

報告番号 ※ 甲第1064号

主論文の要旨

題名 分子線による
気体と固体表面との干渉に関する研究

氏名 下 農

主論文の要旨

報告番号

※甲第

号

氏名

林

豊

近年の真空技術の各種工業への応用の著しい発展は質の高い超高真空の必要性を増しており、新しい真空装置の開発や改良に際して、稀薄気体力学はその基礎理論となっている。また、宇宙開発の幕開けとともに稀薄気体中を飛行する人工衛星や飛行物体の抵抗の予測や、原子力工業の発展にともなう、稀薄混相流体の流動現象の解明の必要性も生じてきている。これらの諸分野に共通した最重要問題は固体壁面に衝突する気体分子の挙動現象に関する問題である。

気体が稀薄になるにつれて分子相互の衝突頻度は分子と固体壁との衝突頻度に比較して少くなるが、究極的には稀薄気体の流動現象は気体分子と固体壁との干渉のみで支配されるようになる。たとえば流動現象の内、自由分子流や遷移流の場合には分子運動論によって微視的に取り扱われるが、個々の条件の違いによってその流動現象は置なり不明確な点が多い。これは固体壁面での気体分子の挙動の違いに原因することが指摘され、その詳細な機構の解明が必要とされるに至っている。

また、気体分子と固体表面との干渉現象は伝熱工学の問題としても重要であり、固体表面と気体との間のエネルギー交換の程度を表わす係数として熱的適応係数またはエネルギー-適応係数が用いられる。この係数は、固体表面の性質とくに表面の汚れに敏感なため

主論文の要旨

報告番号

※甲第

号

氏名

林

農

測定結果の不一致が大きくその機構の解明も現象論的段階を出ていない。この気体の固体表面現象には、吸着、吸収、脱離、衝突反射、凝縮、化学反応等々さまざまな現象が含まれておりそれらが複雑に絡み合っているため未解明の部分が多い。これらの根源を探るためには固体および固体表面の状態を明確にし気体分子と固体表面の干渉に関する素過程を明らかにする必要がある。この素過程、すなわち気体と固体表面の相互作用の微細機構について詳細な情報を得るとともに、熱的適応係数、エネルギー適応係数、運動量適応係数、凝縮係数などの既知の巨視的な物理量と関係づけることができる実験法として、分子線技術を用いるのが最上の方法と考えられている。

本研究では、このような観点から稀薄気体の固体表面上での挙動の解明に主眼点をおいて、ノズル型の高強度分子線装置を製作して、工業的に利用されている一般的材料を用いて気体分子の反射の現象を解明することを目的として行ったものである。以下、本研究により明らかにされた諸点について章をおいて要約する。

第1章では、本研究で取扱う分子線を用いた気体分子と固体表面の干渉の研究が工業的諸分野で必要とされている理由を述べ、適用される範囲とその位置づけを説明した。そして、気体と固体表面現象に関する従

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	杯	農
------	-----	---	----	---	---

来の研究の経過と現状について概観し、本研究の意義と目的を明確にした。

(1) 第2章では、本研究に用いた分子線実験装置と関連計測機器の概略を説明し、発生した入射分子線の性質とそれを取巻く環境を述べた。実験に用いた装置はノズル室と試験室からなる二室系装置であり、試験室は油拡散ポンプで排気され、その圧力は $1 \sim 3 \times 10^{-8}$ Torr に保たれた。実験に用いた検出器はノッチング型電離真空計を改良した淀み型測定子であり、入射分子線および反射分子線の分子数流束の空間分布を測定するものである。さらに背圧変動のような雑音を分離するために二重検出系を採用した。また、標的表面温度は常温から 700°C まで連続的に変化する実験条件であることと明確にした。

第3章では、分子線実験装置により発生する入射分子線の直径および装置の構成要素の配置精度誤差が、測定される反射分子数流束分布に与える影響について理論展開し、実験結果と比較検討した。

標的表面に衝突する分子は固体表面と完全に適応し、反射する分子の流束強度は *cosine* 法則に従っていると仮定して、実際に測定される分布に関して以下の結論を得た。

主論文の要旨

報告番号	※甲第	号	氏名	林 農
------	-----	---	----	-----

(1) 入射分子線の直径の影響は、検出器の回転半径に對する分子線の標的上で、衝突断面の長径の比 $D = d/(2r_0 \cos \theta_i)$ によつて表わされる。Dが0の時、測定流束強度は cosine 分布となり、Dが0.4より大きい時、cosine 分布からのゆがみは顯著になる。

(2) 装置の構成要素の配置精度誤差の影響は、標的表面の正規の位置からのずれ量と検出器の回転半径との比 d/r_0 、および衝突断面の長径と検出器の回転半径の比 $D = d/(2r_0 \cos \theta_i)$ の双方によつて表わされる。これらの影響は入射角が表面接線に近づくほど顯著になる。たとえば、 $\theta_i = 95^\circ$, $d/r_0 = 0.05$, $t/r_0 = 0.02$ の時、反射分子の最大強度は -12° の所に現われ、cosine 法則からの強度の見かけの誤差は約 57% となる。

第4章では、系統的な実験の第一段階として、多結晶白金表面上でのアルゴンおよび窒素の挙動を調べるため、分子線の反射流束の空間分布を測定し、表面温度依存性について考察し、以下の結論を得た。

(1) 多結晶白金表面に衝突するアルゴン原子、窒素分子ともに、表面温度が常温はいし 100°C の範囲では散乱反射を示す。

(2) 表面温度 $100^\circ\text{C} < T_0 < 700^\circ\text{C}$ の範囲では散乱反射と葉状反射の単純な重ね合わせから成り立ち、その割合は温度の増加とともに直線的に変化する。

主論文の要旨

報告番号

※甲第

号

氏名

林

農

(3) 葉状反射の部分は *Hard-Cube* 理論と定性的によく一致するが、定量的なことについては明確な結論は得られていない。

第5章では、多結晶ニッケル表面上でのアルゴン分子の窒素の挙動変化の表面温度依存性について分子線法による実験を行ない、得られた結果と表示する模型について議論し、以下の結論を得た。

(1) 大気中に晒された多結晶ニッケル表面上での気体の反射過程は表面温度の上昇とともに変化する履歴現象を生じる。

(2) しかし、一度 600°C 以上の高温で高真空中に放置された表面では再現性のある強い葉状反射分布が得られ、その分布は表面温度および入射角に一義的に依存する。

(3) 得られた実験結果を稀薄気体力学の分野に適用するには、固体壁での境界条件として、たんに二つの基本的パラメータで反射分布を表示できる *Novilla* 模型を用いると簡単かつ明瞭に表わすことが出来る。

第6章では、以上の章の内容をまとめ結論とした。