

ハイレートスパッタリング装置の製作

鶴丸哲哉*・坂元 渉・大串哲弥・沼田 正

(受理 昭和53年5月31日)

THE MANUFACTURE OF THE HIGH RATE SPUTTERING

Tetsuya TSURUMARU, Wataru SAKAMOTO, Tetsuya OGUSHI
and Tadashi NUMATA

Usual sputtering methods have a weakpoint that sputtering current is a little and a sticking velocity is low during the deposition process. We have been troubled by low germanium sticking coefficient in producing a Nb_3Ge thin film. Therefore, in order to make it higher, we manufactured the high rate sputtering apparatus wherein a magnetic field is perpendicular to an electric field in contradiction to a parallel electric field in the former. Utilizing this apparatus, we could increase the sputtering current by nearly $2-3 \times 10$ times. As a result, germanium sticking coefficient was made higher to obtain a stoichiometric Nb_3Ge and also this method was clarified to be very useful in shortening the sputtering time.

§1. ま え が き

2つの電極間でガス放電すると、陰極表面は、イオン化されたガス分子によって叩かれる。そのために、陰極物質が叩き出される。この現象を利用して薄膜を作製する方法をスパッタリングという。^{1),2)} このスパッタリング法では、高融点材料による薄膜作製を比較的手軽に出来る。しかも膜の密着性が良いという利点がある。しかしながら付着速度が遅く、電力消費が有効でない欠点がある。³⁾ 筆者らは高い T_c をもつ超伝導体である Nb_3Ge 薄膜を作製しているが、この欠点のために Nb の付着率に比べて Ge の付着率が悪く化学量論的な Nb_3Ge の作製が困難であった。

そこでこの付着速度を高めようとするものが磁場を利用したハイレートスパッタリングである。筆者らはこのハイレートスパッタ装置を製作した。従来のスパッタリングでは磁場を電界に平行に印加する型があったが、この場合でもスパッタ電流はあまり増加しない。しかしこのハイレートスパッタ装置では磁場を電界に垂直に印加して飛躍的にスパッタ電流を増加させている。このハイレートスパッタ法は近年用いられ

るようになったものである。⁴⁾ スパッタ電流が増加するために(筆者らの場合では従来の数十倍) Ge の付着率がよくなり筆者らの Nb_3Ge 作製に関しての問題が解決されることが明らかになった。またスパッタ速度が増加したためにスパッタ時間が従来の数時間から数十分になり不純物の混入も少なくなった。以下筆者らのハイレートスパッタ装置の製作を報告する。

§2. ハイレートスパッタリングの原理

第1図はペニングマグネトロンと言われるものであるが磁場をカソードと平行に印加すると電子は磁界から力を受けて円筒内でサイクロロン運動を行なう。したがって磁界がない場合より電子の mean free path が長くなりガス圧が低くてもガスのイオン効率は高く大きなスパッタ電流がえられる。したがって付着速度が高くなる。

§3. スパッタリング装置

装置は次のようなものである。ターゲット支持台上にターゲットを置く。80mmφ~100mmφの円形ターゲットが使用可能である。ターゲット支持台の下にフェライト系永久磁石(内径60mmφ, 外径100mmφ)を

* 鹿児島大学大学院電子工学専攻

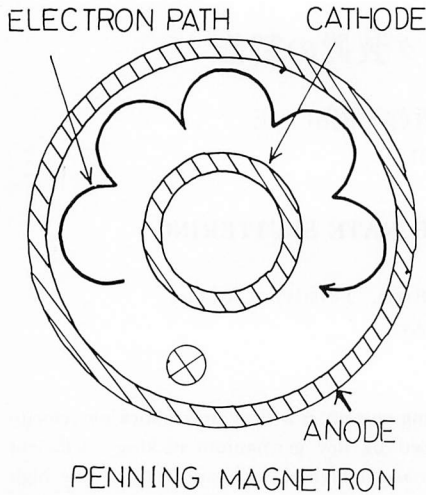


Fig. 1 ペニングマグネトロンである。磁界は紙面に上から下に通っている。磁界と電界は垂直になっていて、電子はサイクロイド運動する。

取りつけてある。ターゲット上、約20mmのところ
に基板サポーターとヒーターがあり、これに基板を取
りつけ約1000°Cまで熱することができる。アノード
はゲッター作用により内壁に付着した不純物ガスが放
電による熱によって再放出しないように3mmφ銅パ

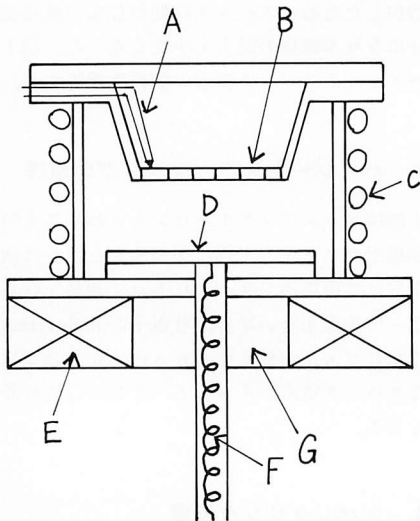


Fig. 2 スパッタリングチャンバーの図である。
A) 熱電対 B) ヒーターと基板
C) 3mmφ冷却用パイプ D) ターゲット
E) マグネット F) スパッタ電線
G) クーラント

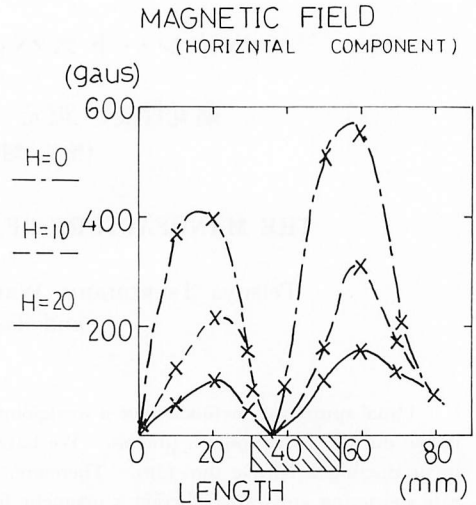


Fig. 3 水平磁界成分を高さのパラメータとして測定した。図中の斜線部分は磁界の位置を示す。ターゲットは半径40mmのものを使っている。

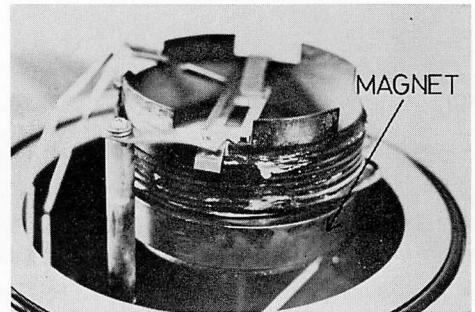


Fig. 4 ハイレートスパッタリング装置の写真

イブで水冷してある。このアノードは105mmφ、高さ
40mmのステンレスである。直流スパッタ電源はセレン
整流器により全波整流した後、チョークコイルとコン
デンサーによって平滑されたものである。雰囲気には
 A_r ガスをニードルバルブを通して導入する。ベル
ジャ内は 10^{-6} Torr台まで真空度が上げられる。真空
計は熱陰極電離真空計とピラニ真空計を用いた。

第3図は磁界分布を示めたものである。磁石が
ドーナツ状であるので磁界分布の断面の片方を示し
た。ターゲットに対して水平成分の磁界分布をとって
いる。スパッタ電圧による電界はターゲットにほぼ垂
直になる。ローレンツ力を利用するために磁界の水平
成分が重要となる。したがって水平成分をブロードに
分布させるために磁石の中心に軟鉄を入れている。ま

た磁界分布が変化しないように装置材料として18-8ステンレスを使用している。

§4. スパッタリング特性

(a) 放電特性

ターゲットとして80mmφのNb板を用いた。第

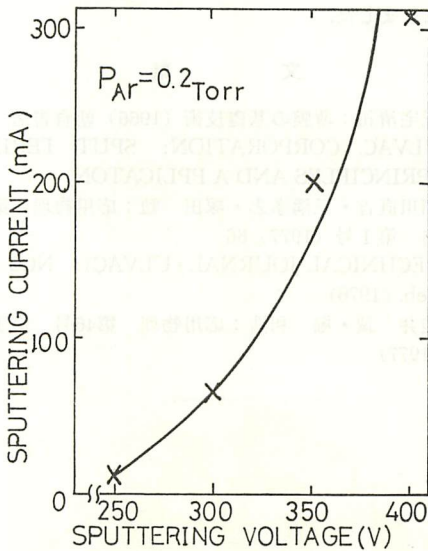


Fig. 5(a) スパッタ電流とスパッタ電圧の図 Ar 圧は 0.2Torr 一定である。

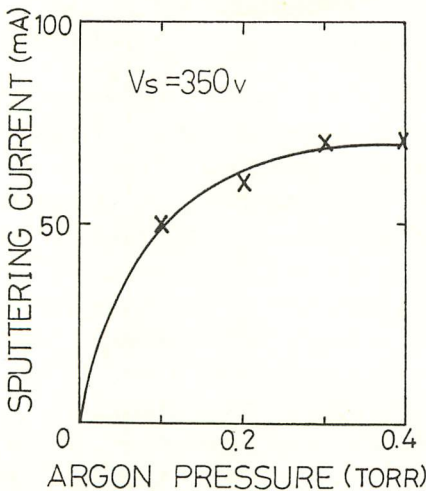


Fig. 5(b) スパッタ電流と Ar 圧の図。スパッタ電圧は 350V 一定である。

5 図(a) はアルゴン圧を一定としてスパッタ電圧を変化させた場合の放電特性である。非常に急激にスパッタ電流が増大するし、ターゲットの表面状態によっても変化するので正確に値を決めることは難しい。電圧を上昇させていく場合と下降させていく場合とでは、後者の方が1.5~2.0倍もスパッタ電流が多い。第5図(b)はスパッタ電圧を一定にして Ar 圧を変化させていった場合である。0.1Torr 以上では急激な変化は認められない。スパッタ電流は 0.1Torr 以下で急激に変化する。磁石をつけない場合では Ar 圧 0.3Torr, スパッタ電圧 750V で 40mA であり, Ar 圧 0.2Torr では 20mA のスパッタ電流しか流れない。

(b) Nb-Ge 分布

次にスパッタされた粒子がどのような分布で基板に付着するかを調べた。第6図がその結果である。対称的な分布をしている。またターゲット表面を見ると磁界の水平成分が最大のところがよくスパッタされていることが解かる。

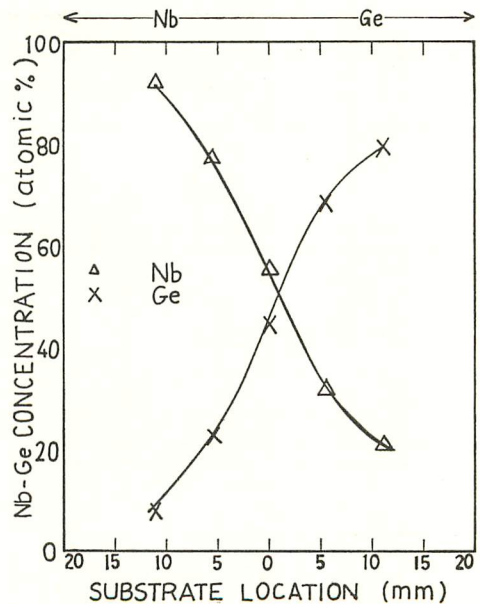


Fig. 6 ハイレートスパッタによる Nb-Ge の付着分布

§5. ま と め

このハイレートスパッタ装置を用いると従来の数十倍の付着速度を得ることが出来た。これによって付着

率の悪い物質でも容易にスパッタできる。また磁界の水平成分のピーク点をターゲット内においておけば、ターゲット端からの異常放電がない。したがってシールドが不用である。しかしこのことはターゲットが全体にわたって利用されるのではなく、一部が特にスパッタされてしまうことになる。この点に対しては、出来るだけ水平成分の分布を一様にするのが大切である。また磁界の強さも、最初は磁石表面で1K Gaussあるものをそのまま用いたが、あまり強すぎても放電インピーダンスが低く効率が悪いので磁気シールドを入れて最大400 Gaussに抑えている。

スパッタリング中、ターゲットを見るとターゲット上で磁界の水平分布が最大のところでよくスパッタされるのが解かる。放電の色を見ると最初はピンクで、その後ダークブルーとなる。この色は陰極物質のスペクトル発光色であるが、ピンク色はアルゴンまたはターゲット上の不純物のスペクトルと考えられ、ダークブルーはターゲット物質のスペクトルと考えられる。⁵⁾この方法によって困難であった Nb_3Ge の3:1

の化学量論をもったものが簡単に作成される事がマイクロアナライザーによる解析の結果明らかとなった。 Nb_3Ge は常温では熱力学的非平衡状態をもった材料である。この安定化条件をハイレートスパッタリング法の場合に確立する事が望まれる。

謝辞

X線アナライザー分析では根建助教授に大変お世話になりました。

文 献

- 1) 三宅清司：薄膜の基礎技術(1966)朝倉書店
- 2) ULVAC. CORPORATION: SPUTTERING (PRINCIPLES AND APPLICATION)
- 3) 細川直吉・三隅孝志・塚田 勉：応用物理 第46巻 第1号(1977) 66
- 4) TECHNICAL JOURNAL (ULVAC): NO2 Feb. (1976)
- 5) 桂井 誠・堀 利浩：応用物理 第46号 第1号(1977)