas. Les rouages ayant les rapports de réduction appropriés sont disposés de manière appropriée entre le rotor 202 et l'aiguille 155 pour permettre le déplacement de la quantité spécifiée. Dans un exemple dans ce mode de réalisation, l'aiguille 155 bouge d'une seconde pour un pas.

[0076] Dans le cas où le rotor 202 est dans l'état montré à la figure 7, lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique l'impulsion d'entraînement entre la première borne OUT1 et la deuxième borne OUT2 de l'enroulement 209, un courant électrique s'écoule dans la bobine 209. Dans cet exemple, lorsqu'une impulsion ayant un potentiel haut à la première borne OUT 1 et un potentiel bas à la deuxième borne OUT2 (impulsion qualifiée comme étant de sens positif dans ce qui suit) est appliquée, un courant électrique s'écoule dans le sens du courant d'entraînement i . Lorsque le courant électrique s'écoule dans l'enroulement 209, un flux magnétique est généré dans le stator 201. Le rotor 202 tourne d'approximativement 180° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et s'immobilise de manière stable avec le flux magnétique.

[0077] Dans le cas où le rotor 202 est dans un état dans lequel le rotor 202 tourne d'environ 180° depuis l'état montré sur la figure 7, lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion ayant un potentiel bas à la première borne OUT1 et un potentiel haut à la deuxième borne OUT2 (impulsion qualifiée comme étant de sens négatif dans ce qui suit), un flux magnétique est généré dans le stator 201, dans le sens inverse du flux magnétique généré lorsqu'une impulsion de sens positif est appliquée. Par conséquent, premièrement, la portion saturable 210 et la portion saturable 211 sont saturées. Ensuite, le rotor tourne d'environ 180° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et s'immobilise de manière stable en fonction d'une interaction entre le pôle magnétique généré dans le stator 201 et le pôle magnétique du rotor 202. En appliquant des signaux ayant des polarités différentes (signaux alternant) à l'enroulement 209 de cette manière, le rotor 202 tourne continuellement d'environ 180° à chaque fois dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Impulsion de basculement et impulsion d'entraînement

[0078] Les figures 8A et 8B sont des schémas montrant un exemple d'une impulsion de basculement et d'une impulsion d'entraînement dans le premier mode de réalisation. La figure 8A est un schéma montrant un chronogramme pour expliquer le déroulement temporel quand l'impulsion de basculement et l'impulsion d'entraînement sont appliquées. La figure 8B est un schéma pour expliquer l'angle du rotor 202. Dans les explications de la figure 8A, l'axe horizontal est l'axe du temps, „Out1“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la première borne OUT1 par moments, et „Out2“ désigne les valeurs des tensions appliquées à la deuxième borne OUT2 par moments.

[0079] Dans les explications de la figure 8B, une position angulaire du rotor 202 est expliquée en supposant que la position de l'axe des pôles magnétiques A montré sur la figure 7 est une position à 0° et qu'un angle de l'axe des pôles magnétiques A ayant tourné dans le sens inverse des aiguilles d'une montre est un angle de rotation positif. Le pilotage de l'instant t11 à l'instant t21 est un pilotage pour faire tourner le rotor 202 dans le sens des aiguilles d'une montre de 0° à 180° . Le pilotage de l'instant t21 à l'instant t29 est un pilotage pour faire tourner le rotor 202 dans le sens des aiguilles d'une montre de 180° à 0° .

[0080] Le circuit de commande 103 émet l'impulsion d'entraînement au circuit de pilotage de moteur 106 pour faire ainsi tourner le rotor 202 et émet l'impulsion de basculement au circuit de pilotage de moteur 106 pour faire ainsi basculer le rotor 202. L'impulsion de basculement et l'impulsion d'entraînement sont expliquées chacune plus bas.

[0081] De l'instant t11 à l'instant t12, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de sens positif à la deuxième borne OUT2. Lorsque l'impulsion de sens positif est appliquée continuellement à la deuxième borne OUT2, le rotor 202 s'immobilise dans une position tournée de -45° . Lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 arrête d'appliquer l'impulsion à l'instant t12, le rotor 202 est rappelé en arrière dans la position à 0° et s'immobilise. Lorsqu'il revient à la position à 0° depuis la position à -45° , le rotor 202 tourne depuis un angle de rotation positif dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et tourne jusqu'à un angle de rotation négatif dans le sens des aiguilles d'une montre au moins une fois par inertie. Le rotor 202 réitère le fait de tourner dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et de tourner dans le sens des aiguilles d'une montre. En d'autres termes, le rotor 202 oscille (vibre) et s'immobilise dans la position à 0° suivant une atténuation des oscillations.

[0082] On notera que l'impulsion appliquée de l'instant t11 à l'instant t12 n'est pas une impulsion ayant pour but que le rotor 202 tourne d'environ 180° , mais c'est une impulsion ayant pour but de faire osciller (vibrer) le rotor 202 pour détecter ainsi un état d'oscillation du rotor 202. Dans ce qui suit, on distingue l'impulsion ayant pour but de faire osciller le rotor 202 d'une impulsion d'entraînement normal, et l'impulsion ayant pour but de faire osciller le rotor 202 est appelée une impulsion de basculement.

[0083] On notera que la période pendant laquelle l'impulsion de basculement est appliquée doit être suffisante pour que le rotor 202 oscille. L'application de l'impulsion n'est pas requise jusqu'à ce que le rotor 202 reste immobile dans une position angulaire à -45° .

[0084] De l'instant t12 à l'instant t15, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 202 suivant l'application de l'impulsion de basculement. En particulier, sur la base d'une tension détectée par le circuit de détection de tension 105, le circuit de détermination 104 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 202.

[0085] On notera que, sur la base du moment où le circuit de détection de tension 105 détecte une valeur de tension dépassant une valeur de tension prédéterminée décidée préalablement en plus de la valeur de la tension détectée par le

circuit de détection de tension 105 ou au lieu de la valeur de la tension détectée par le circuit de détection de tension 105, le circuit de détermination peut déterminer la charge mécanique reçue par le rotor 202. Par exemple, selon que le moment auquel est générée la valeur de tension détectée par le circuit de détection de tension 105 est ou non à l'intérieur d'une plage temporelle décidée préalablement, le circuit de détection 104 peut déterminer éventuellement la charge mécanique reçue par le rotor 202.

[0086] De l'instant t15 à l'instant t16, le dispositif de commande de moteur 100 applique une impulsion de sens positif à la première borne OUT1. Lorsque l'impulsion de sens positif est appliquée continûment à la première borne OUT1, le rotor 202 reste immobile dans une position tournée de 135°. Lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 arrête d'appliquer l'impulsion à l'instant t16, le rotor 202 est amené à la position à 180° et s'immobilise. L'impulsion appliquée de l'instant t15 à l'instant t16 est une impulsion ayant pour but de faire tourner le rotor d'environ 180° et est, par conséquent, une impulsion d'entraînement. L'impulsion d'entraînement est émise par le circuit de commande 103. En d'autres termes, le circuit de commande 103 émet l'impulsion d'entraînement après qu'une durée prédéterminée s'est écoulée.

[0087] On notera que la durée pendant laquelle l'impulsion d'entraînement est appliquée (la largeur d'impulsion de l'impulsion d'entraînement) doit seulement être suffisante pour que le rotor 202 tourne de 180°. L'application de l'impulsion n'est pas requise jusqu'à ce que le rotor 202 s'immobilise dans la position angulaire à 135°.

[0088] On notera que la durée pendant laquelle l'impulsion d'entraînement est appliquée peut éventuellement être déterminée en fonction de la charge mécanique déterminée par le circuit de détermination 104. Dans ce cas, le circuit de commande 103 commande une durée d'émission de l'impulsion d'entraînement en fonction de la charge mécanique déterminée par le circuit de détermination 104.

[0089] De l'instant t21 à l'instant t22, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de sens positif, à savoir une impulsion de basculement à la première borne OUT1. Lorsque l'impulsion de sens positif est appliquée continûment à la première borne OUT1, le rotor 202 s'immobilise dans la position tournée de 135°. Lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 arrête d'appliquer l'impulsion à l'instant t22, le rotor est rappelé en arrière à la position à 180° et s'immobilise. Le rotor 202 oscille lorsqu'il revient de la position à 135° à la position à 180° et s'immobilise à la position à 180° selon une atténuation des oscillations.

[0090] De l'instant t22 à l'instant t25, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 202 suivant l'application de l'impulsion de basculement. En particulier, sur la base de la tension détectée par le circuit de détection de tension 105, le circuit de détermination 104 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 202.

[0091] De l'instant t25 à l'instant t26, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de sens positif, à savoir une impulsion d'entraînement, à la deuxième borne OUT2. Lorsque l'impulsion de sens positif est appliquée continûment à la deuxième borne OUT2, le rotor 202 s'immobilise dans une position tournée de 315°. Lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas arrête l'application de l'impulsion à l'instant t26, le rotor 202 est amené à la position à 0° et s'immobilise.

[0092] La figure 9 est un schéma montrant un exemple d'oscillation dans le cas où la dent de charge et un pignon engrène l'un avec l'autre et un exemple d'oscillation dans le cas où une dent standard et le pignon engrènent l'un avec l'autre. En se référant à cette figure, on va expliquer l'oscillation dans le cas où la dent de charge et le pignon engrène l'un avec l'autre et l'oscillation dans le cas où une dent standard et le pignon engrène l'un avec l'autre.

[0093] La partie supérieure de la figure 9 est un exemple du cas où une dent standard et le pignon engrène l'un avec l'autre. La partie inférieure de la figure 9 est un exemple du cas où la dent de charge et le pignon engrène l'un avec l'autre. En particulier, un exemple du cas dans lequel la roue des secondes 53b comprenant la dent de charge 62 et le pignon intermédiaire des secondes 52b engrènent l'un avec l'autre est expliqué. Dans l'explication sur la figure, la roue des secondes 53b est parfois simplement appelée la roue (ou la deuxième partie dentée) et le pignon intermédiaire des secondes 52b est parfois simplement appelé le pignon (ou la première partie dentée). La première partie dentée est une partie dentée qui tourne en fonction de la rotation du rotor 202. La deuxième partie dentée est une partie dentée comprenant la dent de charge. Le côté gauche de la figure est une vue montrant un état d'engrènement entre la roue et le pignon. Un côté droit de la figure montre un déroulement temporel lorsqu'une impulsion de basculement est appliquée et un déroulement temporel lorsqu'une tension induite est générée.

[0094] Premièrement, un exemple du cas dans lequel une dent standard 60 et le pignon engrènent l'un avec l'autre est expliquée dans la partie supérieure de la figure 9. Comme montré sur la figure 9, dans sa partie supérieure gauche, lorsque le rotor 202 qui entraîne le pignon oscille en conséquence de l'application d'une impulsion de basculement, le pignon oscille avec l'oscillation du rotor. La plage sur laquelle le rotor 202 peut osciller est différente selon l'amplitude d'un jeu entre la roue et le pignon. Dans un état dans lequel la dent standard 60 et le pignon engrène l'un avec l'autre, comme le jeu est important, la plage sur laquelle le rotor 202 peut osciller est également importante.

[0095] Comme montré sur la figure 9, dans la partie supérieure droite, l'impulsion de basculement est appliquée de l'instant t31 à l'instant t32. Le rotor 202 oscille de par l'impulsion de basculement appliquée. Une tension induite est générée de l'instant t33 à l'instant t35. Dans l'état où une dent standard et le pignon engrène l'un avec l'autre, comme la plage sur laquelle le rotor 202 peut osciller est large, la tension induite générée est également importante. Dans l'exemple montré

sur la figure, une tension v_1 est générée à l'instant t_{34} . Le circuit de détermination 104 détermine, en tant que charge mécanique, si le pignon (la première partie dentée) est en contact avec la dent de charge de la roue (de la deuxième partie dentée).

[0096] Ensuite, un exemple du cas dans lequel la dent de charge 62 et le pignon engrènent l'un avec l'autre est expliquée dans la partie inférieure de la figure 9. Comme montré sur la figure 9, dans la partie inférieure gauche, lorsque le rotor 202 qui entraîne le pignon oscille de par l'application d'une impulsion de basculement, le pignon oscille avec l'oscillation du rotor. Cependant, dans l'état où la dent de charge 62 et le pignon engrènent l'un avec l'autre, comme le jeu est petit, la plage sur laquelle le rotor peut osciller est également étroite.

[0097] Comme montré sur la figure 9 dans la partie inférieure droite, l'impulsion de basculement est appliquée de l'instant t_{41} à l'instant t_{42} . Le rotor 202 oscille de par l'impulsion de basculement appliquée. Une tension induite est générée de l'instant t_{43} à l'instant t_{45} . Cependant, dans l'état où la dent de charge 62 et le pignon engrènent l'un avec l'autre, puisque la plage sur laquelle le rotor peut osciller est étroite, la tension induite générée est également petite. Dans l'exemple montré sur la figure, une tension v_2 est générée à l'instant t_{44} . La tension v_2 est plus petite que la tension v_1 .

[0098] On notera que, alors que l'oscillation est petite lorsque le pignon engrène entre la dent de charge 62 et la première dent standard 61 A, l'oscillation est importante lorsque le pignon engrène entre la dent de charge 62 et la deuxième dent standard 61 B. Ces deux oscillations et celle dans le cas où une dent standard 60 et le pignon engrène l'un avec l'autre peuvent être comparées pour détecter la position de l'aiguille.

[0099] La figure 10 est un organigramme montrant un exemple d'un fonctionnement du dispositif de commande de moteur pas à pas 100 dans le premier mode de réalisation. On va expliquer une succession d'actions du dispositif de commande pas à pas 100 en se référant à cette figure.

[0100] Etape S110 : le circuit de commande 103 émet une impulsion de basculement au circuit de pilotage de moteur 106. Le circuit de pilotage de moteur 106 pilote le moteur pas à pas 107 sur la base de l'impulsion de basculement reçue.

[0101] Etape S120 : Le circuit de détection de tension 105 détecte une tension induite due à l'oscillation du rotor 202. Le circuit de détection 104 détermine une charge mécanique sur le rotor 202 sur la base de la valeur de la tension induite détectée ou du moment auquel la tension induite est détectée.

[0102] Etape S130 : lorsqu'une durée prédéterminée s'est écoulée à partir de l'émission de l'impulsion de basculement (étape S130 ; OUI), le circuit de commande passe à l'étape S140. Lorsque la durée prédéterminée ne s'est pas écoulée à partir de l'émission de l'impulsion de basculement (étape S130 ; NON), le circuit de détection de tension réitère l'étape S120.

[0103] Etape S140 : le circuit de commande 103 émet une impulsion d'entraînement à destination du circuit de pilotage de moteur 106. L'ampleur (la tension et la durée) de l'impulsion d'entraînement peut être une valeur prédéterminée décidée au préalable ou peut être une valeur basée sur la charge mécanique sur le rotor 202, déterminée à l'étape S120.

Deuxième mode de réalisation

[0104] La figure 11 est une vue en plan du côté avant d'un mouvement selon un deuxième mode de réalisation. On va expliquer le deuxième mode de réalisation en se référant aux figures. Une pièce d'horlogerie 1-2 selon le deuxième mode de réalisation est différente en ce que la pièce d'horlogerie 1-2 comprend un deuxième moteur 20B-2 au lieu du deuxième moteur 20B dans le premier mode de réalisation. Alors que le deuxième moteur 20B est un moteur mono-enroulement, le deuxième moteur 20B-2 est un moteur bi-enroulement. Les descriptions de composants identiques à des composants du premier mode de réalisation sont parfois omises en désignant les composants avec les mêmes numéros et symboles de références que les numéros et symboles de références utilisés dans premier mode de réalisation.

[0105] La figure 12 est un schéma montrant un exemple de constitution d'une unité d'entraînement d'aiguille 110A dans le deuxième mode de réalisation.

[0106] Un moteur pas à pas 107A est un exemple du deuxième moteur 20B-2. En d'autres termes, le moteur pas à pas 107A est un moteur bi-enroulement. Le moteur pas à pas 107A comprend un stator 120 comprenant un trou de réception de rotor 125, et un rotor 130 ayant une polarité magnétique en étant magnétisé par deux pôles selon la direction radiale et disposé dans le trou de réception de rotor 125 de manière à être rotatif. Le moteur pas à pas 107A fonctionne à chaque pas d'unité et fait tourner une aiguille.

[0107] Le stator 120 comprend un corps principal de stator 121, un premier noyau magnétique 140A (correspondant à ce qui est appelé une première extrémité dans les revendications) magnétiquement connecté au corps principal de stator 121, un deuxième noyau magnétique 140B (correspondant à ce qui est appelé une deuxième extrémité dans les revendications), un premier enroulement 150A enroulé autour du premier noyau magnétique 140A, ainsi qu'un deuxième enroulement 150B enroulé autour du deuxième noyau magnétique 140B.

[0108] Le corps principal de stator 121 est fait d'un matériau feuilleté dans lequel un matériau ayant une perméabilité magnétique élevée tel que le permalloy est utilisé. Le corps principal de stator 121 comprend une première culasse 122 en forme de T et une paire de deuxième culasses 123 et 124 et a la forme d'un H dans une vue en plan. En d'autres termes, la première culasse 122 en forme de T comprend une portion linéaire 122a s'étendant selon une première direction

prédéterminée et une paire de portions en saillie 122b et 122c saillant depuis une extrémité de la portion linéaire 122a, vers deux côtés, selon une deuxième direction orthogonale à la première direction. La deuxième culasse 123 est prévue pour saillir depuis l'autre extrémité de la portion linéaire 122a, du même côté que la portion en saillie 122b. La deuxième culasse 124 est prévue pour saillir depuis l'autre extrémité de la portion linéaire 122a, du même côté que la portion en saillie 122c. Avec de telles configurations de la première culasse 122, de la deuxième culasse 123 et de la deuxième culasse 124, le corps principal de stator 121 a une forme en H dans une vue en plan. On notera que la première culasse 122, la deuxième culasse 123 et la deuxième culasse 124 sont solidaires.

[0109] Le trou de réception de rotor 125 ayant une forme de trou circulaire expliquée plus haut est formé à l'intersection de la première culasse 122, de la deuxième culasse 123 et de la deuxième culasse 124 du corps principal de stator 121. Sur la surface circonférentielle interne du trou de réception de rotor 125, deux parties en découpe 125a sont formées à la suite selon la deuxième direction, de manière à être opposées l'une de l'autre. Les parties en découpe 125a sont découpées selon une forme arquée (échancrures). Les parties en découpe 125a sont conçues comme des parties de positionnement pour définir une position d'arrêt du rotor 130. Lorsque le rotor 130 se trouve dans une position où l'axe magnétique des pôles du rotor est orthogonal au segment de droite reliant les parties en découpe 125a, c'est-à-dire dans une position où l'axe des pôles magnétiques longe la première direction, le rotor 130 a l'énergie potentielle la plus basse et s'immobilise de manière stable. Dans les explications qui suivent, la position d'arrêt du rotor 130 (position représentée sur la figure 12) quand l'axe magnétique des pôles A du rotor 130 longe la première direction et quand le pôle N du rotor 130 est en face de la première culasse 122 est appelé la première position d'arrêt. La position du rotor 130 quand l'axe magnétique des pôles A du rotor 130 longe la première direction et quand le pôle S du rotor 130 est en face de la première culasse 122 est appelée la deuxième position d'arrêt.

[0110] Autour du trou de réception de rotor 125 dans le corps principal de stator 121, des parties en découpe 126 sont découpées en trois endroits, dans le bord extérieur circonférentiel du corps principal de stator 121 dans une vue en plan, vers le trou de réception de rotor 125. Les parties en découpe 126 sont formées au niveau d'un coin où la première culasse 122 et la deuxième culasse 123 sont connectées, au niveau d'un coin où la première culasse 122 et la deuxième culasse 124 sont connectées, ainsi qu'à l'endroit où la deuxième culasse 123 et la deuxième culasse 124 sont connectées. Les parties en découpe 123 sont découpés selon une forme arquée (échancrures).

[0111] La partie entourant le trou de réception de rotor 125 dans le corps principal de stator 121 est localement amincie par la présence des parties en découpe 126 (dans ce qui suit, les parties amincies localement sont parfois appelées les parties amincies). Les parties amincies sont saturées magnétiquement plus facilement que les autres parties du corps principal de stator 121. Le corps principal de stator 121 est divisé magnétiquement en trois autour du trou de réception de rotor 125 par la saturation magnétique des parties amincies. Le corps principal de stator 121 comprend une première partie de pôle magnétique 120A positionnée en un endroit correspondant à la deuxième culasse 123 autour du rotor 130, une deuxième partie de pôle magnétique 120B positionnée en un endroit correspondant à la deuxième culasse 124 autour du rotor 130, ainsi qu'une troisième partie de pôle magnétique 120C disposée en un endroit correspondant à la portion linéaire 122a de la première culasse 122 autour du rotor 130.

[0112] Les parties du rotor 130 sont divisées en parties 130A à 130D par l'axe des pôles magnétiques A et une ligne droite B orthogonale à l'axe des pôles magnétiques A. Dans la première partie de pôle magnétique 120A, une portion longeant le trou de réception de rotor 125 depuis la partie en découpe 126 formée là où sont connectées la deuxième culasse 123 et la deuxième culasse 124, jusqu'à la partie en découpe 125a formée dans la deuxième culasse 123 est disposée pour être en face de la partie 130A du rotor 130 se trouvant dans la première position d'arrêt (pour être en face de la partie 130C du rotor dans la deuxième position d'arrêt). Dans la deuxième partie de pôle magnétique 120B, une portion longeant le trou de réception de rotor 125 depuis la partie en découpe formée là où sont connectées la deuxième culasse 123 et la deuxième culasse 124, jusqu'à la partie en découpe 125a formée dans la deuxième culasse 124 est disposée de manière à être en face de la partie 130B du rotor 130 se trouvant dans la première position d'arrêt (pour être en face de la partie 130D du rotor 130 se trouvant dans la deuxième position d'arrêt).

[0113] La troisième partie de pôle magnétique 120C est disposée pour être en face du pôle N du rotor 130 se trouvant dans la première position d'arrêt (pour être en face du pôle S du rotor 130 se trouvant dans la deuxième position d'arrêt).

[0114] Le premier noyau magnétique 140A et le deuxième noyau magnétique 140B sont fait d'un matériau de perméabilité magnétique élevée tel que le permalloy. Le premier noyau magnétique 140A est magnétiquement connecté à l'extrémité distale de la portion en saillie 122c et à l'extrémité distale de la deuxième culasse 124. Le deuxième noyau magnétique 140B est magnétiquement connecté à l'extrémité distale de la portion en saillie 122b et à l'extrémité distale de la deuxième culasse 123. Chaque extrémité du premier noyau magnétique 140A et du deuxième noyau magnétique 140B est accouplée au corps principal de stator 121 par exemple par vissage.

[0115] Le premier enroulement 150A est enroulé autour du premier noyau magnétique 140A et couplé magnétiquement à la deuxième partie de pôle magnétique 120B et à la troisième partie de pôle magnétique 120C. Le premier enroulement 150A comprend une première borne 150Aa et une deuxième borne 150Ab. Le premier enroulement 150A est enroulé de telle manière que, lorsqu'un courant électrique est fourni de la première borne 150Aa à la deuxième borne 150Ab, un champ magnétique depuis le côté portion en saillie 122c vers le côté deuxième culasse 124 est générée dans le premier enroulement 150A.

[0116] Le deuxième enroulement 150B est enroulé autour du deuxième noyau magnétique 140B et couplé magnétiquement à la première partie de pôle magnétique 120A et à la troisième partie de pôle magnétique 120C. Le deuxième enroulement 150B comprend une première borne 150Ba et une deuxième borne 150Bb. Le deuxième enroulement 150B est enroulé de telle manière que, lorsqu'un courant électrique est fourni depuis la première borne 150Ba vers la deuxième borne 150Bb, un champ magnétique depuis le côté deuxième culasse 123 vers le côté portion en saillie 122b est généré dans le deuxième enroulement 150B.

[0117] Le fil conducteur du premier enroulement 150A a le même diamètre de fil que le fil conducteur du deuxième enroulement 150B. Le premier enroulement 150A a le même nombre de spires que le deuxième enroulement 150B. Les bornes du premier enroulement 150A et du deuxième enroulement 150B sont raccordées au dispositif de commande de moteur pas à pas 100. Dans les explications qui suivent, le potentiel de la première borne 150Aa du premier enroulement 150A est appelé out1, le potentiel de la deuxième borne 150Ab du premier enroulement 150A est appelé out2, le potentiel de la première borne 150Ba du deuxième enroulement est appelé out 3, et le potentiel de la deuxième borne 150Bb du deuxième enroulement 150B est appelé out4.

[0118] Dans le stator 120 configuré de cette manière, lorsqu'un flux magnétique est généré du premier enroulement 150A ou du deuxième enroulement 150B, un flux magnétique chemine le long du premier noyau magnétique 140A et du deuxième noyau magnétique 140B et du corps principal de stator 121. Les polarités de la première partie de pôle magnétique 120A, de la deuxième partie de pôle magnétique 120B et de la troisième partie de pôle magnétique 120C expliquées plus haut sont inversées en fonction de l'état de mise sous tension du premier enroulement 150A ou du deuxième enroulement 150B.

[0119] En d'autres termes, le moteur pas à pas 107A comprend le rotor 130, le stator 120, le premier enroulement 150A et le deuxième enroulement 150B. Le stator 120 fournit un flux magnétique pour générer un couple au rotor 130. Le rotor 130 est magnétisé au moins au niveau d'un pôle N et d'un pôle S et fait tourner une aiguille. Le premier enroulement 150A produit un flux magnétique dans le premier noyau magnétique 140A des deux extrémités du stator 120. Le deuxième enroulement 150B produit un flux magnétique dans le deuxième noyau 140B des deux extrémités du stator 120.

[0120] Une impulsion d'entraînement émise par le circuit de commande 103 excite le premier enroulement 150A et le deuxième enroulement 150B pour ainsi faire tourner le rotor 130 d'un angle de rotation de référence correspondant au nombre de pôles du rotor 130.

[0121] On notera que l'angle de rotation de référence correspond au nombre de pôles et peut être obtenu en divisant l'angle d'un tour du rotor 130 par le nombre de pôles magnétiques du rotor. Par exemple, lorsque le rotor 130 a deux pôles magnétiques, l'angle de rotation de référence correspondant au nombre de pôles est l'angle de 180° obtenu en divisant l'angle d'un tour par 2. Lorsque le rotor 130 a quatre pôles magnétiques, l'angle de rotation de référence correspondant au nombre de pôle est l'angle de 90° obtenu en divisant l'angle d'un tour par 4.

[0122] La figure 13 est un chronogramme montrant des exemples d'impulsion de basculement et d'impulsion d'entraînement dans le deuxième mode de réalisation. Dans les explications de la figure, l'axe horizontal est l'axe du temps, „Out1“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la première borne OUT1 par moments, „Out2“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la deuxième borne OUT2 par moments, „Out3“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la troisième borne OUT3 par moments et „Out4“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la quatrième borne OUT4 par moments.

[0123] En tant que positions du rotor par moments, une position angulaire du rotor 130 est désignée en supposant que la deuxième position d'arrêt expliquée sur la figure 12 est la position à 0°. La commande de l'instant t51 à l'instant t61 est une commande pour faire tourner le rotor 130 dans le sens inverse des aiguilles d'une montre de 0° à 180°. La commande de l'instant t61 à l'instant t69 est une commande pour faire tourner le rotor 130 dans le sens inverse des aiguilles d'une montre de 180° à 0°.

[0124] De l'instant T51 à l'instant t52, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de sens positif à la quatrième borne OUT4. Lorsque l'impulsion de sens positif est appliquée continûment à la quatrième borne OUT4, le rotor 130 s'immobilise dans une position tournée de 45°. Lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 arrête d'appliquer l'impulsion à l'instant t52, le rotor 130 est rappelé en arrière à la position 0° et s'immobilise. Lorsqu'il revient de la position à 45° à la position à 0°, le rotor 130 réitère au moins une fois, avec l'inertie, le fait de tourner jusqu'à un angle de rotation négatif dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et de tourner jusqu'à un angle de rotation positif dans le sens des aiguilles d'une montre. En d'autres termes, le rotor 130 oscille (vibre) et s'immobilise dans la position à 0° suivant une atténuation des oscillations.

[0125] De l'instant t52 à l'instant t55, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 130 suivant l'application de l'impulsion de basculement. En particulier, le circuit de détermination 104 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 130, sur la base de la tension détectée par le circuit de détection de tension 105.

[0126] De l'instant t55 à l'instant t57, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion d'entraînement. L'impulsion de sens positif appliquée à la quatrième borne OUT4 de l'instant t55 à l'instant t56 est appelée une première impulsion d'entraînement. L'impulsion de sens positif appliquée à la deuxième borne OUT2 de l'instant t56 à l'instant t57 est appelée la deuxième impulsion d'entraînement. Lorsque l'impulsion de sens positif est appliquée continû-

ment à la deuxième borne OUT2, le rotor 130 s'immobilise dans une position tournée de 135°. Lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 arrête d'appliquer l'impulsion à l'instant t57, le rotor 130 est amené dans la position à 180° et s'immobilise.

[0127] De l'instant t61 à l'instant t62, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de sens positif, à savoir une impulsion de basculement, à la troisième borne OUT3. Lorsque l'impulsion de sens positif est appliquée continûment à la troisième borne OUT3, le rotor 130 s'immobilise dans une position tournée de 225°. Lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 arrête d'appliquer l'impulsion à l'instant t62, le rotor 130 est rappelé en arrière vers la position à 180° et s'immobilise. Le rotor 130 oscille (vibre) lorsqu'il retourne de la position à 225° à la position à 180° et s'immobilise dans la position à 180° suivant une atténuation des oscillations.

[0128] De l'instant t62 à l'instant t65, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine une charge mécanique reçue par le rotor 130 suivant l'application de l'impulsion de basculement. En particulier, le circuit de détermination 104 détermine la charge reçue par le rotor 130, sur la base de la tension détectée par le circuit de détection de tension 105.

[0129] De l'instant t65 à l'instant t67, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion d'entraînement. En particulier, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de sens positif à la troisième borne OUT3, à savoir une première impulsion d'entraînement, de l'instant t65 à l'instant t66, et applique une impulsion de sens positif à la première borne OUT1, à savoir une deuxième impulsion d'entraînement, de l'instant t66 à l'instant t67. Lorsque l'impulsion de sens positif est appliquée continûment à la première borne OUT1, le rotor 130 s'immobilise dans une position tournée de 315°. Lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 arrête d'appliquer l'impulsion à l'instant t66, le rotor 130 est rappelé jusqu'à la position à 0° et s'immobilise.

[0130] La figure 14 est un chronogramme montrant une variante pour des impulsions de basculement et des impulsions d'entraînement dans le deuxième mode de réalisation. La variante montrée sur cette figure diffère de l'exemple expliqué sur la figure 13 en ce que la variante comprend une impulsion de basculement (une première impulsion de basculement) pour faire tourner le rotor 130 d'un angle prédéterminé dans le sens de rotation normal à partir d'un état immobile et une impulsion de basculement (une deuxième impulsion de basculement) pour faire tourner le rotor 130 d'un angle prédéterminé dans le sens de rotation inverse depuis l'état immobile. Dans les explications de la figure, l'axe horizontal est l'axe du temps, „Out1“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la première borne OUT1 par moments, „Out2“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la deuxième borne OUT2 par moments, „Out3“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la troisième borne OUT3 par moments et „Out4“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la quatrième borne OUT4 par moments.

[0131] En tant que positions du rotor par moments, une position angulaire du rotor 130 est désignée en supposant que la deuxième position d'arrêt expliquée sur la figure 12 est la position à 0°. La commande de l'instant t71 à l'instant t81 est une commande pour faire tourner le rotor 130 dans le sens inverse des aiguilles d'une montre de 0° à 180°. La commande de l'instant t81 à t89 est une commande pour faire tourner le rotor 130 dans le sens inverse des aiguilles d'une montre de 180° à 0°.

[0132] De l'instant t71 à l'instant t74, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de basculement. En particulier, de l'instant t71 à l'instant t72, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de sens positif (une première impulsion de basculement) à la quatrième borne OUT4. Lorsque l'impulsion de sens positif est appliquée à la quatrième borne OUT4, le rotor 130 commence une rotation vers la position à 45°. Lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 arrête d'appliquer l'impulsion à l'instant t72, le rotor commence une rotation vers la position à 0°. Ensuite, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de sens positif (un deuxième impulsion de basculement) à la première borne OUT1. Lorsque l'impulsion de sens positif est appliquée à la première borne OUT1, le rotor 130 commence à tourner vers la position à 315°. Comme le rotor 130 est sollicité vers la position à 315° après avoir été emmené une fois à la position à 45°, le rotor oscille (vibre) de manière importante du fait de l'inertie. Le rotor 130 s'immobilise dans la position à 0° suivant une atténuation des oscillations.

[0133] De l'instant t74 à l'instant t75, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 130 suivant l'application de l'impulsion de basculement. En particulier, le circuit de détermination 104 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 130, sur la base de la tension détectée par le circuit de détection de tension 105.

[0134] La commande de l'instant t75 à l'instant t81 est la même que la commande de l'instant t55 à l'instant t61 expliquée sur la figure 13. Par conséquent, on omet sa description.

[0135] De l'instant t81 à l'instant t84, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de basculement. En particulier, de l'instant t81 à l'instant t82, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de sens positif (une première impulsion de basculement) à la troisième borne OUT3. Lorsque l'impulsion de sens positif est appliquée à la troisième borne OUT3, le rotor 130 commence à tourner vers une position à 225°. Lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 arrête d'appliquer l'impulsion à l'instant t82, le rotor 130 commence à tourner vers la position à 180°. Ensuite, le dispositif de commande de moteur 100 applique une impulsion de sens positif (une deuxième impulsion de basculement) à la deuxième borne OUT2. Lorsque l'impulsion de sens positif est appliquée à la deuxième borne OUT2, le rotor 130 commence à tourner vers la position à 135°. Puisque le rotor 130 est sollicité vers

la position à 135° après avoir été emmené une fois à la position à 225°, le rotor 130 oscille de manière importante du fait de l'inertie. Le rotor 130 s'immobilise dans la position à 180° suivant l'atténuation des oscillations.

[0136] De l'instant t84 à l'instant t85, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine une charge mécanique reçue par le rotor 130 suivant l'application de l'impulsion de basculement. En particulier, le circuit de détermination 104 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 130, sur la base de la tension détectée par le circuit de détection de tension 105.

[0137] La commande de l'instant t85 à l'instant t89 est la même que la commande de l'instant t65 à l'instant t69 expliquée sur la figure 13. Par conséquent, on en omet la description.

[0138] On notera que, dans l'exemple de la variante décrite plus haut, le circuit de commande 103 est à même de faire osciller le rotor d'une manière importante en émettant non seulement la première impulsion de basculement pour faire basculer le rotor au moyen d'une impulsion d'énergie pour faire tourner le rotor 130 dans le sens de rotation normal, mais aussi la deuxième impulsion de basculement pour faire basculer le rotor 130 au moyen d'une impulsion d'énergie pour faire tourner le rotor 130 dans le sens inverse du sens de rotation normal, après l'émission de la première impulsion de basculement. Le circuit de commande 103 peut émettre seulement la première impulsion de basculement comme étant l'impulsion de basculement, comme dans l'exemple du deuxième mode de réalisation, ou il peut émettre la première impulsion de basculement et la deuxième impulsion de basculement comme étant l'impulsion de basculement, comme dans la variante du deuxième mode de réalisation.

[0139] Lorsque la première impulsion de basculement et la deuxième impulsion de basculement sont l'une et l'autre émises, on peut faire osciller le rotor 130 de manière importante et, d'un autre côté, le temps nécessaire à la détection augmente parfois. Par conséquent, le circuit de commande 103 peut être configuré pour émettre seulement la première impulsion de basculement lorsqu'on émet l'impulsion de basculement selon un cycle prédéterminé dans lequel l'impulsion d'entraînement est émise. Le circuit de commande 103 peut être configuré pour émettre à la fois la première impulsion de basculement et la deuxième impulsion de basculement lorsqu'on émet l'impulsion de basculement à un moment prédéterminé ne correspondant pas au (indépendant du) cycle prédéterminé dans lequel l'impulsion d'entraînement est émise.

[0140] On notera que le circuit de commande 103 peut être conçu pour avoir un mode avec émission d'impulsions de basculement, pour émettre des impulsions de basculement, et un mode sans émission d'impulsion de basculement, pour ne pas émettre d'impulsion de basculement.

Vue d'ensemble des effets du mode de réalisation

[0141] Selon le mode de réalisation décrit plus haut, en comprenant le circuit de commande 103 qui émet l'impulsion d'entraînement et l'impulsion de basculement, le circuit de détection de tension 105 qui détecte des oscillations du rotor, et le circuit de détermination 104 qui détermine, sur la base d'une tension détectée, une charge reçue par le rotor, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détecte une oscillation du rotor quand l'impulsion de basculement est émise. Par conséquent, selon ce mode de réalisation, même quand une oscillation du rotor est petite en fonction d'un moteur, il est possible de faire osciller le rotor. Puisqu'une tension induite est générée, il est possible de détecter un état angulaire du rotor. Il est possible de déterminer la charge mécanique du rotor.

[0142] Classiquement, lorsqu'une constitution de moteur est un moteur bi-enroulement, puisqu'une tension induite est dispersée dans les deux enroulements et qu'un effet de freinage électromagnétique par les enroulements est augmenté, des oscillations du rotor en entraînement normal diminue. Cependant, selon ce mode de réalisation, puisque l'impulsion de basculement pour faire osciller le rotor est appliqué, il est possible de détecter de manière sûre l'état angulaire du rotor. Il est possible de déterminer la charge mécanique du rotor.

[0143] En fonction du moteur, l'inertie d'un rotor est petite ou la force de maintien de magnétisme d'un stator est petite. Dans un tel cas, l'oscillation du rotor en entraînement normal diminue. Il est difficile de détecter un état angulaire du rotor. Cependant, selon ce mode de réalisation, puisque l'impulsion de basculement pour faire osciller le rotor est appliquée, il est possible de détecter de manière sûre l'état angulaire du rotor. Il est possible de déterminer la charge mécanique du rotor.

[0144] On notera que la charge mécanique déterminée par le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 n'est pas limitée à l'exemple du cas dans lequel la partie dentée comprend une dent de charge, et qu'elle inclut de manière large toute charge générée lorsqu'on fait tourner une partie dentée d'entraînement d'indicateur de date.

[0145] Selon le mode de réalisation décrit plus haut, après l'émission de l'impulsion de basculement, le circuit de commande 103 émet l'impulsion d'entraînement après qu'une durée prédéterminée s'est écoulée. Par conséquent, le circuit de commande 103 émet l'impulsion d'entraînement après que les oscillations du rotor de par l'impulsion de basculement sont suffisamment atténuées. Par conséquent, il est possible d'éviter que le moteur pas à pas se décale à cause des oscillations provoquées par l'impulsion de basculement.

[0146] On notera que la période prédéterminée depuis l'émission de l'impulsion de basculement jusqu'à l'émission de l'impulsion d'entraînement peut être une durée suffisante pour que les oscillations du rotor provoquées par l'impulsion de basculement s'atténuent et peut éventuellement être choisie sur la base de l'inertie du rotor.

[0147] Selon le mode de réalisation décrit plus haut, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détecte, comme étant la charge mécanique, un état dans lequel le pignon et la dent de charge engrènent l'un avec l'autre. Par conséquent, selon ce mode de réalisation, il est possible de déterminer une position d'aiguille de référence.

[0148] Selon le mode de réalisation décrit plus haut, le circuit de commande 103 commande l'instant d'émission de l'impulsion d'entraînement selon la charge mécanique déterminée par le circuit de détermination 104. Par conséquent, lorsque la charge mécanique augmente, il est possible d'empêcher, en augmentant le temps pendant lequel l'impulsion d'entraînement est appliquée (c'est-à-dire en fournissant une énergie importante), que le moteur pas à pas se décale.

[0149] Par exemple, lorsqu'un calendrier est entraîné, puisque la charge augmente, il est approprié de faire tourner le rotor avec plus d'énergie qu'habituellement. Selon ce mode de réalisation, même dans un tel cas, selon la charge, il est possible de modifier l'énergie devant être fournie.

[0150] Selon le mode de réalisation décrit plus haut, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 a la première impulsion de basculement et la deuxième impulsion de basculement. Lorsque le moteur pas à pas est entraîné, en fonction de la vitesse d'entraînement et de la valeur de la charge accouplée au moteur pas à pas, il est approprié d'appliquer seulement la première impulsion de basculement dans certains cas ou il est approprié d'appliquer la première impulsion de basculement et la deuxième impulsion de basculement dans d'autres cas. Selon ce mode de réalisation, il est possible d'appliquer une impulsion de basculement appropriée selon la vitesse d'entraînement du moteur pas à pas et la valeur de la charge accouplée au moteur pas à pas.

[0151] Selon le mode de réalisation décrit plus haut, dans le cas d'un actionnement normal d'aiguille, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 peut supprimer une détection erronée d'une charge mécanique en appliquant la première impulsion et la deuxième impulsion. Lorsqu'il entraîne une aiguille à une vitesse élevée, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 est à même de réduire une durée de détection et d'entraîner l'aiguille à une vitesse élevée, en appliquant seulement la première impulsion de basculement.

[0152] Selon le mode de réalisation décrit plus haut, le circuit de détermination 104 détermine la charge mécanique en déterminant si la valeur de la tension détectée par le circuit de détection de tension 105 dépasse un seuil. Par conséquent, selon ce mode de réalisation, il est possible de détecter facilement une charge mécanique sur le rotor.

[0153] Selon le mode de réalisation décrit plus haut, après que l'impulsion de basculement a été émise, à un moment pendant lequel une tension induite serait générée par une oscillation du rotor, le circuit de détermination 104 détermine si une tension induite est générée. Par conséquent, selon ce mode de réalisation, il est possible de supprimer une détection erronée qui se produit lorsqu'une charge augmente momentanément à cause d'une charge extérieure.

[0154] Selon le mode de réalisation décrit plus haut, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 possède un mode pour émettre les impulsions de basculement (mode avec impulsions de basculement) et un mode pour ne pas émettre d'impulsion de basculement (mode sans impulsion de basculement). Par conséquent, selon ce mode de réalisation, lorsque les impulsions de basculement sont inutiles, il est possible de réduire la consommation d'énergie en n'émettant pas d'impulsion de basculement.

Troisième mode de réalisation

[0155] On va ensuite décrire un troisième mode de réalisation en se référant aux figures 15A, 15B, 16A, 16B, 17A, 17B, 18A et 18B. Dans le mode de réalisation décrit précédemment, un exemple de cas dans lequel l'énergie de l'impulsion d'entraînement est modifiée par le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 est décrit. En particulier, l'exemple dans lequel le circuit de commande 103 fixe le temps d'émission de l'impulsion d'entraînement en fonction de la charge mécanique déterminée par le circuit de détermination 104 pour fixer ainsi l'énergie de l'impulsion d'entraînement est mentionné. Dans le troisième mode de réalisation, des exemples spécifiques de cas dans lequel l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107 est commandée avec des procédés variés est expliqué.

[0156] On notera que, dans l'exemple décrit en se référant aux figures 15A à 18B, on a choisi le cas dans lequel le moteur pas à pas est un moteur bi-enroulement.

[0157] Les figures 15A et 15B sont des chronogrammes montrant un exemple de cas dans lequel l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas est commandée en commandant une durée d'émission de l'impulsion d'entraînement dans le troisième mode de réalisation. L'exemple dans lequel l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas est commandée en commandant la durée d'émission de l'impulsion d'entraînement est décrite en se référant aux figures. La figure 15A montre un exemple de cas dans lequel la détection d'une tension induite est réalisée avec succès. La figure 15B montre un exemple de cas dans lequel la détection d'une tension induite n'est pas réalisée avec succès.

[0158] Dans la description des figures 15A et 15B, l'axe horizontal est l'axe du temps, „Out1“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la première borne OUT1 parfois, „Out2“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la deuxième borne OUT2 parfois, „Out3“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la troisième borne OUT3 parfois, „Out4“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la quatrième borne OUT4 parfois.

[0159] D'abord, un exemple de cas dans lequel la tension induite est détectée avec succès est expliquée en se référant à la figure 15A.

[0160] A l'instant t111, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande „Out1“ pour appliquer ainsi une impulsion de basculement au moteur pas à pas 107. Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine une charge mécanique reçue par le rotor 130 suivant l'application de l'impulsion de basculement. Le circuit de détection de tension 105 détecte une tension induite générée à „Out4“. Sur la base de la tension détectée par le circuit de détection de tension 105, le circuit de détermination 104 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 130. En particulier, puisque la tension induite est égale ou supérieure à un seuil prédéterminé TH, le circuit de détermination détermine que la tension induite est détectée normalement avec succès.

[0161] En se référant à la figure 15B, on va décrire ensuite un exemple de cas dans lequel la détection de la tension induite n'est pas réalisée avec succès.

[0162] A l'instant t121, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande „Out1“ pour appliquer ainsi une impulsion de basculement au moteur pas à pas 107. Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine une charge mécanique reçue par le rotor 130 suivant l'application de l'impulsion de basculement. Le circuit de détection de tension 105 détecte une tension induite générée à „Out4“. Puisque la tension induite est égale ou inférieure au seuil prédéterminé TH, le circuit de détermination 104 détermine que la tension induite n'est pas détectée normalement avec succès. Dans ce cas, le circuit de commande 103 commande une durée d'émission d'une impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107. En particulier, le circuit de commande 103 commande que la durée d'émission d'une impulsion d'entraînement appliquée à „Out1“ à l'instant t125 et la durée d'émission d'une impulsion d'entraînement appliquée à „Out3“ à l'instant t127 soient longues pour commander ainsi que l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107 soit importante.

[0163] Les figures 16A et 16B sont des chronogrammes montrant un exemple de cas dans lequel l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas est commandée par un procédé d'alimentation du moteur pas à pas dans le troisième mode de réalisation. En se référant aux figures, on va décrire un exemple de cas dans lequel l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas est commandée par un procédé d'alimentation du moteur pas à pas. La figure 16A montre un exemple de cas dans lequel la détection de la tension induite est réalisée avec succès. La figure 16B montre un exemple de cas dans lequel la détection de la tension induite n'est pas réalisée avec succès.

[0164] Dans la description des figures 16A et 16B, l'axe horizontal est l'axe du temps, „Out1“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la première borne OUT1 parfois, „Out2“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la deuxième borne OUT2 parfois, „Out3“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la troisième borne OUT3 parfois, „Out4“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la quatrième borne OUT4 parfois.

[0165] En se référant à la figure 16A, on va décrire un exemple de cas dans lequel la détection d'une tension induite est réalisée avec succès.

[0166] A l'instant t211, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande „Out1“ pour appliquer ainsi une impulsion de basculement au moteur pas à pas 107. Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine une charge mécanique reçue par le rotor 130 suivant l'application de l'impulsion de basculement. Le circuit de détection de tension 105 détecte une tension induite générée à „Out4“. Sur la base d'une tension détectée par le circuit de détection de tension 105, le circuit de détermination 104 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 130. En particulier, puisque la tension induite est égale ou supérieure au seuil prédéterminé TH, le circuit de détermination 104 détermine que la tension induite est détectée normalement avec succès.

[0167] Dans l'exemple montré à la figure 16A, le circuit de commande 103 commande le moteur pas à pas 107 selon une excitation mono-phase.

[0168] En se référant à la figure 16B, on va ensuite décrire un exemple de cas dans lequel la détection d'une tension induite n'est pas réalisée avec succès.

[0169] A l'instant t211, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande „Out1“ pour appliquer ainsi une impulsion de basculement au moteur pas à pas 107. Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine une charge mécanique reçue par le rotor 130 suivant une application de l'impulsion de basculement. Le circuit de détection de tension 105 détecte une tension induite générée à „Out4“. Puisque la tension induite est égale ou inférieure au seuil prédéterminé TH, le circuit de détermination 104 détermine que la tension induite n'a pas été détectée avec succès. Dans ce cas, le circuit de commande 103 commande un procédé d'alimentation du moteur pas à pas 107 pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107. En particulier, le circuit de commande 103 commande la méthode d'alimentation du moteur pas à pas 107 depuis une excitation mono-phase vers une excitation bi-phase pour ainsi commander l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107. En particulier, le circuit de commande 103 applique „Out1“ et „Out3“ à l'instant t225 et applique seulement „Out3“ à l'instant t227 pour ainsi réaliser un entraînement à excitation bi-phase et commander que l'énergie pour entraîner le moteur 107 soit importante.

[0170] Les figures 17A et 17B sont des chronogrammes montrant un exemple de cas dans lequel l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas est commandée en commandant le rapport cyclique d'une impulsion d'entraînement dans le troisième mode de réalisation. En se référant à ces figures, on va décrire un exemple de cas dans lequel l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas est commandée en commandant un rapport cyclique d'une impulsion d'entraînement. La figure 17A

montre un exemple de cas dans lequel la détection de tension induite est réalisée avec succès. La figure 17B montre un exemple de cas dans lequel la détection de tension induite n'est pas réalisée avec succès.

[0171] On notera que, dans l'exemple des figures, le circuit de commande 103 commande le moteur pas à pas 107 en appliquant un signal MLI (PWM en anglais) comme impulsion d'entraînement.

[0172] Dans la description des figures 17A et 17B, l'axe horizontal est l'axe du temps, „Out1“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la première borne OUT1 parfois, „Out2“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la deuxième borne OUT2 parfois, „Out3“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la troisième borne OUT3 parfois, „Out4“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la quatrième borne OUT4 parfois.

[0173] En se référant à la figure 17B, on va ensuite décrire un exemple de cas dans lequel la détection d'une tension induite n'est pas réalisée avec succès.

[0174] A l'instant t311, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande „Out1“ pour appliquer ainsi une impulsion de basculement au moteur pas à pas 107. Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine une charge mécanique reçue par le rotor 130 suivant l'application de l'impulsion de basculement. Le circuit de détection de tension 105 détecte une tension induite générée à „Out4“. Sur la base d'une tension détectée par le circuit de détection de tension 105, le circuit de détermination 104 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 130. En particulier, puisque la tension induite est égale ou supérieure au seuil prédéterminé TH, le circuit de détermination 104 détermine que la tension induite est détectée normalement avec succès.

[0175] Dans l'exemple montré sur la figure 17A, à l'instant t315 et l'instant t317, le circuit de commande 103 applique le signal MLI comme impulsion d'entraînement pour commander ainsi le moteur pas à pas 107.

[0176] En se référant à la figure 17B, on va ensuite décrire un exemple de cas dans lequel la détection d'une tension induite n'est pas réalisée avec succès.

[0177] A l'instant t321, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande „Out1“ pour appliquer ainsi une impulsion de basculement au moteur pas à pas 107. Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine une charge mécanique reçue par le rotor 130 suivant l'application de l'impulsion de basculement. Le circuit de détection de tension 105 détecte une tension induite générée à „Out4“. Puisque la tension induite est égale ou inférieure au seuil prédéterminé TH, le circuit de détermination 104 détermine que la tension induite n'est pas détectée normalement avec succès. Dans ce cas, le circuit de commande 103 commande le rapport cyclique de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107. En particulier, afin de commander que l'énergie d'entraînement du moteur pas à pas 107 soit importante, le circuit de commande 103 règle le rapport cyclique d'impulsions d'entraînement appliquées à l'instant t325 et à l'instant t327 de manière que ce rapport cyclique soit supérieur au rapport cyclique d'impulsions d'entraînement appliquées à l'instant t315 et à l'instant t317.

[0178] Les figures 18A et 18B sont des chronogrammes montrant un exemple de cas dans lequel l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas est commandée en commandant la tension d'une impulsion d'entraînement dans le troisième mode de réalisation. En se référant à ces figures, on va décrire un exemple de cas dans lequel l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas est commandée en commandant la tension de l'impulsion d'entraînement. La figure 18A montre un exemple de cas dans lequel la détection de tension induite est réalisée avec succès. La figure 18B montre un exemple de cas dans lequel la détection de tension induite n'est pas réalisée avec succès.

[0179] On notera que, dans cet exemple, le circuit de pilotage de moteur 106 comprend un convertisseur de tension continu-continu (convertisseur DC-DC) non représenté ou un régulateur de tension à chute faible (en anglais LDO ou Low Dropout) et a une conception lui permettant de choisir la tension à appliquer au moteur pas à pas 107.

[0180] Dans l'exemple des figures 18A et 18B, l'axe horizontal est l'axe du temps, „Out1“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la première borne OUT1 parfois, „Out2“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la deuxième borne OUT2 parfois, „Out3“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la troisième borne OUT3 parfois, „Out4“ désigne les valeurs de tensions appliquées à la quatrième borne OUT4 parfois.

[0181] En se référant à la figure 18B, on va ensuite décrire un exemple de cas dans lequel la détection d'une tension induite n'est pas réalisée avec succès.

[0182] A l'instant t411, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande „Out1“ pour appliquer ainsi une impulsion de basculement au moteur pas à pas 107. Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine une charge mécanique reçue par le rotor 130 suivant l'application de l'impulsion de basculement. Le circuit de détection de tension 105 détecte une tension induite générée à „Out4“. Sur la base d'une tension détectée par le circuit de détection de tension 105, le circuit de détermination 104 détermine la charge mécanique reçue par le rotor 130. En particulier, puisque la tension induite est égale ou supérieure au seuil prédéterminé TH, le circuit de détermination 104 détermine que la tension induite est détectée normalement avec succès.

[0183] Dans l'exemple montré sur la figure 18A, à l'instant t415 et l'instant t417, le circuit de commande 103 applique une tension V1 comme impulsion d'entraînement pour commander ainsi le moteur pas à pas 107.

[0184] En se référant à la figure 18B, on va ensuite décrire un exemple de cas dans lequel la détection d'une tension induite n'est pas réalisée avec succès.

[0185] A l'instant t_{421} , le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande „Out1“ pour appliquer ainsi une impulsion de basculement au moteur pas à pas 107. Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine une charge mécanique reçue par le rotor 130 suivant l'application de l'impulsion de basculement. Le circuit de détection de tension 105 détecte une tension induite générée à „Out4“. Puisque la tension induite est égale ou inférieure au seuil prédéterminé TH, le circuit de détermination 104 détermine que la tension induite n'est pas normalement détectée avec succès. Dans ce cas, le circuit de commande 103 commande la tension de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107. En particulier, le circuit de commande 103 règle la tension d'impulsions d'entraînement appliquées à l'instant t_{425} et à l'instant t_{427} à une tension V2 supérieure à la tension V1, afin de commander ainsi que l'énergie d'entraînement du moteur pas à pas 107 soit importante.

[0186] Par exemple, la tension V1 peut être une tension générée par le convertisseur de tension et la tension V2 peut être une tension d'alimentation fournie par une batterie.

Vue d'ensemble des effets du troisième mode de réalisation

[0187] Selon le mode de réalisation décrit ci-dessus, en comprenant le circuit de commande 103, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107 en fonction de la charge mécanique déterminée par le circuit de détermination 104. Par conséquent, selon ce mode de réalisation, lorsque la charge mécanique augmente, il est possible, en augmentant l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107, d'empêcher que le moteur pas à pas se décale.

[0188] Selon le mode de réalisation expliqué ci-dessus, lorsqu'il est déterminé par le circuit de détermination 104 qu'une tension induite n'est pas normalement détectée avec succès, le circuit de commande 103 commande la durée d'émission de l'impulsion d'entraînement pour ainsi commander l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107. Puisque le circuit de commande 103 commande la durée d'émission de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107, il est possible de commander facilement l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107 sans utiliser un nouveau matériel (dispositif) pour changer la quantité d'énergie.

[0189] Selon le mode de réalisation décrit ci-dessus, lorsqu'il est déterminé par le circuit de détermination 104 qu'une tension induite n'est pas normalement détectée avec succès, le circuit de commande 103 commande un procédé d'alimentation du moteur pas à pas 107 pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107. Puisque le circuit de commande 103 pilote le procédé d'alimentation du moteur pas à pas 107 pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107, il est possible de commander facilement l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107 sans utiliser un nouveau matériel (dispositif) pour changer la quantité d'énergie. Le circuit de commande 103 est à même de commander de manière sûre l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107.

[0190] Selon le mode de réalisation décrit ci-dessus, lorsqu'il est déterminé par le circuit de détermination 104 qu'une tension induite n'est pas normalement détectée avec succès, le circuit de commande 103 commande le rapport cyclique de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107. Puisque le circuit de commande 103 pilote le rapport cyclique de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107, lorsque l'impulsion d'entraînement est à pilotage MLI, il est possible de commander facilement l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107.

[0191] Selon le mode de réalisation décrit ci-dessus, lorsqu'il est déterminé par le circuit de détermination 104 qu'une tension induite n'est pas normalement détectée avec succès, le circuit de commande 103 commande la tension de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107. Puisque le circuit de commande 103 pilote la tension de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107, même si la durée pendant laquelle peut être appliquée l'impulsion d'entraînement est limitée, il est possible de commander l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107.

[0192] On notera que, dans ce mode de réalisation, les méthodes expliquées plus haut peuvent être combinées. Par exemple, à la fois la durée d'application de l'impulsion d'entraînement et sa tension peuvent être commandées de manière à être simultanément modifiées ou bien à la fois le rapport cyclique du signal MLI et sa tension peuvent être commandés de manière à être modifiés simultanément. Lorsqu'on passe d'une excitation monophasée à une excitation bi-phase, la durée d'application de l'impulsion d'entraînement et/ou la tension de l'impulsion d'entraînement peuvent être changées en même temps.

[0193] En combinant ces méthodes, il est possible de commander l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107 avec une résolution plus élevée (précision plus élevée).

Quatrième mode de réalisation

[0194] On va ensuite décrire un quatrième mode de réalisation en se référant à la figure 19. Dans le mode de réalisation décrit précédemment, la modification de l'impulsion de basculement est expliquée en se référant à la figure 14. Dans le quatrième mode de réalisation, la modification de l'impulsion de basculement décrite en se référant à la figure 14 est décrite avec des compléments.

[0195] La figure 19 est un chronogramme montrant un exemple d'impulsion de basculement et d'impulsion d'entraînement dans le quatrième mode de réalisation. L'exemple décrit en se référant à cette figure diffère de l'exemple décrit en se référant à la figure 14 en ce que le sens de rotation de l'impulsion de basculement n'est pas limité.

[0196] Dans l'exemple décrit en se référant à la figure 14, après que le rotor 130 a été entraîné dans le sens de rotation normal par la première impulsion de basculement, le rotor 130 est entraîné dans le sens de rotation inverse par la deuxième impulsion de basculement. Cependant, dans ce mode de réalisation, après que le rotor 130 a été entraîné dans le sens de rotation inverse par la première impulsion de basculement, le rotor 130 peut éventuellement être entraîné dans le sens de rotation normal par la deuxième impulsion de basculement.

[0197] Ce mode de réalisation n'est pas différent de l'exemple décrit en se référant à la figure 14 en ce que l'impulsion de basculement est la première impulsion de basculement ou la deuxième impulsion de basculement. Cependant, ce mode de réalisation est différent de l'exemple décrit en se référant à la figure 14 en ce que le sens de rotation de la première impulsion de basculement ou de la deuxième impulsion de basculement n'est pas limité. En d'autres termes, la première impulsion de basculement a l'énergie pour faire tourner le rotor 130 dans un premier sens de rotation et bascule le rotor 130. La deuxième impulsion de basculement est une impulsion de basculement appliquée après que la première impulsion de basculement a été émise. La deuxième impulsion de basculement a l'énergie pour faire tourner le rotor 130 dans un deuxième sens de rotation et bascule le rotor 130.

[0198] En particulier, le premier sens de rotation peut être le sens de rotation normal et le deuxième sens de rotation peut être le sens de rotation inverse en étant contraire au premier sens de rotation. Le premier sens de rotation peut être le sens de rotation inverse et le deuxième sens de rotation peut être le sens de rotation normal en étant contraire au premier sens de rotation.

Vue d'ensemble des effets du quatrième mode de réalisation

[0199] Selon le mode de réalisation décrit ci-dessus, le circuit de commande 103 applique la première impulsion de basculement et la deuxième impulsion de basculement comme étant l'impulsion de basculement. Les sens de rotation de la première impulsion de basculement et de la deuxième impulsion de basculement sont au choix. Par conséquent, selon ce mode de réalisation, il est possible de basculer le rotor du moteur pas à pas 107 de manière appropriée.

Cinquième mode de réalisation

[0200] On va ensuite décrire un cinquième mode de réalisation. Premièrement, des problèmes que le cinquième mode de réalisation doivent résoudre sont expliqués. L'impulsion de basculement dans les modes de réalisation décrits auparavant doit fournir une énergie appropriée pour que le rotor n'oscille pas de manière importante lorsque le rotor engrène avec la dent de charge et pour qu'il bascule lorsque le rotor engrène avec une dent standard.

[0201] Par exemple, même la dent de charge bascule si l'énergie de l'impulsion de basculement est trop importante. Même la dent standard ne bascule pas si l'énergie de l'impulsion de basculement est trop petite. En d'autres termes, on souhaite régler de manière appropriée l'énergie de l'impulsion selon la charge de l'engrenage. Un but de ce mode de réalisation est de régler de manière appropriée l'énergie de l'impulsion de basculement.

[0202] La figure 20 est un diagramme montrant la détection ou l'absence de détection d'une tension induite dans le cas où les tensions d'une impulsion d'entraînement et d'une impulsion de basculement sont modifiées dans un cinquième mode de réalisation. Un exemple de cas dans lequel la force de rappel de la dent de charge est élevée est montré dans le côté gauche de la figure sous la désignation „charge élevée“. Un exemple de cas dans lequel une force de rappel de la dent de charge est faible est montrée dans le côté droit de la figure sous la désignation „charge basse“. Pour le cas de la „charge élevée“ et pour le cas de la „charge basse“, sont prévus un exemple dans lequel la tension appliquée de l'impulsion de basculement est réglée à 3,0V et un exemple dans lequel la tension appliquée de l'impulsion de basculement est réglée à 1,8V. 3,0V est supposée être la tension d'alimentation. 1,8V est supposée être une tension produite par un convertisseur continu-continu, par un régulateur de tension à chute faible (en anglais LDO), ou analogue, à partir d'une tension d'alimentation.

[0203] L'axe vertical sur la figure indique la quantité d'énergie de l'impulsion de basculement. Le sens vers le haut correspond à une décroissance de l'énergie et le sens vers le bas correspond à une croissance de l'énergie. Dans l'exemple montré sur la figure, l'énergie est différenciée par exemple en changeant le temps pendant lequel l'impulsion de basculement est appliquée. On notera que l'énergie est différente dans l'exemple dans lequel la tension de l'impulsion de basculement est réglée à 3,0V et l'exemple dans lequel la tension d'application de l'impulsion de basculement est réglée à 1,8V.

[0204] L'axe horizontal sur la figure est découpé en pas. Une cellule correspond à un pas. Sur la figure, dans une partie dentée qui effectue un tour en 360 pas, onze pas centrés sur la dent de charge sont montrés.

[0205] Les cellules grisées sur la figure indiquent que les cellules sont détectées comme étant la dent de charge. Les cellules non grisées sur la figure indiquent que les cellules sont détectées comme étant des dents standards. Les limites entre les cellules grisées et les cellules non grisées indiquent une quantité d'énergie minimale et une quantité d'énergie maximale de l'impulsion de basculement. En d'autres termes, il est possible de détecter de manière appropriée une dent

standard et la dent de charge en fournissant une quantité d'énergie entre la quantité d'énergie minimale et la quantité d'énergie maximale, dans l'impulsion de basculement.

[0206] Dans le cas de la „charge élevée“, lorsque l'impulsion de basculement est pilotée à 3,0V, la différence entre la quantité d'énergie minimale et la quantité d'énergie maximale (c'est-à-dire la différence entre les durées d'application des impulsions) est de 0,27ms. Lorsque l'impulsion de basculement est pilotée à 1,8V, la différence entre la quantité d'énergie minimale et la quantité d'énergie maximale est de 0,78ms.

[0207] Dans le cas de la „charge basse“, lorsque l'impulsion de basculement est pilotée à 3,0V, la différence entre la quantité d'énergie minimale et la quantité d'énergie maximale est de 0,18ms. Lorsque l'impulsion de basculement est pilotée à 1,8V, la différence entre la quantité d'énergie minimale et la quantité d'énergie maximale est de 0,56ms.

[0208] Dans le cas de la „charge élevée“ comme dans le cas de la „charge basse“, la différence entre la quantité d'énergie minimale et la quantité d'énergie maximale est plus grande lorsque l'impulsion de basculement est pilotée à 1,8V. En d'autres termes, il est possible de commander l'énergie de l'impulsion de basculement avec une plus grande résolution (plus grande sélectivité) en réglant l'impulsion de basculement à une tension plus basse que la tension d'entraînement.

[0209] Dans ce mode de réalisation, afin de commander l'énergie de l'impulsion de basculement avec une haute résolution, la tension de l'impulsion de basculement est réglée pour être plus faible que la tension de l'impulsion d'entraînement. En particulier, le circuit de pilotage de moteur 106 alimente le moteur pas à pas 107 avec une première tension (par exemple de 3,0V) lorsque l'impulsion d'entraînement est émise par le circuit de commande 103, et le circuit de pilotage de moteur 106 alimente le moteur pas à pas 107 avec une deuxième tension (par exemple de 1,8V) plus basse que la première tension lorsque l'impulsion de basculement est émise par le circuit de commande 103.

[0210] La première tension peut être, par exemple, une tension d'alimentation fournie par une batterie qui alimente la pièce d'horlogerie 1. La deuxième tension peut être, par exemple, une tension obtenue en abaissant, avec un convertisseur continu-continu, un régulateur de tension à chute faible (en anglais LDO), ou analogue, la tension d'alimentation fournie par la batterie.

Vue d'ensemble des effets du cinquième mode de réalisation

[0211] Selon ce mode de réalisation, en réglant l'impulsion de basculement à une tension plus petite que la tension de l'impulsion d'entraînement, il est possible de commander l'énergie de l'impulsion de basculement avec une haute résolution (une haute sélectivité). Par conséquent, il est possible de commander de manière appropriée l'impulsion de basculement. En conséquence, selon ce mode de réalisation, il est possible de détecter correctement une dent standard et la dent de charge.

Sixième mode de réalisation

[0212] On va ensuite décrire un sixième mode de réalisation ci-dessous. Premièrement, des problèmes que le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 selon le sixième mode de réalisation doit résoudre sont expliqués.

[0213] Les groupes de rouages constitutifs de la pièce d'horlogerie 1 ont parfois une charge importante à cause d'une utilisation longue. Même lorsqu'une durée d'utilisation est courte, la charge des groupes de rouages dans leur ensemble augmente en fonction d'un état d'utilisation et de l'environnement quant aux champs magnétiques. Dans ce mode de réalisation, lorsque la charge d'un rouage constitutif de la pièce d'horlogerie a augmenté, une anomalie telle qu'un décalage est empêchée en commandant que l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107 soit importante.

[0214] La figure 21 est un organigramme pour expliquer la commande de l'évolution par échelon de l'impulsion d'entraînement dans un sixième mode de réalisation. On va expliquer une succession d'actions du dispositif de commande de moteur pas à pas 100 selon le sixième mode de réalisation en se référant à cette figure.

[0215] On notera qu'une partie dentée décrite dans ce mode de réalisation est décrite en supposant que la partie dentée effectue un tour en 360 pas. Le processus décrit dans ce mode de réalisation est démarré à un instant de déclenchement. Ensuite, la commande du processus est répétée.

[0216] Etape S211 : comme conditions initiales, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 met l'échelon d'entraînement dr à 0 et met le nombre de stabilisations NS à 0. L'échelon d'entraînement dr désigne un niveau d'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107. Un échelon d'entraînement dr plus élevé signifie que l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107 est plus élevée. Le nombre de stabilisations NS est un compteur incrémenté à chaque pas. Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 se réfère au nombre de stabilisations NS pour déterminer ainsi si l'échelon d'entraînement dr devrait être ou non modifié.

[0217] Etape S213 : après avoir été allumé, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 amène la partie dentée à effectuer un tour (c'est-à-dire 360 pas) et précise la position de la dent de charge. Après avoir enregistré la position de la dent de charge, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S215.

[0218] Etape S215 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine si la dent de charge est dans la position enregistrée comme étant celle de la dent de charge. Lorsque la dent de charge est dans la position enregistrée comme étant celle de la dent de charge (étape S215 ; OUI), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer

le processus à l'étape S217. Lorsque la dent de charge n'est pas dans la position enregistrée pour la dent de charge (étape S215 ; NON), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S221.

[0219] Etape S217 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de basculement au moteur pas à pas 107.

[0220] Etape S219 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion d'entraînement au moteur pas à pas 107.

[0221] En d'autres termes, puisqu'une tension induite ne peut pas être reçue dans la position de la dent de charge, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 n'effectue pas une commande sur l'échelon d'entraînement.

[0222] En effectuant le processus allant de l'étape S221 à l'étape S240, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande l'échelon d'entraînement dr, qui est le niveau de l'impulsion d'entraînement, sur la base d'un résultat obtenu en déterminant une tension induite VRs avec les dents standards.

[0223] Etape S221 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique l'impulsion de basculement au moteur pas à pas 107.

[0224] Etape S223 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine si la tension induite VRs pour les dents standards est plus grande qu'un seuil prédéterminé Vcomp. Lorsque la tension induite VRs avec les dents standards est plus grande que le seuil prédéterminé Vcomp (étape S223 ; OUI), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S225. Lorsque la tension induite VRs avec les dents standards est égale ou inférieure au seuil prédéterminé Vcomp (étape S223 ; NON), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S235.

[0225] Etape S225 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine si l'échelon d'entraînement dr est égal à 0. Lorsque l'échelon d'entraînement dr est égal à 0 (étape S225 ; OUI), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S233. Lorsque l'échelon d'entraînement dr n'est pas égal à 0 (étape S225 ; NON), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S227.

[0226] Etape S227 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 augmente de 1 le nombre de stabilisation NS.

[0227] Etape S229 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine si le nombre de stabilisation NS est 360. Lorsque le nombre de stabilisation est 360 (étape S229 ; OUI), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S231. Lorsque le nombre de stabilisation NS n'est pas 360 (étape S229 ; NON), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S233.

[0228] Etape S231 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 soustrait 1 à l'échelon d'entraînement dr. En d'autres termes, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 entraîne le moteur pas à pas 107 avec moins d'énergie les fois suivantes. Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 règle le nombre de stabilisation à 0.

[0229] Etape S233 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 maintient l'échelon d'entraînement dr.

[0230] Etape S235 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 ajoute 1 à l'échelon d'entraînement dr. En d'autres termes, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 entraîne le moteur pas à pas 107 avec plus d'énergie les fois suivantes. Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fixe le nombre de stabilisation NS à 0.

[0231] Etape S241 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion d'entraînement au moteur pas à pas 107.

Vue d'ensemble des effets du sixième mode de réalisation

[0232] Selon le mode de réalisation expliqué ci-dessus, en comportant le circuit de commande 103, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 augmente l'échelon de l'impulsion d'entraînement lorsque la tension induite Vrs est inférieure au seuil prédéterminé Vcomp. En d'autres termes, lorsque la charge mécanique reçue par le rotor telle que déterminée par le circuit de détermination 104 est inférieure au seuil prédéterminé, le circuit de commande 103 applique une impulsion d'entraînement qui, parmi des impulsions d'entraînement de plusieurs échelons ayant des énergies différentes, est d'un échelon supérieur à l'impulsion d'entraînement appliquée immédiatement auparavant.

[0233] En comprenant le circuit de commande 103, lorsque la tension induite Vrs est supérieure au seuil prédéterminé Vcomp, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 diminue l'échelon de l'impulsion d'entraînement après qu'un nombre de fois équivalent à environ un tour de la partie dentée s'est écoulé en tant que le nombre de stabilisation NS. En comprenant le circuit de commande 103, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 diminue l'échelon de l'impulsion d'entraînement après que la tension induite Vrs est restée supérieure au seuil prédéterminé Vcomp un nombre de fois qui est équivalent à environ un tour et qui est égal au nombre de stabilisation NS. En d'autres termes, lorsqu'un résultat selon lequel la charge mécanique reçue par le rotor telle que déterminée par le circuit de détermination 104 est supérieure au seuil prédéterminé est obtenu continuellement un nombre de fois prédéterminé ou plus, le circuit de commande 103 applique une impulsion d'entraînement qui, parmi les impulsions d'entraînement de plusieurs rangs ayant des énergies différentes, est d'un échelon inférieur à l'impulsion d'entraînement appliquée immédiatement auparavant.

[0234] Selon le mode de réalisation décrit ci-dessus, même lorsque la charge du rouage constitutif de la pièce d'horlogerie 1 augmente, il est possible d'empêcher une anomalie telle qu'un décalage, en commandant que l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas 107 soit grande (suffisante).

[0235] Lorsque l'énergie de l'impulsion d'entraînement est diminuée, il est possible d'éviter qu'un problème tel qu'un décalage se produise parce que, après qu'une charge équivalente à un tour de la partie dentée est déterminée, l'énergie de l'impulsion d'entraînement est diminuée par erreur parce que la charge dévie.

Septième mode de réalisation

[0236] Ensuite, on va expliquer un septième mode de réalisation. D'abord, des problèmes que le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 selon le septième mode de réalisation doit résoudre sont expliqués.

[0237] Comme expliqué plus haut, l'impulsion de basculement sert à détecter une charge mécanique en basculant le rotor. En particulier, au sujet de la partie dentée comprenant les dents standards et la dent de charge, moyennant une détection de la charge mécanique, il est possible de déterminer si le rotor engrène avec les dents standards ou avec la dent de charge. Si l'énergie de l'impulsion de basculement est trop grande, le rotor bascule parfois même lorsque le rotor engrène avec la dent de charge. Si l'énergie de l'impulsion de basculement est trop petite, le rotor ne bascule parfois pas même lorsque le rotor engrène avec les dents standards. Par conséquent, il est requis de régler l'énergie de l'impulsion de basculement à la valeur appropriée. Dans ce mode de réalisation, l'énergie de l'impulsion de basculement est réglée à la valeur appropriée.

[0238] La figure 22 est un organigramme pour expliquer la commande de l'évolution par échelon de l'impulsion d'entraînement dans un septième mode de réalisation. Une succession d'actions du dispositif de commande de moteur pas à pas 100 selon le septième mode de réalisation est décrite en se référant à cette figure.

[0239] On notera qu'on fait l'hypothèse d'une partie dentée décrite dans ce mode de réalisation concernant un cas dans lequel une dent de charge est prévue dans une partie dentée pour un réglage approximatif et dans une partie dentée pour un réglage fin. La description qui suit est faite en supposant que la partie dentée pour un réglage approximatif effectue un tour en 360 pas et que la partie dentée pour un réglage fin effectue un tour en 45 pas. En d'autres termes, la partie dentée pour un réglage fin effectue huit tours pendant que la partie dentée pour un réglage approximatif effectue un tour.

[0240] Le processus décrit dans ce mode de réalisation est démarré à un instant de déclenchement. Ensuite, la commande du processus est réitérée.

[0241] Etape S311 : comme conditions initiales, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 met un échelon de basculement sr à 0, met le nombre d'actionnement d'aiguille ND à 0 et met le nombre de fois avec charge NR à 0. L'échelon de basculement sr désigne un échelon d'énergie au moment où le rotor est basculé par une impulsion de basculement. Un échelon de basculement sr plus élevé signifie une énergie plus grande. Le nombre d'actionnement d'aiguille ND est un compteur incrémenté à chaque pas. Le nombre d'actionnement d'aiguille ND diffère du nombre de stabilisation NS en ce que le nombre d'actionnement d'aiguille ND inclut le nombre d'actionnement d'aiguille avec les dents normales et avec la dent de charge. Le nombre de fois avec charge NR est le nombre de fois où il est déterminé que la partie dentée engrène avec la dent de charge lorsque cette partie dentée fait un tour.

[0242] Etape S313 : après avoir été allumé, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 amène la partie dentée à effectuer un tour (c'est-à-dire 360 pas) et détermine la position de la dent de charge. Après avoir enregistré la position de la dent de charge, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S315.

[0243] Etape S315 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine si le nombre d'actionnement d'aiguille ND est 360. Lorsque le nombre d'actionnement d'aiguille ND est égal à 360 (étape S315 ; OUI), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S331. Lorsque le nombre d'actionnement d'aiguille ND n'est pas égal à 360 (étape S315 ; NON), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S317.

[0244] Etape S317 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de basculement au moteur pas à pas 107.

[0245] Etape S319 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine si la tension induite VRs est supérieur au seuil prédéterminé V_{comp} . Lorsque la tension induite VRs est supérieur au seuil prédéterminé V_{comp} (étape S319 ; OUI), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S323. Lorsque la tension induite VRs est égale ou inférieure au seuil prédéterminé V_{comp} (étape S319 ; NON), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S321.

[0246] Etape S321 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 incrémente le nombre de fois avec charge NR. En d'autres termes, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 compte le nombre de fois où il est déterminé que la partie dentée engrène avec la dent de charge.

[0247] Etape S323 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion d'entraînement au moteur pas à pas 107.

[0248] Etape S325 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 incrémente le nombre d'actionnement d'aiguille ND.

[0249] Etape S331 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine si le nombre de fois avec charge NR est supérieur à un nombre de fois avec charge maximal NRmax. Lorsque le nombre de fois avec charge NR est supérieur au nombre de fois avec charge maximal NRmax (étape S331 ; OUI), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S341. Lorsque le nombre de fois avec charge NR est égal ou inférieur au nombre de fois avec charge maximal NRmax (étape S331 ; NON), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S333.

[0250] Etape S333 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine si le nombre de fois avec charge NR est inférieur à un nombre de fois avec charge minimal NRmin. Lorsque le nombre de fois avec charge NR est inférieur au nombre de fois avec charge minimal NRmin (étape S333 ; OUI), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S343. Lorsque le nombre de fois avec charge NR est égal ou supérieur au nombre de fois avec charge minimal NRmin (étape S333 ; NON), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S345.

[0251] Le nombre de fois avec charge maximal NRmax est, par exemple, égal à 28. Le nombre de fois avec charge minimal NRmin est, par exemple, égal à 9. Dans ce mode de réalisation, puisque la partie dentée pour un réglage fin effectue huit tours pendant que la partie dentée pour un réglage approximatif effectue un tour, il est déterminé que la partie dentée engrène avec la dent de charge au moins neuf fois pendant que la partie dentée pour un réglage approximatif effectue un tour (360 pas). Par conséquent, le nombre de fois avec charge minimal NRmin est réglé à 9. Puisqu'une tension induite est parfois plusieurs fois détectée continûment pour la dent de charge, le nombre de fois avec charge maximal NRmax est réglé à 28 en supposant qu'une tension induite est détectée environ trois fois pour une dent.

[0252] On notera que le nombre de fois avec charge maximal NRmax et le nombre de fois avec charge minimal NRmin sont des nombres optionnels et peuvent être déterminés en fonction, par exemple, du nombre de pas de la partie dentée de la dent de charge.

[0253] Etape S341 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 ajoute 1 à l'échelon de basculement sr. En d'autres termes, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de basculement ayant une énergie plus grande les fois suivantes.

[0254] Etape S343 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 soustrait 1 de l'échelon de basculement sr. En d'autres termes, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 applique une impulsion de basculement ayant une énergie plus petite les fois suivantes.

[0255] Etape S345 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine que l'énergie de l'impulsion de basculement est appropriée. Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 compare une position détectée de la dent de charge avec la position enregistrée de la dent de charge à l'étape S313.

[0256] Etape S351 : lorsque la position détectée et la position enregistrée coïncident (étape S351 ; OUI), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S361. Lorsque la position détectée et la position enregistrée ne coïncident pas (étape S351 ; NON), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S353.

[0257] Etape S353 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 corrige la position de la dent de charge en remplaçant la position enregistrée par la position détectée.

[0258] Etape S361 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 met à a le nombre d'actionnement d'aiguille ND et le nombre de fois avec charge NR.

Vue d'ensemble des effets du septième mode de réalisation

[0259] Selon le mode de réalisation décrit ci-dessus, en comportant le circuit de commande 103, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande l'échelon de l'impulsion de basculement sur la base du nombre de fois où il est déterminé que la partie dentée engrène avec la dent de charge pendant que la partie dentée effectue un tour. En d'autres termes, lorsque la partie dentée comprenant la dent de charge effectue un tour, sur la base du nombre de fois où il est déterminé par le circuit de détermination 104 que la charge mécanique reçue par le rotor est supérieure à un seuil prédéterminé, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 sélectionne une impulsion de basculement dont l'échelon est appliqué, parmi plusieurs impulsions de basculement de plusieurs rangs ayant des énergies différentes.

[0260] Selon le mode de réalisation décrit ci-dessus, même lorsque la charge du rouage constitutif de la pièce d'horlogerie fluctue, il est possible de régler l'énergie de l'impulsion de basculement à la valeur appropriée en commandant l'énergie de l'impulsion de basculement. Par conséquent, selon ce mode de réalisation, il est possible de déterminer précisément la charge mécanique.

Huitième mode de réalisation

[0261] On va ensuite décrire un huitième mode de réalisation. Dans le huitième mode de réalisation, le processus expliqué dans le sixième mode de réalisation et le processus expliqué dans le septième mode de réalisation sont conduits en combinaison. On décrit le huitième mode de réalisation en se référant à la figure 23.

[0262] La figure 23 est un logigramme pour expliquer un exemple de cas dans lequel la commande de l'évolution par échelon de l'impulsion d'entraînement et la commande de l'évolution par échelon de l'impulsion de basculement sont combinées dans le neuvième mode de réalisation. S'agissant du processus dans le huitième mode de réalisation, une description des mêmes processus que le processus décrit dans le sixième mode de réalisation et le processus décrit dans le septième mode de réalisation sont omis moyennant l'utilisation des mêmes signes de références pour le processus. Le processus décrit dans le sixième mode de réalisation est désigné comme étant l'étape S300.

[0263] Etape S411 : comme conditions initiales, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 met l'échelon de basculement sr à 0, met le nombre d'actionnement d'aiguille ND à 0, met le nombre de fois avec charge NR à 0, met le nombre de stabilisation NS à 0 et met une recherche S à 0. Le huitième mode de réalisation diffère des processus expliqués dans le sixième mode de réalisation et dans le septième mode de réalisation en ce que le huitième mode de réalisation comprend la recherche S.

[0264] Pendant que l'échelon d'une impulsion de basculement est commandé, puisqu'il est inconnu si les aiguilles coïncident correctement, une commande d'une impulsion d'entraînement n'est pas réalisée. En d'autres termes, lorsque à la fois l'échelon de l'impulsion de basculement et l'échelon de l'impulsion d'entraînement sont commandés, la recherche S joue le rôle d'un drapeau indiquant une période dans laquelle l'échelon de l'impulsion de basculement est commandé.

[0265] Etape S421 : lorsque la position de charge détectée n'est pas la position de charge enregistrée, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine si la recherche S est égale à 0. La recherche S égale à 0 indique un état dans lequel l'échelon de l'impulsion de basculement n'est pas en train d'être déterminé. Lorsque la recherche S n'est pas égale à 0 (étape S421 ; NON), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S319 et n'effectue pas de commande sur l'échelon de basculement. Lorsque la recherche S est égale à 0 (étape S421 ; OUI), le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 fait passer le processus à l'étape S223 et effectue la commande sur l'échelon d'entraînement.

[0266] Etape S431 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 incrémente le nombre de fois avec charge NR. En d'autres termes, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 compte le nombre de fois où il est déterminé que la partie dentée engrène avec la dent de charge. Le processus est le même processus que l'étape S321 dans le septième mode de réalisation.

[0267] Le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine la recherche S dans l'étape S451 à l'étape S455.

[0268] Etape S451 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 mets la recherche S à 1.

[0269] Etape S453 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 mets la recherche S à 0.

[0270] Etape S455 : le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 met la recherche S à 0.

Vue d'ensemble des effets du huitième mode de réalisation

[0271] Selon le mode de réalisation décrit ci-dessus, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 met la recherche S à 1 sur la période dans laquelle la commande d'échelon de l'impulsion de basculement est effectuée, et il n'effectue pas de commande de l'impulsion d'entraînement lorsque la recherche S est égale à 1. En d'autres termes, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 n'effectue pas de commande de l'impulsion d'entraînement lorsque le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande l'échelon de l'impulsion de basculement.

[0272] Par conséquent, selon le mode de réalisation décrit ci-dessus, le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 peut empêcher que se produise une situation dans laquelle le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 détermine l'échelon de l'impulsion d'entraînement par erreur pendant que le dispositif de commande de moteur pas à pas 100 commande l'échelon de l'impulsion de basculement.

[0273] On notera que tout ou partie des fonctions faisant partie de la pièce d'horlogerie 1 décrite plus haut peuvent être enregistrées en tant que programme sur un médium d'enregistrement à même d'être lu par ordinateur et le programme peut être exécuté par un système informatique. Le système informatique comprend un système d'exploitation et un hardware tels que des périphériques. Le médium d'enregistrement à même d'être lu par ordinateur peut être, par exemple, un médium portable tel qu'un disque flexible, un disque magnéto-optique, un ROM (Read Only Memory), ou un CD-ROM, un dispositif d'enregistrement tel qu'un disque dur incorporé dans un système informatique, ou une mémoire volatile (une Random Access Memory: RAM) incorporée dans un serveur ou analogue dans un réseau tel que l'Internet. On notera que la mémoire volatile est un exemple de médium d'enregistrement qui retient le programme pour une durée fixe.

[0274] Le programme peut être transmis à d'autres systèmes informatiques par un médium de transmission, par exemple un réseau tel que l'Internet ou une ligne de communication telle qu'une ligne téléphonique.

[0275] Le programme peut être un programme pour réaliser tout ou partie des fonctions expliquées plus haut. On notera que le programme pour réaliser une partie des fonctions décrites plus haut peut être un programme qui réalise les fonctions décrites plus haut en combinaison avec un programme enregistré au préalable dans le système informatique, ce qu'on appelle un programme différentiel.

[0276] Les modes de réalisation de la présente invention sont décrits plus haut en se référant aux dessins. Cependant, une configuration spécifique n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits plus haut. Une modification de conception et analogue dans la portée ne sortant pas de l'esprit de la présente invention sont également inclus dans la présente invention.

Revendications

1. Dispositif de commande de moteur pas à pas, comprenant :
une unité de pilotage qui pilote un moteur pas à pas comprenant un rotor qui fait tourner une aiguille et un enroulement qui génère un flux magnétique pour faire tourner le rotor ;
une unité de commande qui émet, à destination de l'unité de pilotage, une impulsion d'entraînement pour faire tourner le rotor et une impulsion de basculement pour faire basculer le rotor ;
une unité de détection de tension qui détecte une tension induite générée dans l'enroulement lorsque le rotor oscille ; et
une unité de détermination qui, sur la base d'un résultat de la détection par l'unité de détection de tension, détermine une charge mécanique reçue par le rotor.
2. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 1,
dans lequel, après avoir émis l'impulsion de basculement, l'unité de commande émet l'impulsion d'entraînement après qu'une durée prédéterminée s'est écoulée.
3. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 1,
dans lequel l'unité de détermination détermine, comme étant la charge mécanique, si une première partie dentée qui tourne en conséquence de la rotation du rotor est en contact avec une dent de charge d'une deuxième partie dentée comprenant la dent de charge.
4. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 1,
dans lequel l'unité de commande commande, en fonction de la charge mécanique déterminée par l'unité de détermination, l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas.
5. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 4,
dans lequel l'unité de commande commande la durée d'émission de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas.
6. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 4,
dans lequel l'unité de commande commande un procédé d'alimentation du moteur pas à pas pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas.
7. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 4,
dans lequel l'unité de commande commande un rapport cyclique de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas.
8. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 4,
dans lequel l'unité de commande commande une tension de l'impulsion d'entraînement pour commander ainsi l'énergie pour entraîner le moteur pas à pas.
9. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 1,
dans lequel l'impulsion de basculement est une première impulsion de basculement ayant une énergie pour faire tourner le rotor dans un premier sens de rotation, la première impulsion de basculement basculant le rotor, ou une deuxième impulsion de basculement ayant une énergie pour faire tourner le rotor dans un deuxième sens de rotation après que la première impulsion a été émise, la deuxième impulsion de basculement basculant le rotor.
10. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 9,
dans lequel le premier sens de rotation est un sens de rotation normal, et le deuxième sens de rotation est un sens contraire au premier sens de rotation.
11. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 10,
dans lequel l'unité de commande émet la première impulsion de basculement lorsqu'elle émet l'impulsion de basculement selon un cycle prédéterminé dans lequel l'impulsion d'entraînement est émise, et émet la première impulsion de basculement et la deuxième impulsion de basculement lorsqu'elle émet l'impulsion de basculement à un instant prédéterminé ne correspondant pas au cycle prédéterminé dans lequel l'impulsion d'entraînement est émise.
12. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 1,
dans lequel l'unité de détermination détermine, selon qu'une valeur de tension détectée par l'unité de détection de tension a dépassé ou non un seuil prédéterminé, la charge mécanique reçue par le rotor.

13. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 1, dans lequel l'unité de détermination détermine, selon que le moment de génération d'une valeur de tension détectée par l'unité de détection de tension est ou non à l'intérieur d'une période prédéterminée, la charge mécanique reçue par le rotor.
14. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 1, dans lequel l'unité de commande a un mode avec émission d'impulsions de basculement pour émettre l'impulsion de basculement et un mode sans émission d'impulsion de basculement pour ne pas émettre l'impulsion de basculement.
15. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 1, dans lequel l'unité de pilotage de moteur pilote le moteur pas à pas avec une première tension lorsque l'impulsion d'entraînement est émise depuis l'unité de commande, et pilote le moteur pas à pas avec une deuxième tension inférieure à la première tension lorsque l'impulsion de basculement est émise depuis l'unité de commande.
16. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 1, dans laquelle l'unité de commande applique, lorsque la charge mécanique reçue par le rotor telle que déterminée par l'unité de détermination est inférieure à un seuil prédéterminé, l'impulsion d'entraînement d'un échelon supérieur à l'impulsion d'entraînement appliquée immédiatement avant l'impulsion d'entraînement, parmi des impulsions d'entraînement de plusieurs échelons ayant des énergies différentes, et applique, lorsqu'un résultat selon lequel la charge mécanique reçue par le rotor telle que déterminée par l'unité de détermination est supérieure au seuil prédéterminé est obtenu continûment au moins un nombre de fois prédéterminé, l'impulsion d'entraînement d'un échelon inférieur à l'impulsion d'entraînement appliquée immédiatement avant l'impulsion d'entraînement parmi les impulsions d'entraînement de plusieurs échelons ayant les énergies différentes.
17. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 1, dans lequel, lorsqu'une partie dentée comprenant une dent de charge effectue un tour, l'unité de commande sélectionne, sur la base du nombre de fois où il est déterminé par l'unité de détermination que la charge mécanique reçue par le rotor est supérieure à un seuil prédéterminé, une impulsion de basculement dont l'échelon parmi des impulsions de basculement de plusieurs échelons ayant des énergies différentes est appliqué.
18. Dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 17, dans lequel l'unité de commande n'effectue pas la commande de l'impulsion d'entraînement pendant que l'unité de commande commande l'échelon de l'impulsion de basculement.
19. Mouvement comprenant :
un dispositif de commande de moteur pas à pas selon la revendication 1 ; et
le moteur pas à pas.
20. Pièce d'horlogerie comprenant un mouvement selon la revendication 19.
21. Procédé de commande de moteur pas à pas, comprenant :
appliquer une impulsion d'entraînement à un moteur pas à pas, qui comprend un rotor qui fait tourner une aiguille et un enroulement qui génère un flux magnétique pour faire tourner le rotor, pour faire ainsi tourner le rotor, ou appliquer une impulsion de basculement au moteur pas à pas pour basculer ainsi le rotor ;
détecter une tension induite générée dans l'enroulement lorsque le rotor oscille ; et
déterminer, sur la base d'un résultat de la détection, une charge mécanique reçue par le rotor.

FIG. 1

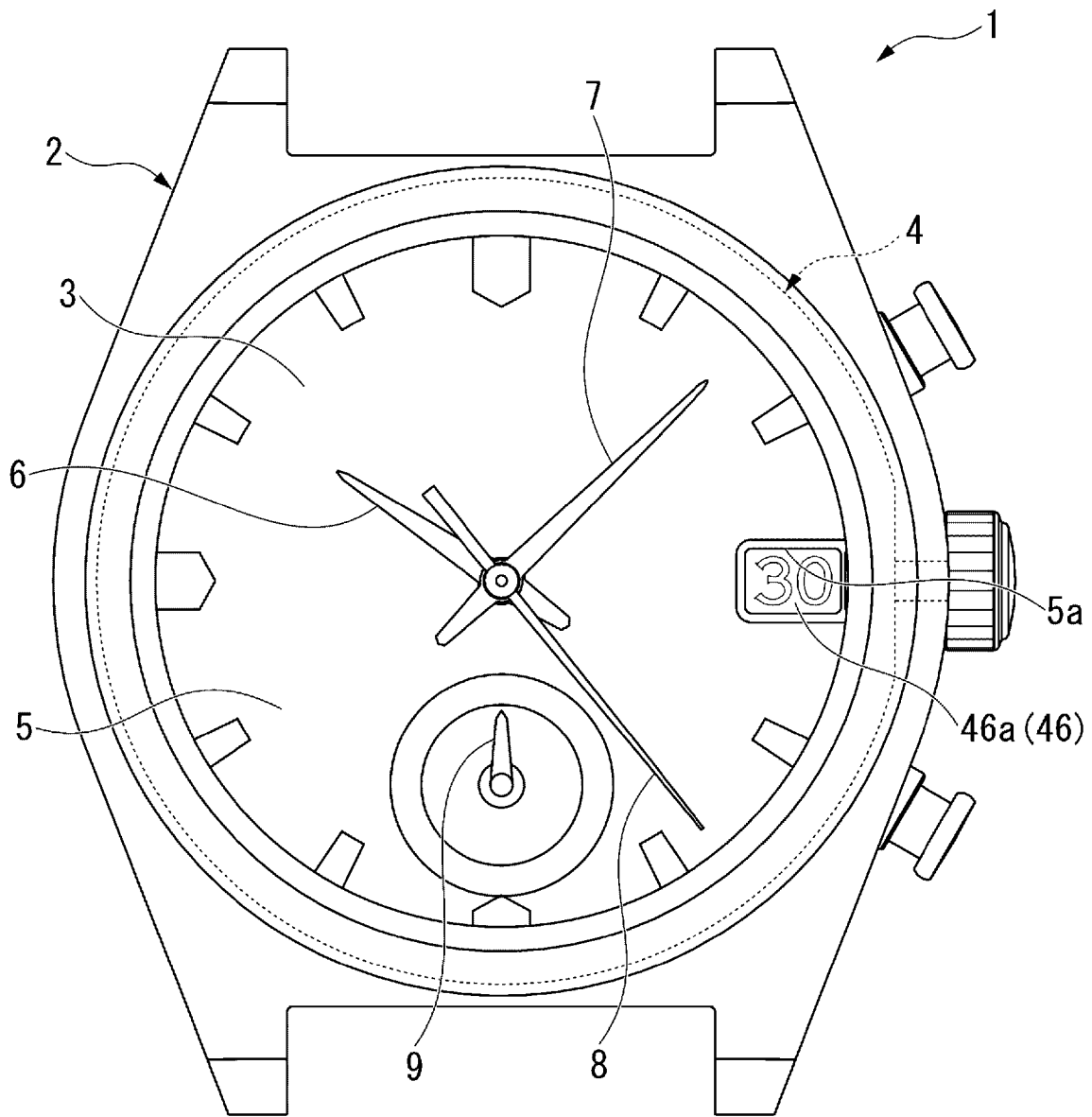


FIG. 2

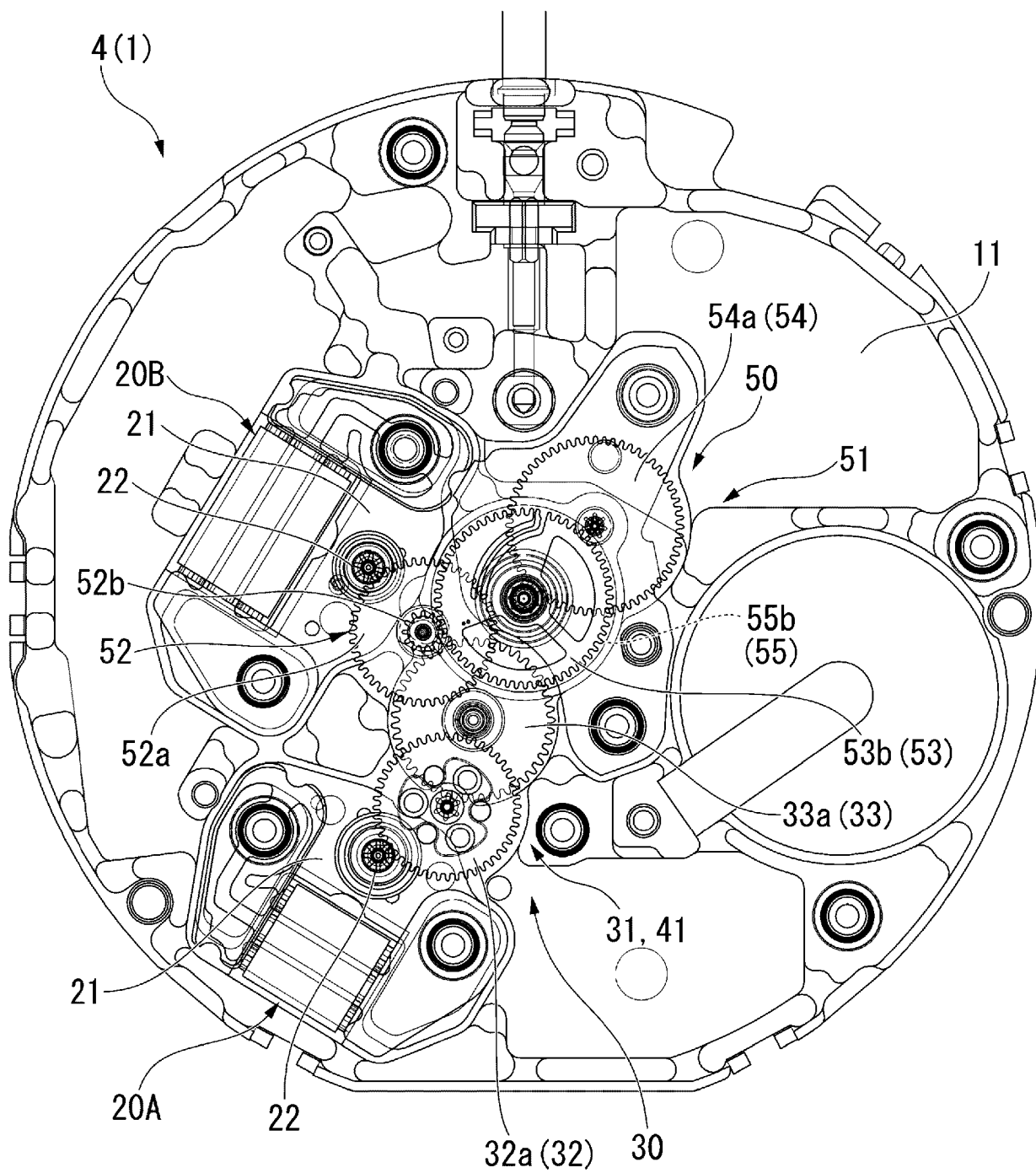


FIG. 3

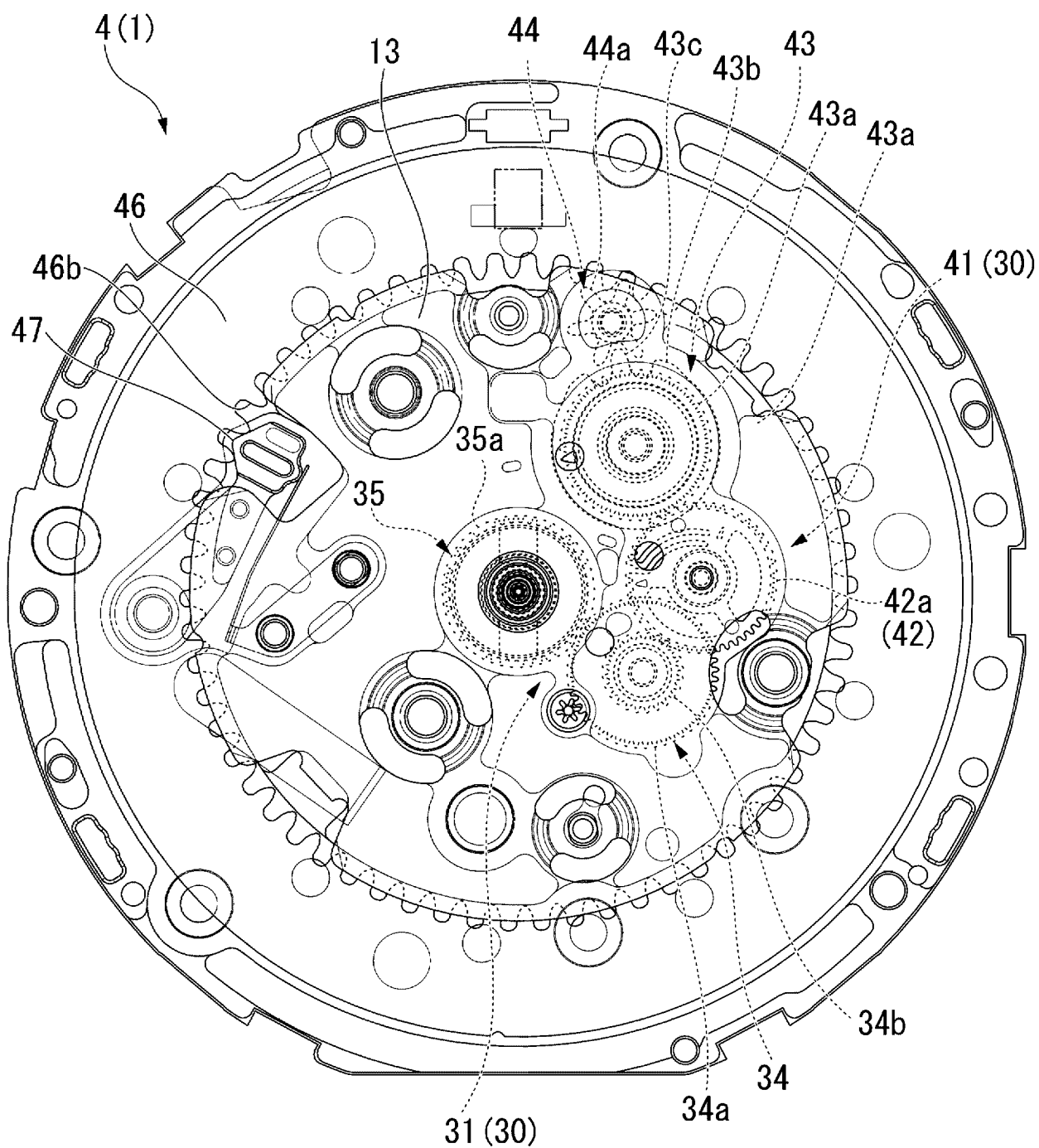


FIG. 4

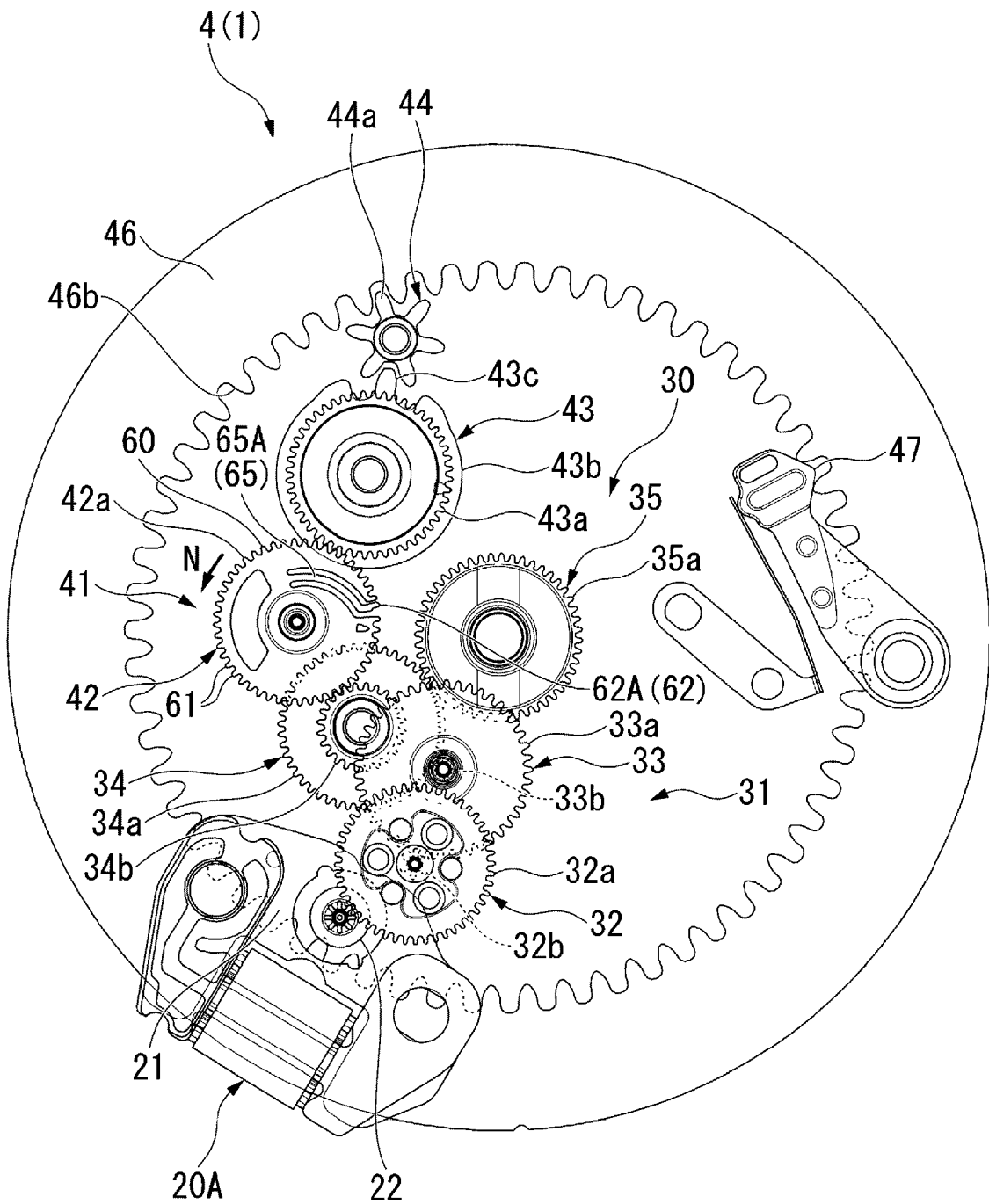


FIG. 5

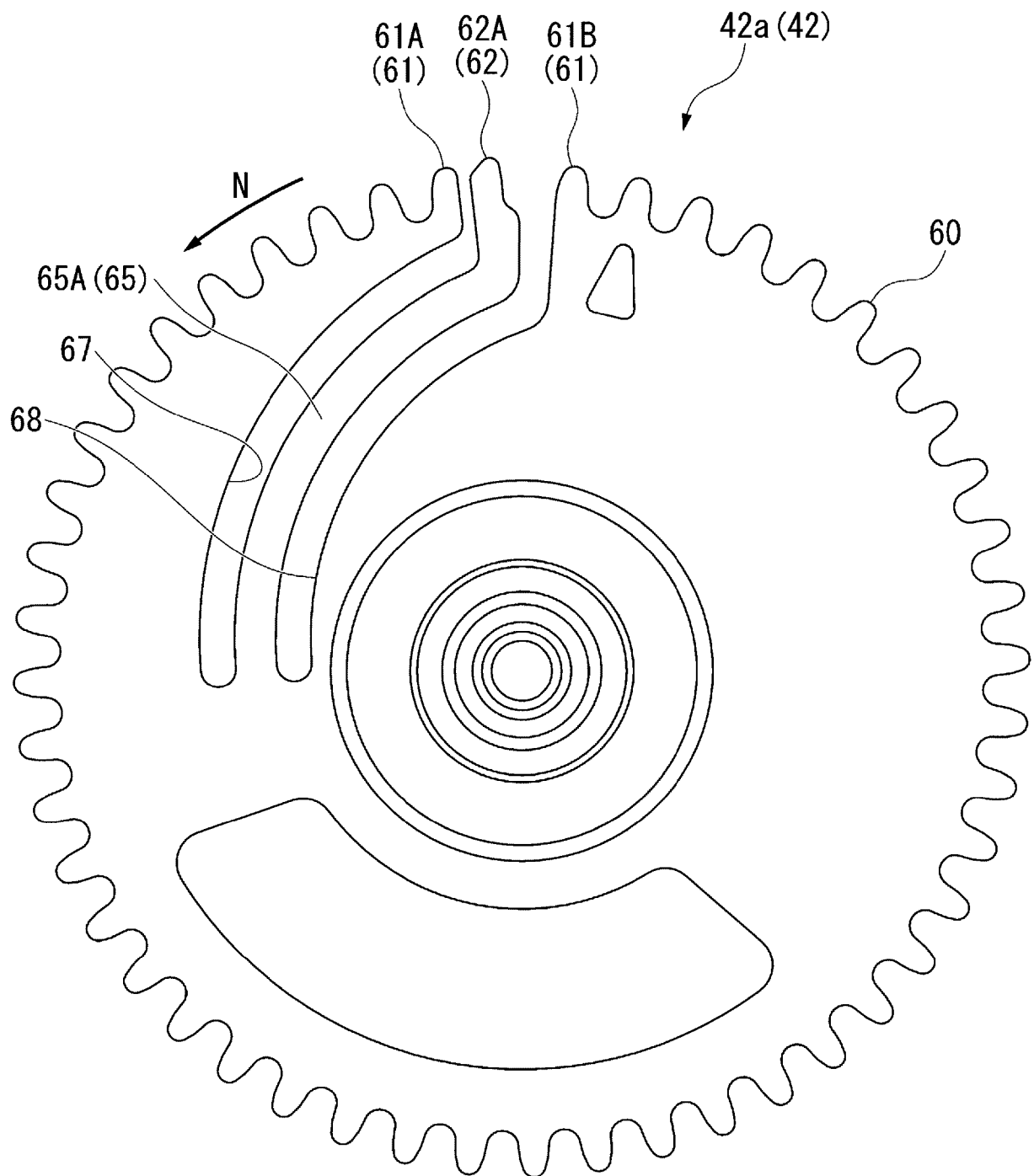


FIG. 6

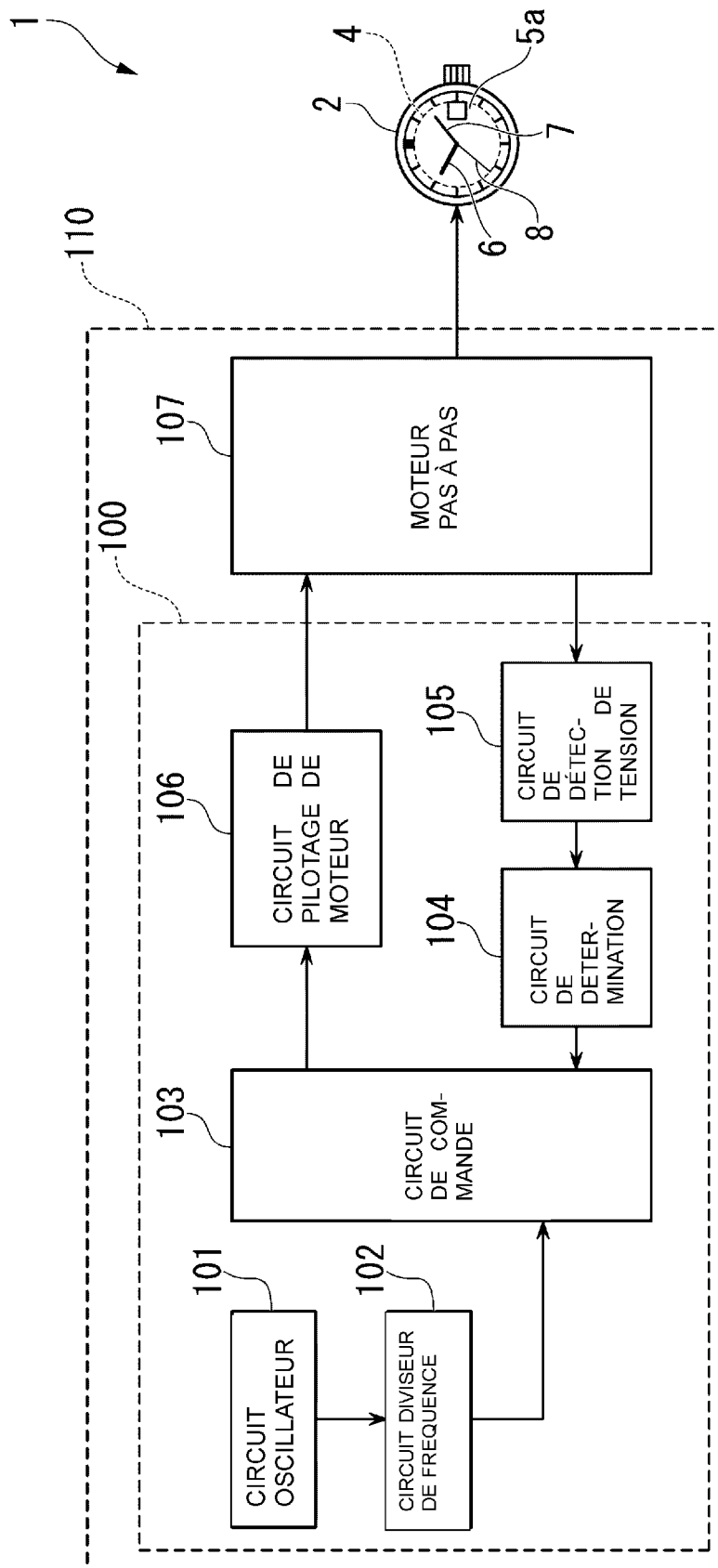


FIG. 7

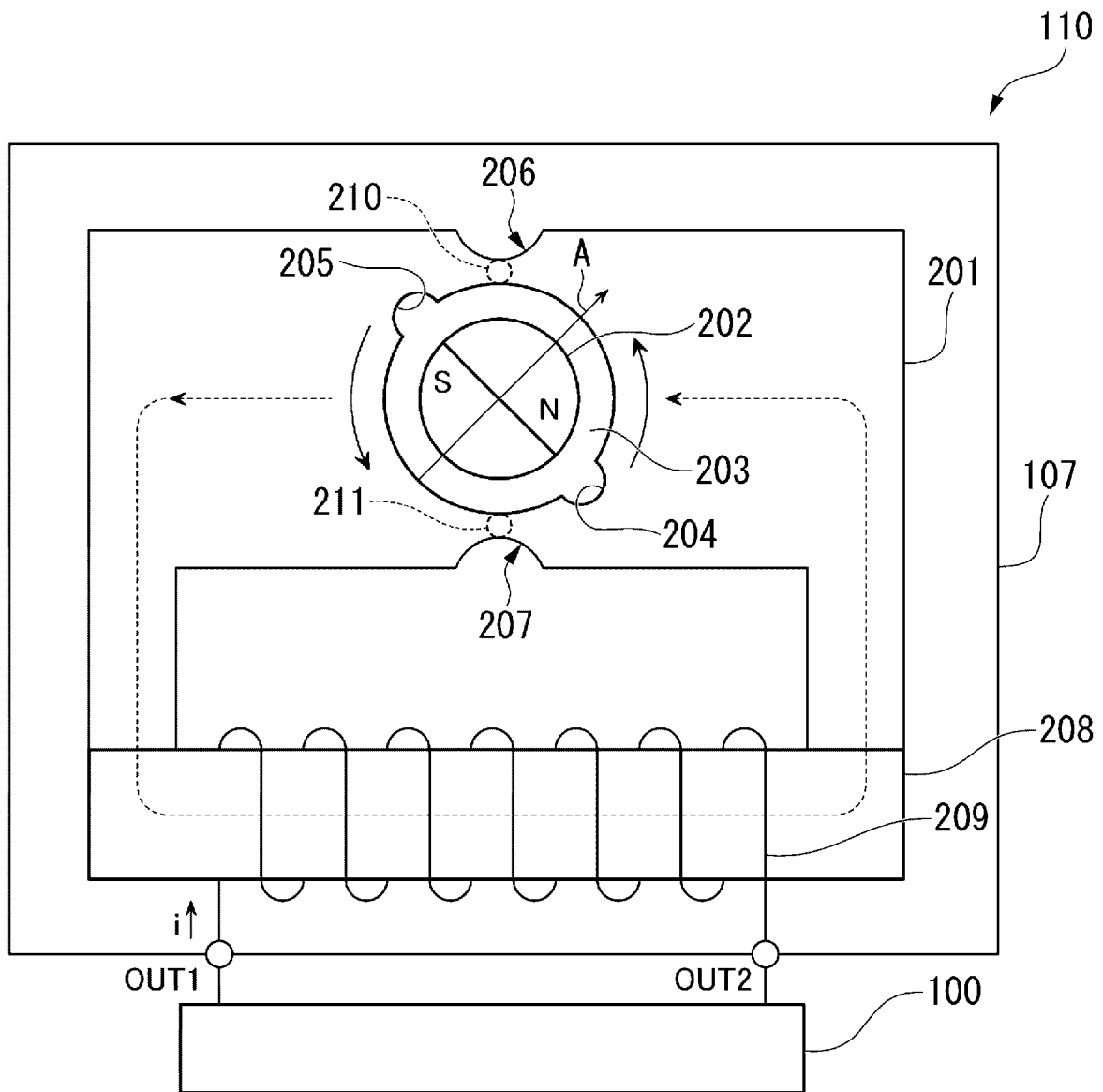


FIG. 8A

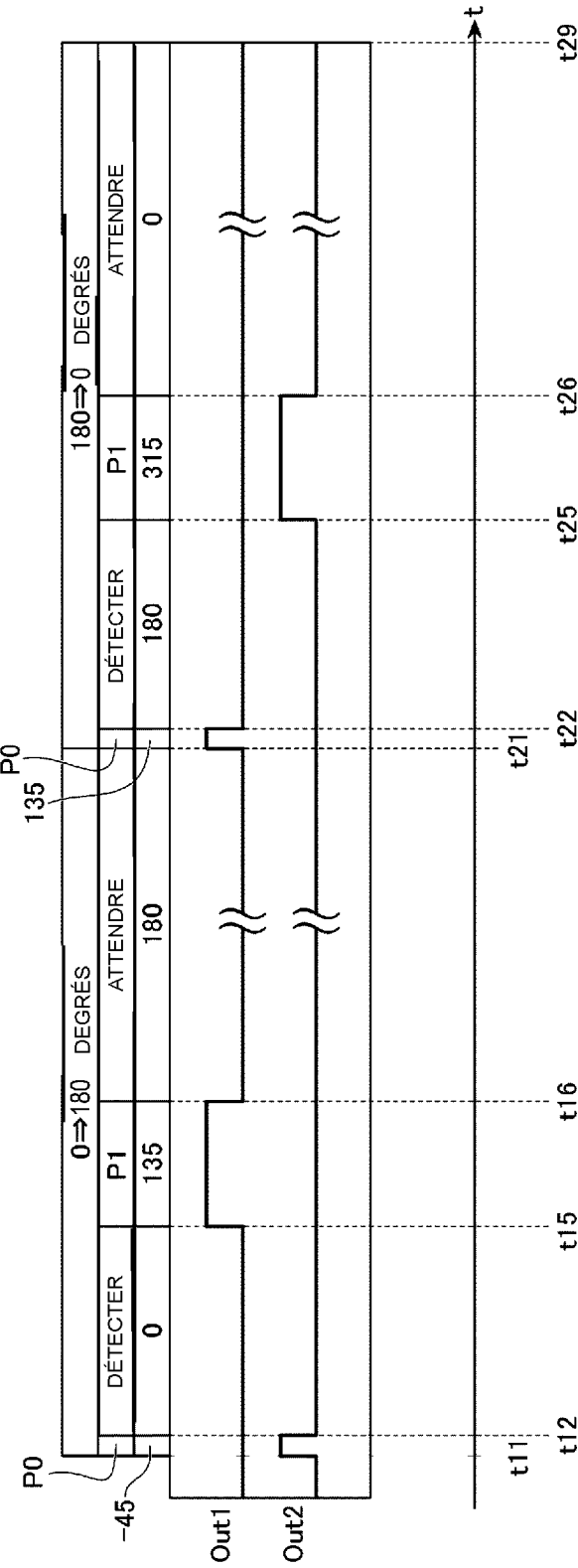


FIG. 8B

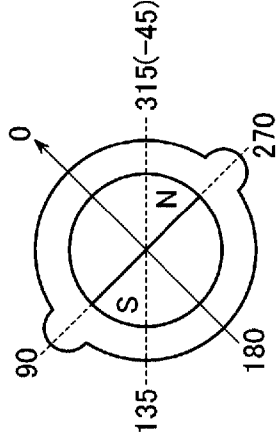
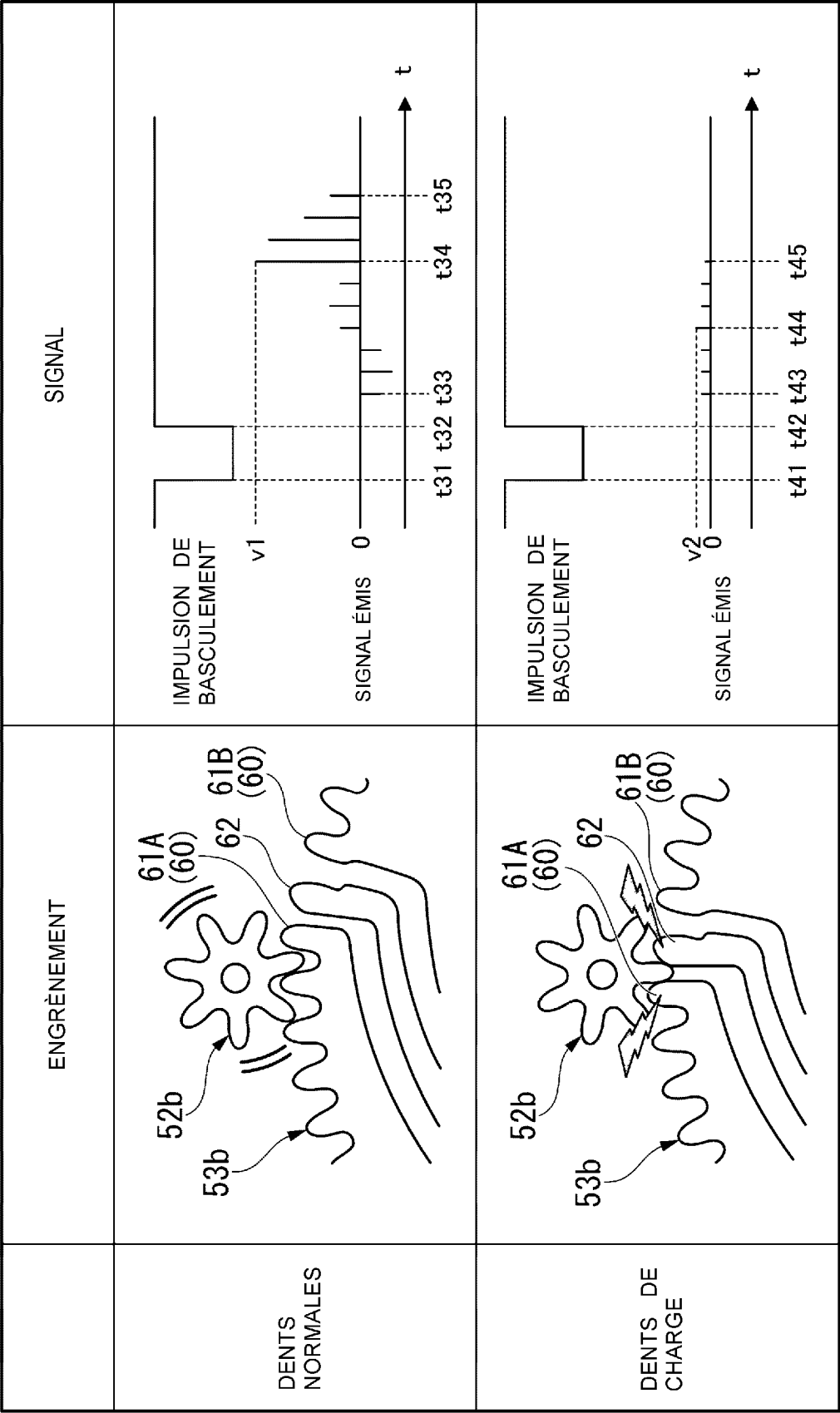


FIG. 9



FIN

FIG. 10

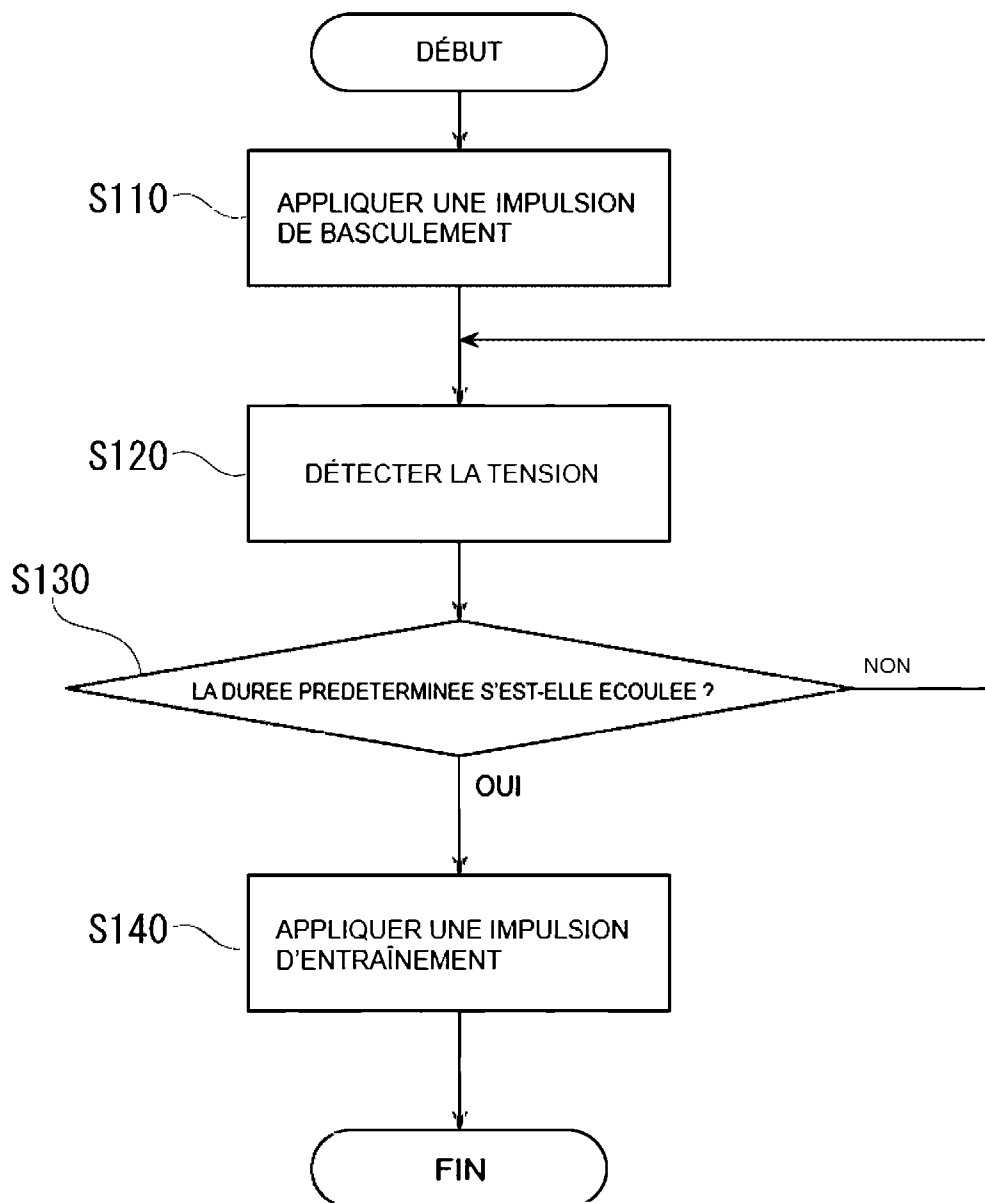


FIG. 11

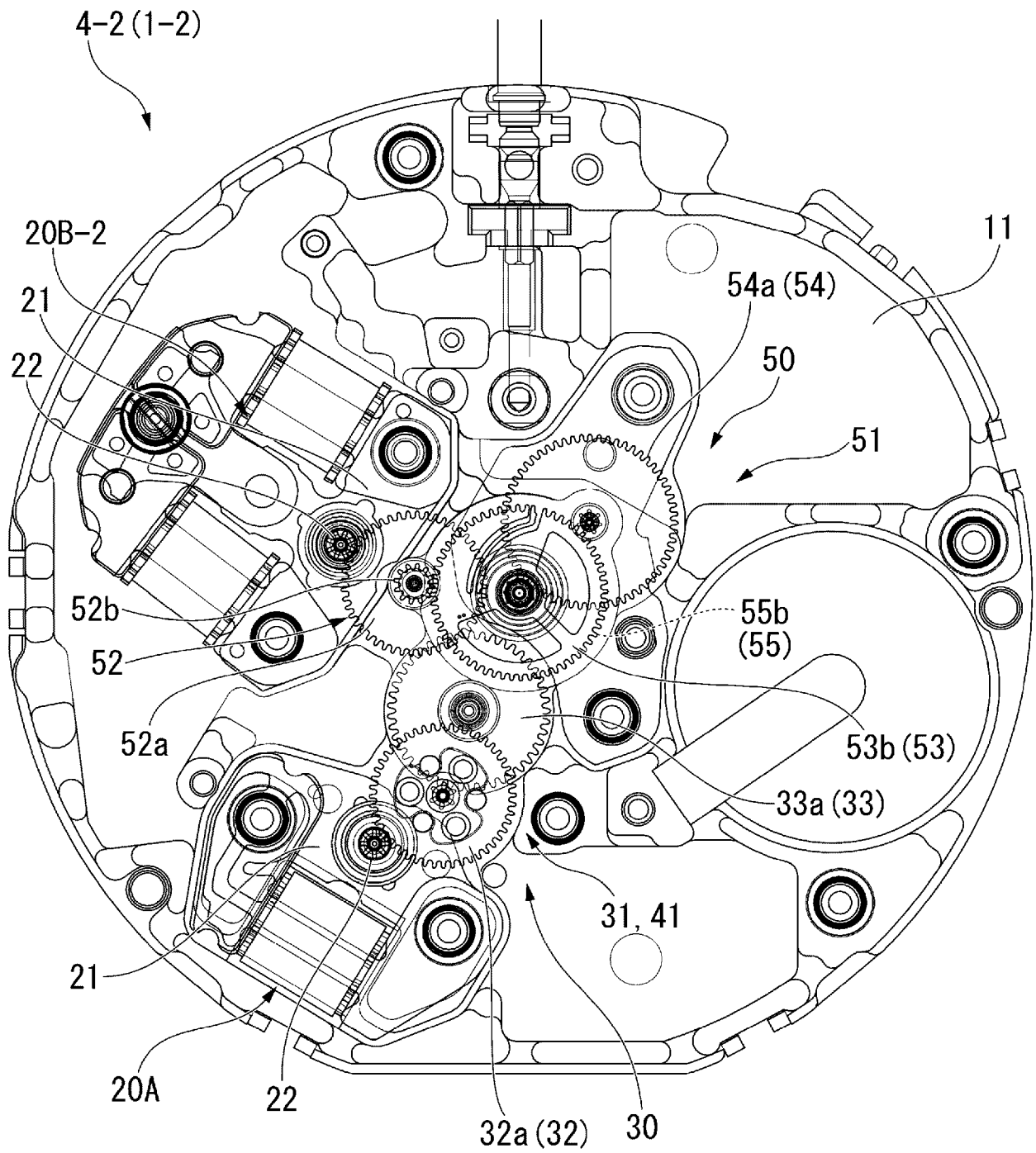


FIG. 12

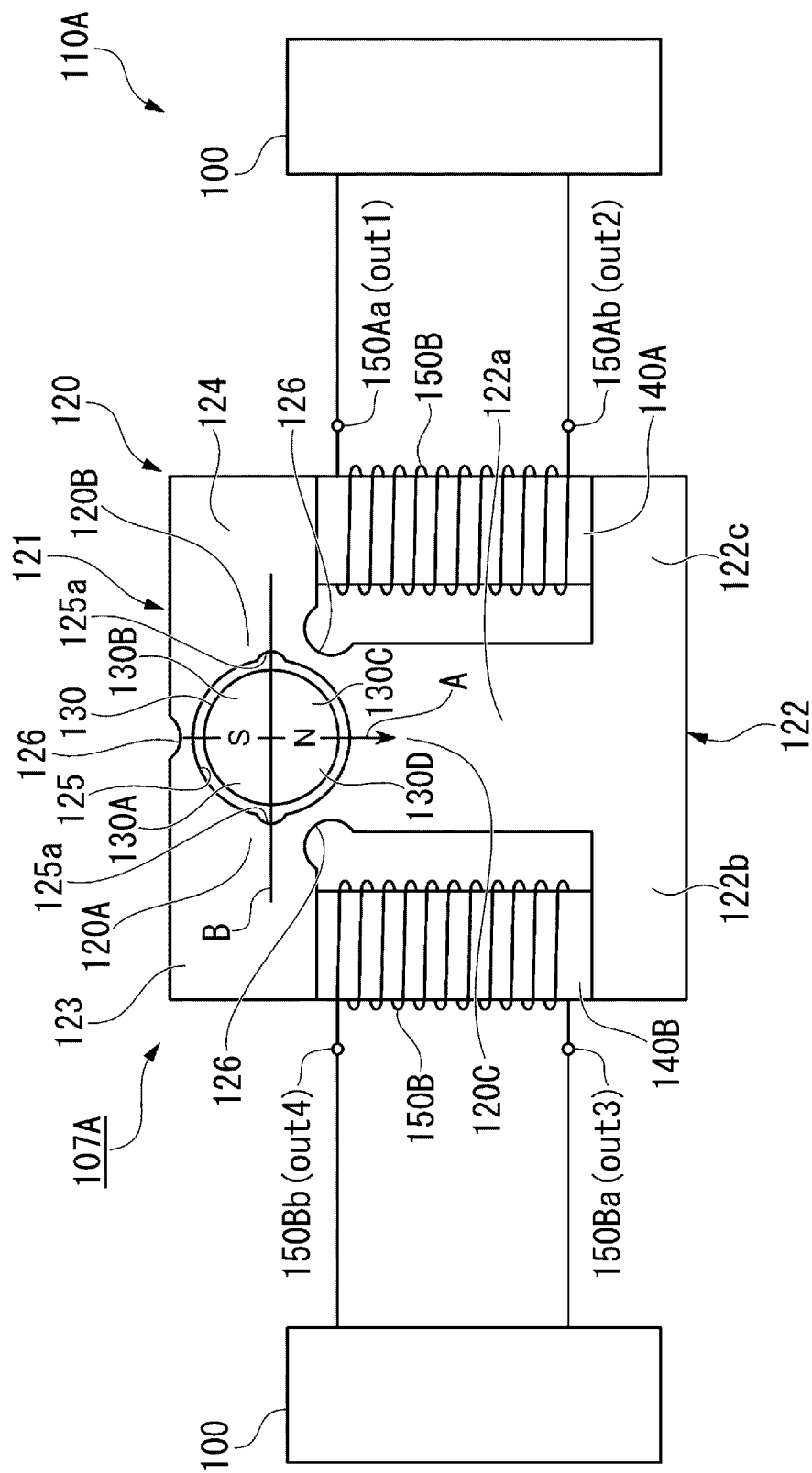


FIG. 13

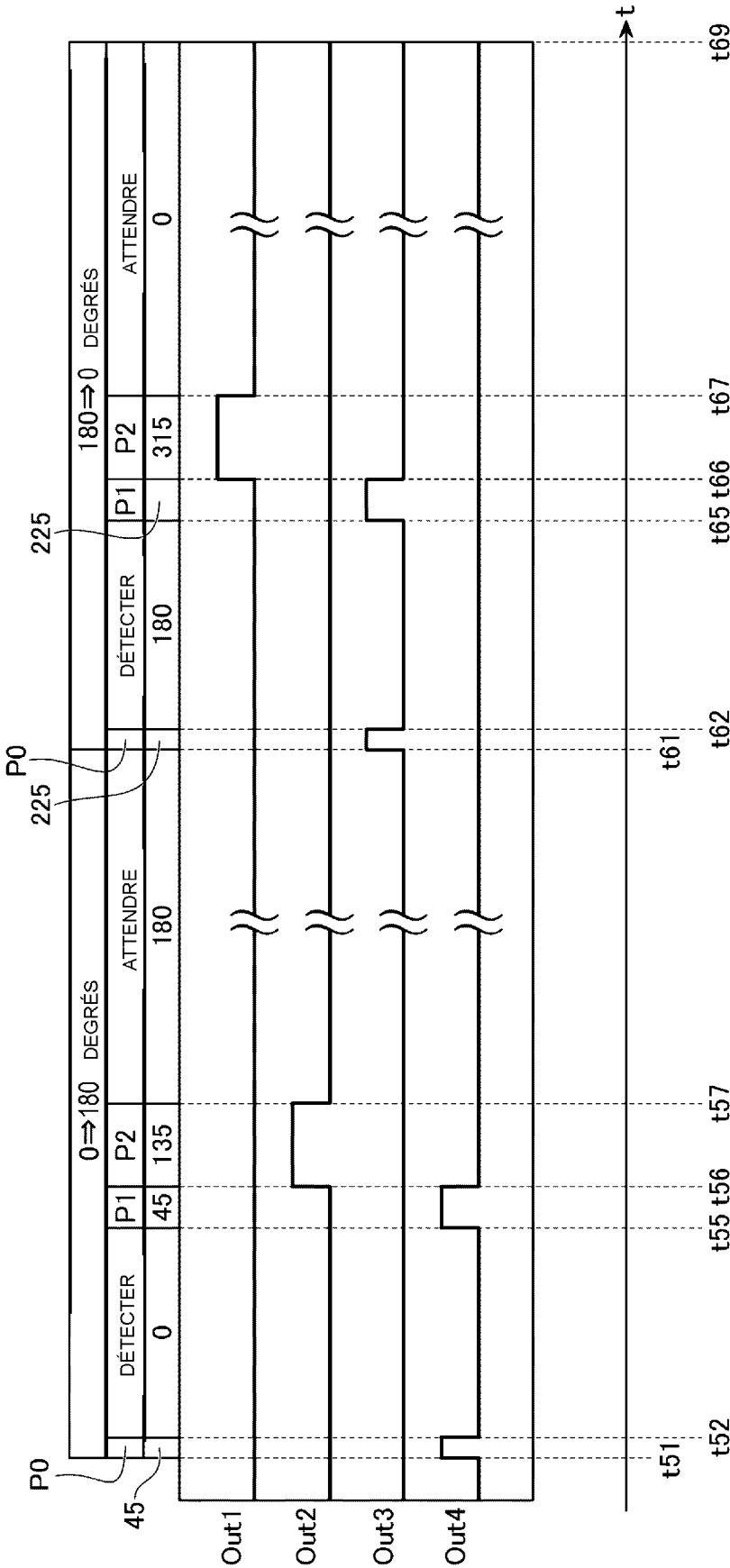
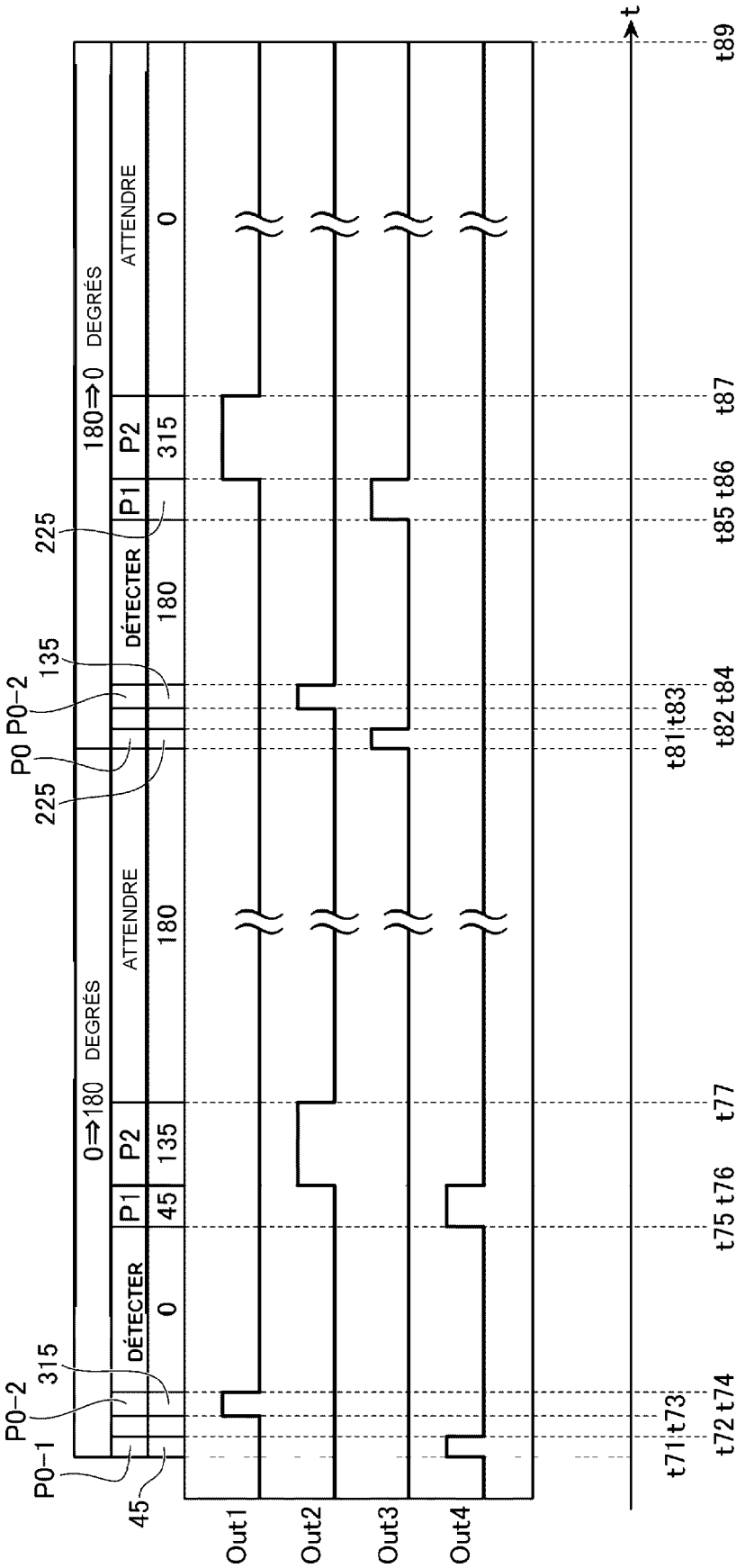
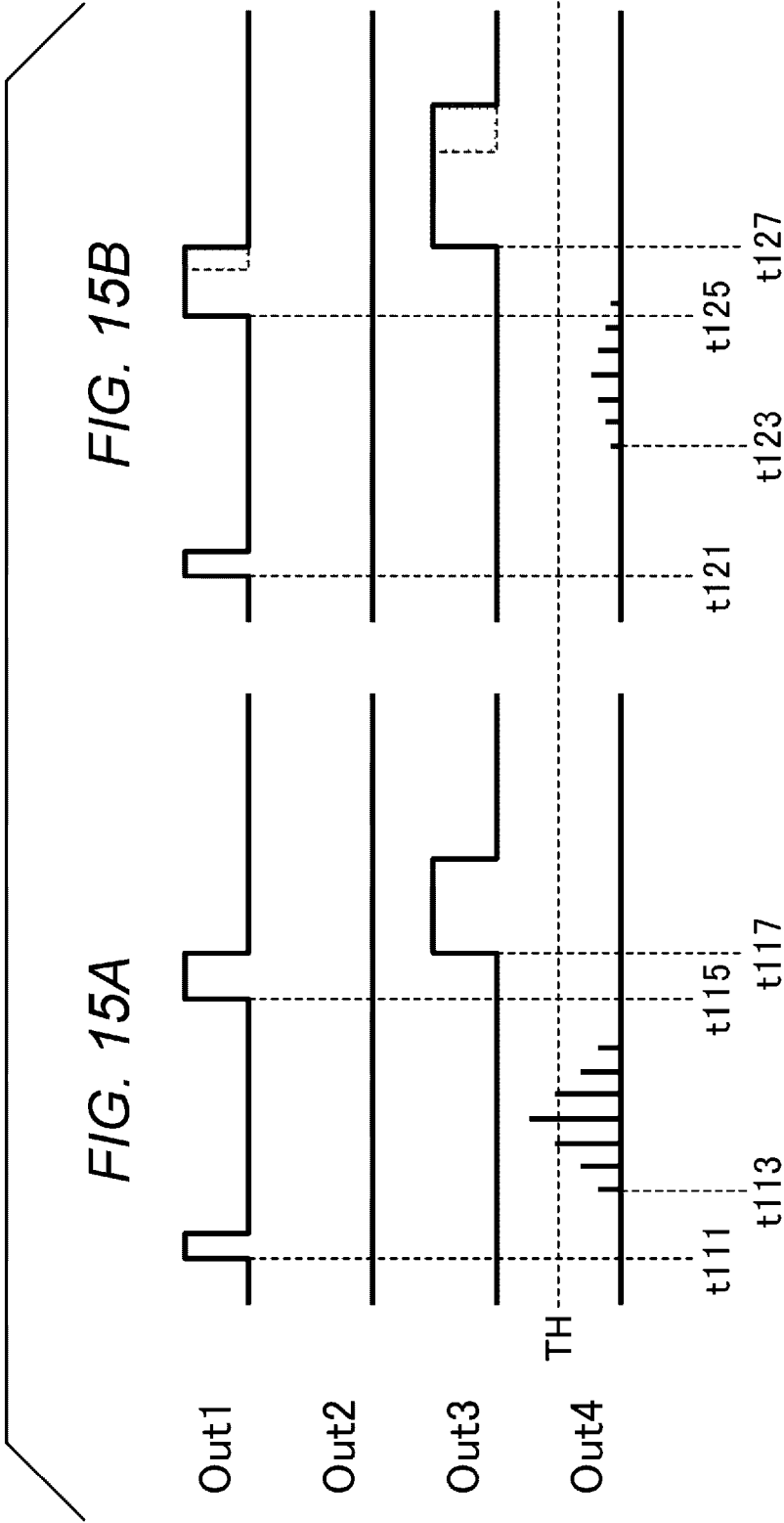
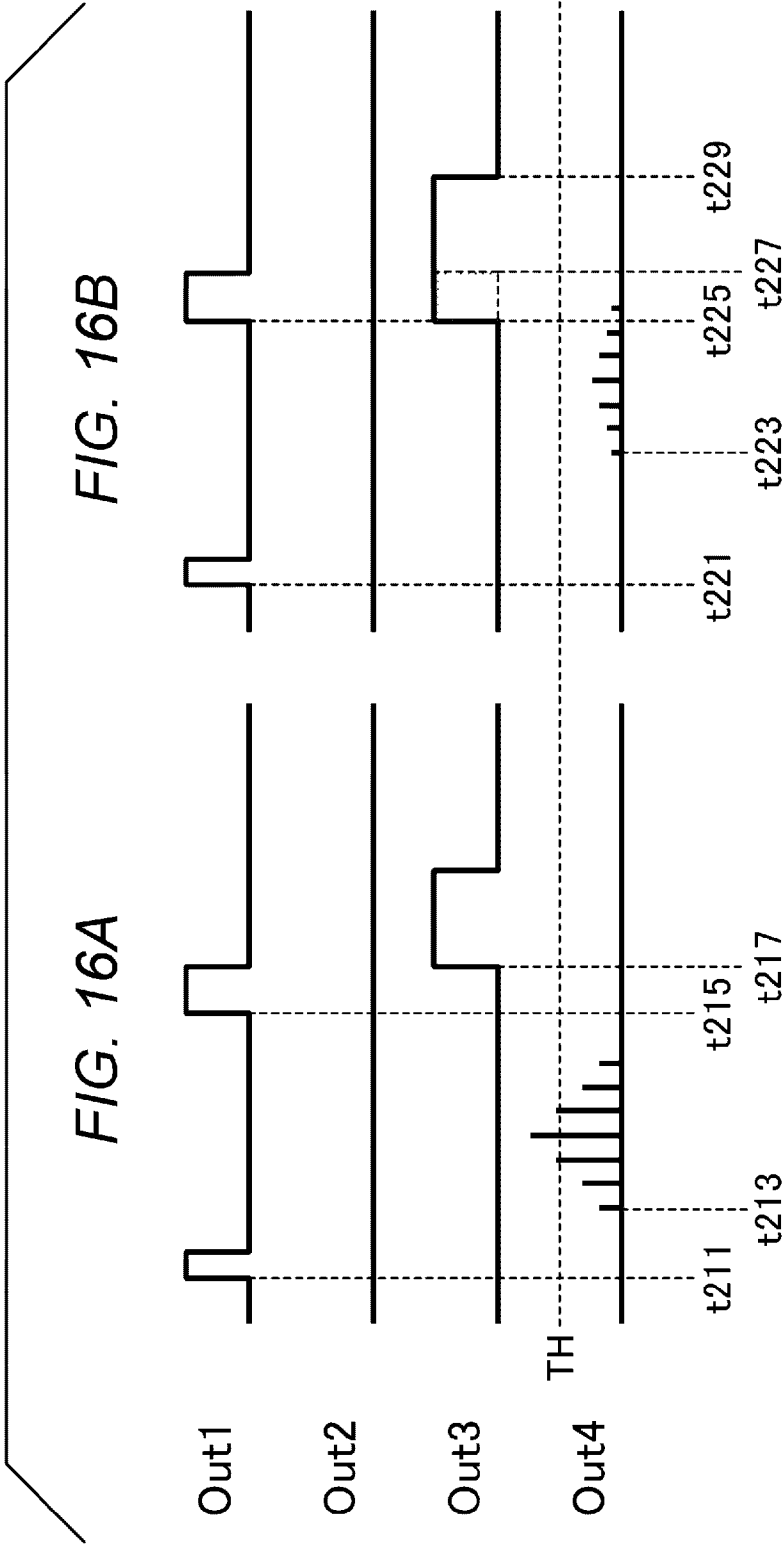
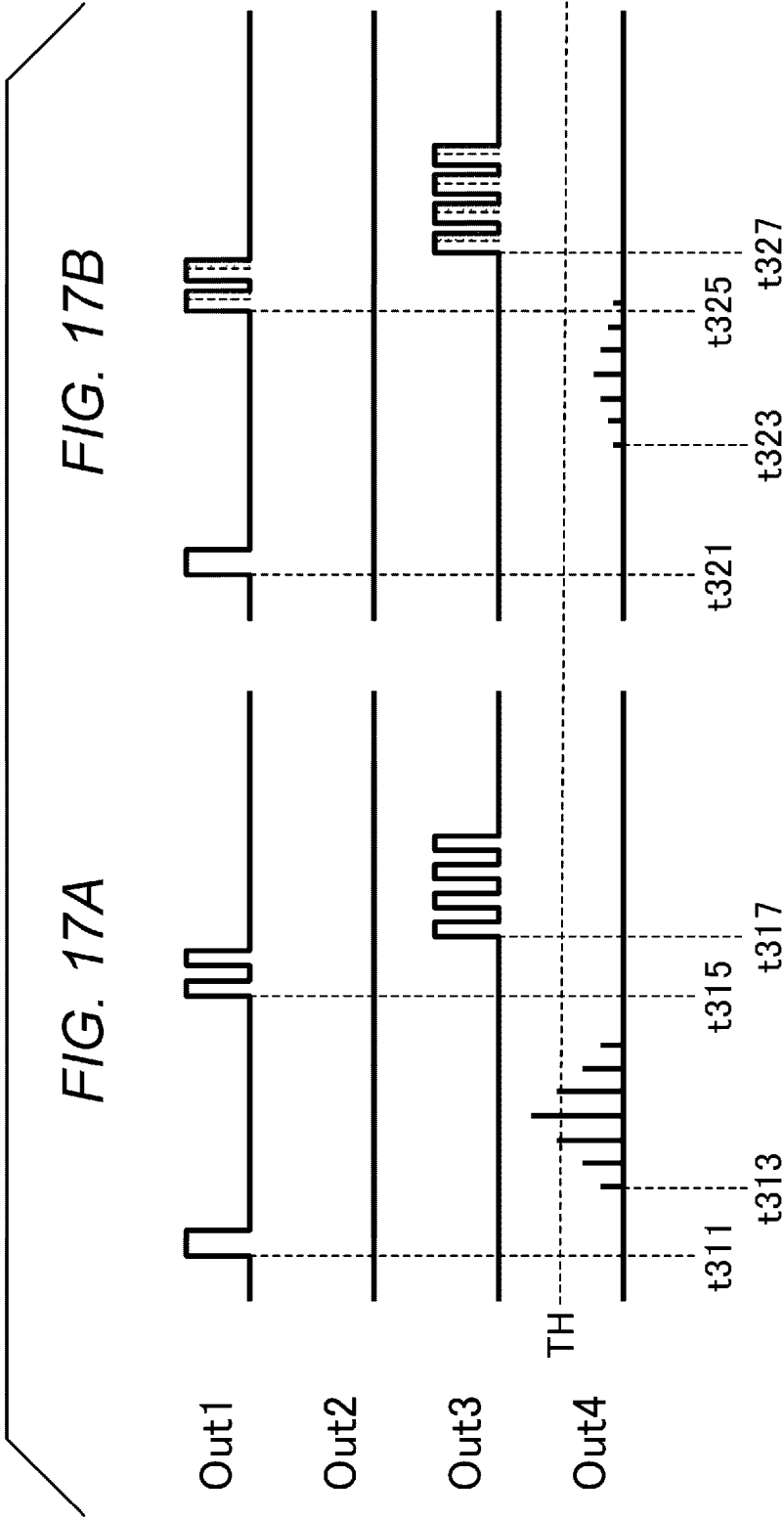


FIG. 14









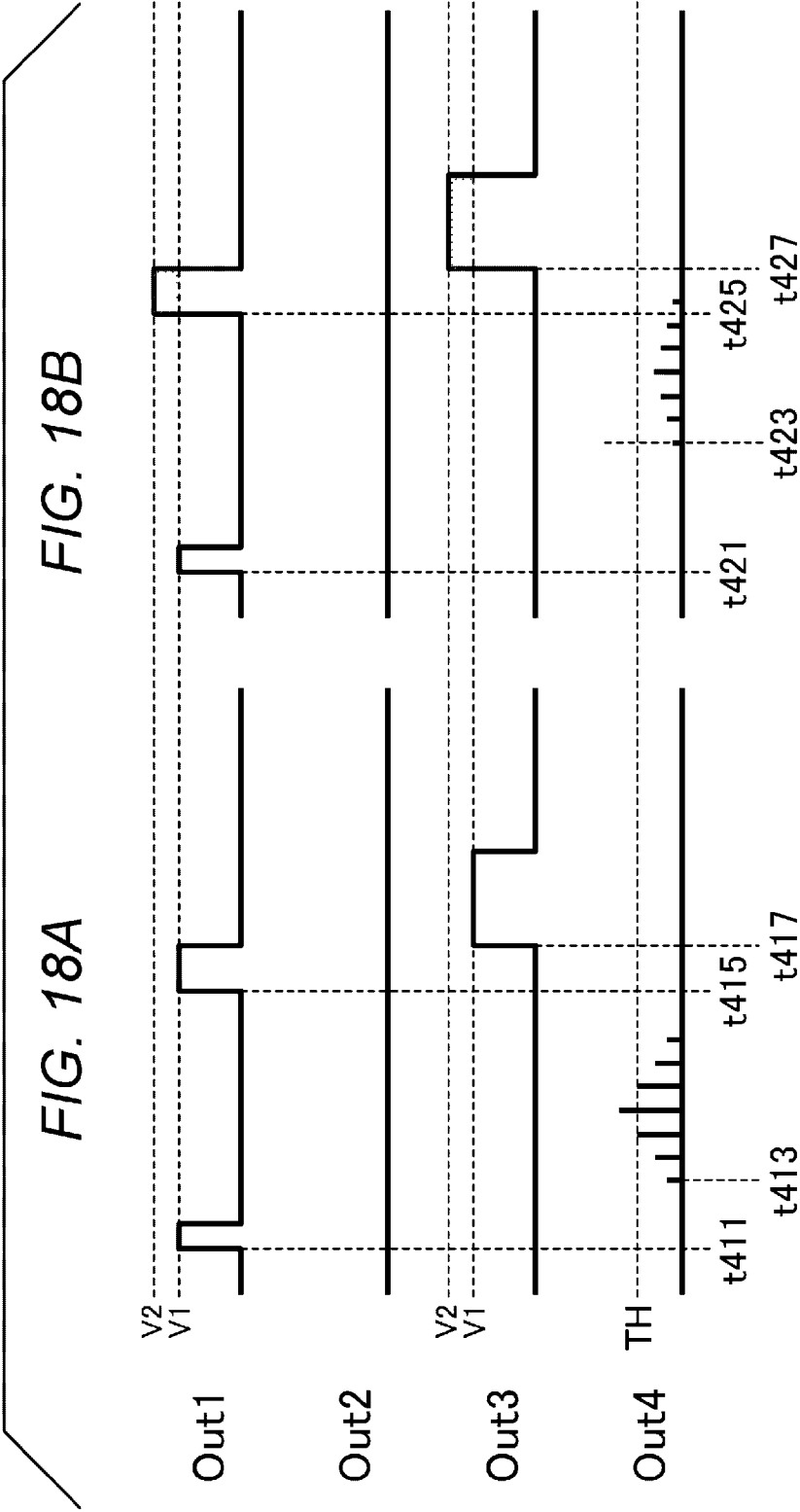


FIG. 19

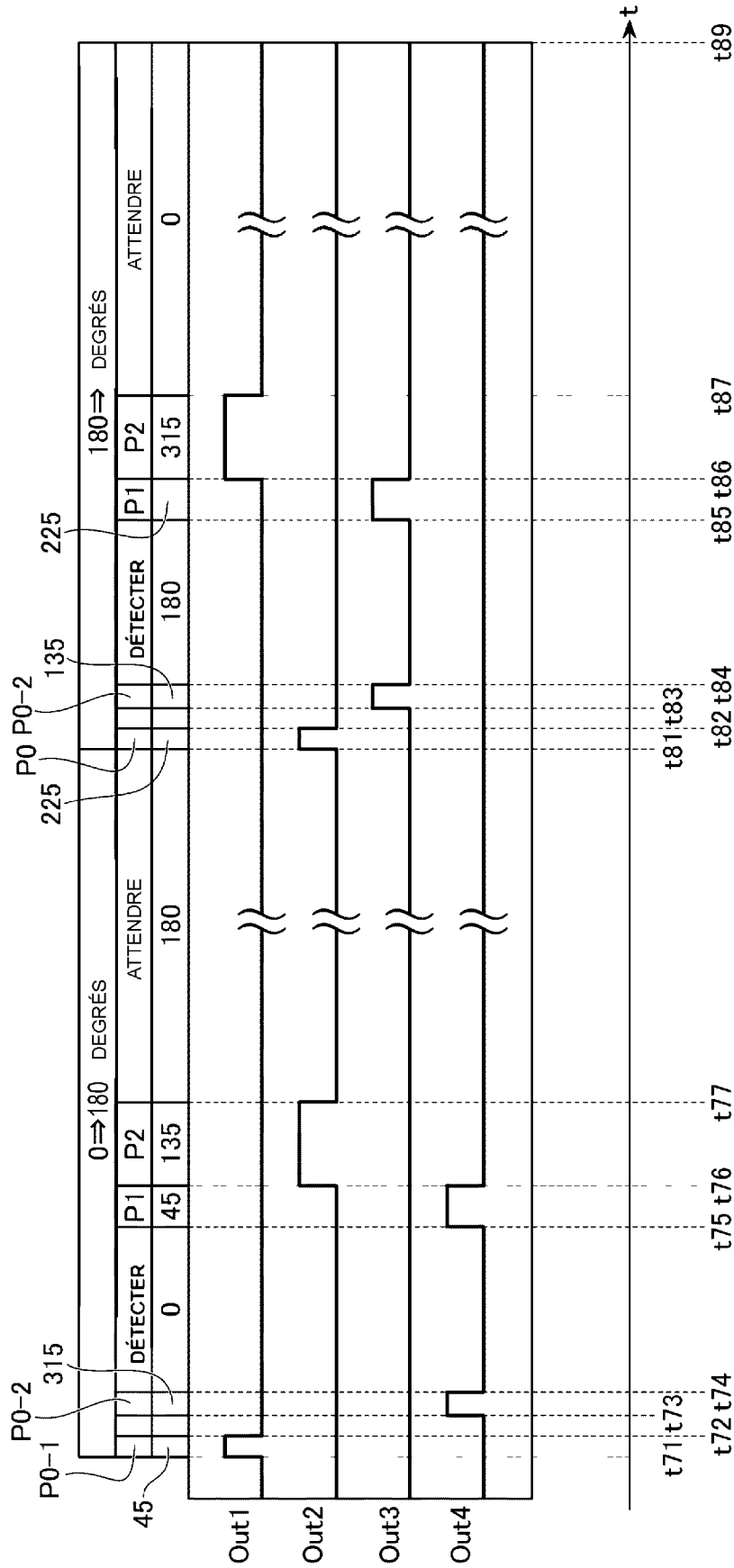


FIG. 20

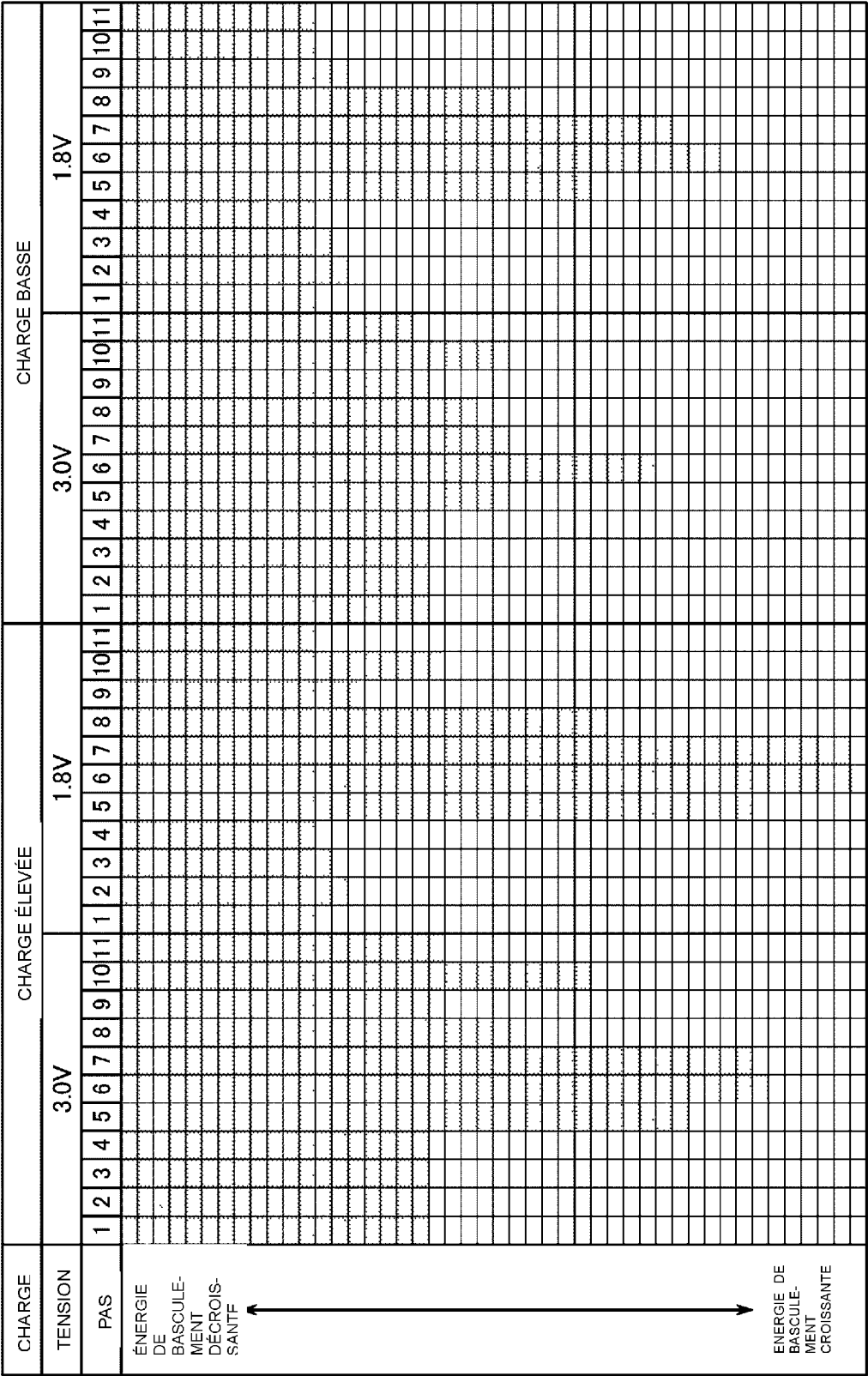


FIG. 21

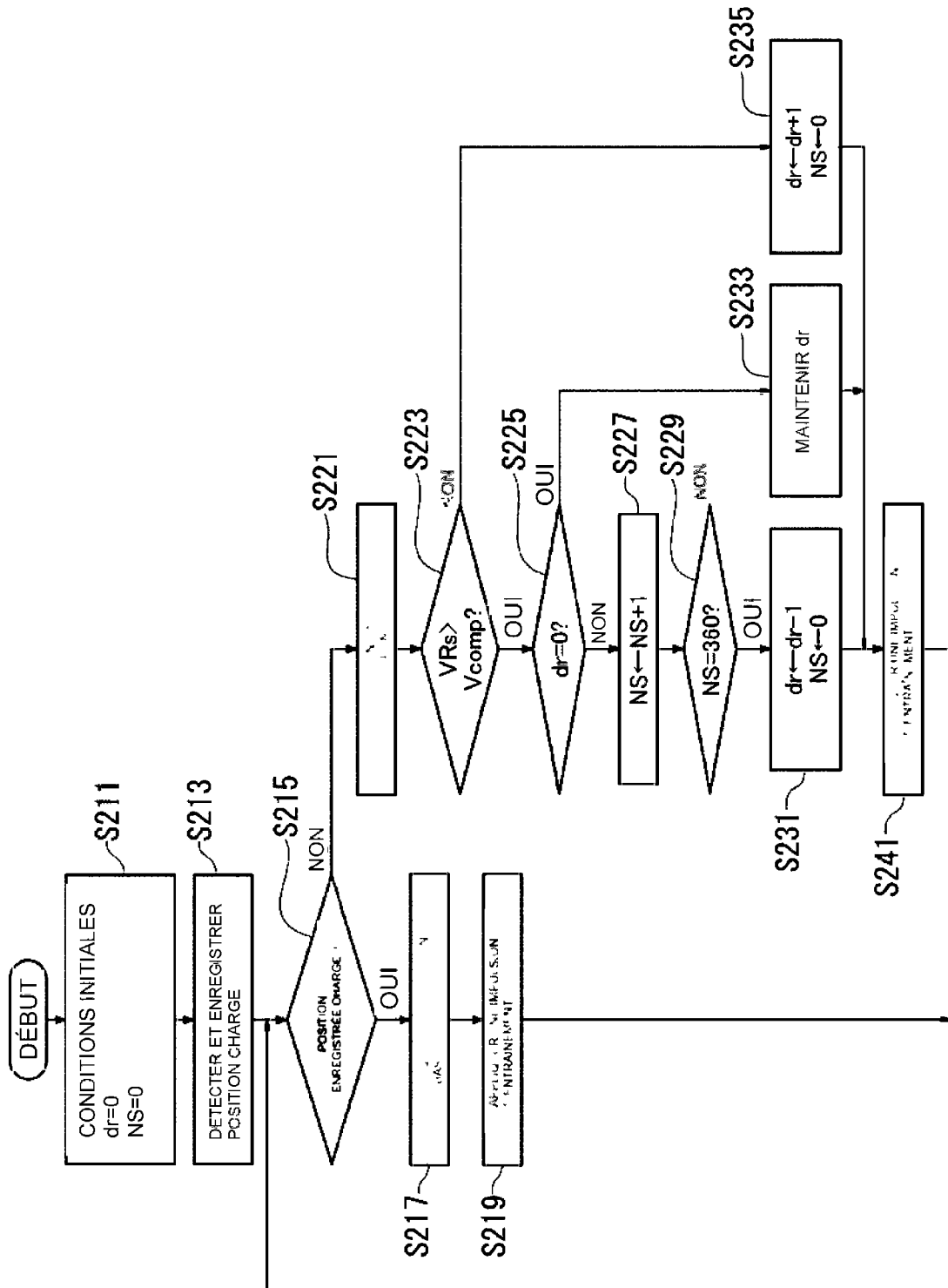


FIG. 22

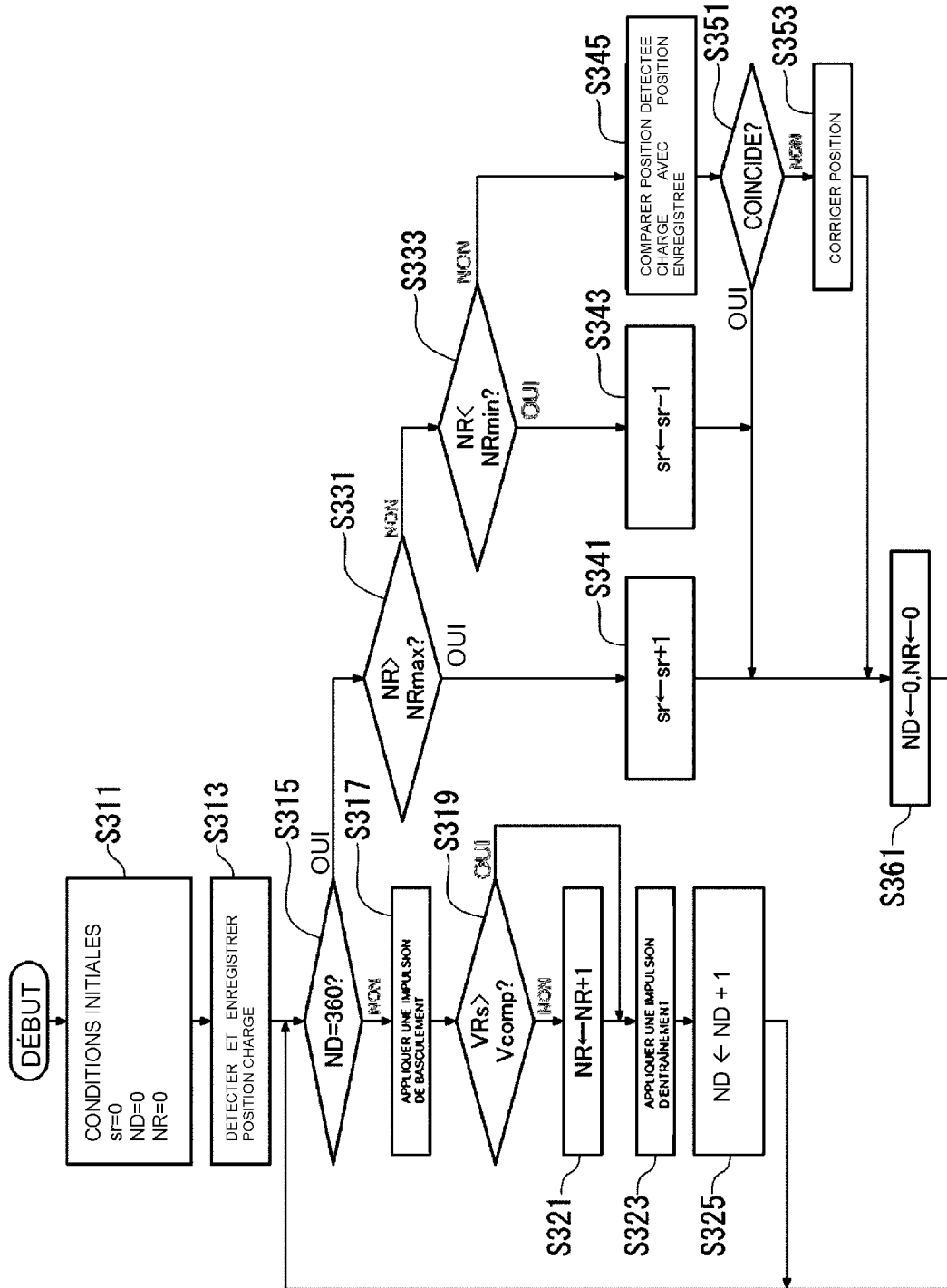


FIG. 23

