真空蒸着したCdS薄膜の結晶構造*

北 田 正 弘**・鴨 下 源 一**

(昭和47年2月21日受理)

Crystallography of CdS Films Evaporated in Vacuum

Masahiro KITADA and Gen'ichi KAMOSHITA

(Central Research Lab., Hitachi Ltd., Kokubunji-shi, Tokyo)

(Received Feb. 21, 1972)

Crystallography of CdS films evaporated in a vacuum was investigated. The results are as follows:

(1) The crystal structures of CdS films onto a cleaved NaCl crystal are dependent upon the substrate temperature and thickness of the CdS films. The critical temperature, at which the crystal structure of the CdS film of about 3000Å in thickness changes from hexagonal to cubic type, is about 340°C. Even in case of a higher substrate temperature than 340°C, a thinner CdS film has the hexagonal type, which changes from hexagonal to cubic type with increasing the film thickness.

(2) The crystal structure of a CdS film evaporated onto a noncrystalline carbon is a hexagonal type and the film is composed of fine crystal grains.

(3) Twin and dislocation were observed in both cubic and hexagonal CdS. The crystallographic relations between CdS films and NaCl (100) substrate are $(100)_{\text{NaCl}} // (100)_{\text{CdS}}$ and $\langle 100 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 100 \rangle_{\text{CdS}}$ for the cubic structure, $(100)_{\text{NaCl}} // (0001)_{\text{CdS}}$ and $\langle 110 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 1\bar{1}00 \rangle_{\text{CdS}}$, and $(100)_{\text{NaCl}} // (0001)_{\text{CdS}}$ and $\langle 110 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 11\bar{2}0 \rangle_{\text{CdS}}$ for the hexagonal structure, the former is a epitaxial growth, and the latter is a textural growth.

(4) An activation energy of the grain growth of hexagonal CdS evaporated onto the noncrystalline carbon is 5.5 to 6.1 kcal/mol.

(5) Dislocation loops were observed in a nitrogen-ion implanted CdS film.

1. 緒 言

II-VI族化合物半導体の中では CdS の実用化の度合いが最も大きい。現在実用化されている CdS は焼結膜の形で使われているものが最も多いが、蒸着膜では数μmの大きさまで任意の形状につくることができ、その厚さを変えることも容易である。このような利点を考えると、将来蒸着膜の形で使われることが非常に多くなるであろう。

CdS の蒸着膜については、薄膜の作製条件と光学的あるいは電気的特性との関係を求めようとする研究が従来からも行なわれてはいるが^{1,2)}、膜の作製条件あるいは結晶構造などと上述の特性との間に特定の関係が存在することを明確にした研究は少ない。従来の研究の中で

は、薄膜の結晶構造とその微細構造に関する研究が最も少なく、CdS薄膜の作製条件と諸特性との関係が明らかにならない大きな原因となっている。したがって、結晶学的な面を明らかにしておくことは非常に重要である。本研究では、CdS 薄膜の諸特性を調べる一端として先ず CdS 薄膜の諸特性を支配していると考えられる結晶構造を明らかにすることを目的とした。

なお、真空蒸着した CdS 薄膜へイオン打込み³⁾をしたときの組織変化についても述べた。

2. 実験方法

CdS の蒸着用原料は白辰科学研究所製の粉末である。これを 10mmφ×15mm¹ に圧縮成型にして 700°C×5hr 焼結し、蒸発源として使った。CdS 粉末は cubic の zincblende 型構造であったが、700°C の焼結により hexagonal の wurtzite 型構造に変化した。wurtzite型

* 昭和46年11月27日 第12回真空に関する連合講演会で講演

** 日立製作所中央研究所 (東京都国分寺市恋ヶ窪)

Table 1 Impurities in specimen (wt%).

B	Mg	Si	W	Fe	Al	Mo	Cu	Ag	Ni
0.001	0.00001	0.001	0.01	0.005	0.001	0.005	0.001	0.0001	0.005

CdS の格子定数は $a=4.317\text{\AA}$, $c=6.715\text{\AA}$ (ASTM カード* では, $a=4.316\text{\AA}$, $c=6.713\text{\AA}$) であり, 電子線照射したのちの格子定数は焼結したままの試料と同じであった. 700°C で焼結したのちの試料中の不純物量を Table 1 に示した.

蒸着法は電子線蒸着法で, 蒸着基板と蒸発源との距離は 10cm である. 蒸着基板としてはイオン結晶へのエピタキシを調べるために NaCl (岩塩) の (100) へき開面を, さらに無定形ガラス上などに蒸着して使用されることを考えて岩塩上に蒸着した無定形カーボン膜を使用した.

蒸着速度は基板温度によって若干異なるが $80 \pm 10 \text{\AA}/$

* No. 60314

sec である. また, CdS 蒸着中の雰囲気気の高真空度は $5 \times 10^{-6}\text{Torr}$ である.

CdS 薄膜の膜厚測定は干渉顕微鏡法で行ない, 透過電子顕微鏡観察用試料は, 岩塩を水に溶かして薄膜だけを Cu あるいは Ni メッシュ上に固定した.

イオン打込みは 45keV で N^+ イオンを $10^{16}/\text{cm}^2$ 打込み, 打込み温度は室温である.

3. 実験結果と検討

3.1 NaCl 上に蒸着した CdS 薄膜の結晶構造

Fig. 1 は NaCl の (100) へき開面基板上に蒸着した CdS 薄膜の透過電子顕微鏡像と電子線回折像の例である.

Fig. 1 で示した CdS 膜の厚さはほぼ $3000\text{\AA}$ であるが, こ

Fig. 1 Electron micrographs and electron diffraction patterns of CdS films evaporated onto a cleaved NaCl crystals.

- matrix spots from cubic CdS
- primary twin spots
- secondary twin spots
- streak by thin twins

Fig. 2 Key diagram of the electron diffraction pattern shown in Fig. 1(a).

Fig. 3 Key diagram of the electron diffraction pattern shown in Fig. 1(b).

の膜厚の範囲内でその結晶構造と基板温度との関係調べたところ、基板温度が340°C以上の場合には cubic 型の単結晶薄膜であり、基板温度が300°C以下の場合には cubic 型と hexagonal 型 CdS とが混在していた。cubic 型および hexagonal 型 CdS と基板の NaCl との結晶学的関係は、蒸着基板温度には関係なく一定となっている。

Fig. 2 には cubic 型 CdS 単結晶薄膜の電子線回折像の key diagram を、Fig. 3 には cubic 型と hexagonal 型 CdS が混在している状態の電子線回折像の key diagram を示した。

これらの key diagram から明らかなように、NaCl の (100) 面に対して cubic CdS の (100) 面が平行であり、hexagonal 型 CdS の場合には NaCl の (100) 面と CdS の (0001) 面が平行である。一方、NaCl の $\langle 100 \rangle$ 方向と cubic 型 CdS の $\langle 100 \rangle$ 方向とが平行であり、hexagonal 型 CdS では $\langle 01\bar{1}0 \rangle$ あるいは $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 方向が NaCl の $\langle 100 \rangle$ 方向と平行である。そして、 $\langle 01\bar{1}0 \rangle$ 方位を取っている結晶の数と $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 方位を取っている結晶の数は、両方の結晶の粒度は同じと仮定すれば電子線回折強度が同程度であることから考えて、ほぼ同数と考えると良いであろう。なお、Fig. 1 の cubic 型 CdS の電子線回折像がストリークを引いているのは薄い $\{111\}$ 双晶が形成されているためである⁴⁾。

Fig. 4 には 340°C で NaCl の (100) へき開面上に蒸着した CdS の膜厚増加による結晶構造の変化を示した。

Fig. 4 (a) の 100~150Å の島状の CdS では、ほぼ全体が hexagonal 型 CdS である。島状に散らばっている個々の小さな結晶の形は六角形あるいは六角形の崩れた形を示している。島状の段階においても hexagonal 型 CdS の結晶方位と NaCl の結晶方位との関係は膜厚の大なる場合と同じで、 $\langle 100 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 01\bar{1}0 \rangle_{\text{CdS}}$ 、および $\langle 110 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 11\bar{2}0 \rangle_{\text{CdS}}$ で $(100)_{\text{NaCl}} // (0001)_{\text{CdS}}$ となっている。電子線回折強度からは $\langle 01\bar{1}0 \rangle$ および $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ 方位をとっている結晶の数は同程度である。Fig. 4(b) は約 700Å の CdS 薄膜であるが、hexagonal 型 CdS のほかに cubic 型 CdS が出現しており、双方の電子線回折強度は同じ位の大きさとなる。薄膜の厚さが約 1500Å になると、Fig. 4(c) のように cubic 型 CdS による電子線回折強度の方が大きくなり、hexagonal 型 CdS 結晶からの反射はかなり弱くなる。Fig. 4(d) の約 2500Å の膜厚の試料では、cubic 型 CdS からの反射しか認められない。Fig. 5 は hexagonal 型 CdS の $(01\bar{1}0)$ 反射と cubic 型 CdS の (220) 反射強度との比と CdS 薄膜の厚さとの関係を示すものである。

以上述べてきた CdS の結晶構造の膜厚依存性からあきらかなように、基板温度が比較的高くても膜厚の薄いときには hexagonal 型の CdS であって、蒸着の初期から cubic 型 CdS のエピタキシを示さない。このように、一度 NaCl 上に hexagonal 型 CdS が形成されたのち、

Fig. 4 Thickness dependency of structure of CdS film evaporated onto a cleaved NaCl crystals at 340°C.

Fig. 5 Intensity ratio ($I_{\text{hex}}/I_{\text{cub}}$) vs thickness of CdS film. I_{hex} and I_{cub} indicate the intensity of (220) reflection of cubic CdS, respectively.

膜厚がある大きさに達すると cubic 型への変化が起こりしかも、後から生ずる cubic 型 CdS が後述するように明らかなエピタキシを示すことは非常に特異な現象である。

次節で述べるように、無定形カーボン上に蒸着した CdS は基板温度が室温から 400°C まで全て hexagonal 型 CdS である。無定形カーボン上の CdS が下地から何ら影響を受けていないで熱的に安定な結晶構造をとっていると考えれば、NaCl 上の CdS が hexagonal 型から cubic 型に変化する現象は、全く基板結晶性質に支配されたためと考えなければならない。すなわち、本来は cubic 型 CdS が NaCl 上にエピタキシャル成長するのであるが、膜厚が非常に薄いときには、CdS の結晶表面エネルギーの効果、NaCl の吸着原子の効果、CdS と NaCl の電気的相互作用の不均衡などの影響で熱的に安定な hexagonal 型を示すものと推定される。このことは、基板温度に対する cubic 型 CdS のエピタキシャル成

Table 2 Crystallographic relation between NaCl and CdS, and the size factor of the epitaxial growth.

Structure	crystallographic relation	$d_{\text{NaCl}} (\text{\AA})$	$d_{\text{CdS}} (\text{\AA})$	$\Delta d (\text{\AA})$	$(\Delta d/d_{\text{NaCl}}) \times 100$
cubic	$(100)_{\text{NaCl}} // (100)_{\text{CdS}}$	$d(100) = 5.641$	$d(100) = 5.80$	0.150	2.81
	$\langle 010 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 010 \rangle_{\text{CdS}}$				
hexagonal	$(100)_{\text{NaCl}} // (0001)_{\text{CdS}}$	$d(110) = 3.988$	$d(1\bar{1}00) = 3.583$	0.405	10.2
	$\langle 110 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 1\bar{1}00 \rangle_{\text{CdS}}$				
	$(100)_{\text{NaCl}} // (0001)_{\text{CdS}}$	$d(110) = 3.988$	$(11\bar{2}0) = 2.068$	1.920	48.2
	$\langle 110 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 11\bar{2}0 \rangle_{\text{CdS}}$				

長にも密接に関係しているものと考えられる。基板温度が比較的低いとき hexagonal 型 CdS が多いのは、エピタキシャル成長が NaCl 原子との相互作用も含めた熱的な条件に大きく支配され、hexagonal から cubic への変態が不十分なためと推定される。一般に、エピタキシンを示さない条件下における Au などの面心立方型金属の NaCl 基板との結晶関係は $(100)_{\text{NaCl}} // (111)_{\text{Au}}$ である⁹⁾。これは、結晶の最も稠密な面が基板面に平行になるように蒸着されて行くことを意味し、hexagonal 型 CdS でも $(100)_{\text{NaCl}} // (0001)_{\text{CdS}}$ と最も稠密な面が基板面に平行となっており、へき開した NaCl の (100) 面上でエピタキシャル成長を示さない蒸着現象での一般法則と一致している。

上述の NaCl と CdS 薄膜との結晶方位関係とエピタキシャルに関する寸法因子を Table 2 にまとめた。まず、cubic 型 CdS では $(100)_{\text{NaCl}} // (100)_{\text{CdS}}$, $\langle 100 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 100 \rangle_{\text{CdS}}$ で、NaCl と CdS の (100) 面間隔の差は 0.159 Å で、それぞれの (100) 面間隔に対して 2.7~2.8% 程度の misfit しかない。この程度の misfit のときには一般にエピタキシャル成長する例が多い。他の面指数の場合には NaCl の (100) 面間隔との misfit が非常に大きく、エピタキシャル成長は望めない。つぎに、hexagonal 型 CdS の場合には $(100)_{\text{NaCl}} // (0001)_{\text{CdS}}$ で、この関係を満しながら $\langle 110 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 1\bar{1}00 \rangle_{\text{CdS}}$ および $\langle 110 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 11\bar{2}0 \rangle_{\text{CdS}}$ が存在する*。 $\langle 110 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 1\bar{1}00 \rangle_{\text{CdS}}$ の場合の misfit は 10~11%， $\langle 110 \rangle_{\text{NaCl}} // \langle 11\bar{2}0 \rangle_{\text{CdS}}$ の場合の misfit は ~48% で非常に大きく、寸法因子からみたときにはエピタキシャル成長を示す条件ではない。しかしながら、後述するように無定形カーボン上に蒸着した CdS は非常にランダムな結晶方位を取っており、無定形カーボン上に蒸着した CdS と比較した場合、エピタキシャル成長を示さないといっても基

板の NaCl からの拘束をかなり受けているとみなさなければならぬ。

Cubic 型 CdS 単結晶薄膜中に観察される格子欠陥としては、前述の電子線回折の結果からあきらかのように {111} 双晶が存在するが、双晶のほかに転位線と考えられる像も多数見受けられる。双晶形成の原因としては (1) 膜厚の増加に伴って起こる hexagonal→cubic 変態による双晶、(2) 蒸着中に double positioning⁹⁾ をとって生ずる双晶、が主に考えられ、転位の起源としては hexagonal—cubic 間の界面転位の残留したものとか、蒸着膜の内部応力により導入された転位が考えられる。

3.2 無定形カーボン上に蒸着した CdS の構造

Fig. 6 に無定形カーボン上に蒸着した CdS 薄膜の透過電子顕微鏡像と電子線回折像を示した。Fig. 6 で示した試料の膜厚は約 3000 Å である。この程度の膜厚を有する CdS 薄膜の結晶型は基板温度にかかわらず hexagonal 型である。Fig. 6 における電子線回折像の主な反射線の key-diagram を Fig. 7 に示す。CdS 薄膜は非常に微細な結晶粒からなる多結晶膜で、結晶粒中には双晶と考えられるような線状の紋様がみられ、これは基板温度の低い方が多くなる。電子線回折像では、ASTM カード (No. 60314) などの参考文献による粉末試料の X 線回折での相対強度と本試料の相対強度を比較すると $(1\bar{1}00)$ や $(11\bar{2}0)$ 面反射が $(10\bar{1}2)$ 面反射より若干強く出ている傾向を示し、基板面と (0001) 面が平行になっている結晶の数が多いようであるが、余り強いものではない。この傾向は基板温度の高い方が大きい。

Fig. 8 は無定形カーボン上に 380°C で蒸着した CdS 薄膜の膜厚増加と結晶構造と組織の変化を示したものである。これらの電子線回折の結果では、無定形カーボン上に蒸着した CdS 薄膜はその厚さに関係なく hexagonal 型の結晶から成っている。しかしながら、膜厚の増大とともに結晶は粒成長を起こしており、結晶方位の回転が起

* Fig. 1(c) の電子線回折像の結晶集合性からみて、texture と呼ぶべきものである。

Fig. 6 Electron micrographs and electron diffraction patterns of CdS films evaporated onto a noncrystalline carbon.

Fig. 7 Key diagram of the electron diffraction pattern from hexagonal CdS evaporated onto the noncrystalline carbon.

こっている。つまり、 $(10\bar{1}0)$ や $(11\bar{2}0)$ 面反射などの相対強度が膜厚の増加とともに大きくなっていることが僅かではあるが認められる。したがって、基板面に対してCdSの (0001) 面が平行になるような結晶の回転が起きているのであろう。

前述のように、無定形カーボン上に蒸着したCdS薄膜の結晶粒度は膜厚の増大ならびに基板温度の増大とともに大きくなる。透過電子顕微鏡像上で切断法により測定した平均結晶粒度に及ぼす膜厚と基板温度との関係をFig. 9に示した。膜厚の薄いとき基板温度が高いと急速に結晶粒が成長し、基板温度が低くなると粒成長速度は一定に近くなる。ただし、基板温度が低くなると結晶粒度が著しく小さくなるので、膜厚が小さい領域での結晶粒成長の挙動は不明である。

Fig. 10は結晶粒成長速度の対数と蒸着基板温度の逆数の関係である。Fig. 10の直線の勾配から求めたCdSの結晶粒成長に関する見掛けの活性化エネルギーは、蒸着

(a) 300 Å (b) 900 Å
Fig. 8 Thickness dependency of the structure of CdS film evaporated onto the noncrystalline carbon.

Fig. 9 Grain diameter vs thickness of CdS film [evaporated onto the noncrystalline carbon.

Fig. 10 Velocity of grain growth vs inverse temperature of substrate and measured activation energy of grain growth in CdS film evaporated onto the noncrystalline carbon.

基板温度が200°C以上の場合、5.5~6.1 kcal/molである。従来、塊状のCdSで測定された拡散に関する活性化エネルギーがSで55kcal/mol、Cdで46 kcal/mol¹⁹⁾であることから、本実験で得た結晶粒成長に関する活性化エネルギーは極めて小さい値であることがわかる。

しかし、金属Cdの自己拡散の活性化エネルギーは18kcal/mol (粒界拡散で13kcal/mol)、固体Sの自己拡散の活性化エネルギーは3kcal/mol位であるから²⁾、CdおよびS単体の活性化エネルギーに比較すると大差ない。一般に粒界拡散あるいは表面拡散に関する活性化エネルギーは体積拡散の1/2あるいは1/3程度であり²⁾、CdS蒸着膜の結晶粒成長は短回路支配的な効果を強く受けているものと推定される。その上、蒸着中には過剰な空孔の供給が盛んに行なわれているので空孔形成のエネルギーも不必要とみなされる。以上のような効果を考慮す

れば、結晶粒成長に関する見掛けの活性化エネルギーが小さいのも不思議ではない。

3.3 イオン打込みしたCdS薄膜の構造

Fig. 11にはCdS薄膜にNイオンを $10^{16}/\text{cm}^2$ 打込んだ後の組織を透過電子顕微鏡像で示した。NaCl上に蒸着したcubic型CdSの透過電子顕微鏡像は、N⁺イオン打込み前の様相と若干異なり、円形の像が多数しかも均一に分布している。一般に中性子線照射やイオン打込みを行なうと、照射損傷により空孔が形成され、この空孔が凝集して、転位線あるいは転位環を形成するが、Fig. 11にみられる円形の像も転位環と推定される。円形像の直径は50~100Å程度で非常に小さい。これが転位環で

(a-1) before ion implantation (a-2) after ion implantation

(b-1) before ion implantation (b-2) after ion implantation

Fig. 11 Effect of N^+ -ion implantation on the cubic CdS film(a) and the hexagonal CdS film(b).

あれば、室温で生じた空孔が容易に凝集できることを物語っている。また、電子線回折像では cubic 型 CdS 以外の回折像はみられず、CdS 中の N 化合物等の析出物ではないであろう。しかし、イオン打込み前後の電子線回折像を比較すると、イオン打込み後の回折像では双晶からの像がかなりぼやけて拡がりをもせ、イオン打込みの結果、かなりの格子歪が残留しているものと推定される。

一方、無定形カーボン上に蒸着した hexagonal 型 CdS に N^+ イオンを打込んだ試料の透過電子顕微鏡像では、打込み前に比較して cubic 型 CdS ほど顕著な変化は認められないが、結晶には一様に細かな点状紋様がある。しかし、転位線や転位環などと考えられる像は見当らない。電子線回折像でも変化は認められない。したがって、点状紋様が照射損傷によるものかあるいは N 化合物または単に N の集合体であるのか判別することはできない。多結晶ではイオン打込みによって空孔が形成されても結晶粒界に消滅しやすく、特に本実験で用いた多結晶 CdS では結晶粒が小さく、転位環を形成するのに十

分な空孔が集合しないものと考えられる。

以上の cubic 型 CdS と hexagonal 型 CdS のイオン打込み試料の電子顕微鏡観察からいえることは、少なくとも Si や Ge のように室温のイオン打込みで非晶質層が形成される⁸⁾ ことはないということと、室温のイオン打込みでは、イオン打込みの結果生じた空孔等の一次格子欠陥は速やかに消滅してしまうことである。

4. 結 言

真空蒸着法で作製した CdS 薄膜の結晶構造と組織について調べた。得られた結果の概要を以下にまとめた。

(1) NaCl の (100) へき開面上に蒸着した CdS の結晶構造は基板温度および膜厚の影響を受ける。約 3000 Å の膜厚で基板温度依存性を比較すると、基板温度が 340 °C 以上で cubic 型単結晶膜、300 °C 以下では cubic 型と hexagonal 型の混合した結晶膜である。しかし、基板温度が 340 °C 以上でも膜厚の小さいときには hexagonal 型であり、膜厚の増加とともに cubic 型へと変化する。

(2) 無定型カーボン上に蒸着した CdS の結晶構造は基板温度が室温から 400°C まで全て hexagonal 型であり、しかも微細な結晶粒からなる多結晶膜である。無定型カーボン上に蒸着した CdS の結晶構造は膜厚依存性を示さない。

(3) NaCl の (100) へき開面上に蒸着した cubic 型 CdS では多数の双晶が存在し、転位線とみられる像も観察された。また、無定型カーボン上に蒸着した hexagonal 型 CdS 中にも双晶がみられた。cubic 型 CdS と NaCl との結晶関係は $(100)_{\text{NaCl}} // (100)_{\text{CdS}}, <100>_{\text{NaCl}} // <100>_{\text{CdS}}$ であり、hexagonal 型 CdS と NaCl との結晶関係は $(100)_{\text{NaCl}} // (0001)_{\text{CdS}}, <110>_{\text{NaCl}} // <\bar{1}10>_{\text{CdS}}$ および $<100>_{\text{NaCl}} // <1120>_{\text{CdS}}$ であった。無定型カーボン面と hexagonal 型 CdS との間には強い晶癖関係はない。

(4) 無定型カーボン上に蒸着した hexagonal 型 CdS の結晶粒径は基板温度と膜厚に依存し、基板温度の大なるほど、また、膜厚の大なるほど大きい。結晶粒成長に関する見掛けの活性化エネルギーは 5.5~6.1 kcal/mol で、CdS の塊状試料における自己拡散に関する活性化エネルギーに比較して非常に小さい。この活性化エネルギーの値から、CdS 薄膜の結晶粒成長は短回路拡散支配によるものと推定された。

(5) N^+ イオンを 45 keV で $10^{16}/\text{cm}^2$ 打込まれた cubic 型 CdS では転位環と考えられる欠陥が生じたが、hexagonal 型 CdS ではみられなかった。

以上のように NaCl 上および無定型カーボン上に真空蒸着した CdS 薄膜の結晶構造と組織を明らかにしたが、

実際に CdS を使用する場合には種々の酸化物あるいは半導体上へ蒸着することが考えられ、種々の基板上に蒸着した CdS の結晶構造と組織を知る必要がある。また、本研究では結晶構造と組織にしか触れていないが、本実験で構造を明らかにした CdS 膜の光あるいは電気的特性を測定して、結晶構造とこれらの諸特性との間の関係を明らかにする研究も進めている。

終わりに臨みこの研究に多大な援助をして下さった日立中央研究所土井俊雄博士に深謝いたします。

〔文 献〕

- (1) B. Weber : Rev. Sci. Instrum. **37**(1966) 955.
- (2) 藤原, 八重樫, 沢木 : 真空 **8** (1965) 437.
- (3) B. Tell and W. M. Gibson : J. appl. Phys., **40** (1969) 5320.
- (4) G. Thomson : *Transmission Electron Microscopy of Metals* (Wiley, 1962) p. 40.
- (5) L. A. Swisoba, A. R. Gelfman, A. L. Kobalebu and G. Krogichenko : Izv. Akad. Nauk., USSR, **5** (1969) 2208.
- (6) P. G. Shewman : *Diffusion in Solids* (McGraw-Hill, 1963) p. 137.
- (7) D. Turnbull : Atom Movement, (ASM, 1951) 129.
- (8) R. W. Bicknell : Proc. Roy. Soc., **A-311** (1969) 75.
- (9) S. Ino and S. Ogawa : J. phys. Soc. Japan, **21** (1966) 346.

会員をふやそう——入会勧誘のお願い

日本真空協会は、真空を仕事としているものにとって唯一のコミュニケーションの場です。身近にまだ会員でない方がいたら、会員になってくれるよう誘って下さい。

日本真空協会は、真空に関心のある個人会員と法人会員と呼ばれる真空機器メーカー及び真空を利用するユーザーの会社会員から成り立っています。この分野では、国内にこのような団体は他になく、国際的な組織である IUVSTA (International Union for Vacuum Science, Technique and Applications) にわが国を代表して加盟しています。

1974年3月には、IUVSTAが主催する第6回真空科学国際会議が京都で開かれることにもなりましたので

この際積極的に会員入会をおすすめ下さるようお願いいたします。会費：個人会員3,000円、学生会員1,500円、入会金不要。

「真空」バックナンバーの在庫品

本誌のバックナンバーが、僅少ですが在庫しています。創刊当時の非常に古いものがありますので、ご希望の方は事務局までお尋ね下さい。

真空機器総合カタログ集

日本真空協会工業部会が作成した1971年版のカタログ集がまだ残っています。わが国真空メーカー16社の主なカタログを一冊にまとめたものです。ご希望の方は事務局までご連絡下さい。