

## 真空アーク蒸着装置における黒鉛陰極点の逆行速度

学生員 宮野 竜一 (豊橋技科大)  
 正員 滝川 浩史 (豊橋技科大)  
 正員 榊原 建樹 (豊橋技科大)  
 正員 鈴木 泰雄 (日新電機)

Retrograde Motion Velocity of Graphite Cathode Spot  
in Vacuum Arc Deposition Apparatus

Ryuichi Miyano, Student Member, Hirofumi Takikawa, Member, Tateki Sakakibara, Member (Toyo-hashi University of Technology), Yasuo Suzuki, Member (Nissin Electric Co. Ltd.)

Knowledge of cathode spot motion on a graphite cathode in a vacuum arc deposition apparatus is important for producing a diamond-like carbon film from the view point of droplet suppression. In this paper, the motion of graphite cathode spot is observed and its velocity is measured. The experimental conditions are as follows; cathode diameter: 64 mm $\phi$ , hydrogen gas flow rate: 10 ml/min, arc current: 50A, pressure: 0.2 and 0.05 Pa and magnetic flux density: 3~25 mT.

The results are summarized as follows; (1) The cathode spot is driven to retrograde direction by applying radial magnetic field on the cathode surface. (2) The retrograde velocity increases as the magnetic flux density increases and as the pressure decreases. (3) The velocity is less than  $10^{-2}$  of that for Ti or Al cathode under the same experimental conditions. (4) When the magnetic flux density exceeds about 8 mT, the cathode spot extinguishes on the way of moving or immediately after ignition. (5) The maximum velocities obtainable are 20 and 25 mm/s at pressures of 0.2 and 0.05 Pa, respectively.

Those measurement results are interpreted as follows; thermoelectronic emission is required for the formation of graphite cathode spot and it takes some time for the surface to be heated up to emit enough electrons. As a result, the velocity is very slow and limited by a certain value.

キーワード: 真空アーク放電, 黒鉛陰極, 外部磁界, 陰極点運動, 逆行速度, 陰極点消滅

## 1. ま え が き

近年, 真空アーク蒸着法を用いて TiN, TiC および TiAlN などのファインセラミックス膜が生成されるようになってきている。この手法は成膜速度が速く, かつ装置の大型化が容易であるなどの利点がある。しかしながら, 陰極材料が溶けた溶滴 (ドロップレット) が, 直接, 生成膜へしばしば付着し, 膜質が均一になりにくいことが指摘されている<sup>(1)(2)</sup>。現在, このようなドロップレットが発生しないような工夫や, ドロップレットが発生しても膜へ付着しないような方法が考案されている<sup>(3)</sup>。このうち, ドロップレットの発生自体を抑制する工夫の一つとして, 陰極表面に半径方向の磁界をかけることによって陰極点を陰極表面上で回転させる方法がある。この方法は, 真空アークに横方向から磁界を加えると, 陰極点はフレミングの法則

に従う方向とは逆方向に運動 (retrograde motion: 逆行運動) する現象<sup>(4)(5)</sup>を利用してしている。

真空アーク蒸着装置における陰極点の逆行速度は, これまで, Cu, Ti および Al などの低融点陰極材料に関し, 計測されている<sup>(6)</sup>。

著者らは, 黒鉛陰極を用いた真空アークによってダイヤモンドカーボン膜を生成してきている<sup>(7)</sup>。黒鉛陰極においても, 陰極点がどのように運動するかを把握しておくことはドロップレットを抑制する観点から重要である。しかしながら, 黒鉛のような高融点材料の陰極点運動に関しては, これまで実験や解釈をした研究は見当たらない。

本論文では, まず真空アーク蒸着装置における黒鉛陰極点の逆行運動を観測し, その速度を計測している。次に, この結果について, 従来の低融点陰極の陰極点の逆行運動の理論および低融点陰極と高融点陰極との電子放出機構の