超 高 真 空 と そ の 応 用

電々公社電気通信研究所 織 田 善 次 郎

Ultra-High Vacuum and Its Applications to Surface Physics

Zenjiro ODA

(Electrical Communication Lab., Nippon Telegraph and Telephone Public Corp., Musashino-shi, Tokyo)

1. はしがき

“超高真空” (Ultra-High Vacuum)と云う言葉が使われ出したのは比較的最近のことであつて、これは油あるいは水銀拡散ポンプの排気作用で実現出来る $10^{-7} \sim 10^{-8}$ mmHg の所謂高真空以上に良好な真空状態を指し、全く別の排気作用、例えば金属蒸着膜のゲッター作用とか、イオンゲージの排気効果を利用して達成出来る領域である。この様な超高真空を作る技術は物理、化学あるいは電子工学の基礎的研究ばかりでなく、電子管工業においても重要なことと思われる。

固体表面の研究において、仮りに異物質が吸着していない清浄な表面を用意しても、これに衝突する分子がすべて吸着されると仮定すると、単分子層が出来るのに 10^{-7} mmHg の真空中では約30秒、 10^{-10} mmHg では約8時間かかることは簡単な気体論の式から計算される(残留ガスを O_2 として)。それ故清浄な表面の物理的、化学的性質を明かにするにはどうしても 10^{-9} mmHg以上の真空を必要とすることがわかる。

2. 超高真空の作り方⁽¹⁾

2. 1. 金属蒸着膜のゲッター作用

超高真空を得る条件は一口に云えばガラス容器を徹底的にベークアウトし、金属部分を加熱ガス出しすることである。併し拡散ポンプで排気している限り、液体空気のパラジウムトラップを用いても高々 10^{-8} mmHg止りで、これ以上の真空度は得られない。これは主としてトラップに捕捉された凝縮性ガス(油蒸気)が冷媒の蒸発するにつれて放出されるためと、トラップ内面が凝縮分子で幾層にも覆われた後には凝縮確率が非常に小さくなってトラップとしての役を満足に果さなくなるからである。この対策としてはトラップを2段連結し、排気中ポンプに近い方から順次冷却して行けば冷媒の減少による再蒸発はかなり防止出来る。

この様にして得た真空を更に高め、長時間維持するには金属蒸着膜のゲッター作用とイオンゲージの排気作用を利用する2つの方法がある。先ず前者について述べる。

バリウム蒸着膜はゲッターとして真空管に用いられていることはよく知られているが、この外週律表の第8族を中心とした遷移金属群即ち、W, Ta, Mo, Ti, Zr, Fe,

Ca は不活性ガスを除く大抵のガスに対して活性である。しかしゲッターとして実際に使用する時に要請される特性には吸着容量と吸着速度がある。遷移金属膜は O_2 を除くと他のガスを単分子層程度吸着するのみであるが、Ba, Ca膜は化学反応を起すので吸着容量の点では断然優れている。しかし低圧ガスの吸着速度となると話は別である。Wagener は Ba 膜の排気速度 G の大小からガスを次の2群に分類している。

- (1) $G > 700 \text{ cc sec}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ 吸着に伴いゆつくり減衰する型…… O_2, CO, CO_2, H_2O
- (2) $G < 300 \text{ cc sec}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ 最初から速やかに減衰する型…… N_2, H_2

その後の研究によれば第1群ガスに対するGの値はもつと大きく見積られているが、定性的には上の傾向は妥当である。ところでNi, Mo, Ti, Ta, Wの蒸着膜はBa膜同様COに対して著しい排気速度($G \approx 10^3 \sim 10^4 \text{ cc sec}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$)を示し、その上Mo, Ti, Ta, Wは N_2 に対してもBaの約 10^4 倍の排気速度を有することが明らかにされている。それ故残留ガスが割合少い系では、吸着容量よりも種々のガスを万遍に速やかに除去し、而も系内を汚さない様ガス出しが容易で、蒸着の際放出ガスの少いものが望ましく、この点から云つてBaよりはMo, Ta, Tiの方が有利かも知れない。この様に金属蒸着膜の長所としては大きな排気速度を有することであるが、短所は再生がきかないことと、不活性ガスを全然除去しえないことであろう。

2. 2. イオンゲージの電氣的排気作用

イオンゲージで圧力を測定する時、ゲージ自身排気作用を呈するためゲージ内の圧力は装置の他の部分に比べて低くなり、その読みにかなりの誤差を招くことがある。この様なイオンゲージの性質を逆にポンプとして利用すれば超高真空が得られるのである。イオンゲージの排気作用には2種類あつて、その一つはタングステンフィラメントを赤熱するだけで起る化学的クリーンアップで、 O_2, H_2, H_2O, Cl_2 等の活性ガスはフィラメントと化学反応を起して(例えば WO_3 の生成)気相から消失するとか、 H_2 の如く解離して原子状水素となりガス壁に固着する現象を指す。第2は陽極に電子加速電圧を印

加して電子を取出した時にのみ起る電氣的クリーンアップで活性ガスの他、 N_2 稀ガス類に対しても起る。この原因は電場で加速された陽イオンの持つエネルギーが通常の中性分子の熱エネルギーに比べて極めて大きいためと解釈されている。

さてこの電氣的排気作用ではガラス壁がイオンのトラップの役割を果すので、吸着力は化学吸着に比べて非常に弱く、その効果は初期条件、例えば前以てガラスベッキングや電極のガス出しを行つたか否かにより排気速度は著しく違い、極端な場合にはイオンゲージは逆にガス発生源にもなる故、このガス出しは重要である。

現在実験室では後で述べる Bayard-Alpert 型イオンゲージ (略して B-A 計) をポンプとして利用しているが、このクリーンアップ効果は Varnerin⁽²⁾ 及び Young⁽³⁾ により調べられ、うすいスパッター膜の存在は He のクリーンアップ速度を増大させるが、 N_2 のそれには影響

第1図 B-A計による He のクリーンアップ
曲線 1A : 裸のガラス面、曲線 1B 及び 2 : ガラス内壁を金属膜の蒸着したガラス円筒で遮蔽した場合

しないことを見出されている (第1図)。筆者等⁽⁴⁾は現在使っている型 B-A 計の排気速度を測定し N_2 では 50~60cc/sec. He では Ni スパッター膜の存在する時は 1.9cc/sec, 無い時は 0.5cc/sec なる値を得ている。またクリーンアップで除去されるガス量はガス圧力で異なるが、ガラス表面の単分子以下である。

2.3 ゲッターイオンポンプ

金属蒸着膜のゲッター作用と、イオンゲージの電氣的クリーンアップ効果を組合せた方式がゲッターイオンポンプで、高圧粒子加速器を排気して油蒸気で汚されない、“clean vacuum” を作る目的で考案されている。直径12吋、高さ24吋の不銹鋼円筒の軸に沿ってチタン線を巻棒から中央の黒鉛ポストに送る。ポストは周りのタングステンフィラメントからの電子衝撃で 2000°K に加熱されているため、チタンは直ちに蒸発し、器壁に蒸着してゲッター膜を作る。一方放射された電子はフィラメントと外側のグリッドの間のガスをイオン化してゲッター膜上

の吸着を促進する。このポンプの排気速度を第1表に示す。なお到達真空度は 2×10^{-7} mm であるが、チタンの吸蔵ガス量を減少出来れば 10^{-8} mm の真空が得られる見込である。

2.4 金属バルブ

装置が超高真空領域に入ると、それ迄ポンプとして働いていた油拡散ポンプは逆に汚染の源となる。また冷却

第1表 ゲッターイオンポンプの排気速度

カ ス	排気速度 S l/sec	圧力 P mmHg	平均リーク速度 L cc/hr at STP
H ₂	7000—8000	3×10^{-6}	110
N ₂	6500—7500	1.5×10^{-6}	50
O ₂	6500—7500	1.5×10^{-6}	50
空 気	1000	1.5×10^{-6}	7.2
A	9	4×10^{-3}	0.18
He	4	3×10^{-3}	0.57

トラップも油蒸気を完全に阻止しない。そこで長時間超高真空を維持するためには管球を封じ切つてゲッターの排気作用を利用するより他方法がなかつた。そのため種々のガスを度々導入したり排出したりするような実験では可碎栓を多数用意するといった不便さがある。また普通のガラスコックはグリースを使うし、バルブはゴムパッキング等を使うので加熱出来ないのみならず多量の蒸気を放出する。これを避けるため磁石で開閉する所謂グリースレスコックが使用されて来たがリークは 10^{-5} l/sec 程度で両側の圧力差が大きい時には役に立たない。ところが 1950 年 Westinghouse Research Laboratory の Alpert⁽⁵⁾ はこれらの欠点を取除いた全金属製でベーク

第2図 メタルコック組立図

アウトの出来る真空バルブを考案した。

これは尖端が円錐型をした、コパール製ノーズを無酸素銅の弁座に押込んで真空系を2分するもので、開閉は外側から差動ネジで行い、外界と真空系の遮断はコパール製隔膜を用いてある。バルブを閉じた時のリークは通常 $\sim 10^{-9}$ l/sec で使用中次第に弁座が潰れてリークが増大する傾向もある⁽⁴⁾。その後 Bills と Allen はこの Alpert の方式を改良し、モネルの弁座に軟かい純銀の環をパッキングとして挟むことを試みた。これだと振力40封度一呎の時のリークコンダクタンスは 1×10^{-14} l/sec 以下になると云われている。

3. 超高真空の限界

上に述べたことから金属バルブを用いた真空系を作つて充分ベークアウトし、B—A計のイオンポンプ作用を利用すれば超高真空が得られることが明らかとなつたが、次にこの方式で得られる真空の限界は何か、又その限界は何によつて決定されるかと言うことが問題になる。Alpert 等⁽⁶⁾はこの問題を解くために非常に注意して排気系を組立て徹底的に排気しても、最低イオンコレクター電流は 1×10^{-10} mmHg の指示圧力に相当し、後で述べるX線効果による残留コレクター電流を差引いても尚 $3 \sim 4 \times 10^{-11}$ mmHg の残留圧力を示すことに気付いた。1週間の操作後、フラッシュフィラメント法で吸着性ガスの存在が認められない場合でも、この様なイオンコレクター電流が残る。この値を制限する原因として例えばW線フィラメントの蒸気圧も問題にされたが、これは動作温度(2300°K)では 10^{-12} mmHg であつた。そこで原因は他に求められ、種々検討された結果、大気中に百万分の5程度存在するHeがガラス壁を拡散して入ることによると考えられるに至つた。これを確かめる実験も色々行われ、例えば封じ切つた真空系内ではイオンポンプ作用を停止すると圧力上昇が認められ、あとで述べるオメガトロンの分析した結果、この漏洩ガスはHeなることが確認された。この模様を第3図に示す。又、

第3図 封じ切つた系の中の圧力上昇速度

超高真空技術を利用してパイレックスガラス中のHeの拡散速度が実測され、得られた拡散係数と溶解度を、真空容器中に漏洩して入る「未知」ガスに対するデータと比較すると第2表のようによく一致し、「未知」ガスがHeであることがこの点からも実証された。

第2表 ガラス中のHeの拡散

	He—パイ レックス	封じ切つたイ オンゲージ中 の「未知」ガス
T°C	27°	27°
D cm ² /sec	7.74×10^{-9}	1×10^{-8}
S(cc at STP/cc×atm)	1×10^{-2}	2×10^{-2}

この様に到達真空度を制限する要因が外部にある時には超高真空の限界はイオンゲージの排気速度とHeの拡散速度との釣合つた定常状態を指すことになる。それ故ガラス壁が直接大気に触れていない系、即ち真空容器内におかれた超高真空系の限界は更に低いことが予想される。事実この様な真空系では 1×10^{-11} mmHg 以下になることが確認された。

また超高真空を得る全く別の方法として、封じ切つた管球を液体水素または液体He中に浸す方法がある。液体Heの温度ではHe以外のすべてのガスの蒸気圧は無視出来るから真空度は 10^{-30} mmHgの桁になると推定されている。

4. 超高真空の測定

1950年以前にはゲッターによつて残留ガスを除去した真空管内の真空度が 10^{-9} mmHg 以下になつてゐることは種々の方法で推定されていたのであるが、イオンゲージの読みは常に 10^{-8} mmHg より悪い真空度を示し、これがイオンゲージの低圧使用限界と考えられていた。通常の三極管型のイオンゲージではグリッドに正電位、プレートに負電位を印加して動作させる。すると電子がグリッドに衝突した際発生する軟X線の大部分がそれを取囲んでいるプレートに当つて光電子を放射し、これがイオンの有無に関係なく常にコレクター電流中に残留するためである。このX線効果を避けるにはイオンコレクターのグリッドに対する立体角を縮小させるか(光電子の発生する面積を減少させて)もしくは光電子流を抑制すればよい。これらの中前者を利用した設計のイオンゲージが Bayard-Alpert 型イオンゲージ(略してB—A計⁽⁵⁾)と呼ばれて実用に供されている。

第4図に筆者⁽⁴⁾の用いているB—A計を示してある。これはガス出しを容易にするために Bayard と Alpert の原型より小さくしてある。イオンコレクターは円筒型の電子加速グリッドの軸に沿つて置いたW細線、熱陰極

第4図 Bayard-Alpert 型イオンゲージ

- ① イオンコレクター：直径 0.15mm、長さ 35mm W線
- ② 電子加速グリッド：直径 15mm、長さ 30mm 支柱 1.0mm、Mo線 2本、巻線 0.12mm、Mo線 20巻
- ③ ファイルメント：ヘアーピン型、2本、直径 0.15mm、長さ 35mm×2、W線 グリッド〜ファイルメント 間隔：3mm

はグリッドの外側にあり、この電極配置は丁度三極管型イオンゲージと正反対になっている。従つてグリッドの内側で作られたイオンはすべてコレクターに集められるとともに、グリッドから発生するX線に曝されるコレクターの立体角は円筒型コレクターの 1/1000 程度になっている。そのため従来のイオンゲージでは 10^{-8} mmHg 相当のコレクター電流が残留するのに反し、B-A計では 5×10^{-11} mmHg 以下で始めて現れてくる。第3表⁽⁴⁾に種々のガスに対するB-A計の感度を示してある。

イオンゲージは全圧を示すにすぎないが、むしろ特定のガスの分圧とかガスの組成を知りたい場合が屢々ある。この目的を満すために Alpert⁽⁶⁾等はSommer Thomas及び Hippleが最初に考案した「オメガトロ」を簡単にした質量分析計を作った。第5図にこの原

第5図 オメガトロンの原理図

理を図解してある。これはサイクロトロンと同じ原理に基づいて動作する。即ちW陰極から出た 1~10 μ A の電子ビームは小孔を通つてイオン化室の中心を磁界に沿つ

第3表 B-A計の感度⁽⁴⁾

	N ₂	He	Ne	Ar	CO	O ₂	H ₂
感度 S (mmHg) ⁻¹	9.1	1.85	2.86	11.0	9.5	7.7	4.0
窒素に対する 相対感度	1	0.20	0.31	1.21	1.04	0.85	0.44

て平行に走り、反対側の小孔を貫通して電子コレクターに到達する。ビームに沿つて作られたイオンは $\omega = eH/M$ なる角周波数で以て円運動を行うが、上下の高周波電極 R F に高周波電圧 E がかけられているので、この周波数が ω に等しい時は、質量 M、電荷 e のイオンはサイクロトロン共鳴を起して連続的に加速されて電子ビームから飛び出し、アルキメデスの螺旋を描きながら軌道半径を次第に広げつつ遂にイオンコレクターに衝突する。イオン化率は大体 1~2cm³ 磁界は2000~4000 ガウスの永久磁石を使つた例が多く分解能は通常の質量分析計に比べてかなり低い ($M=2$ で $M/\Delta M=69$, $M=44$ で $M/\Delta M=21$)が大抵の目的には間に合う。このオメガトロを用いて Alpert 等は大気中の He が超高真空系に拡散して入ることを実証したが、その後 He リークディテクターとして或は真空管材料の放出ガス分析、拡散ポンプから逆拡散する蒸気の分析等真空技術の各方面に利用されている。

5. 清浄表面の作り方

上述の方法により装置内を 10^{-11} mmHg 以上の超高真空に保つだけでは固体表面の汚れは取除けない。しかし固体表面の性質を研究するためにはこれを完全に取除くことは重要である。汚染が物理吸着ならば、排気とベークアウトにより容易に取除くことが出来るが、化学吸着のときは困難である。

清浄表面を得る方法は大概して 2 通りある。第1は表面から汚染を取去つて清浄にする方法で、粉体、金属線に適用される。第2は高真空中で固体小片を加熱蒸発して清浄な蒸着膜を作るか、又は固体を破碎して新鮮な表面を露出する方法である。

5.1 フラッシュ法

真空中で W ファイルメントのような耐熱金属のファイルメントに電流を通じてフラッシングすれば表面の酸化物は蒸発して清浄表面を得る。W は 3300°C 迄加熱しても熔融せず、酸化タングステン は 1200°C 吸着酸素は 2000°C その他微量含まれているシリカもその沸点が 2230°C なので 2300°C 以上でフラッシングすれば表面は清浄になる。この温度に耐え得る Mo, Os, Ru, Ta にはこの方法が適用出来る。併し最近では Ge (融点 936°C)、Si (融点 1420°C) のような低融点物質にも応用し清浄表面を得

ているが、これはその低級酸化物 GeO , SiO の蒸気圧 * が高いためと思われる。その他の金属ではこの方法は困難である。

5.2 還元法

一般に固体表面の吸着層は酸素、窒素等が主なものであるから、水素還元により汚染を取去れる場合が多い。ただ使用する水素は高純度 (99.99 % 以上) でなければならない。併しこの方法で汚染が完全に除去出来るという保証はない。例えば鉄のフィラメント上の汚染はその融点以下では水素で取り得ないし、W上の酸素吸着層を水素で取去るのに 1000°C では12分かかるといわれている。

5.3 粒子衝撃法

電子、あるいは Ne , Ar 等の不活性ガスイオンによる衝撃が有効な場合もあるが、 Ni 単結晶を電子衝撃して 1000°C に加熱しても酸素の単分子層は残っていたという例や、鉄を Ne イオン衝撃、 Ge を 800°C で長時間ジュール加熱後 Ar イオン衝撃して清浄表面を得たという報告はある。

5.4 真空蒸着膜

金属を充分ガス出した後、更に温度を上げ管壁に蒸着させると清浄な表面が得られる。ただ蒸着条件、金属の種類により膜の構造が違うし、熱処理により吸着表面積がかなり変化する。蒸着膜の長所は(1)表面積が大きく、容量法で吸着測定が出来る。(2)方位配列をもった膜を作ることにより、特定の結晶面について研究出来ることであるが蒸着後の熱処理により特性が変わることは短所である。

6. 固体表面研究への応用

現在この超高真空技術が最もよく利用されているのは固体表面現象を研究する分野であろう。云い換えれば酸化層や吸着層で蔽われていない清浄表面の性質は超高真空中でないと研究出来ないのである。

まず化学吸着について考えよう。気相から表面に衝突した分子はそのまま表面に捕捉されて化学吸着するか、もしくは再び気相へ戻るか、何れか一方の道を選ぶであろう。その時表面に化学吸着する確率を sticking probability (略して S. P.)と呼んでいる。これは分子と表面原子との相互作用で決るので、金属やガスの種類、温度、表面状態等によりかなり違った値を示し、化学吸着機構を解明する一つの手掛りとなる。W表面上の N_2 の S. P. の測定例⁽⁷⁾を第6図に示す。又、W単結晶の(113)面に対する CO 吸着の S. P. と仕事函数の吸着に伴う変

化を第7図⁽⁸⁾に示してある。この様に S. P. と同時に表面の物理的性質の変化を測定すれば表面

第6図

第7図 W上の CO 吸着における Sticking Probability 及び仕事函数の変化

N_m : 吸着分子数、 N_w : (113) 面内のW原子密度 ($=3.7 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$)

して冷電子放射顕微鏡 (Field Emission Microscope 略して FEM) とイオン顕微鏡 (Field Ion Microscope 略して FIM) があるが、超高真空技術の発達がこの分野に貢献したことは云う迄もない。それは第1に清浄表面が維持されるので、安定した像が得られること、第2に F. E. M. の寿命を決定する因子であるカソードスパッタリングの減少である。 FEM の陰極は $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{cm}$ の曲率半径をもった W , Ni 等の尖端であるが、この表面の単原子層が残留ガスイオンの衝撃で取去られる時間は $t \sim (10^{-8}/i \cdot p) \text{ sec}$ で与えられる。ここで i はアンペアで測った電子電流値、 p は mmHg で測った残留ガス圧力値である。 $10 \sim 100$ 原子層失われると FEM としての機能が損われてくるから、寿命は $(10^{-8}/i \cdot p) \text{ sec}$ で表わされる。今仮りに $p = 10^{-8} \text{mmHg}$, $i = 1 \text{mA}$ とする

* GeO 860°C にて $7 \times 10^{-3} \text{mmHg}$

SiO 1200°C にて 8×10^{-2} または $4 \times 10^{-1} \text{mmHg}$

と1日の寿命しかないことになる。但し He はこの作用が弱いらしく、ガラス壁を漏洩して入る管の He の影響は検出されていない。

Müller⁽⁹⁾ は FEM 中に 10^{-3} mmHg の H_2 を入れて、線の先端と蛍光膜の間に与える電圧を逆転してタングステン単結晶の表面を水素イオン像として観察した。陽極表面に吸着した水素イオンが強電場で引出されて、蛍光膜上にイオン像を作るのであるが、この像の分解能は電子像より極めて高い(約 $3 \text{ \AA}$)。更に H_2 の代りに He を入れ、陽極を液体水素で冷却することによって分解能を高め、W ($1.5 \text{ \AA}$) あるいは Re ($1 \text{ \AA}$) の個々の表面原子の配列を観察することに成功した。また W, Ni 尖端での H_2 , O_2 の吸脱着、表面移動も詳細に観察されている。さらに FEM 中に種々のガスを導入して W 単結晶の特定の面から出てくるイオン像を観察し、そのイオンビームを鋭敏な質量分析計に導いて、それらのイオンを分析することも出来る。

次に半導体表面⁽¹⁰⁾、殊に Ge, Si の清浄表面の研究はトランジスターなどの固体電子機器の製作技術上の問題を解決する手段として、又、表面の物理的性質の解明という点からも重要視されている。

Tamm や Shockley はダイヤモンド Si, Ge の如き共有結合をしている結晶をたち切った場合、必然的に表面に不対電子が現われ、これが表面準位となつて電子や正孔を捕捉することが出来ると云うことを理論的に指摘した。この考え方から推すと、表面準位の密度は表面原子のそれと同程度、即ち $10^{14} \sim 10^{15}$ 原子/cm² ということになる。実測値はこれより少く出ているのはガスが吸着してこの不対電子と結合しているためと考えると、清浄表面を得ることが問題を解く鍵となる。

最後に電子放射の分野における素晴らしい成果について触れておかねばならない。それは Hagstrum によつ

て行われたイオン衝撃による金属の二次電子放射の研究である。ここでもやはり 10^{-10} mmHg の超高真空中で W および Mo リボンの清浄表面を稀ガスイオンで衝撃し、放出される二次電子の利得 r およびエネルギー分布を求め、放出機構を金属の電子帯構造と結び付けて、Potential ejection として見事に説明した。これに関しては真空工業第5巻第5号に武石氏の解説がある。

以上超高真空を実現し、測定する方法と、これを利用して行われた清浄な固体表面の基礎的研究例について述べた。超高真空は目下実験室的規模でしか実現されていないが、今後の研究により大型機器に迄拡張され、新しい応用分野の開拓されることを切望する。

参考文献

- (1) 主な文献以外な煩雑なため省略するが、一宮、織田「真空技術と表面現象」応用物理 **26**, No. 7 313 (1957) を参照されたい。
- (2) L. J. Varnerin Jr and J. H. Carmichael; J. Appl. Phys. **26**, 782 (1955)
- (3) J. R. Young, J. Appl. Phys. **27**, 926 (1956)
- (4) 荒田、織田、真空技術 **7** No. 4 197 (1957); 通研成果報告第1119号 (1958~3)
- (5) D. Alpert, J. Appl. Phys. **24**, 860 (1953)
- (6) D. Alpert and R. S. Buritz, J. Appl. Phys. **25**, 202 (1954)
- (7) J. A. Becker and C. D. Hartman, J. Phys. Chem. **57**, 153 (1953)
- (8) J. Eisinger, J. Chem. Phys. **27**, 1206 (1957)
- (9) E. W. Müller, Handbuch d. Phys; R **21**, 176 (1956); J. Appl. Phys. **27**, 474 (1956); **28** 1 (1957)
- (10) この方面の解説として例えば中田; 日本物理学会誌, **12**, 475 (1957); 小林、金属物理 **4**, No. 2, 54 (1958)

新刊紹介

1957 Fourth National Symposium on Vacuum Technology Transactions

出版 : Pergamon Press, New York, London, Paris, Losangeles

価格 : \$ 12.50

1957年10月9—11日に Boston で行われた。第4回真空技術シンポジウム (Committee on Vacuum Techniques 主催、この会議で American Vacuum Society, Inc. と改称された。) で発表された論文を集めて出版したもので、この Series の 4冊目にあたる。この会議には日本からも林主税氏 (日本真空) が出席し「超高真空の作製および測定における吸着の役割」と題する発表を行い注目された。このシンポジウムの内容は既に林氏によつて真空工業第5巻 第3号 83~85頁 (昭和33年) に述べられているのでここに再び述べるまでもないが、真空に関する up-to-date の内容が多いので、真空技術に携る人は一読する必要がある。尚この本の各論文については追つて本誌の文献紹介欄にアブストラクトを掲載する予定である。(柴田)