

2-3 重畳磁界マグネトロンスパッタの動作

2-3-1 重畳磁界による侵食領域の変化

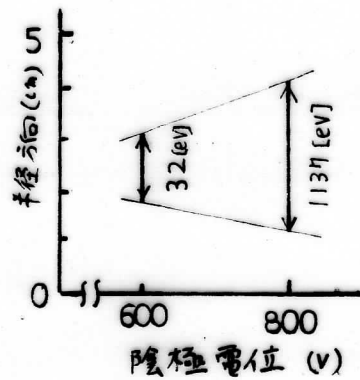
これまで侵食領域測定には多大の労力を要したため、侵食領域に関してあまり報告されていらない。しかし、その測定は、マグネトロンスパッタの動作を理解するためには不可欠と考えられたので、新しい観察法を開発した。リアクティブ法⁽³⁾と名付けた新しい観察法は、Cuターゲットを酸素雰囲気中でスパッタすると、CuOが後方散乱によりターゲット上に堆積することを利用するものである。すなわち、侵食領域はCuOが残らないため、銅色を示すが、非侵食領域はCuOの堆積が進み、黒くなるため、1時間程、スパッタを行くと、侵食領域と非侵食領域がコントラストにより識別できるようになる。

この方法により侵食領域を観察したところ、陰極バイアスを浅くしたり、スパッタガスの圧力を上げることによって、侵食領域の幅が狭まることを見出した⁽³⁾。これを前節のモデルにあてはめると、陰極バイアスの変化は、電子のエネルギーの変化と結び付け説明でき、また、圧力の上昇は平均自由行程を短かくすることから、 λ_{max} に到る以前に衝突によりエネルギーを失うと考え間接的に説明

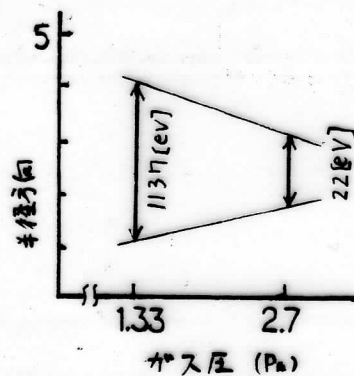
できる。

本節では、主に磁界と侵食領域の関係を述べる。実験ではポールピースの形状3種類と永久磁石を2種類、そして励磁電流との組み合わせにより磁界を変化させた。

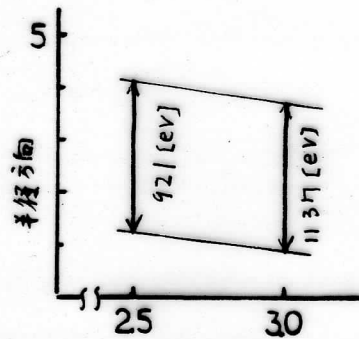
図2-6にフェライト磁石を用いた時の侵食領域の変化を示す。同図a)に陰極バイアスを深くすることで侵食領域が広がり、同図b)にスパッタガスのがス圧を下げることで、侵食領域が広がり、また、同図c)に励磁電流を多くし、磁界を強化することで、侵食領域が中心寄りに移動することが示されている。これらは、前述の論議と一致する。一方同図d)は、ポールピースの形状すなわち、磁界分布の様式による侵食領域の変化を示すものである。図2-7にポールピースの形状による磁界分布の様子を示し、図2-8にコイルの作る重畳磁界を示す。図2-6d)と図2-7を対応させるとポールピースIIの侵食領域が狭いのは、負がローに相当するターゲット上数μmまでの高さ方向の垂直磁界成分の変化が小さいことと関連すると思われる。したがって侵食領域の幅を狭くするには、垂直磁界成分の変化を、径方向での変化が急峻で、かつ高さ方向の変化は小さくなるように



a) 侵食領域の陰極電圧依存性 (ガス圧 1.33 [Pa], 励磁電流 3.0 [A], ホールビース I)



b) 侵食領域の圧力依存性 (陰極電位 800 [V], 励磁電流 3.0 [A], ホールビース I)



c) 侵食領域の励磁電流依存性 (ガス圧 1.33 [Pa], 陰極電位 800 [V], ホールビース I)

ホールビース	I	II	III
侵食領域			
電子エネルギー (eV)	1137	32	480

d) 侵食領域の磁界分布依存性 (ガス圧: 1.33 [Pa], 陰極電位 800 [V], 励磁電流 3.0 [V])

図 2-6 侵食領域のスパッタ条件依存性

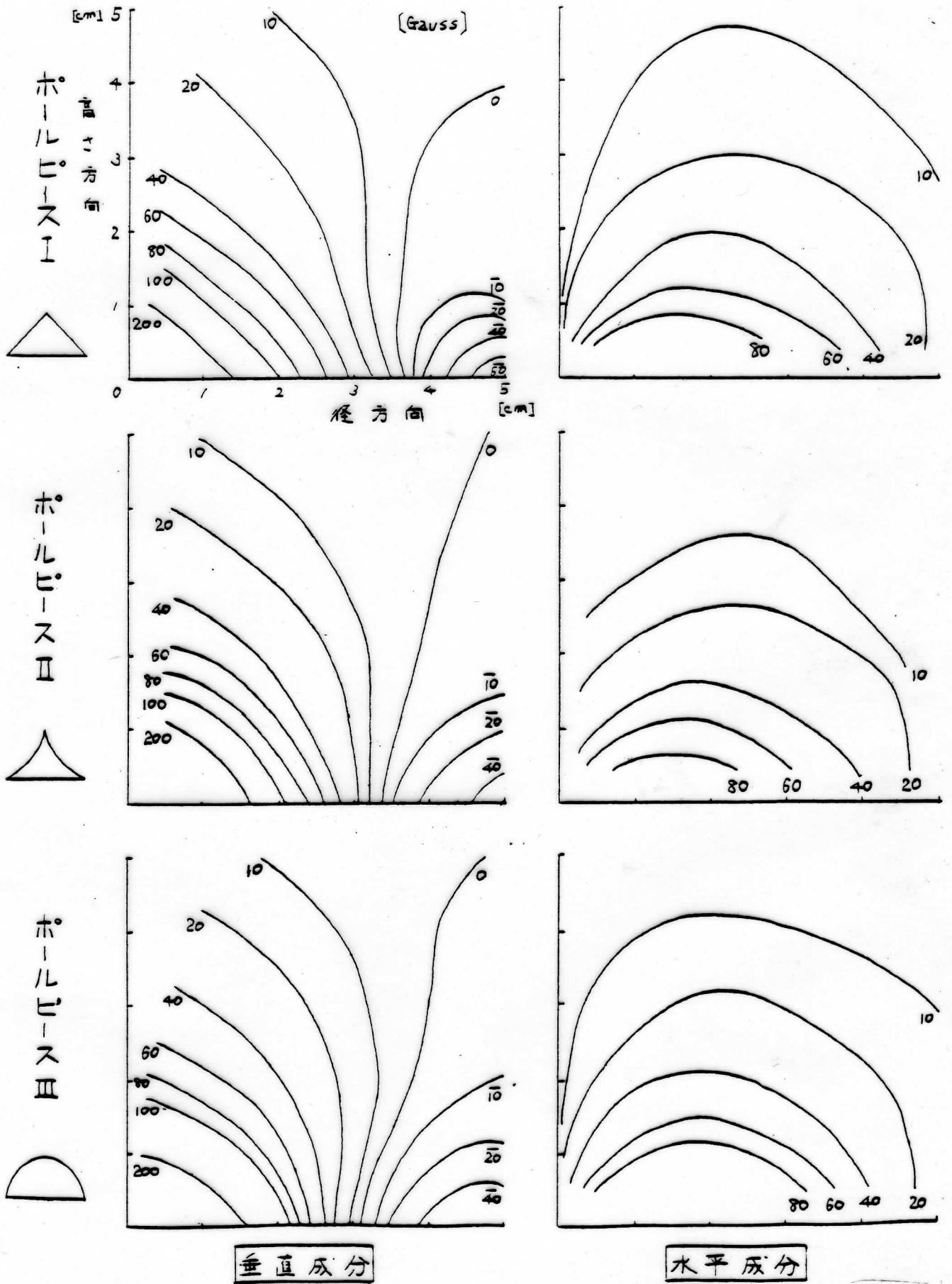
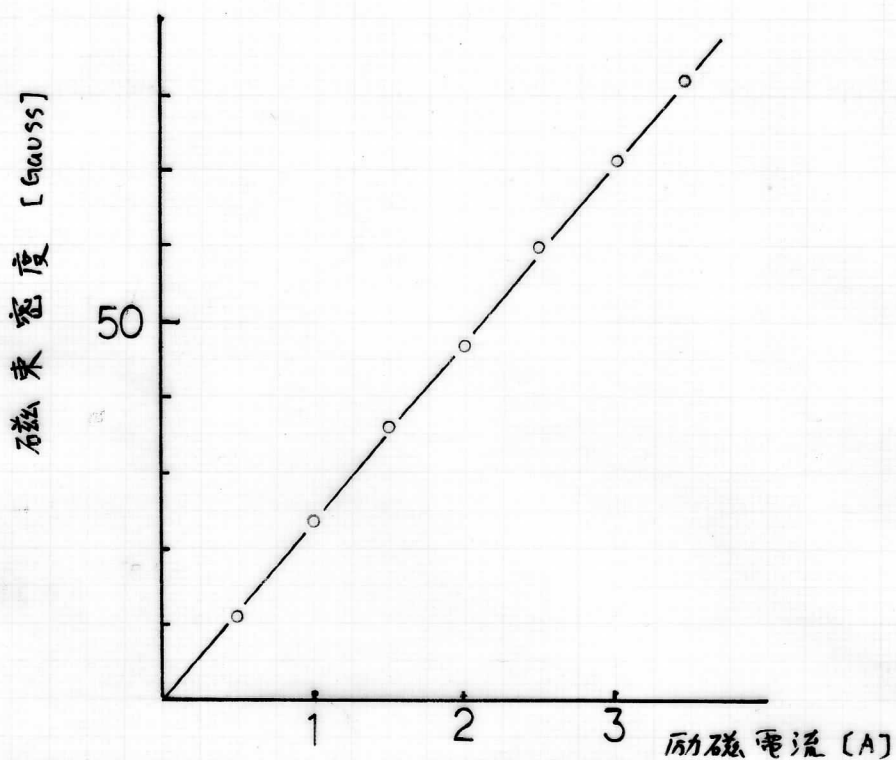
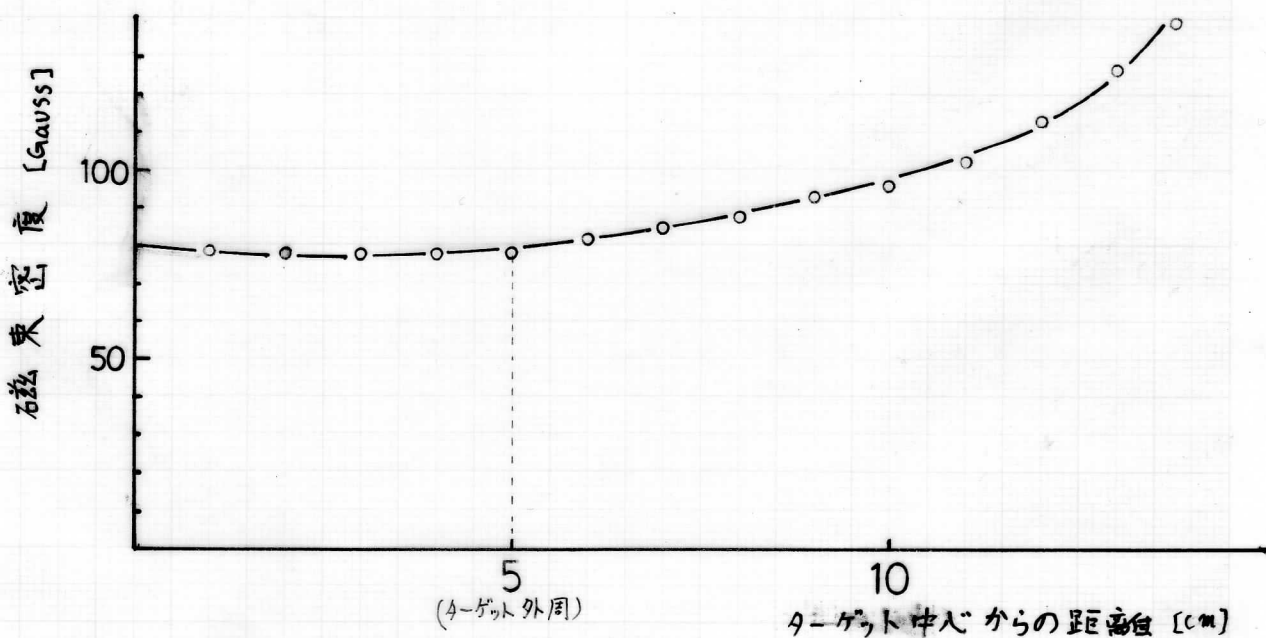


図 2-7 ポールピースの形状による磁界分布の変化



b) 励磁電流による磁束密度の変化
(ターゲット中心の磁束密度を測定)



a) 垂直磁界成分の径方向分布 : 励磁電流 3.4 [A]

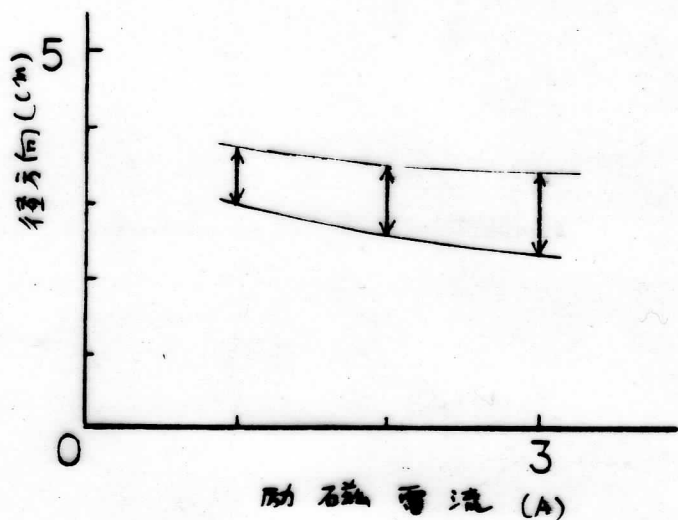
図2-8 コイルの作る重畳磁界

すればよい

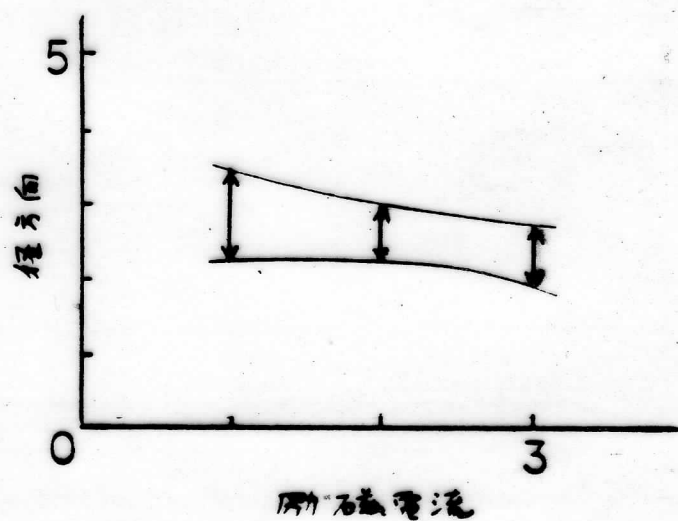
図2-9は、サマリウムコバルト永久磁石を用いた時の侵食領域を示す。磁界が強化されているのでコイルの励磁電流が小さい時でもマグネトロニ放電が可能である。またこの場合もポールピースⅡが狭まり侵食領域を形成し、励磁電流により侵食領域は、幅の変化を伴いながら移動することが観察される。

この励磁電流による侵食領域の変化を積極的に利用すると、平板マグネトロンスパッタ個々のターゲット消耗領域の局在性や膜厚分布の不均一等⁽⁵⁾の問題解決に利用できる。さらに図2-10に示す複合ターゲットを用いると、励磁電流により被スパッタ元素の比を変化できる。特にスパッタ中に変化させると厚み方向で組成の変化する膜が形成できる。ただし、この装置では、侵食領域の最も狭いポールピースⅡを用いても、励磁電流を変化させても常に侵食領域に入る部分が存在する。つまり、この装置では、A元素(もしくはB元素)だけスパッタすることは不可能である。したがって狭い侵食領域を大幅に移動できることが応用範囲を拡大するために望ましい。

ポ-ルビ-スI



ポ-ルビ-スII



ポ-ルビ-スIII

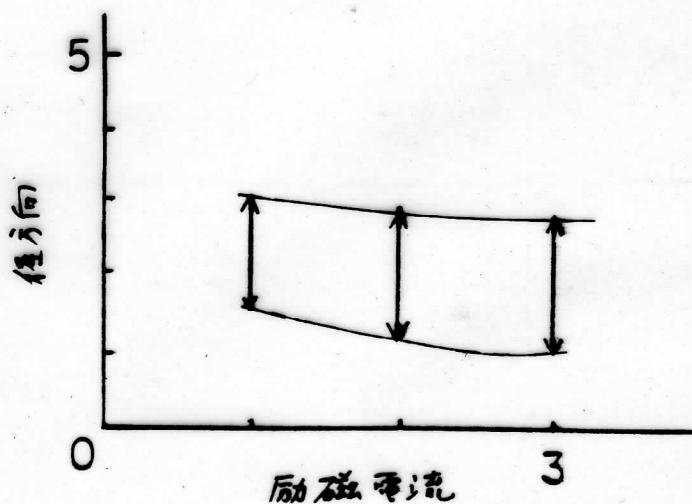


図2-9 侵食領域の磁界依存性
 カス圧 1.33 [At]
 陰極電位 400 [V]
 サマリウムコバルト磁石

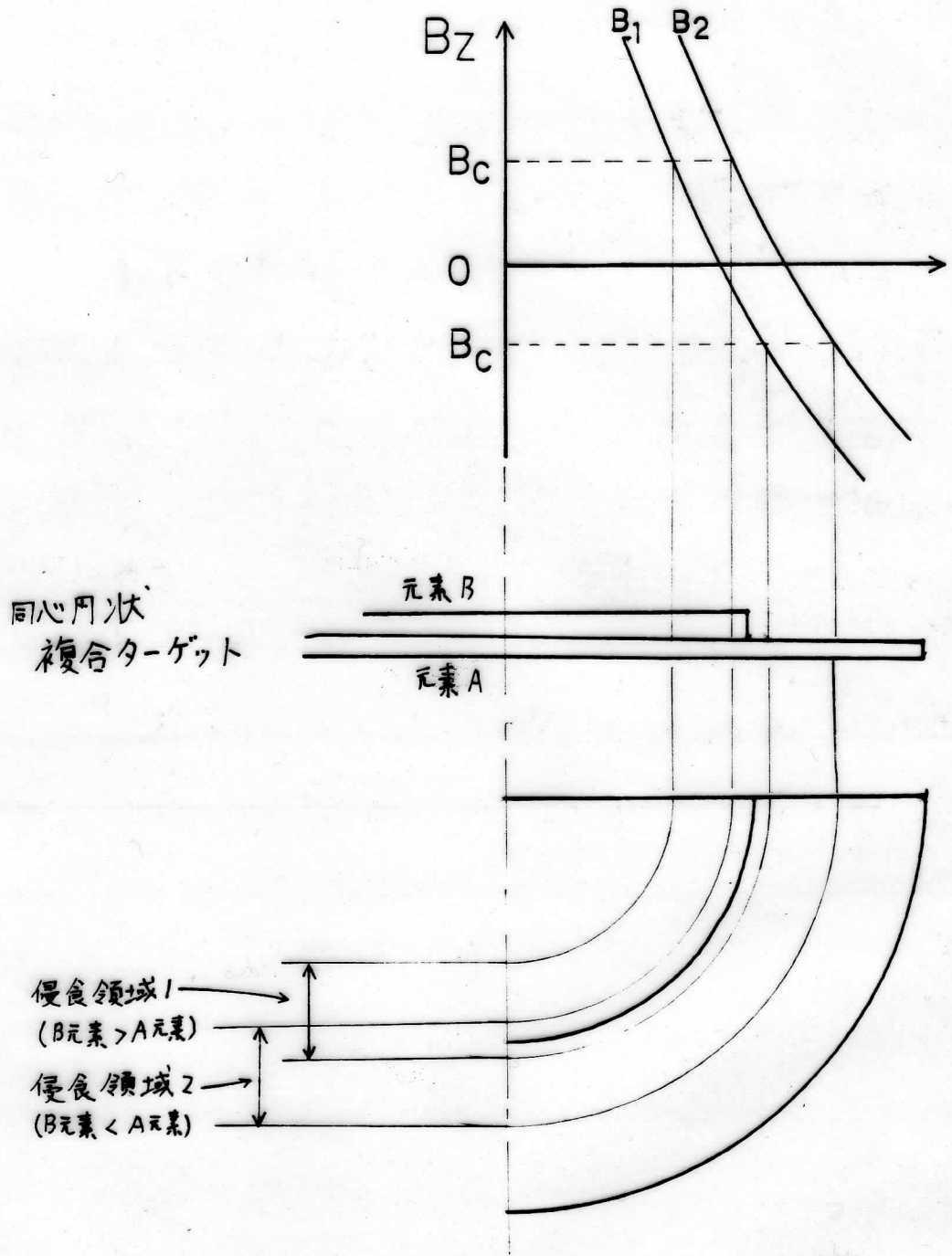


図 2-10 複合ターゲットを用いた、
膜の組成制御