

## 4.2 スパッタ系

高エネルギーの原子や分子が固体に衝突すると、固体表面から原子が叩き出されます。この現象をスパッタまたはスパッタリングと呼び、スパッタされる固体をターゲットと呼びます。高エネルギーの原子や分子の衝突が繰り返されるので、ターゲットは加熱されます。そこで溶解を防ぐため、背面から水冷します。

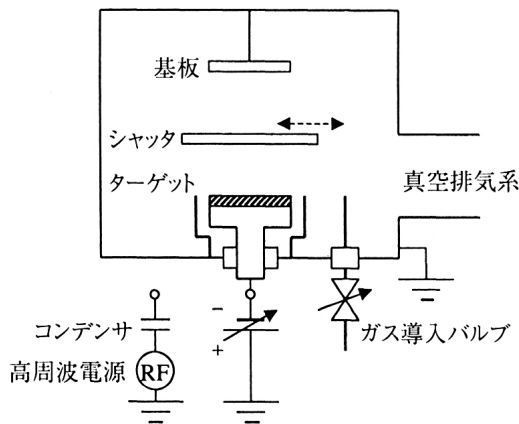


図22. スパッタリングの構成

### (1) コンベンショナル・スパッタリング

図22のように、基板とターゲットを対向させておき、数 Pa ~ 数 10Pa 程度のアルゴンガス雰囲気中でターゲットに数 kV の負の直流高電圧を印加し放電させます。この放電は図17のモデルと同様なので、カソードであるターゲットの近傍の陰極暗部で電位差が大きくなっています。そして、アルゴンガスの一部は、電子を1個放出し、+1 価の電荷を持つアルゴンイオンとなっていますので、その電位差で加速されてターゲットに衝突し原子を叩き出します。この叩き出された原子を基板上に堆積させて薄膜を形成するのがスパッタリングによる成膜です。この2極放電では、アルゴンガス圧力も放電電圧もともに高ので、熱フィラメントから放出する熱電子をアルゴンガスに照射して放電の維持を容易にし、圧力を  $10^{-1} \sim 10^{-2}$  Pa 台、放電電圧を 2 kV 以下にした3極または4極直流スパッタリングが開発され、膜質の向上が図

られました。

また、ターゲットが絶縁物の場合は、表面にアルゴンイオンが蓄積し、電位が上がりスパッタが止まってしまいます。この場合は高周波（通常 13.56MHz）を用いると、アルゴンイオンと電子の移動度の違いから、ターゲット表面には電子が多く到達し、負電位にバイアスされ絶縁物もスパッタすることができます。

### (2) マグネトロン・スパッタリング

コンベンショナル・スパッタは、蒸着に比べて成膜速度が非常に小さい欠点があります。それを改善したのが図23に示すマグネトロン・カソードです。これは、ターゲット背面に磁石を置いて、ターゲット表面への漏洩磁界を利用します。この磁界の影響で、電子はターゲット表面近傍をトロイダル曲線を描きながら、磁界中を周回します。これにより、電子の軌道に沿って強いプラズマが発生し、この部分が集中的にスパッタされてスパッタ速度は 10 ~ 100 倍くらいになります。放電電圧は数 100V くらい、アルゴン圧力は 10Pa 台で成膜でき、高周波も使用することができます。このマグネトロン・カソードの開発で用途は飛躍的に広がり、現在使用されているスパッタリングはほとんど、これです。欠点は、ターゲットのスパッタされる部分が、放電の強い部分に集中し、ターゲットの利用効率が低い点で、これを改善する努力が各方面でなされています。

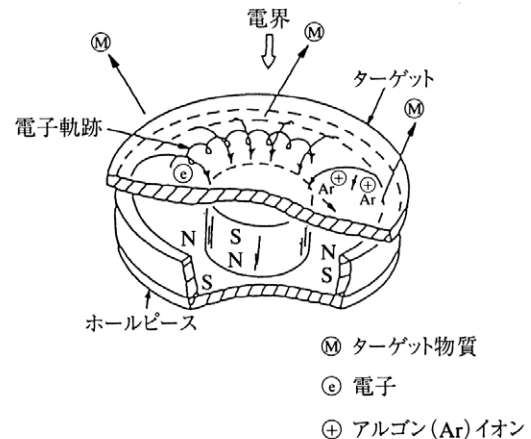


図23. マグネトロン・カソード

### (3) イオンビーム・スパッタリング

図24のように、イオン銃でガスイオンをターゲットに照射しスパッタします。成膜室内では放電を発生させる必要がないので、高真空中で成膜することができるのが特徴で、膜質の点から、将来、きわめて期待できる方法です。

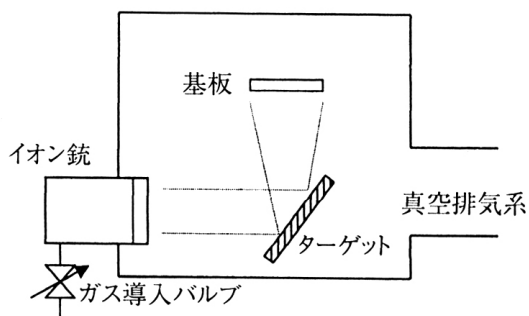


図24 . イオンビーム・スパッタリング

### (4) ECRスパッタリング

2.45GHz のマイクロ波と、 $8.75 \times 10^{-2}$  Tの磁界で、電子サイクロトロン共鳴 ( Electron Cyclotron Resonance: ECR ) 条件を作り、強い放電を発生させます。このプラズマと基板との間にターゲットを置き、負にバイアスするとスパッタが起こります。