励起中性粒子検出法を用いた小型 指向性真空計の試作*

荒川 一郎**・金 文沢**・辻 泰**

(昭和58年12月20受理)

Compact Unidirectional Vacuum Gauge by Means of
Detecting Excited Neutrals

Ichiro ARAKAWA, Mutaek KIM and Yutaka TUZI

(Institute of Industrial Science, University of Tokyo,

Roppongi, Minato-ku, Tokyo)

(Received December 20, 1983)

1. はじめに

希薄気体中において特定の方向から飛来する気体分子だけを検出する指向性真空計は、真空技術の分野における応用のみならず、気体と表面との相互作用に関連した諸現象の観測手段としても有効な利用が期待できる。真空計、気体分子検出器に指向性を与える方法としては、クライオ・コリメーター型¹⁾、多重細管型²⁾、励起中性粒子型^{3,4)} など様々なものが提案されており、同時にこれらの指向性真空計から得られる情報の理論的解析も行われている^{1,2,3)}。

気体分子を電子衝撃した時に生成される種々の粒子の中から、励起中性粒子(準安定分子)だけを分離して検出する方法を用いた指向性真空計では、鋭い指向性、低いバック・グラウンド雑音など、他の方法によるものと比較して優れた性能が得られることが予備的実験によって確認されている^{4,6)}。また、測定感度に関する定量的解析、気体分子の速度分布の測定に関しても詳細な検討がなされている⁴⁾。ここでは、実用に供することを目的として試作した小型の励起中性粒子型指向性真空計について、その構造と主な性能について報告する。

2. 測定子の構造

測定子の構造の概略図を Fig. 1 に示す。電子源(S)、

集電子電極(A)、二枚のアパーチャーからなるコリメーター部(C)、イオンを追い返すための阻止グリッド(G)、パルス検出用の二次電子増倍管(村田製作所, Ceratron EMT-6081B)が、外寸 $85 \times 57 \times 28$ mm³の直方体の箱に収められている。箱の構造材料はステンレス鋼板(SUS 304, 厚さ 0.3 mm¹)及びアルミニウム合金(2219)である。電子源には、通常のブラウン管用電子銃の一部を使用した。真空計の実用的感度を高くする目的で、電子電流を多くするために電子源周辺の構造とその制御回路等に改良を加えた。アパーチャーの直径と間隔は、それぞれ 3.2 mm ϕ と 40 mm であり、この配置から計算される指向性の半値幅は 80 mrad となる。電子線の中心から二次電子増倍管の開口部までの距離は 55 mm である。阻止グリッドには、200メッシュ、線径 0.02 mm ϕ のタングステン網を使用した。測定子の重量はおよそ 150 g である。

制御回路の系統図を Fig. 2 に示す。各部の機能については文献⁴⁾で既に報告した。パルス電子線の制御は、電子銃の第一グリッド(陰極に最も近いグリッド)の電位を変調することにより行い、そのパルス幅と周期は、測定する気体の速度分布を考慮して決定した。Ar の場合には、パルス幅 100 μ s, 周期 300 μ s, He ではそれぞれ 20 μ s と 80 μ s とした。また計数器のゲートは、光信号を除去するため、各周期ごとに Ar では 125 μ s, He では 40 μ s の間、閉鎖した。写真 Fig. 3 は、カバーを取り外した状態の測定子である。

* 昭和58年10月31日 第24回真空に関する連合講演会で講演(31 Ap-4)

** 東京大学生産技術研究所(東京都港区六本木)

3. 試作機の性能

指向性の実測結果を Fig. 4 に示す。測定気体は Ar で、内径 1 mm ϕ の細管から真空容器内に吹き出している。図は測定子を回転させた時の、吹き出し口方向 ($\theta = 0$ rad) 前後での出力信号の変化を示している。気体源はほぼ点源と見なせるので、角度分布のピークの半値幅によって指向性を評価することができる。図より半値幅は約 100 mrad となり、設計値 80 mrad よりはやや大きな値となっている。この傾向は、予備実験の時にも見られたものであり⁴⁾、原因は電子衝突の際の電子-分子間の運動量授受に関連しているものと考えられる。吹き出し口方向を外れた時の信号は、容器内壁から反射してくる気体分子によるものである。この実験を行った時の容器内の圧力は 3×10^{-5} Pa であった。

真空容器内の圧力 p と、その時の励起中性粒子の計数率 C の関係を Fig. 5 に示す。測定対象とした気体は Ar と He である。圧力 p は N_2 換算値で示してある。測定子は容器の内壁を見る方向に向けており、測定子の

Fig. 1 Schematic diagram of a compact unidirectional vacuum gauge.

開口部に入射する気体分子の数は、容器内の圧力 p に比例したものとなる。パルス電子線の電流値は、パルスのデューティ・サイクルを用いて平均した値 I_a で示してあり、計数率は、100秒間計数した値の平均値で示してある。図に示した圧力領域において、圧力 p (Pa) と計数率 C (counts/s) の関係の直線性は良好であった。この関係を $C = kp$ とすると、比例定数 k は、Ar に対して 5×10^5 counts/s Pa, He に対して 3×10^4 counts/s Pa となる。

4. ま と め

励起中性粒子を分離検出する方法を利用した、小型の指向性真空計を試作した。形状は $85 \times 57 \times 28$ mm³ の直

Fig. 3 Appearance of a compact unidirectional vacuum gauge.

Fig. 2 Block diagram of the controlling and counting system of a unidirectional gauge.

Fig. 4 Angular distribution of the signal intensities for Ar effused from a nozzle when the gauge was rotated around the direction of the nozzle.

方体で、通常の真空装置内に組み込み、かつ移動、回転させることは容易である。感度、指向性に関しては、予備実験の結果と同等の性能が得られた。これらのことから、この型の指向性真空計の実用性が確認された。

今後の課題は、主として感度を向上することであり、そのための方法として、励起中性粒子生成部の改良、二次電子増倍管の検出効率の高効率化などが考えられている。また、種々の気体に対する感度係数等のデータの集積も必要である。

Fig. 5 Relations between the count rate C of excited neutrals and the pressure p for Ar and He. The average current I_a is the product of the peak current and the duty cycle of the pulse electron beam.

〔文 献〕

- 1) M. Kobayashi and Y. Tuzi: J. Vac. Sci. Technol. **16** (1979) 685.
- 2) M. Kobayashi, Y. Tuzi and K. Terada: J. Vac. Sci. Technol. **18** (1981) 1013.
- 3) R. Pichlik and J. C. Zorn: J. Vac. Sci. Technol. **7** (1970) 204.
- 4) 荒川一郎, 金文沢, 辻泰: 真空 **26** (1983) 904.
- 5) 荒川一郎, 辻泰: 真空 **26** (1983) 913.
- 6) I. Arakawa, M. Kim and Y. Tuzi: J. Vac. Sci. Technol. **A2** (1984) to be published.