CSL ゲージと AE ゲージの特長を組み合わせることの可能性*

金持 徹**・矢野 将也**・中村 宏志**・浦野 俊夫**

(受付1991年12月5日, 掲載決定1992年2月8日)

New Gauges keeping Beautiful Points of CSL Gauge and AE Gauge

Toru KANAJI**, Masaya YANO**

Hiroshi NAKAMURA** and Toshio URANO**

(Faculty of Engineering, Kobe University, Nada, Kobe 657)

(Received December 5, 1991, Accepted February 8, 1992)

1. はじめに

神戸大学では、数年来直列静電レンズ型真空計 (CSL ゲージ) の開発を進めてきた^{1,2,3)}。この真空計では陰極、丸い穴を持つ円板電極、及びイオンコレクタを一系列に並べて、円板電極には高低を繰り返しながら全体として次第に低くなる電位を与え、直列静電レンズ系を構成させている。陰極から放射された電子は静電レンズの作用によりゲージの中心軸付近を進み、やがて停止し、反転してまた中心軸付近を進み、陰極の付近で再び反転して往復振動を繰り返す。また発生したイオンは静電レンズの作用によって効率よくイオンコレクタに入る。この真空計の特長は電子の飛行距離を長くして感度をよくしているところにあり、昨年度に行われた予備実験では簡単に $10^3/\text{Torr}$ の桁の感度が得られた。しかし、このゲージの問題点は構造が複雑であることである。

一方、このゲージとは全く独立に中国で開発された軸放射型真空計 (Axial Emission Gauge)⁴⁾ も、CSL ゲージと同様に軸方向に電子を走らせる方式であるが、構造が非常に簡単である (Fig. 1) にもかかわらず、感度や X 線光電子電流発生係数はすぐれた B-A ゲージと同程度である。そこで我々はこの AE ゲージに興味を持って CSL ゲージと同様にシミュレーション計算を行った。

Fig. 1 Schematic indication of axial emission gauge (AEG) developed in China.⁴⁾

2. CSL ゲージと AE ゲージのシミュレーション

Fig. 2 に CSL ゲージと AE ゲージのシミュレーション結果を示すが、CSL ゲージの場合には、L1~L10 に図のような電極電位を与えるとフィラメントを飛び出した電子は多数回往復振動する (a)。AE ゲージの方はフィラメントの上半分の各点から飛び出した電子の軌道を示したが、電子は図の右方向に進んで簡単にグリッドに捉えられる (b)。また図中の灰色の部分でイオンフィールドと呼ぶことにするが、これはこの領域で発生したイオンがイオンコレクタに入ることを表わしている。イオンコレクタ付近はこのイオンフィールドに含まれていないがこれは 50 eV 以下の電子はイオンを発生できないと考えて除外したためである。

AE ゲージのシミュレーション結果を見るとイオン電

* 平成 3 年 10 月 31 日第 32 回真空に関する連合講演会で講演 (31Aa-3)

** 神戸大学工学部 (〒657 神戸市灘区六甲台町)

(a)

(b)

Fig. 2 Computer simulation studies of CSL gauge (a) and AEG (b). The equipotential lines and the electron trajectories are indicated. The painted area in (b) is that in which generated ions flow down to the ion collector. This area is called as "ion field".

流の発生に役立つ電子軌道、つまりイオンフィールドを通る電子軌道はグリッド内の電子軌道の一部でしかない。そこで有効な電子軌道をもっと長くすれば従来のAEゲージよりも感度が改善出来るのではないかと考えて昨年度と今年度、2種類の改良を試みた。

3. AE ゲージの改良

まず、ヘリカルコイル状のグリッドを改めて、同じ直径とピッチでリング電極を配置することにし、昨年度には、陰極に近い3つのリング電極によって静電レンズ系を構成させた。これによって電子軌道が中心軸に近寄り、有効な電子軌道が長くなる (Fig. 3)。またドーナツ型の電子コレクタ電極 (EC) を設置して電子をこの電極に集め、ここから発生するX線や二次イオンがイオンコレクタを照射しないように円筒型のシールドを配置した。実際の計算では、フィラメントを飛び出す電子数を図の場合よりもずっと多くして調べた結果、この改良によってイオンフィールド内を通る電子軌道の長さの合計は従来のAEゲージの2.8倍になった。従って感度

Fig. 3 Computer simulation study of the improved AEG (IAEG). The effective length of the electron trajectories in the ion field is spread by the effect of an electrostatic lens composed near the cathode.

Fig. 4 Computer simulation study of the electron trajectories in the axial reflection gauge (ARG). The electrons return back toward the cathode by a retarding field.

は2.8倍になると予測された。またフィラメントを飛び出した電子のうち4分の3以上が電子コレクタに入ることがわかったのでX線光電子電流発生係数は1/4倍になると予測された。このゲージをIAEゲージ (Improved Axial Emission Gauge) と呼ぶことにする。

4. AR ゲージ

今年度には、電子を1往復させることによってイオンフィールドを通る電子軌道を長くすることを試みた。そのためにイオンコレクタに近い2つの電極の電位も変更し、イオンコレクタを針状にした。また、シミュレーションを実験に近づけるためにフィラメントを小さくして前に出した。そしていろいろなシミュレーションを行った結果、Fig. 4に示すような電子軌道とイオンフィールドが得られた。先ほどと同様の方法で感度を計算すると、IAEゲージの場合とほぼ同程度の感度が得られることがわかったが、構造はさらに簡単になっている。これを

Fig. 5 Computer simulation study of ion trajectories in ARG.

AR ゲージ (Axial Reflection Gauge) と呼ぶことにする。このゲージの場合には、多くの電子が L2 電極に集まるので、ここからのイオンコレクタに対する立体角が小さいために X 線光電子電流の発生が少ない事が期待でき、また、イオン軌道のシミュレーションからわかるように、L2 電極で発生した二次イオンがイオンコレクタに集まらない点も重要である (Fig. 5)。

5. む す び

以上述べてきたことから IAE ゲージも AR ゲージも従来の AE ゲージより 1 桁程度低い圧力を測ることが可能と思われ、構造が簡単で実用性もあるように思われる。CSL ゲージの特長は非常に高い感度にあるが、AE ゲージの方は非常に構造が簡単で、しかも改良の余地が大きい事がわかったから、今後は両者の特長をあわせ持つようなゲージの研究を行っていく予定である。

〔文 献〕

- 1) 高梨啓一, 米田 智, 本郷昭三, 浦野俊夫, 金持 徹; 真空, 33 (1990) 271.
- 2) T. Kanaji, T. Urano and S. Hongo; Vacuum, 41 (1990) 2143.
- 3) 福岡久典, 吉岡 淳, 高梨啓一, 本郷昭三, 浦野俊夫, 金持 徹; 真空, 34 (1991) 220.
- 4) J. Z. Chen and C. D. Suen; J. Vac. Sci. Technol. 20 (1982) 1144.