

(19) Japan Patent Office (JP)

(12) Unexamined Patent Application Publication (A)

(11) Unexamined Patent Application No. H10 (1998)-102247 (P2015-171425A)

(43) Publication Date: 21 April 1998

(51) Int. Cl.⁶
C23C 14/35

ID No.

F1
C23C 14/35 C

Search Requested: Not yet. No. of Claims: 20 OL (Total pages: 11)

(21) Application No. H8 (1996)-261643
(22) Application Date 02 October 1996

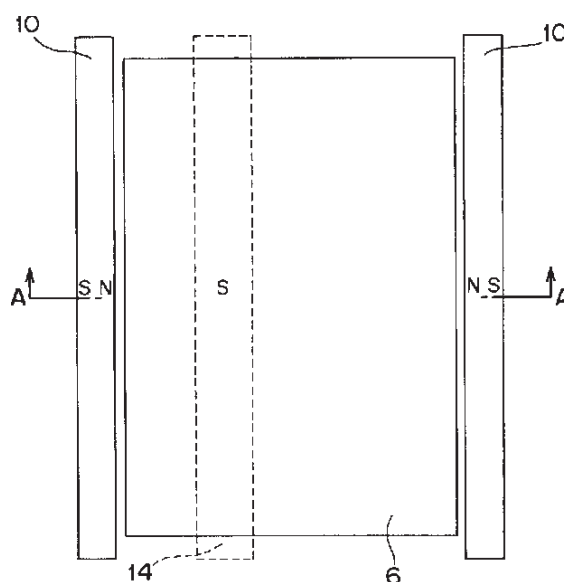
(71) Applicant 000005821
MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.
1006, Oaza Kadoma, Kadoma-shi, Osaka
(72) Inventor AOKURA, ISAMU
Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.
1006, Oaza Kadoma, Kadoma-shi, Osaka
(72) Inventor YAMANISHI, Hitoshi
Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.
1006, Oaza Kadoma, Kadoma-shi, Osaka
(74) Agent Attorney AOYAMA, Tamotsu (and 2 others)

(54) [Title of the Invention] Device and Method for Sputtering

(57) [Abstract]

PROBLEM TO BE SOLVED. To provide a sputtering device and method for holding a target, capable of making the progression of erosion on a target occur in an approximately uniform manner.

SOLUTION. A magnet 10 is placed along one edge of a target 6, and a facing magnet 10 sandwiching the target 6 is set to have the same polarity. Also, the progression of erosion on the target 6 becomes approximately uniform by configuring a magnet 14 placed on the rear side surface of the target 6 to face the rear side surface of the target 6 with a polarity different from the polarity of the facing magnets 10 that are sandwiching the target 6, and also such that the magnet 14 is able to move, back and forth, in an orthogonal direction 91 to the one edge of the target.



CLAIMS

[Claim 1] A sputtering device for sputtering using a rectangular target 6, characterized by rod-shaped first magnets 10 being placed along each of a pair of edges of the target 6, as well as by a rod-shaped second magnet 14 being placed so as to be movable on the rear side surface of the target.

[Claim 2] The sputtering device of claim 1, the polarity of the first magnets 10 being arranged such that like poles are facing, and the second magnet 14 being set with a pole facing the rear surface of the target that differs from the magnetic pole with which the first magnets face one another.

[Claim 3] The sputtering device of claim 1 or claim 2, the second magnet 14 being set on the rear side surface of the target so as to move back and forth in a range corresponding to between the first magnets 10.

[Claim 4] The sputtering device of any of claims 1-3, the second magnet 14 being configured from a plurality of rod-shaped magnets.

[Claim 5] A sputtering device that performs sputtering using a round target 46, characterized by a third magnet 15 being placed facing an edge of the target and a fourth magnet 16 being placed on the rear side surface of the target so as to be able to move in an approximately circular pattern.

[Claim 6] The sputtering device of claim 5, the polarity of the third magnet 15 being set such that like poles face the center of the target, and the fourth magnet 16 being set to face the rear side surface of the target with a pole that differs from the pole with which the third magnets face the center of the target.

[Claim 7] The sputtering device of claim 5 or claim 6, the fourth magnet 16 being a plurality of magnets.

[Claim 8] The sputtering device of any of claims 5-7, the fourth magnet 16 being configured to move in a spiraling pattern.

[Claim 9] A sputtering device for sputtering using a round target 46, characterized by a plurality of electromagnets 17, 57 being placed facing an edge of the target and by being configured such that the magnetic polarity of the electromagnets temporally changes.

[Claim 10] The sputtering device of claim 9, the electromagnet being configured such that poles facing the inside of the target can be independently controlled.

[Claim 11] The sputtering device of claim 9 or claim 10, the number of electromagnets being an even number of four or greater.

[Claim 12] The sputtering device of any of claims 9-11, the coil of the electromagnet being in the atmosphere side

of a vacuum chamber.

[Claim 13] A sputtering method for sputtering using a rectangular target 6 in a state in which, in addition to rod-shaped first magnets 10 being placed along each of a pair of edges of a target 6, a rod-shaped second magnet 14 is placed so as to be movable on the rear side surface of the target,

characterized by sputtering being performed while the second magnet is made to move on the rear side surface of the target, the direction of the magnetic flux being temporally changed, and the plasma density on the surface of the target being made temporally approximately balanced.

[Claim 14] The sputtering method of claim 13, the polarity of the first magnets being arranged such that like poles are facing, and the second magnet 14 being set with a pole facing the rear surface of the target that differs from the magnetic pole with which the first magnets are facing one another.

[Claim 15] The sputtering method of claim 13 or claim 14, the second magnet 14 being on the rear side surface of a target and configured to move in a spiraling pattern in a range corresponding to between the first magnets 10.

[Claim 16] A sputtering method for sputtering in a state in which, in addition to a third magnet 15 being placed facing an edge of the target, a fourth magnet 16 is placed so as to be movable on the rear side surface of the target, characterized by sputtering being performed while the fourth magnet moves in an approximately circular pattern on the rear side surface of the target, temporally changing the direction of magnetic flux and making plasma density on the target surface temporally balanced.

[Claim 17] The sputtering method of claim 16. the polarity of the third magnets 15 being set such that like poles face the center of the target and the fourth magnet 16 being set with a pole facing the rear surface of the target that differs from the pole with which the third magnets face the center of the target.

[Claim 18] The sputtering method of claim 16 or claim 17, the fourth magnet 16 being configured so as to move in a spiraling pattern.

[Claim 19] A sputtering method for sputtering with a round target 46 in a state in which a plurality of electromagnets 17, 57 are placed facing an edge of the target, characterized by the magnetic polarity of the electromagnets being temporally changed, the direction of magnetic flux being changed, and the direction 93 from which electrons inside the plasma receive force being changed, and the plasma density on the target surface being made approximately uniform when averaged over

time.

[Claim 20] The sputtering method of claim 19, the direction of magnetic flux being changed by temporally changing the magnetic polarity of the electromagnet, and plasma density on the target surface temporally made approximately uniform when averaged over time, by rotating 360 degrees the direction 93 from which electrons in the plasma receive force.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0001]

TECHNICAL FIELD TO WHICH THE INVENTION BELONGS. The present invention pertains to a magnetron sputtering device and method, one technology for forming thin film.

[0002]

CONVENTIONAL TECHNOLOGY. A sputtering method is a method for producing thin film by generating plasma and causing the positive ions of the plasma to collide with a target mounted on a negative electrode called a cathode. Particles sputtered by the collision adhere to the substrate and form a thin film. This sputtering method is widely used in film creation processes because it is relatively simple to control the composition and to operate the device. However, conventional sputtering methods have the drawback of being slow to generate film in comparison to vacuum deposition methods. Magnetron sputtering methods, which use a permanent magnet or electromagnet in a magnetic circuit to form a magnetic field near a target, were designed for this reason. These methods improve the speed of thin film formation and make it possible to use sputtering methods in mass production processes, manufacturing semiconductor and electronic components and the like.

[0003] Because magnetron sputtering methods have problems with inconsistencies in film thickness and quality due to localized erosion on the target, devices were invented to form an even magnetic field orthogonal to an electric field. **Fig. 20** shows the configuration of a conventional sputtering device. In **Fig. 20**, 1 indicates a chamber, 2 is a vacuum exhaust port of the chamber 1 for exhausting with a vacuum pump, 3 is a pipe for introducing gas into the chamber 1, and 4 is a gas flow control device mounted on the gas introduction pipe 3. The number 5 indicates discharge gas introduced into the chamber 1 from the gas introduction pipe 3. The number 6 indicates a target, 7 is a sputtering electrode, 8 is a discharge power supply, 9 is a magnet holder, 10 is a magnet, and 11 is a substrate holder. The number 12 indicates a substrate upon which a thin film is formed.

[0004] The operations of a sputtering device configured as above are explained below. First, a vacuum pump is used to exhaust the inside of the chamber 1 from the vacuum exhaust port to a level of 10^{-7} Torr. Next, discharge gas 5 is introduced into the chamber 1 through the gas introduction pipe 3 connected to one end of the chamber 1, maintaining pressure inside the chamber 1 at 10^{-2} — 10^{-3} Torr. A negative voltage or high frequency voltage is applied to the target 6 attached to the sputtering electrode 7 from a DC or high-frequency power supply for sputtering 8, and the electric field from the power supply 8 and the magnetic field from the magnet 10 housed in the magnet holder 9 work to generate plasma from discharge close to the front surface of the target 6. The phenomenon of sputtering occurs, and with the sputter particles released from the target 6 a thin film is formed on a substrate 12 placed in a substrate holder 11. However, with a sputtering device when a target 6 is a ferromagnetic material a large portion of magnetic flux generated from a magnet 10 passes through the inside of the target 6, and very little magnetic flux contributes to plasma formation. This causes a problematic decrease in the speed of film creation. Thus, as disclosed in Japanese Unexamined Patent Publication No. Sho 61 (1985)-124567, an effort has been made to avoid slowing the speed of film creation in ferromagnetic material by placing a magnet on the rear surface of a target in addition to a magnet placed on the front surface of the target. **Fig. 21** shows a sputtering electrode configuration wherein magnets 10, 13 are placed on the front and back sides of a target 16. With this configuration magnetic flux generated from the magnet 13 placed on the rear surface of the target 6 fills the inside of the ferromagnetic target 6 and magnetic flux generated by the magnet 10 placed on the front surface of the target is prevented from passing through the inside of the target 6. As a result, a decrease in the speed of film creation on the ferromagnetic target 6 is prevented.

[0005]

PROBLEM THE INVENTION PURPORTS TO

SOLVE. However, although it was possible to improve the rate of film generation on targets of ferromagnetic material, because the magnetic flux faced the same direction across the entire surface of the target, electrons in the plasma received force in the same direction across the entire surface of the target. The density of electrons in the plasma therefore became non-uniform in the target surface, and as a result erosion on the target progressed rapidly in the direction in which electrons received force and slowly in the opposite direction. As a result, problems developed with non-uniform progression of erosion. This not only caused extremely inefficient use of target material but made it impossible to ensure evenness in the thickness of thin film created on the surface of a substrate. The present

invention aims to solve these problems and to provide a sputtering device and method which make it possible to cause erosion of the target to progress in an approximately uniform manner, regardless of magnetic material.

[0006]

MEANS OF SOLVING THE PROBLEM. In order to attain the above objective, the present invention is configured as follows. According to a sputtering device of Embodiment 1 of the present invention, a sputtering device for performing sputtering using a rectangular target is configured such that in addition to rod-shaped first magnets placed along each of a pair of edges of the target, a rod-shaped second magnet is placed so as to be movable on the rear side surface of the target. According to Embodiment 3, it is possible to configure Embodiment 1 or 2 such that the second magnet is on the rear surface side of the target and moves back and forth in a range corresponding to between the first magnets. According to Embodiment 4 of the present invention, it is possible to configure any of Embodiments 1-3 such that the second magnet is a plurality of rod-shaped magnets.

[0007] According to a sputtering device of Embodiment 5 of the present invention a sputtering device for sputtering using a circular target is configured such that, in addition to third magnets being placed facing edges of the target, a fourth magnet is placed on the rear side surface of the target so as to be able to move in an approximately circular pattern. According to Embodiment 6 of the present invention, it is possible to configure Embodiment 5 such that the polarity of the third magnet is arranged with like poles facing the center of the target and the fourth magnet is set with a pole facing the rear surface of the target that differs from the pole with which the third magnet faces the center of the target. According to Embodiment 7 of the present invention, it is possible to configure the fourth magnet in Embodiment 5 or 6 as a plurality of magnets. According to Embodiment 8 of the present invention, it is possible to configure any of Embodiments 5-7 such that the fourth magnet moves in a spiraling pattern.

[0008] According to a sputtering device of Embodiment 9 of the present invention a sputtering device for sputtering a circular target is configured with a plurality of electromagnets placed facing edges of the target such that the magnetic poles of the electromagnets temporally change. According to Embodiment 10 of the present invention it is possible to configure Embodiment 9 such that poles of the electromagnets facing the inside of the target can each be controlled independently. According to Embodiment 11 it is possible to configure Embodiment 9 or 10 such that the number of electromagnets is an even

number of 4 or more. According to Embodiment 12 it is possible to configure any of Embodiments 9-11 such that the coil of the electromagnet is in the atmosphere side of a vacuum chamber.

[0009] According to a sputtering method of Embodiment 13 of the present invention, with a sputtering method for sputtering using a rectangular target in a state in which rod-shaped first magnets are placed along each of a pair of edges of the target, and in addition a rod-shaped second magnet is placed so as to be able to move on the rear side surface of the target, sputtering is done while the second magnet is moved over the rear side surface of the target, temporally changing the direction of magnetic flux and temporally making the plasma density on the target surface approximately balanced. According to Embodiment 14 of the present invention it is possible to configure Embodiment 13 by arranging the polarity of the first magnets with like poles facing and setting the second magnets with a pole facing the rear surface of the target that differs from the magnetic pole with which the first magnets face one another. According to Embodiment 15 of the present invention, it is possible to configure Embodiment 13 or 14 such that the second magnet moves back and forth on the rear side surface of a target in a range corresponding to between the first magnets.

[0010] According to a sputtering method of Embodiment 16 of the present invention a sputtering method for sputtering using a round target in a state in which a third magnet is placed facing an edge of the target and a fourth magnet is also placed so as to be movable on the rear side surface of the target is configured such that sputtering is done while the fourth magnet moves in an approximately circular pattern on the rear side surface of the target, temporally changing the direction of magnetic flux and temporally making plasma density on the target surface approximately balanced. According to Embodiment 17 of the present invention it is possible to also configure Embodiment 16 such that the polarity of the third magnets is arranged with like poles facing the center of the target and setting the fourth magnet with a pole facing the rear surface of the target that differs from the pole with which the third magnets face the center of the target. According to Embodiment 18 of the present invention it is possible to configure Embodiment 16 or 17 such that the fourth magnet moves in a spiraling pattern.

[0011] According to a sputtering method of Embodiment 19 of the present invention a sputtering method for sputtering a round target in a state in which a plurality of electromagnets are placed facing the edge of a target is configured so as to temporally change the magnetic pole of the electromagnets, change the direction of magnetic

flux, change the direction from which electrons in plasma receive force, and to temporally make the plasma density on a target surface approximately uniform. According to Embodiment 20 of the present invention, it is possible, by temporally changing the magnetic pole of electromagnets, to configure Embodiment 19 so as to change the direction of magnetic flux, to rotate the direction from which electrons in the plasma receive force 360 degrees, and to make plasma density on a target surface, averaged over time, approximately uniform.

[0012]

WORKING EXAMPLES OF THE INVENTION.

Embodiments of the present invention are explained below with reference to **Fig. 1-19**.

Embodiment 1. **Fig. 1** shows the configuration of a sputtering device for implementing a sputtering method of Embodiment 1 of the present invention. In **Fig. 1** the number 1 indicates a vacuum chamber, 2 is a vacuum exhaust port provided to the chamber 1 and opening to a vacuum pump, 3 is a gas introduction pipe provided to the chamber 1, and 4 is a gas flow control device mounted on the gas introduction pipe 3. The number 5 indicates discharge gas, usually argon gas, introduced into the chamber 1 from the gas introduction pipe 3. The number 6 indicates a rectangular target placed inside a chamber 1; 7 is a supporting electrode for supporting the target 6, mounted on the chamber 1 by means of an insulating body 8; 8 is a DC or high frequency discharge source for discharge that applies to negative voltage or high frequency voltage in the sputtering electrode; 9 is a pair of magnet holders placed inside the chamber 1 along a pair of edges that run in the longitudinal direction of the target 6; and 10 is a pair of rod-shaped magnets placed along a pair of edges of the target 6 and supported by a pair of magnet holders. The number 11 is a substrate holder placed inside the chamber 1 in a position facing the target 6. The number 12 indicates a substrate upon which a thin film is formed, supported by a substrate holder 11. The number 14 indicates rod-shaped magnets placed inside a sputtering electrode 7 as well as on the rear side surface of a target and also along the longitudinal direction of the target 6, and this magnet 14 is provided with a movement mechanism that moves on the rear side surface of the target 6 in a direction orthogonal to the longitudinal direction of the target 6.

[0013] **Fig. 2** shows a plane figure of part of the sputtering electrode inside the sputtering device shown in **Fig. 1**. In addition, **Fig. 3** shows an A—A' cross-section of **Fig. 2**. Each magnet 10 is placed on the outer side of a

rectangular target 6 along each edge in the longitudinal direction as shown in **Fig. 2**, facing and sandwiching the target 6, the polarity of a pair of magnets 10 arranged to be the same. In **Fig. 2**, N poles in a pair of magnets 10 are configured to face one another. Also, a magnet 14 placed on the rear side surface of a target 6 is arranged to face the rear surface of the target with a polarity that is the reverse of the polarity with which the magnets 10 are facing and sandwiching the target. In **Fig. 2**, because magnets 10 are facing N poles, the S pole of a magnet 14 on the rear side surface of a target is configured to face the rear surface of the target. A magnet 14 on the rear side surface of a target is configured so as to be able to move, back and forth, in an orthogonal direction to the longitudinal direction of the target 6, i.e., direction 91, with time moving as shown in **Fig. 4** from (A) through (B) to (C), and then from (C) through (B) to (A). In short, in a range corresponding to the space between a pair of magnets 10 on the rear side surface of a target 6, the magnet 14 gradually distances from the vicinity of a magnet 10 on one side and approaches a magnet 10 on the other side. Then, when positioned in the vicinity of the magnet 10 on the other side, the magnet 14 conversely gradually distances from the vicinity of the magnet 10 on that side and approaches the magnet 10 on the first side. The magnet 14 is then positioned in the vicinity of the magnet 10 on the first side. During this time it is desirable that the magnet 14 moves with uniform velocity in order to temporally make the plasma density approximately balanced.

[0014] By means of the above configuration the strength and direction of the magnetic field are changed on all points on the target 6. By way of example, **Fig. 5** uses solid and dotted lines to show temporal change in magnetic flux density in the A-A' direction at a distance of 2mm from the front surface of the target when the moving speed of magnets 14 placed on the rear side surface of the target is set to 50mm/s, for a position at the center of the target 6 and a position 50mm away from the center of the target 6 on line A-A' in **Fig. 2**, respectively. The left-facing movement of the magnet 14 in **Fig. 3** is shown as positive. As can be seen in **Fig. 5**, the strength and direction of the magnetic field are temporally changed on all points on the target 6.

[0015] In **Fig. 2**, when magnetic flux faces to the right, electrons in the plasma receive force facing toward the bottom of **Fig. 2**. Also, when magnetic flux faces to the left, electrons in the plasma receive force facing toward the top of **Fig. 2**. Thus, by temporally changing the direction of magnetic flux it becomes possible to increase the plasma density confining the plasma on the target surface, increasing the rate of erosion and the rate of generating film on the substrate. Furthermore, plasma density on the target surface is temporally balanced, and as shown in **Fig.**

6 the erosion portion 6a of the target 6 is approximately uniform, greatly increasing the efficient use of material. **[0016] Embodiment 2.** Fig. 7 shows a sputtering device for implementing a sputtering method of Embodiment 2 of the present invention. A general configuration is the same as Embodiment 1 but differs in that the rod-shaped magnet 14 on the rear side surface of a target 6 is in multiple, for example two magnets. Therefore, as Fig. 7 shows, two magnets 14 separated by a prescribed distance are able to move as shown in Fig. 6 by the same movement mechanism as in Embodiment 1. In other words, in Fig. 7 the left-side magnet 14 on the rear side surface of the target gradually distances from the vicinity of the left-side magnet 10 on the rear surface of the target, moving to the right as one with the right-side magnet 14 on the rear side surface of the target 6. This right-side magnet 14 approaches the right-side magnet 10 on the rear surface of the target 6. Then, when positioned in the vicinity of that magnet 10, the right-side magnet 14 conversely gradually distances from the vicinity of the right-side magnet 10 and moves left as one with the left-side magnet 14. The left-side magnet 14 approaches the left-side magnet 10, and is positioned in the vicinity of that magnet 10. It is desirable that the moving speed of these two magnets 14 during this time be made uniform for the purpose of making plasma density temporally approximately balanced. This Embodiment 2 can exhibit the same effects as Embodiment 1, and furthermore when a target is large, i.e., when the space between the magnets 10 is wide, providing multiple magnets 14 can prevent a decrease in magnetic flux on the target surface and limit a decrease in the rate of film creation.

[0017] Embodiment 3. Fig. 8 shows a portion of a sputtering electrode of a sputtering device for implementing a sputtering method of Embodiment 3 of the present invention. Similar to Fig. 2, Fig. 8 is a plane figure of a portion of a sputtering electrode of the sputtering device of Embodiment 1 shown in Fig. 1. In addition, Fig. 9 shows a cross-section of A—A' in Fig. 8. Embodiment 3 differs from Embodiment 2 in that the target is not a rectangular target but a circular target. Circular magnets 15 placed along the circumferential edge of a round target 46 follow along the circumference of the target 46 and are placed so as to face the center of the target 46 across from identical poles. In Fig. 8, for example, N poles are placed to face the center of the target 46. Three circular magnets 16 spaced at 120 degrees are placed on the rear side surface of a target 46. The three magnets 16 are arranged so as to be able to

move in an approximately circular pattern, maintaining the intervals of 120 degrees. Specifically, the circular magnets 16 are preferably placed so as to be able to move in different concentric circles of the radius from the center of the target 6, each magnet at a constant angular velocity in the same direction, and are arranged with a polarity facing toward the front surface of the target that is the reverse of the polarity with which the magnets 15 face the center. Thus, in Fig. 8 S poles are facing the rear surface of the target 46.

[0018] In Fig. 8, because the magnetic flux is facing the center of the target, electrons in the plasma receive force moving toward the circumference of the target 46 with the movement of the three magnets 16 placed on the rear side surface of the target. These three magnets 16 each move in different peripheries of the radius from the center of the target 46, so plasma density is made approximately uniform, averaged over time, on each point on the target surface. As shown in Fig. 10, the corroded portion 46a of the target 46 is made approximately uniform. Note, 47 is a circular sputtering electrode and corresponds to the sputtering electrode 7 of Fig. 1. In the explanation above, the three magnets 16 placed on the rear side surface of the target are described as three magnets placed 120 degrees apart, but the effects are the same with any multiple. However, it is desirable that the spacing be at uniform angles. Also, the magnets 16 placed on the front side surface of the target do not need to have a circular surface, but can, for example, have a fan shape with an arc-shaped circumference corresponding to the circular-shaped magnets 15. The three magnets 16 are not limited to always moving in the same direction as one, and the direction in which the three magnets 15 move as one may be changed at prescribed intervals of time.

[0019] Embodiment 4. Fig. 11 shows a portion of a sputtering electrode of a sputtering device for implementing a sputtering method of Embodiment 4 of the present invention. Like Fig. 2, Fig. 11 is a plane view of part of the sputtering electrode within the sputtering device of Embodiment 1 shown in Fig. 1. Embodiment 4 differs from Embodiment 3 in that there are three magnets 16 moving on the rear side surface of the target 46 and instead of moving in approximately circular patterns in concentric circles, one circular magnet 16 moves in an approximately circular pattern not in a concentric circle but in a spiral shape, and moreover, moves back and forth. Magnets 15 are placed, as in Fig. 8, along the circumference of a target 46 so as to face the center of the target 46 across from identical poles. Magnets 16 placed on the rear side surface of the target 46 move while describing a spiraling pattern from the center toward the outermost periphery of the

target 46. When the magnets 16 reach a predetermined position on the outermost periphery they move, conversely, while describing a spiraling pattern from the outermost periphery to the center of the target 46. Constant angular velocity is desirable for the purpose of making plasma density temporally approximately balanced. Magnets 16 are arranged as in Embodiment 3 to face toward the rear surface of the target 46 with a polarity that differs from the polarity with which the magnets 15 face the center. According to this type of configuration, plasma density on the target surface is made approximately uniform, when time-averaged, with the movement in a spiral pattern of magnets 16 placed on the rear side surface of a target, increasing the efficient use of the material of the target 46. In the above invention, the magnet 16 placed on the rear side surface of a target is described with an example involving one magnet, but multiple magnets may be placed and the magnets may be caused to move as one in the same direction in a spiral pattern.

[0020] Embodiment 5. **Fig. 12** shows a portion of a sputtering electrode of a sputtering device for implementing a sputtering method of Embodiment 5 of the present invention. **Fig. 12**, like **Fig. 2**, is a plane view of part of a sputtering electrode within the sputtering device of Embodiment 1 shown in **Fig. 1**. In addition, **Fig. 13** shows a C—C' cross-section of **Fig. 12**. In Embodiment 5, unlike in Embodiment 4, magnets are not placed on the rear side surface of the target 46, but rather the polarity of eight circular electromagnets 17 placed on the circular shape of the front surface of the target 46 is changed each time. Eight electromagnets 17 are placed at equal intervals along the circumference of a target 46, all of the same shape. The electromagnets 17 are each configured for magnetization purposes from magnetic bodies 17a, coils 17b wrapped around the magnetic bodies 17a, and power sources 17c for flowing current to the coils 17b. Also provided is a control unit 17d for controlling the eight power sources 17c, and using this control unit 17d to control the direction in which current flows to the coils 17b of the eight electromagnets 17, the poles generated by each of the electromagnets 17 toward the surface of the target 46 can be controlled independently.

[0021] Fig. 14 (A) through (C) show temporal change in the magnetic polarity generated by each electromagnet 17 toward the surface of a target 46. By changing polarity, the direction of the magnetic flux indicated by 92 changes in **Fig. 14** from (A) through (B) to (C), and then from (C) through (B) to (A). This change from (A) to (C) and from (C) to (A) repeats any number of times. As polarity changes, the direction in which electrons in plasma receive force, indicated by 93, changes. Due to temporal

changes in the direction 93 in which electrons in plasma receive force, plasma density is made approximately uniform, when time-averaged, and an erosion portion 46b of the type shown in **Fig. 15** is obtained of a target 46 that is approximately uniform over the entire surface. Note, in the description above, eight electromagnets 17 are placed along the circumference of the target, but no problems arise as long as there are four or more. Three or more magnets are needed to achieve temporal change in the direction from which it is intended that electrons receive force. Again, for the sake of electron symmetry in the target surface, an even number of magnets is suitable. Therefore, an even number of four or more is desirable.

[0022] Embodiment 6. **Fig. 16** shows a sputtering device for implementing a sputtering method of Embodiment 6 of the present invention. As in **Fig. 17**, a temporal change in polarity generated towards the front surface of a target 46 is shown. In Embodiment 6, as in Embodiment 5, eight electromagnets 17 are placed at regular intervals along the circumference of a target 46. Embodiment 6 differs from Embodiment 5 in being arranged such that, by means of a control unit 17d, four connected electromagnets 17 generate the same pole and four electromagnets 17 facing thereupon generate a different pole, the four connected electromagnets 17 shifting poles one by one over time. In some moments, electrons in plasma receive force from an established direction parallel to the target front surface, but in this Embodiment 6 the direction rotates 360 degrees so that, averaged over time, plasma density on the surface of the target 46 is made approximately uniform. Therefore, as **Fig. 17** shows, the erosion portion 46c of the target 46 progresses approximately uniformly, and across the entire surface, improving the efficiency with which the material is used. Also, at this point the creation rate of film generated on the substrate and the distribution thereof is extremely fast and approximately uniform, as shown in **Fig. 18**.

[0023] In Embodiment 6, electromagnets 17, which are facing and sandwiching the target 46, are always of different poles, so by configuring two electrodes as one electromagnet 57, as shown in **Fig. 19**, the electromagnets 57 can be reduced to four, allowing the device to be simplified. These magnets 57 have a coil 57b wound around a magnetic body 57a. Electric current flows from a power source 57c to the coil 57a, and four power sources 57c may be configured to be controlled by a control device 5 in the same manner as with the control device 17d above. It is better still if the coil portions of electromagnets 17, 57 are in the atmosphere side of a chamber 1. Note, in the description above, eight electromagnets 17 are placed along the circumference of the target 46, but no problems arise as long as there are four or more. However, for symmetry it is most preferable that an even number of

electromagnets 17 are used.

[0024] In the above embodiments the number of times magnets move and the number and operative periods of changes in polarity may be set as desired. In Embodiments 1 and 2, the placement direction of magnets 10 on the front side of the target and magnets 14 on the rear side surface of the target is not limited to along the longitudinal direction of a rectangular target, but may also be along the short direction orthogonal to the longitudinal direction. In Embodiments 1 and 2 the number of magnets 14 on the rear side surface of a target is arbitrary. In Embodiment 4 the number of magnets 16 on the rear side surface of a target can be any arbitrary number, and is not limited to one. In Embodiments 5 and 6, as a method of changing the magnetic poles of electromagnets 17, 57, it is desirable to change poles at the same times and intervals for the purpose of making plasma density temporally approximately balanced.

[0025]

EFFECTS OF THE INVENTION. As discussed above, according to the present invention the following beneficial effects are exhibited; plasma density on the target surface is made approximately uniform; erosion of the target is made approximately uniform; target material is used more efficiently and the rate at which thin film is generated on the substrate surface is improved; and, uniformity in film thickness can be maintained.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[Fig. 1] A cross-section showing a sputtering device for implementing a sputtering method of Embodiment 1 of the present invention.

[Fig. 2] A plane figure showing a structure in the vicinity of a sputtering electrode of a sputtering device in Embodiment 1 of the present invention.

[Fig. 3] A cross-section of A—A' in Fig. 2.

[Fig. 4] A drawing showing the form of movement of a magnet placed on the rear side surface of a target a sputtering device in Embodiment 1.

[Fig. 5] A cross-section of temporal change in magnetic flux density on the front surface of a target of a sputtering device in Embodiment 1.

[Fig. 6] A cross-section of the erosion shape of a target of a sputtering device in Embodiment 1.

[Fig. 7] (A) through (C) respectively show the movement of magnets placed on the rear side surface of a target of a sputtering device for implementing a sputtering method of Embodiment 2 of the present invention.

[Fig. 8] A plane figure showing a structure in the vicinity of a sputtering electrode of a sputtering device for implementing a sputtering method of Embodiment 3 of the present invention.

[Fig. 9] A cross-section of C—C' in Fig. 8.

[Fig. 10] A cross-section showing the erosion shape of a target of a sputtering device in Embodiment 3

[Fig. 11] A plane figure showing a structure in the vicinity of a sputtering electrode of a sputtering device for implementing a sputtering method of Embodiment 4 of the present invention.

[Fig. 12] A plane figure showing a structure in the vicinity of a sputtering electrode of a sputtering device for implementing a sputtering method of Embodiment 5 of the present invention.

[Fig. 13] A cross-section of C—C' in Fig. 12.

[Fig. 14] (A) through (C) respectively show temporal changes in polarity, magnetic flux, and direction of force received by electrons in plasma in a sputtering device of Embodiment 5 of the present invention.

[Fig. 15] A cross-section showing the erosion shape of a target of a sputtering device of Embodiment 5.

[Fig. 16] (A) through (H) respectively show temporal change in magnetic polarity in a sputtering device for implementing a sputtering method of Embodiment 6 of the present invention.

[Fig. 17] A cross-section showing the erosion shape of a target of a sputtering device of Embodiment 6.

[Fig. 18] A drawing showing the thin film creation rate of a sputtering device of Embodiment 6.

[Fig. 19] A cross-section showing the structure of another electromagnet of a sputtering device in Embodiment 6 of the present invention.

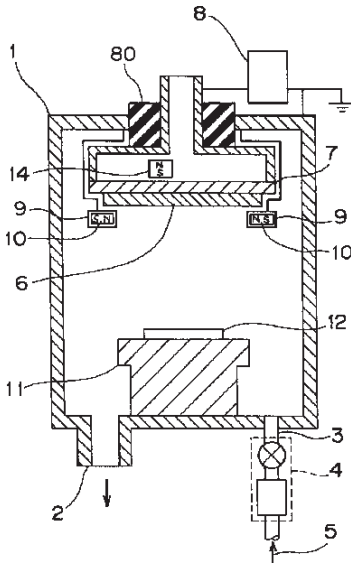
[Fig. 20] A schematic cross-section of a conventional sputtering device.

[Fig. 21] A drawing of a conventional sputtering electrode having magnets on the front and back surfaces of a target.

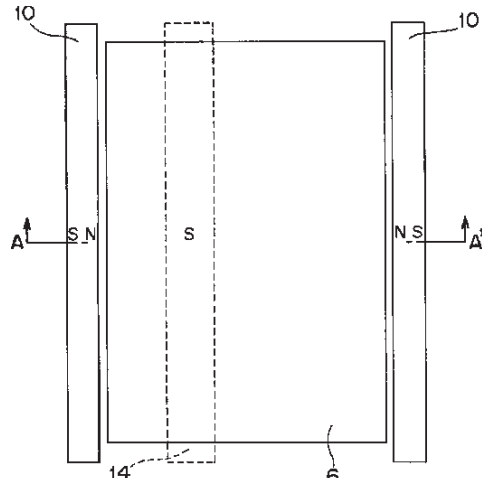
KEY TO SYMBOLS

1	chamber
6, 46	target
7, 47	sputtering electrode
10	pair of magnets placed along the edges of target
12	substrate
14	magnet having a moving mechanism placed on rear side surface of target
15	magnet placed along edge of target
16	magnet having a moving mechanism placed on rear side surface of target
17, 57	magnets placed along the edge of target

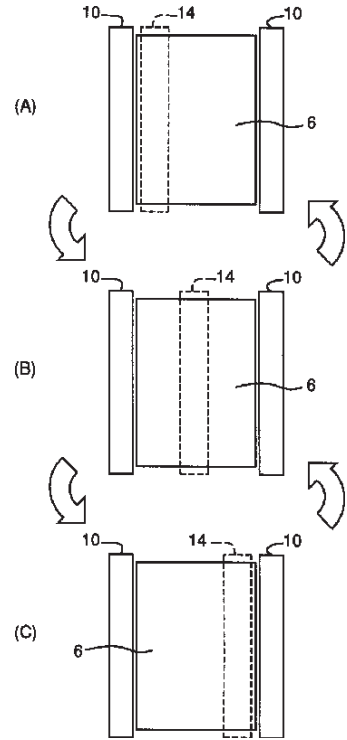
[Fig. 1]



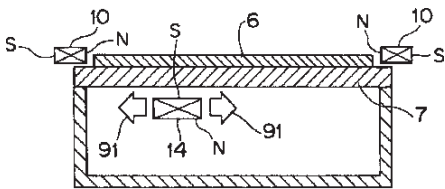
[Fig. 2]



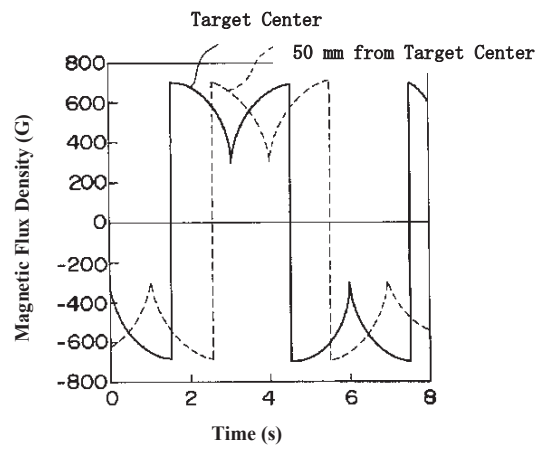
[Fig. 4]



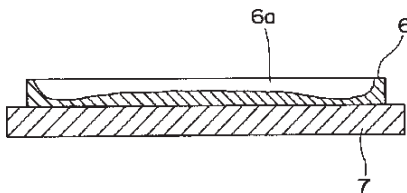
[Fig. 3]



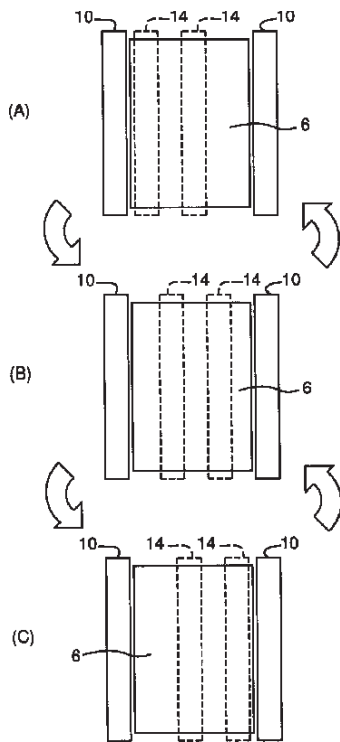
[Fig. 5]



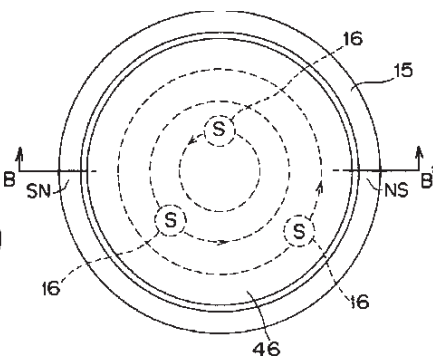
[Fig. 6]



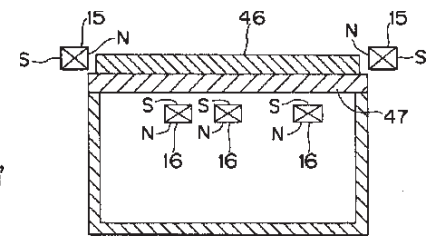
[Fig. 7]



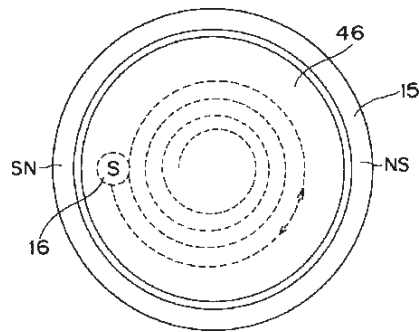
[Fig. 8]



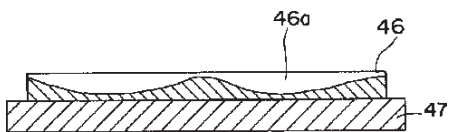
[Fig. 9]



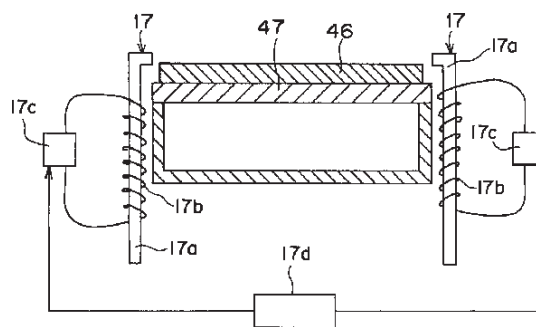
[Fig. 11]



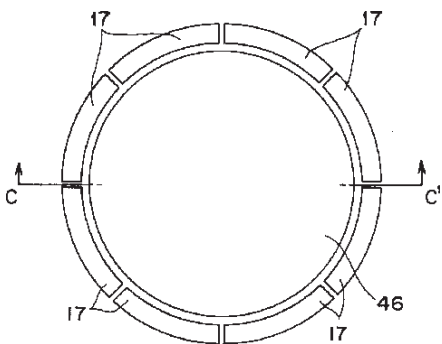
[Fig. 10]



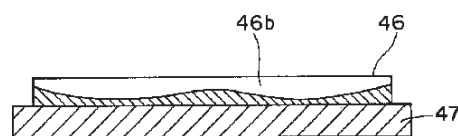
[Fig. 13]



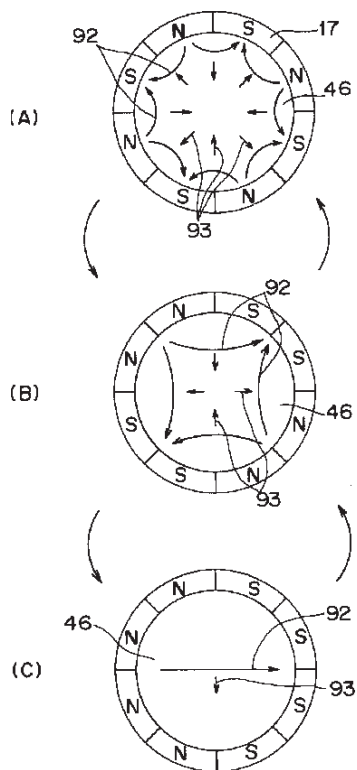
[Fig. 12]



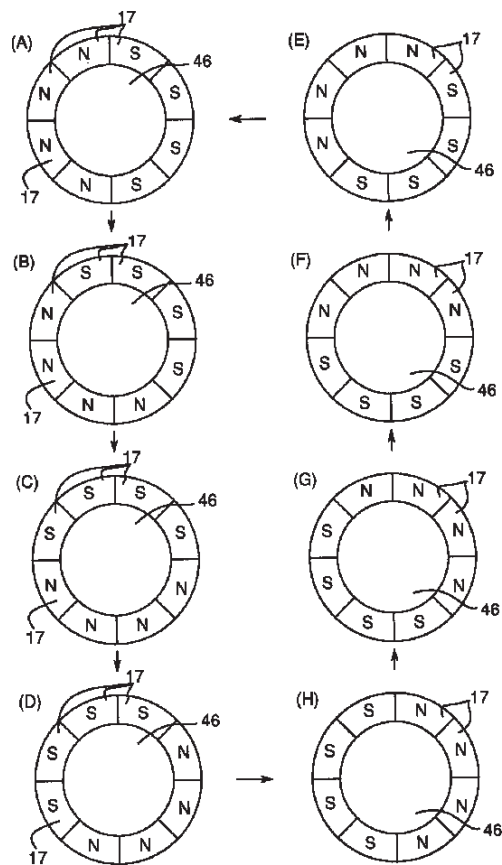
[Fig. 15]



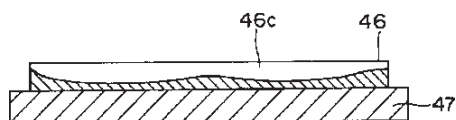
[Fig. 14]



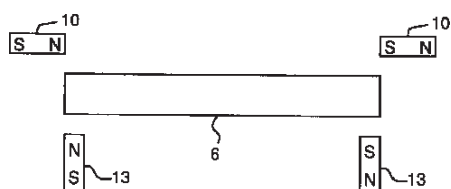
[Fig. 16]



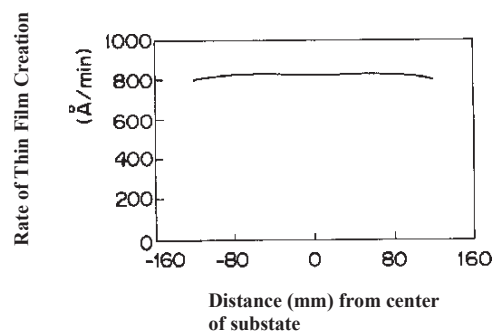
[Fig. 17]



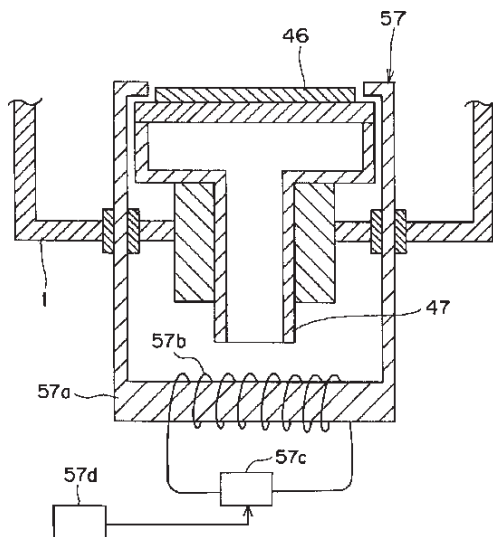
[Fig. 21]



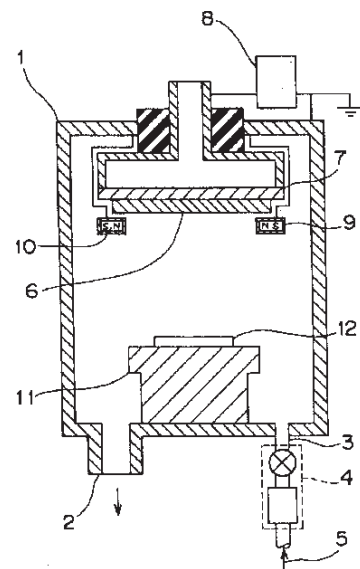
[Fig. 18]



[Fig. 19]



[Fig. 20]



VERIFIED STATEMENT OF TRANSLATION

I, Randi Simons, certify that I am competent in both Japanese and English languages and that the foregoing translation of the specification, claims, abstract, and drawings of the Japanese application number H10 (1998)-102247 is an exact and accurate translation of the original. I understand that willful false statements and the like are punishable by fine or imprisonment, or both, pursuant to 18 U.S.C. § 1001.

I certify under penalty of perjury under the laws of the United States that the foregoing is true and correct.

Randi Simons

Name of Translator

Randi Simons

Signature of Translator

145 Moose Hill Parkway, Sharon, MA 02067

Address of Translator

781-366-1169

Telephone Number of Translator

Executed on October 1, 2020

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-102247

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月21日

(51) Int.Cl.⁶

C 2 3 C 14/35

識別記号

F I

C 2 3 C 14/35

C

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-261643

(22) 出願日 平成8年(1996)10月2日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 青倉 勇

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 山西 斉

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

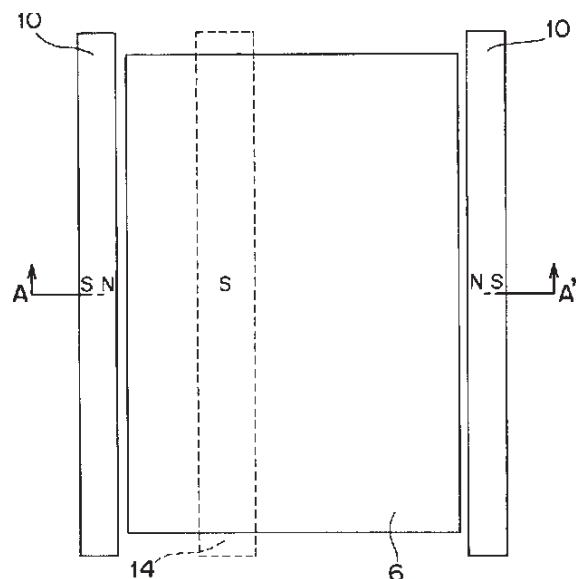
(74) 代理人 弁理士 青山 葆 (外2名)

(54) 【発明の名称】 スパッタリング装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 ターゲットの侵食が大略均一に進行させることができるターゲットを保有するスパッタリング装置及び方法を提供する。

【解決手段】 磁石10はターゲット6の一つの縁に沿うように配置しており、ターゲット6を挟んで対向する磁石10の極性が同じになるように定めている。また、ターゲット6の裏面側に配置した磁石14は、上記磁石10のターゲット6を挟んで対向する極性と逆の極性がターゲット6の表面方向を向くように定めるとともに、ターゲット6の上記一つの縁と直交する方向91に移動しかつ往復運動するように構成することにより、ターゲット6の侵食の進行がターゲット面内で大略均一になる。



【特許請求の範囲】

【請求項１】 矩形ターゲット（６）を用いてスパッタリングを行うスパッタリング装置において、上記ターゲット（６）の一对の縁に沿うように棒状の第１磁石（１０）をそれぞれ配置するとともに、上記ターゲットの裏面側に棒状の第２磁石（１４）を移動可能に配置したことを特徴とするスパッタリング装置。

【請求項２】 上記第１磁石（１０）の極性が同極どうしが向き合うように定め、上記第２磁石（１４）は、上記第１磁石の互いに向き合う磁極と異なる極が上記ターゲットの裏面に対向するように設定された請求項１に記載のスパッタリング装置。

【請求項３】 上記第２磁石（１４）が、ターゲット裏面側において、上記第１磁石（１０）間に相当する範囲を往復運動するようにした請求項１又は２に記載のスパッタリング装置。

【請求項４】 上記第２磁石（１４）は複数の棒状の磁石より構成されるようにした請求項１～３のいずれかに記載のスパッタリング装置。

【請求項５】 丸型ターゲット（４６）を用いてスパッタリングを行うスパッタリング装置において、上記ターゲットの縁に対向する第３磁石（１５）を配置するとともに、上記ターゲットの裏面側に第４磁石（１６）を大略円運動可能に配置したことを特徴とするスパッタリング装置。

【請求項６】 上記第３磁石（１５）の極性が、同極どうしが上記ターゲットの中心を向くように定め、上記第４磁石（１６）は、上記第３磁石の上記ターゲット中心を向く極と異なる極が上記ターゲットの裏面に向き合うように設定された請求項５に記載のスパッタリング装置。

【請求項７】 上記第４磁石（１６）が複数であるようにした請求項５又は６に記載のスパッタリング装置。

【請求項８】 上記第４磁石（１６）が螺旋運動をするようにした請求項５～７のいずれかに記載のスパッタリング装置。

【請求項９】 丸型ターゲット（４６）を用いてスパッタリングを行うスパッタリング装置において、上記ターゲットの縁に対向した複数の電磁石（１７，５７）を配置し、該電磁石の磁極は時間的に変化するようにしたことを特徴とするスパッタリング装置。

【請求項１０】 上記電磁石は、上記ターゲットの内側に向く極をそれぞれ独立に制御できるようにした請求項９に記載のスパッタリング装置。

【請求項１１】 上記電磁石の数は４個以上の偶数個であるようにした請求項９又は１０に記載のスパッタリング装置。

【請求項１２】 上記電磁石のコイルが真空チャンバの大気側にあるようにした請求項９～１１のいずれかに記載のスパッタリング装置。

【請求項１３】 矩形ターゲット（６）を用いて、上記ターゲット（６）の一对の縁に沿うように棒状の第１磁石（１０）をそれぞれ配置するとともに、上記ターゲットの裏面側に棒状の第２磁石（１４）を移動可能に配置した状態でスパッタリングを行うスパッタリング方法において、

上記第２磁石を上記ターゲットの裏面側で移動させながらスパッタリングを行い、磁束の向きを時間的に変化させ、ターゲット面上でのプラズマ密度が時間的に大略平均化されるようにしたことを特徴とするスパッタリング方法。

【請求項１４】 上記第１磁石（１０）の極性が同極どうしが向き合うように定め、上記第２磁石（１４）は、上記第１磁石の互いに向き合う磁極と異なる極が上記ターゲットの裏面に対向するように設定された請求項１３に記載のスパッタリング方法。

【請求項１５】 上記第２磁石（１４）が、ターゲット裏面側において、上記第１磁石（１０）間に相当する範囲を往復運動するようにした請求項１３又は１４に記載のスパッタリング方法。

【請求項１６】 丸型ターゲット（４６）を用いて、上記ターゲットの縁に対向する第３磁石（１５）を配置するとともに、上記ターゲットの裏面側に第４磁石（１６）を移動可能に配置した状態でスパッタリングを行うスパッタリング方法において、上記第４磁石を上記ターゲットの裏面側で大略円運動させながらスパッタリングを行い、磁束の向きを時間的に変化させ、ターゲット面上でのプラズマ密度が時間的に大略平均化されるようにしたことを特徴とするスパッタリング方法。

【請求項１７】 上記第３磁石（１５）の極性が、同極どうしが上記ターゲットの中心を向くように定め、上記第４磁石（１６）は、上記第３磁石の上記ターゲット中心を向く極と異なる極が上記ターゲットの裏面に向き合うように設定された請求項１６に記載のスパッタリング方法。

【請求項１８】 上記第４磁石（１６）が螺旋運動をするようにした請求項１６又は１７に記載のスパッタリング方法。

【請求項１９】 丸型ターゲット（４６）を用いて、上記ターゲットの縁に対向した複数の電磁石（１７，５７）を配置した状態でスパッタリングを行うスパッタリング方法において、上記電磁石の磁極は時間的に変化させて、磁束の向きを変化させ、プラズマ中の電子が力を受ける方向（９３）が変化して、ターゲット面上でのプラズマ密度が時間平均的に大略均一化するようにしたことを特徴とするスパッタリング方法。

【請求項２０】 上記電磁石の磁極を時間的に変化させることにより、磁束の向きを変化させ、プラズマ中の電

子が力を受ける方向（93）が360°回転させて、ターゲット面上でのプラズマ密度が時間平均的に大略均一化するようにした請求項19に記載のスパッタリング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、薄膜形成技術の一つであるマグネトロンスパッタリング装置及び方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】スパッタリング法とは、一般に低真空雰囲気中で気体放電を起こすことによりプラズマを発生させ、プラズマの陽イオンをカソードと呼ばれる負極に設置されたターゲットに衝突させ、衝突によりスパッタされた粒子が基板に付着して薄膜を生成する方法である。このスパッタリング法は、組成の制御や装置の操作が比較的簡単であることから、広く成膜過程に使用されている。しかし、従来スパッタリング法は、真空蒸着法などに比べ、薄膜生成速度が遅いという欠点を有していた。このため、永久磁石や電磁石を磁気回路として用いてターゲット付近に磁場を形成するマグネトロンスパッタリング法が考案され、薄膜の形成速度が向上し、半導体部品や電子部品等の製造工程においてスパッタリング法による薄膜形成の量産化を可能にした。

【0003】上記マグネトロンスパッタリング法には、ターゲットの局所的な侵食による膜厚や膜質の不均一性があるという問題点があり、この問題解決のため、電場に直交する一様な磁場を形成する装置が考案されている。図20は従来のスパッタリング装置の装置構成を示すものである。図20において、1はチャンバ、2は真空ポンプによって排気されるチャンバ1の真空排気口、3はチャンバ1へのガス導入管、4はガス導入管3に取り付けられたガス流量制御器である。5はガス導入管3からチャンバ1内に導入される放電ガスで、通常アルゴンガスを用いる。6はターゲット、7はスパッタリング電極、8は放電用電源、9はマグネットホルダ、10は磁石、11は基板ホルダである。12は基板で、この上に薄膜を形成する。

【0004】以上のように構成された上記スパッタリング装置について、以下その動作について説明する。まず、チャンバ1内を真空排気口2から真空ポンプで 10^{-7} Torr程度にまで排気する。次に上記チャンバ1の一端に接続されたガス導入管3を介してチャンバ1内に放電ガス5を導入し、チャンバ1内の圧力を 10^{-3} ～ 10^{-2} Torr程度に保つ。ターゲット6を取りつけたスパッタリング電極7に直流あるいは高周波のスパッタリング用電源8により負の電圧または高周波電圧を印加すると、上記電源8による電場とマグネットホルダ9内に収納された磁石10による磁場との作用でターゲット6の表面近傍に放電によるプラズマが発生し、ス

パッタリング現象が起こり、ターゲット6から放出されたスパッタ粒子により基板ホルダ11に設置された基板12上に薄膜が形成される。しかしながら、上記スパッタリング装置ではターゲット6が強磁性材料の場合、磁石10から発生する磁束の大部分がターゲット6内を通過し、プラズマ形成に寄与する磁束がきわめて少なくなる。その結果、成膜速度が低下してしまうという問題を有している。そこで、特開昭61-124567号公報に記載のようにターゲット表面に配置する磁石に加えて、ターゲット裏面にも磁石を配置することによって強磁性材料のターゲットにおいても成膜速度を低下させない取り組みがなされている。図21はターゲット6の表面および裏面に磁石10、13を配置したときのスパッタリング電極構成を示したもので、13はターゲット6の裏面に配置された磁石である。この構成によって、ターゲット6の裏面に配置された磁石13から発生する磁束が強磁性材料のターゲット6内を満たし、ターゲット表面に配置された磁石10から発生する磁束がターゲット6内を通過することを防ぐようにしている。この効果によって、強磁性材料のターゲット6における成膜速度の低下を防ぐようにしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の構成では、強磁性材料のターゲットにおける成膜速度の向上は達成できるが、磁束がターゲット全面に渡って同じ方向を向いているので、プラズマ中の電子はターゲット全面に渡って同じ方向の力を受けることになる。したがって、プラズマ中の電子の密度がターゲット面内で不均一になる。この結果、電子の受ける力の方向でのターゲットの侵食が速く進行し、逆方向では侵食の進行が遅くなり、侵食が進行するにしたがって、侵食が均一に進行しないという問題点がある。これにより、ターゲット材料の材料利用効率がきわめて悪いだけでなく、基板面に生成される薄膜の膜厚均一性が確保できないという問題点が発生する。本発明は、上記の問題点を解決し、磁性材料に関係なく、ターゲットの侵食を大略均一に進行させることができるスパッタリング装置及び方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は以下のように構成している。本発明の第1態様にかかるスパッタリング装置によれば、矩形ターゲットを用いてスパッタリングを行うスパッタリング装置において、上記ターゲットの一对の縁に沿うように棒状の第1磁石をそれぞれ配置するとともに、上記ターゲットの裏面側に棒状の第2磁石を移動可能に配置するように構成している。本発明の第2態様によれば、第1態様において、上記第1磁石の極性が同極どうしが向き合うように定め、上記第2磁石は、上記第1磁石の互いに向き合う磁極と異なる極が上記ターゲットの裏面に対向す

ように設定されるように構成することもできる。本発明の第3態様によれば、第1又は2態様において、上記第2磁石が、ターゲット裏面側において、上記第1磁石間に相当する範囲を往復運動するように構成することもできる。本発明の第4態様によれば、第1～3のいずれかの態様において、上記第2磁石は複数の棒状の磁石より構成されるようにすることもできる。

【0007】本発明の第5態様にかかるスパッタリング装置によれば、丸型ターゲットを用いてスパッタリングを行うスパッタリング装置において、上記ターゲットの縁に対向する第3磁石を配置するとともに、上記ターゲットの裏面側に第4磁石を大略円運動可能に配置するように構成している。本発明の第6態様によれば、第5態様において、上記第3磁石の極性が、同極どうしが上記ターゲットの中心を向くように定め、上記第4磁石は、上記第3磁石の上記ターゲット中心を向く極と異なる極が上記ターゲットの裏面に向き合うように設定されるように構成することもできる。本発明の第7態様によれば、第5又は6態様において、上記第4磁石が複数であるように構成することもできる。本発明の第8態様によれば、第5～7のいずれかの態様において、上記第4磁石が螺旋運動をするように構成することもできる。

【0008】本発明の第9態様にかかるスパッタリング装置によれば、丸型ターゲットを用いてスパッタリングを行うスパッタリング装置において、上記ターゲットの縁に対向した複数の電磁石を配置し、該電磁石の磁極は時間的に変化するように構成している。本発明の第10態様によれば、第9態様において、上記電磁石は、上記ターゲットの内側に向く極をそれぞれ独立に制御できるように構成することもできる。本発明の第11態様によれば、第9又は10態様において、上記電磁石の数は4個以上の偶数個であるように構成することもできる。本発明の第12態様によれば、第9～11のいずれかの態様において、上記電磁石のコイルが真空チャンバの大気側にあるように構成することもできる。

【0009】本発明の第13態様にかかるスパッタリング方法によれば、矩形ターゲットを用いて、上記ターゲットの一对の縁に沿うように棒状の第1磁石をそれぞれ配置するとともに、上記ターゲットの裏面側に棒状の第2磁石を移動可能に配置した状態でスパッタリングを行うスパッタリング方法において、上記第2磁石を上記ターゲットの裏面側で移動させながらスパッタリングを行い、磁束の向きを時間的に変化させ、ターゲット面上でのプラズマ密度が時間的に大略平均化されるように構成している。本発明の第14態様によれば、第13態様において、上記第1磁石の極性が同極どうしが向き合うように定め、上記第2磁石は、上記第1磁石の互に向き合う磁極と異なる極が上記ターゲットの裏面に対向するように設定されるように構成することもできる。本発明の第15態様によれば、第13又は14態様において、上

記第2磁石が、ターゲット裏面側において、上記第1磁石間に相当する範囲を往復運動するように構成することもできる。

【0010】本発明の第16態様にかかるスパッタリング方法によれば、丸型ターゲットを用いて、上記ターゲットの縁に対向する第3磁石を配置するとともに、上記ターゲットの裏面側に第4磁石を移動可能に配置した状態でスパッタリングを行うスパッタリング方法において、上記第4磁石を上記ターゲットの裏面側で大略円運動させながらスパッタリングを行い、磁束の向きを時間的に変化させ、ターゲット面上でのプラズマ密度が時間的に大略平均化されるように構成している。本発明の第17態様によれば、第16態様において、上記第3磁石の極性が、同極どうしが上記ターゲットの中心を向くように定め、上記第4磁石は、上記第3磁石の上記ターゲット中心を向く極と異なる極が上記ターゲットの裏面に向き合うように設定されるように構成することもできる。本発明の第18態様によれば、第16又は17態様において、上記第4磁石が螺旋運動をするように構成することもできる。

【0011】本発明の第19態様にかかるスパッタリング方法によれば、丸型ターゲットを用いて、上記ターゲットの縁に対向した複数の電磁石を配置した状態でスパッタリングを行うスパッタリング方法において、上記電磁石の磁極は時間的に変化させて、磁束の向きを変化させ、プラズマ中の電子が力を受ける方向が変化して、ターゲット面上でのプラズマ密度が時間平均的に大略均一化するように構成している。本発明の第20態様によれば、第19態様において、上記電磁石の磁極を時間的に変化させることにより、磁束の向きを変化させ、プラズマ中の電子が力を受ける方向が360°回転させて、ターゲット面上でのプラズマ密度が時間平均的に大略均一化するように構成することもできる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について、図1から図19を用いて説明する。

（第1実施形態）図1は、本発明の第1実施形態にかかる、スパッタリング方法を実施するためのスパッタリング装置の構成を示すものである。図1において、1は真空チャンバ、2はチャンバ1に備えられかつ真空ポンプに通じた真空排気口、3はチャンバ1に備えられたガス導入管、4はガス導入管3に取り付けられたガス流量制御器である。5はガス導入管3からチャンバ1内に導入される放電ガスで、通常はアルゴンガスが用いられる。6はチャンバ1内に配置された矩形のターゲット、7はチャンバ1に絶縁体80を介して取り付けられかつターゲット6を支持するスパッタリング電極、8はスパッタリング電極7に負の電圧又は高周波電圧を印加する放電用の直流又は高周波放電源、9はチャンバ1内に配置されかつターゲット6の長手方向沿いの一对の縁に沿うよ

うに配置された一対のマグネットホルダ、10は一対のマグネットホルダ9内に保持されかつターゲット6の一対の縁に沿って配置された一対の棒状の磁石である。11はチャンパ1内のターゲット6に対向する位置に配置された基板ホルダである。12は基板ホルダ11により保持される基板で、この上に薄膜を形成する。14はスパッタリング電極7の内側でかつターゲット裏面側に配置されかつターゲット6の長手方向沿いに配置された棒状の磁石で、この磁石14は、ターゲット6の裏面側でターゲット6の長手方向と直交する方向に移動する移動機構を備えている。

【0013】図2は図1で示したスパッタリング装置のうち、スパッタリング電極7の部分の平面図を示したものである。また、図3は図2のA-A'断面を示したものである。各磁石10は、図2に示すように、長方形のターゲット6の長手方向沿いの各縁に沿うようにターゲット6の外側に配置しており、ターゲット6を挟んで対向する、一対の磁石10の極性が同じになるよう定めている。この図2では一対の磁石10においてそのN極同士が対向するようにしている。また、ターゲット6の裏面側に配置した磁石14は上記磁石10のターゲットを挟んで対向する極性と逆の極性がターゲットの裏面に対向するように定める。図2では、磁石10がN極同士対向しているため、ターゲット裏面側の磁石14はS極がターゲット6の裏面に対向するようにしている。また、ターゲット裏面側の磁石14は、上記移動機構により、ターゲット6の長手方向と直交する方向すなわち91の方向に移動しかつ往復運動できるように構成されており、時間とともに図4(A)から(B)を経て(C)に、そして、(C)から(B)を経て(A)に示すような移動をする。すなわち、ターゲット6の裏面側で一対の磁石10の間に相当する範囲において、一方の磁石10の近傍から徐々に遠ざかり他方の磁石10に接近し、次いで、他方の磁石10の近傍位置まで位置すると、逆に、他方の磁石10の近傍から徐々に遠ざかり一方の磁石10に接近し、次いで、一方の磁石10の近傍位置まで位置するようにしている。この間の磁石14の移動速度は等速度とすることが、プラズマ密度を時間的に大略平均化するためには好ましい。

【0014】上記構成により、ターゲット6上のあらゆる点で磁場は、その強さと方向が時間的に変化する。図5は、一例として、ターゲット6の中心位置での、およびターゲット6の中心から図2のA-A'線上50mm離れた位置での、ターゲット裏面側に配置した磁石14の移動速度を50mm/sとしたときのターゲット表面から2mm離れたところのA-A'方向での磁束密度の時間変化を、それぞれ、実線と点線で示したものである。図3中の磁石14の右向きを正として示している。図5からわかるように、ターゲット上各点で、磁場の強さと方向が時間的に変化する。

【0015】図2において、磁束が右に向いているときはプラズマ中の電子は図2の下側に向かう力を受ける。また磁束が左を向いているときはプラズマ中の電子は上側に向かう力を受ける。したがって、磁束の向きが時間的に変化するによりターゲット面上のプラズマを閉じこめプラズマの密度を高めることが可能となり、侵食速度が増加し、基板上への膜の生成速度が上昇する。さらに、ターゲット面上でのプラズマ密度が時間的に平均化され、図6に示すようにターゲット6の侵食部分6aが大略均一となり、材料の利用効率が増大する。

【0016】(第2実施形態)図7は、本発明の第2実施形態にかかる、スパッタリング方法を実施するためのスパッタリング装置を示している。大略構成は第1実施形態と同一であるが、異なる点は、ターゲット6の裏面側の棒状の磁石14が複数個、例えば2個配置されていることである。よって、図7に示すように、所定間隔離れた2つの磁石14が、第1実施形態の移動機構と同様な機構でもって図6に示すような移動を行う。すなわち、ターゲット6の裏面側で一対の磁石10の間に相当する範囲において、図7においてターゲット裏面側の左側の磁石14がターゲット表側の左側の磁石10の近傍から徐々に遠ざかるように、ターゲット6の裏面側の右側の磁石14と一体的に右方向に移動し、この右側の磁石14がターゲット6の表側の右側の磁石10に接近し、次いで、その磁石10の近傍位置まで位置すると、逆に、右側の磁石10の近傍から徐々に遠ざかるように右側の磁石14が左側の磁石14と一体的に左方向に移動し、左側の磁石14が左側の磁石10に接近し、その磁石10の近傍位置まで位置するようにしている。この間の2つの磁石14の移動速度は等速度とすることが、プラズマ密度を時間的に大略平均化するためには好ましい。この第2実施形態では、第1実施形態と同様な効果を奏することができるとともに、特にターゲットが大きいとき、すなわち磁石10同士の間隔が広いとき、磁石14を複数個設置することによって、ターゲット面上での磁束の低下を防ぎ、成膜速度の低下を抑えることができる。

【0017】(第3実施形態)図8は、本発明の第3実施形態にかかる、スパッタリング方法を実施するためのスパッタリング装置のスパッタリング電極部分を示している。この図8は、第1実施形態において図1に示したスパッタリング装置のスパッタリング電極部分の平面図である図2と同様なものである。また、図9は図8のB-B'断面を示したものである。この第3実施形態が第2実施形態と異なる点は、矩形のターゲット6を対象とするのではなく円形のターゲット46を対象とすることである。円形のターゲット46の円周状の縁に沿うように配置した円環状の磁石15は、ターゲット46の円周に沿って、ターゲット46の中心に向かって同じ極が向き合うように配置されている。図8では、例えば、タ

ターゲット46の中心にN極が向かうように配置されている。ターゲット46の裏面側に配置される円柱状の磁石16は120°おきに3個配置され、かつ、この3個の磁石16は120°の間隔を保持した状態で、大略円運動可能に、具体的には、ターゲット6の中心から半径の異なる同心円上を、それぞれ、好ましくは等角速度で同一方向に移動できるように配置されており、かつ上記磁石15の中心に向かう極性と逆の極性がターゲットの表面方向を向くように定めている。よって、図8では、S極がターゲット46の裏面に対向するようにしている。

【0018】図8において、磁束は、ターゲット中心に向いているため、プラズマ中の電子は、ターゲット裏面側に配置した3個の磁石16の移動に伴い、ターゲット46の円周方向に移動する力を受ける。このとき3個の磁石16はターゲット46の中心から半径の異なる周上をそれぞれ移動するため、ターゲット面上の各点ではプラズマ密度が時間平均的に大略均一化し、図10に示すようにターゲット46の侵食部分46aは大略均一化する。なお、47は円形のスパッタリング電極で図1のスパッタリング電極7に対応するものである。なお、以上の説明では、ターゲット裏面側に配置した3個の磁石16は120°おきに3個配置した例で説明したが、複数個であれば効果は同様である。ただし、その間隔は、等角度おきである方が望ましい。また、ターゲット裏面側に配置した磁石16の形状は、その表面形状が、円形のみならず、円環状磁石15に対応する円弧周面を有する扇形などでもよい。また、3個の磁石16は常に同一方向に一体的に移動するものに限らず、所定時間間隔毎に、3個の磁石16が一体的に移動する方向が変化するようにしてもよい。

【0019】（第4実施形態）図11は、本発明の第4実施形態にかかる、スパッタリング方法を実施するためのスパッタリング装置のスパッタリング電極部分を示している。この図11は、第1実施形態において図1に示したスパッタリング装置のスパッタリング電極部分の平面図である図2と同様なものである。この第4実施形態が第3実施形態と異なる点は、ターゲット46の裏面側で移動する磁石16が3個配置されて同心円の大略円運動する代わりに、1個の円柱状の磁石16が同心円ではなく螺旋状の大略円運動でかつ往復運動することである。磁石15は、図8と同様に、ターゲット46の円周に沿って、ターゲット46の中心に向かって同じ極が向き合うように配置されている。ターゲット46の裏面側に配置される磁石16は、ターゲット46の中心側から最外周側に向かう螺旋運動を描きながら移動する。また、最外周側の所定の位置に至ると、逆に、ターゲット46の最外周側から中心側に向かうように螺旋運動を描きながら移動する。この移動は、プラズマ密度を時間的に大略平均化するためには等角速度とするのが好ましい。磁石16は、第3実施形態と同様に、上記磁石15

の中心に向かう極性と逆の極性がターゲット46の表面方向を向くように定めている。このような構成によれば、ターゲット裏面側に配置した磁石16の螺旋運動の移動に伴い、ターゲット面上の各点でのプラズマ密度が時間平均的に大略均一化し、ターゲット46の材料の利用効率が向上する。なお、以上の説明では、ターゲット裏面側に配置した磁石16は1個配置した例で説明したが、複数個配置して、一体的に同一方向に螺旋運動を行わせるようにしてもよい。

【0020】（第5実施形態）図12は、本発明の第5実施形態にかかる、スパッタリング方法を実施するためのスパッタリング装置のスパッタリング電極部分を示している。この図12は、第1実施形態において図1に示したスパッタリング装置のスパッタリング電極部分の平面図である図2と同様なものである。また、図13は図12のC-C'断面を示したものである。この第5実施形態では、第4実施形態と異なり、ターゲット46の裏面側に磁石を配置するのではなく、ターゲット46の表側の円環状に配置された8個の円弧状の電磁石17の極性を時間毎に変化させるようにしたものである。電磁石17はターゲット46の円周に沿って等間隔に8個配置されており、互いに同一形状のものとなっている。電磁石17は、それぞれ、磁化するための磁性体17a、磁性体17aに巻き付けられたコイル17b、およびコイル17bに電流を流すための電源17cから構成されており、かつ、8個の電源17cを制御する制御17dを備えて、8個の電磁石17のコイル17bに電流が流れる方向を制御装置17dにより制御することによって、ターゲット46の表面へ発生させる各電磁石17の極を独立に制御することができる。

【0021】図14（A）～（C）は、ターゲット46の表面へ発生させる各電磁石17の磁極の時間的変化を示したものである。磁極を変化させることによって、92で示した磁束の向きは図14の（A）から（B）を経て（C）に変化し、そして、（C）から（B）を経て（A）に変化する。そして、この（A）～（C）及び（C）から（A）の変化を任意回数だけ繰り返す。その結果、磁極の変化に伴い、93で示したプラズマ中の電子が力を受ける方向が変化する。プラズマ中の電子が力を受ける方向93が時間的に変化することによってターゲット面上でのプラズマ密度が時間平均的に大略均一化され、図15に示すような全面かつ大略均一なターゲット46の侵食部分46bが得られる。なお、以上の説明ではターゲットの円周に沿って配置した電磁石17は8個配置した例で説明したが、4以上の偶数個であれば、何等問題はない。第5実施形態が意図する電子が力を受ける方向の時間的変化を実現するためには、3個以上の磁石が必要である。また、ターゲット面内での電子の対称性から偶数個の磁石が好適である。従って、4個以上の偶数個であることが望ましい。

【0022】（第6実施形態）図16は、本発明の第6実施形態にかかる、スパッタリング方法を実施するためのスパッタリング装置を示しており、図17と同様、ターゲット46表面へ発生させる磁極の時間的変化を示したものである。この第6実施形態では、第5実施形態と同様に、ターゲット46の円周に沿って、等間隔に電磁石17を8個配置している。第6実施形態が第5実施形態と異なる点は、制御装置17dの制御により、連続する4個の電磁石17が同じ極、それらに向かい合う4個の電磁石17がそれらと異なる極を発生するように定めており、時間とともに連続する4個の電磁石17が1個ずつずれていくように定めている。ある瞬間、プラズマ中の電子はターゲット表面に平行にある定まった方向の力を受けるが、この第6実施形態ではその方向が360°回転することになるので、ターゲット46の面上でのプラズマ密度は時間平均的に大略均一化する。したがって、図17に示すようにターゲット46の侵食部分46cは全面かつ大略均一に進行し、材料の利用効率が向上する。またこのとき、基板上に生成する膜の生成速度およびその分布は図18に示すようにきわめて高速かつ大略均一である。

【0023】また、この第6実施形態では、ターゲット46を挟んで対向する電磁石17は必ず異なる極であるので、図19に示すように2つの磁極を1つの電磁石57とする構成をとることによって、電磁石57を4個に減少させることができ、装置を簡略化することができる。この電磁石57は、磁性体57aにコイル57bを巻き付けて、該コイル57aに電源57cから電流を流すようにし、かつ、4個の電源57cは制御装置57dにより、上記制御装置17dと同様に制御するようにすればよい。なお、電磁石17、57のコイル部分がチャンバ1の大気側にあれば、なお好適である。なお、以上の説明ではターゲット46の円周に沿って配置した電磁石17は8個配置した例で説明したが、4個以上であれば何等问题はない。ただし、対称性から電磁石17は偶数個であればなお好適である。

【0024】上記各実施形態において、磁石の移動の回数及び磁極の変化の回数やそれらの動作時間は、所望に応じて決定すればよい。また、第1、2実施形態において、ターゲット表側の磁石10及びターゲット裏面側の磁石14の配置方向は、長方形のターゲット6の長手方向沿いに限らず、長手方向と直交する短手方向沿いに配置してもよい。また、第1、2実施形態において、ターゲット裏面側の磁石14の本数は任意の数でよい。また、第4実施形態において、ターゲット裏面側の磁石16の数は1個に限らず任意の数でもよい。また、第5、6実施形態において、電磁石17、57の磁極を変化させる方法としては、プラズマ密度を時間的に大略平均化するためには同一時間間隔で変化させるのが好ましい。

【0025】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、ターゲット面上でのプラズマ密度が大略均一化し、ターゲットの侵食が大略均一化し、ターゲット材料の利用効率が向上するとともに基板上に生成される薄膜の生成速度が向上し、膜厚の均一性が確保できるという有利な効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態におけるスパッタリング方法を実施するためのスパッタリング装置を示す断面図である。

【図2】 第1実施形態におけるスパッタリング装置のスパッタリング電極付近の構造を示す平面図である。

【図3】 図2のA-A'断面図である。

【図4】 (A)～(C)はそれぞれ第1実施形態におけるスパッタリング装置のターゲット裏面側に配置した磁石の移動の様子を示す図である。

【図5】 第1実施形態におけるスパッタリング装置のターゲット表面での磁束密度の時間的変化を示す図である。

【図6】 第1実施形態におけるスパッタリング装置のターゲットの侵食形状を示す断面図である。

【図7】 (A)～(C)はそれぞれ本発明の第2実施形態におけるスパッタリング方法を実施するためのスパッタリング装置のターゲット裏面側に配置した磁石の移動の様子を示す図である。

【図8】 本発明の第3実施形態におけるスパッタリング方法を実施するためのスパッタリング装置のスパッタリング電極付近の構造を示す図である。

【図9】 図8のB-B'断面図である。

【図10】 第3実施形態におけるスパッタリング装置のターゲットの侵食形状を示す断面図である。

【図11】 本発明の第4実施形態におけるスパッタリング方法を実施するためのスパッタリング装置のスパッタリング電極付近の構造を示す平面図である。

【図12】 本発明の第5実施形態におけるスパッタリング方法を実施するためのスパッタリング装置のスパッタリング電極付近の構造を示す平面図である。

【図13】 図12のC-C'断面図である。

【図14】 (A)～(C)はそれぞれ第5実施形態におけるスパッタリング装置の磁極、磁束およびプラズマ中の電子が力を受ける方向の時間変化を示す図である。

【図15】 第5実施形態におけるスパッタリング装置のターゲットの侵食形状を示す断面図である。

【図16】 (A)～(H)はそれぞれ本発明の第6実施形態におけるスパッタリング方法を実施するためのスパッタリング装置の磁極の時間変化を示す図である。

【図17】 第6実施形態におけるスパッタリング装置のターゲットの侵食形状を示す断面図である。

【図18】 第6実施形態におけるスパッタリング装置の薄膜の生成速度を示す図である。

【図19】 第6実施形態におけるスパッタリング装置の他の電磁石の構造を示す断面図である。

【図20】 従来のスパッタリング装置を示す概略断面図である。

【図21】 従来のターゲット表面と裏面に磁石を有するスパッタリング電極の図である。

【符号の説明】

1 チャンバ

6、46 ターゲット

7、47 スパッタリング電極

10 ターゲットの一对の縁に沿って配置された磁石

12 基板

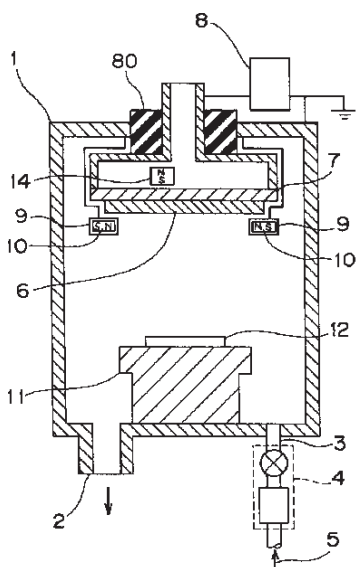
14 移動機構を持ったターゲットの裏面側に配置された磁石

15 ターゲットの縁に沿うように配置された磁石

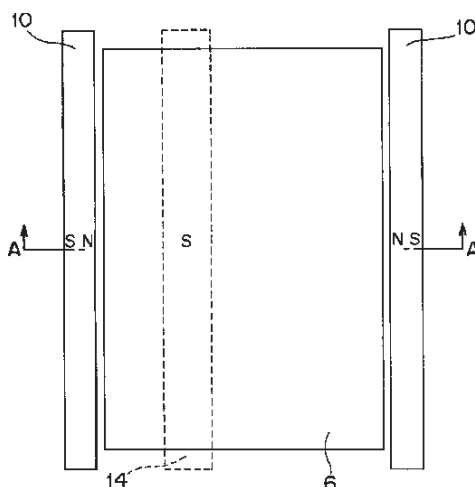
16 移動機構を持ったターゲットの裏面側に配置された磁石

17、57 ターゲットの縁に沿うように配置された電磁石

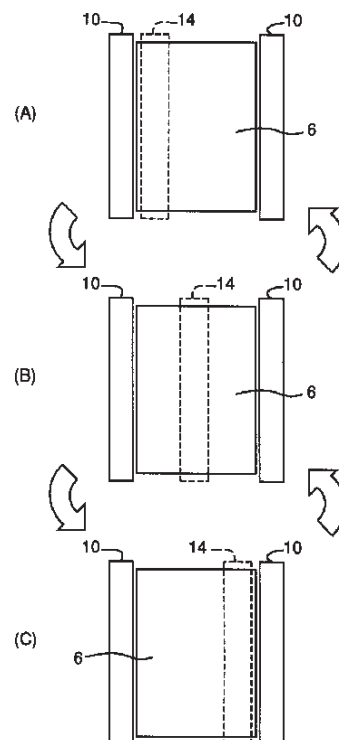
【図1】



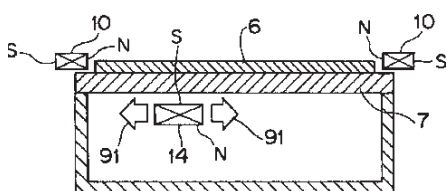
【図2】



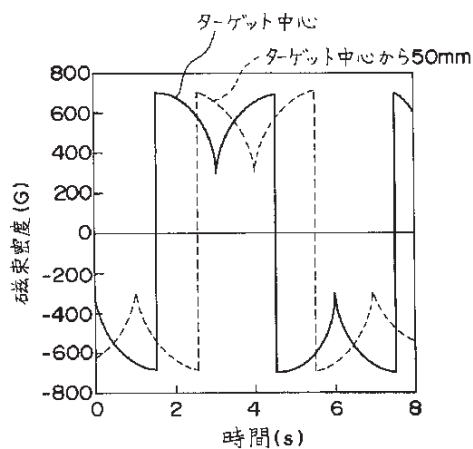
【図4】



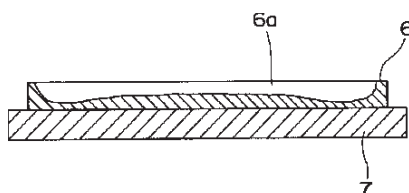
【図3】



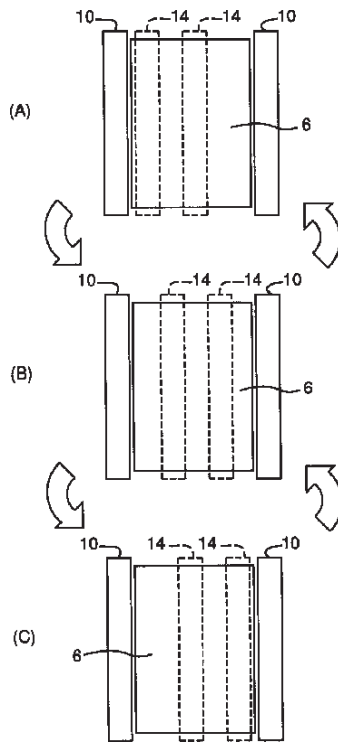
【図5】



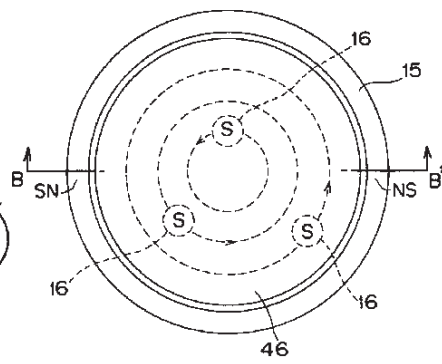
【図6】



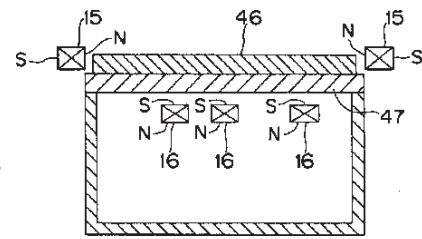
【図 7】



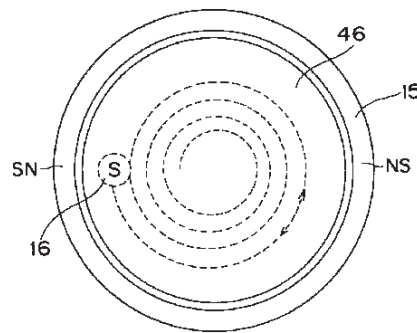
【図 8】



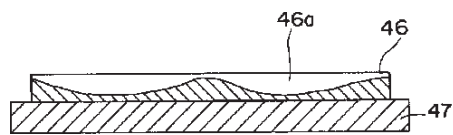
【図 9】



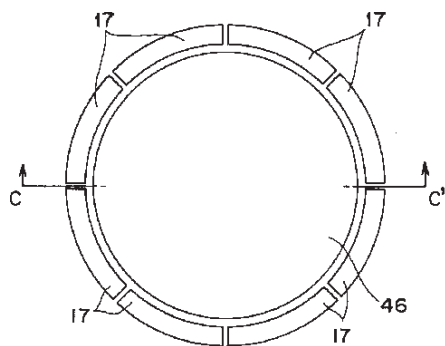
【図 11】



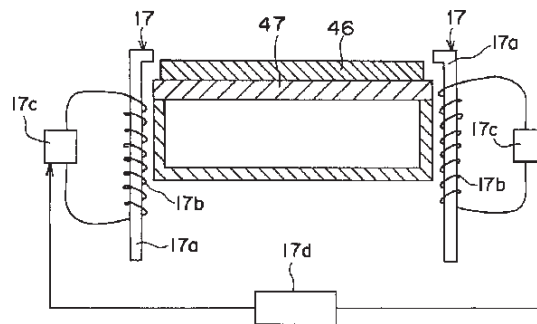
【図 10】



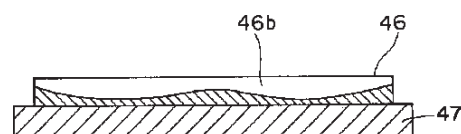
【図 12】



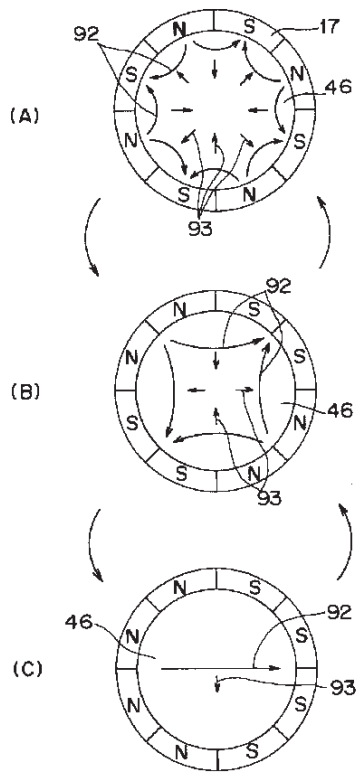
【図 13】



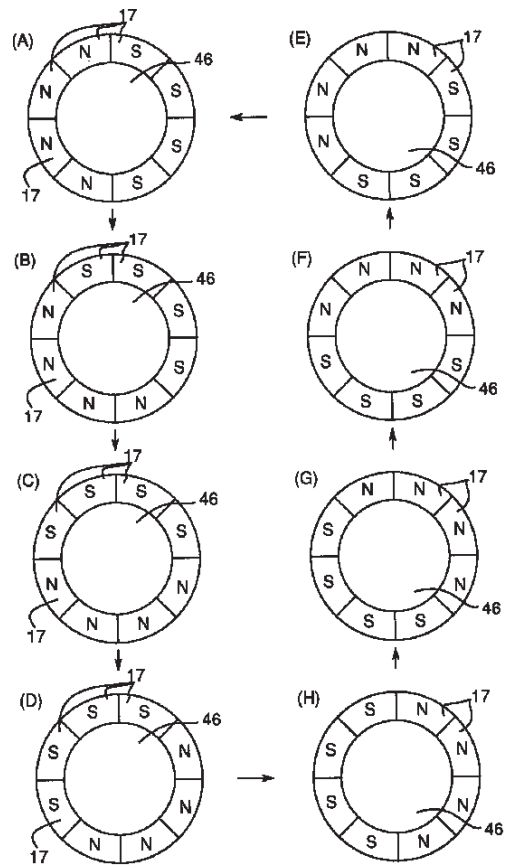
【図 15】



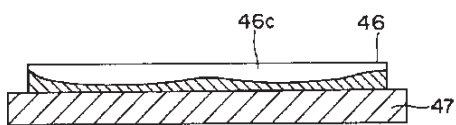
【図14】



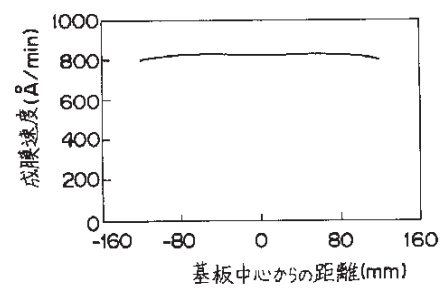
【図16】



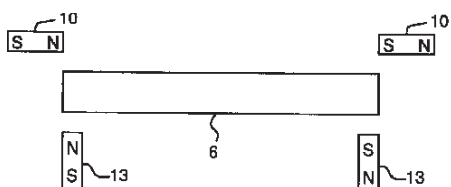
【図17】



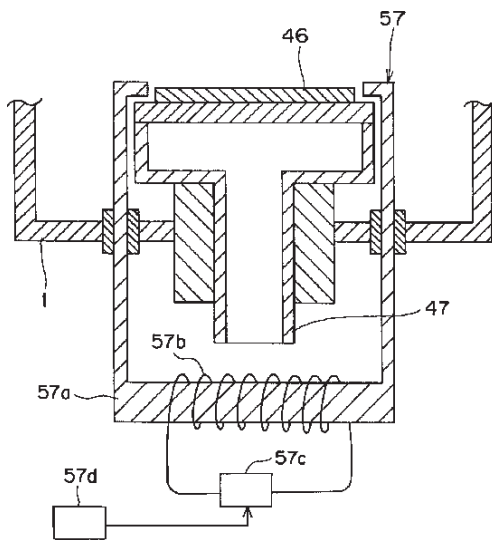
【図18】



【図21】



【図 19】



【図 20】

