超音波センサによる圧力測定の可能性*

日下 忠興**・安井 啓二**・塩山 忠義**・小川 倉一**

(昭和59年12月17日 受理)

Study of Pressure Measurement by Ultrasonic Sensor

Tadaaki KUSAKA,** Keiji YASUI,**

Tadayoshi SHIOYAMA** and Soichi OGAWA**

(**Osaka Prefectural Industrial Research Institute,
Enokojima, Nishi-ku, Osaka)

(Received December 17, 1984)

1. はじめに

従来から低・中真空領域の圧力測定に用いるセンサは種々あるが、それぞれ長所短所を持っている。しかし近年これら領域の真空応用技術の高度化に伴って、より高い信頼性、使いやすさ、低コストのセンサを求めて、各種改良や新しいセンサの開発が試みられている^{1,2)}。筆者らも薄膜熱伝導型真空計の研究を行ってきたが³⁾、10 Torr 以上の圧力では対流の効果を利用する必要などのため感度や応答性が悪くなる。そこで粘性流領域の圧力測定に超音波を用いることを試みた。音の伝播を用いて10~20 Torr 付近の圧力測定を試みた報告もされている²⁾。筆者らは、外からの影響の少ない超音波を用いることにより、空気、窒素、アルゴン、ヘリウム、二酸化炭素の5種類の雰囲気ガスで大気圧近傍までの圧力測定の可能性について調べたので報告する。

2. 実験装置及び方法

実験装置と使用した超音波センサの概略図をFig. 1に示す。測定系は、高周波発振器(イグザクト・エレクトロニクス社製126型)、高周波電圧計(東亜電波工業(株)製PM-15 B型)とヒューレット・パッカード社製5306 A型)、周波数カウンタ(ヒューレット・パッカード社製5308 A型)で構成されている。超音波センサは市販されているもので、バイモルフ振動子を用いた公称周波数40 kHz±

1 kHz のものである。このセンサを2個対向させて超音波の送受波を行なった。センサは、ハーメチックシールを通して外の測定系と接続してある。超音波の送波は、一方のセンサ(送波センサ)へ高周波発振器から一定の正弦波電圧を印加することにより行なった。他方のセンサ(受波センサ)により伝搬してきた超音波を受波した時に誘起する高周波電圧を高周波電圧計で測定することにより、圧力依存性を求めた。(以後、送波センサへの印加電圧を入力電圧とし受波センサに誘起する電圧を出力電圧とする。)基準圧力計としては、水銀マノメータで校正されたデジタルマノメータ(株岡野製作所製VD-76 A型)を使用した。圧力の設定は、減少させる場合はロータリーポンプを用い、増加させる場合は雰囲気ガスを導入することにより行い、設定値に達するとバルブを閉じて測定を行なった。真空系の漏れは、 10^{-5} Torr·l/s 以下であった。雰囲気ガスを変えて測定する場合は、 10^{-2} Torrまで排気した後所定のガスで2回ガス置換を行なった。

3. 結果及び考察

使用した超音波センサによる出力電圧の周波数依存性をFig. 2に示す。送波センサと受波センサの振動子間隔(以後振動子間隔)は20 mm、雰囲気ガスは空気である。入力電圧は7 V一定とし、周波数のみ変化させた時の特性である。この特性から中心周波数は41 kHz付近であることが分かった。そこで、以後の実験は41 kHzの周波数で行なった。

* 昭和59年10月29日 第25回真空に関する連合講演会で講演(29Ap-5)

** 大阪府立工業技術研究所(大阪市西区江ノ子島)

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus and ultrasonic sensor.

Fig. 2 Frequency dependence of output voltage for air.

出力電圧の圧力依存性の一例をFig. 3に示す。振動子間隔は15 mm、入力電圧は7 V一定、雰囲気ガスは空気である。出力電圧の圧力依存性は、10 Torr 付近から大気圧近傍まではほぼ直線的に変化することが分かった。○印は圧力を減少させていった場合で△印は圧力を増加させていった場合であるが、両者とも同一線上にのることが分かる。また、測定日を変えて繰り返し測定を行っても同様で、数%の誤差範囲内に治まることが分かった。これらから、ヒステリシスがなく再現性があることが分かった。Fig. 4は、振動子間隔を変化させた場合の出力電圧—圧力特性を測定した例であり、振動子間隔を変えても出力電圧の圧力依存性は10 Torr 付近から大気圧近傍まではほぼ直線的に変化し、勾配が異なっていることから感度が変化していることが分かった。

Fig. 3 Pressure dependence of output voltage for air.

雰囲気ガスを変えた場合の出力電圧—圧力特性をFig. 5に示す。振動子間隔は15 mm、入力電圧は6 V一定とした時の、空気、窒素、アルゴン、ヘリウム、二酸化炭素の5種類で行なった特性である。各ガスにおける出力電圧の圧力依存性は同じ傾向を示し、10 Torr 付近から大気圧近傍まではほぼ直線的に変化することが分かった。しかし、ガスの種類により感度が異っている。この原因については、単にガス密度の違いだけでは説明がつかず現在検討中である。入力電圧は6 V一定で測定を行なったが、入力電圧7 V一定で測定したFig. 3と空気について比較すれば、同じ傾向を示し感度が変わることが分かる。このことから、入力電圧を変えても出力電圧の圧力依存性は、10 Torr 付近から大気圧近傍まではほぼ直線的に変化し感度が変わることが分かった。

Fig. 4 Pressure dependence of output voltage for air with the parameter of distance.

4. ま と め

以上、超音波センサを用いた圧力測定の可能性を、空気、窒素、アルゴン、ヘリウム、二酸化炭素の5種類の雰囲気ガスについて調べた。この結果、次のことが分かった。

- (1) 出力電圧の圧力依存性は、雰囲気ガスにより感度は異なるが10 Torr 付近から大気圧近傍まではほぼ直線的に変化する。
- (2) 増圧と減圧によるヒステリシスがなく再現性もある。

Fig. 5 Pressure dependence of output voltage for N_2 , air, Ar, CO_2 and He gases.

このことから、熱伝導型真空計では感度が悪くなる粘性流領域での圧力センサとしての可能性が見い出された。今後、さらに条件を変えて測定を行なうと共に、メカニズムについても検討していくつもりである。

〔文 献〕

- 1) 平田正紘他：計装 **27** [7] (1984) 19.
- 2) 宮崎栄三：真空 **26** (1983) 789.
- 3) 塩山忠義，小川倉一，滝口勝美：真空 **25** (1982) 546.