シンクロトロン光によるアルミニウム合金 チェンバーのガス放出*

金沢 健一**・百瀬 丘**・小林 正典**・石丸 肇**

(昭和61年1月6日 受理)

Gas Desorption from Al-alloy Chamber due to Synchrotron Radiation

Ken-ichi KANAZAWA, Takashi MOMOSE,
Masanori KOBAYASHI and Hajime ISHIMARU

(National Laboratory for High Energy Physics, 1-1 Uehara,
Oho-machi, Tsukuba-gun, Ibaraki, 305)

(Received January 6, 1986)

1. はじめに

リング型の加速器では、周回する粒子によってシンクロトロン放射が生ずる。粒子の全エネルギーの静止質量に対する比(γ)が1よりはるかに大きい場合には、シンクロトロン光によるチェンバー壁面からのガス放出が加速器の真空(真空度及びガス成分)を決める主要因となる。既設の加速器における経験から、シンクロトロン光によるガス放出は、光によるチェンバー表面の吸着ガスの脱離と考えると予想されるよりもはるかに大きく、むしろ、チェンバーからシンクロトロン光によって生じる光電子によるガスの脱離と考えられるに至っている¹⁾。また、シンクロトロン光の高エネルギー成分による固体内部からの拡散の増大の可能性も指摘されている²⁾。一方加速器を作る立場からは、シンクロトロン光によるガス放出の量や種類が、チェンバーの材質や表面処理によってどの様に異なるか、またシンクロトロン光のスペクトルやチェンバーへの入射角によって放出ガスの量はどの様に変化するか、またサンプルを用いた実験から実際の加速器での放出ガスをどの様に評価するか、熱的なガス放出や電子衝撃脱離のデータとシンクロトロン光によるガス放出をどう結び付けるか、等の問題があり種々の実験が行われている(文献は2)を参照)。それらによって分

ったことも多いが、又、分らないことも多い。例えば、現在高エネルギー物理学研究所で建設中のトリスタン加速器(チェンバーはアルミ合金)の蓄積リング(AR)では、シンクロトロン光によるガス放出のビーム電流当りの値は、ビーム電流の積分値(D)に関して D^{-1} の様に減少しているが、PETRAでは $D^{-0.63}$ の様に変化していることが報告されている³⁾。O. Gröbner 他アルミ合金チェンバーのサンプル実験でも大部分 D^{-1} より緩い⁴⁾。このD依存性の違う理由はよく分っていない。同様に現在ARでは放出ガス中のCOがビームのライフタイムを決定しているが、COがこれ以後どの様に減少していくのかも他の実験からは予測し難い。

今回報告する実験は、特にアルミ合金チェンバーのシンクロトロン光によるガス放出を、サンプルチェンバーを用いた実験により理解するために行った第1回目のものである。今回の主眼の1つは、長時間にわたってガス放出の減少の様子を見ることにあった。

2. 試料及び装置

試料はすべて特殊押出しのアルミ合金チェンバーである。材質は6063S-T5, 6263-T5, 1070-H112の3種類である。チェンバーは内径47 mm, 長さ860 mmである。試料の取扱いはFig. 1にまとめてある。Heを用いた放電洗浄は測定装置とは別のテストベンチで荒引き後行った。この時放電の色にHeの色がほとんど見られなかつ

* 昭和60年11月7日 第26回真空に関する連合講演会で講演(7Aa-6)

** 高エネルギー物理学研究所(茨城県筑波郡大穂町上原1-1)

- (1) 6063S - T5
- (2) 6263 - T5
- (3) 6263 - T5
- (4) 1070 - H112

Fig. 1 試料の材質と取扱い.

たので He 放電洗浄という言い方が適当かどうかは疑問である.

測定は高エネルギー物理学研究所放射光施設 (PF) で行った. 装置の主要部を Fig. 2 に示す. シンクロトロン光は最終的に発光点から 4235 mm の位置のコリメーターで 5 mm×5 mm に絞られ, 測定室を通り試料チャンバーを 3° の入射角で照射する. この入射角の値は AR : 3, 57°, トリスタン主リング : 1.21° の中間の値を採用した. シンクロトロン光の臨界エネルギーは 4 keV

で, チェンバーに当る光子数は単位時間, ビーム電流 1 mA 当り, 約 3×10^{14} 個で, エネルギーにして約 80 mW である. 光の直接当る部分は 6 mm×130 mm となる. 排気は測定室から行い測定中はイオンポンプのみを使用した. イオンポンプの測定室に対する排気速度は特性表から 10^{-7} Torr 台で 41 l/s (N_2 換算), 10^{-8} Torr で 36.5 l/s (N_2 換算) と与えられる. 四重極質量分析計及び B-A ゲージを測定室に取付け全圧及び分圧を測定した. 但し感度校正はしていない. ターボ分子ポンプを初期排気時及びベーク時に補助的に使用した.

3. 結果及び考察

以下, 我々のデータの示す特徴とそれから考えられることを述べる. ビーム電流当りの全圧上昇の変化を Fig. 3 に示した. 比較のために同じビーム電流の積分値における AR のデータを示してあるが, 傾向を比べるためのものであり, この図から値を比較することは意味がない. ベーキングのみの試料は AR に近いが, 多少緩い減少を示している. また放電洗浄を行った試料や一度シンクロトロン光を照射した試料では AR や上述の試料よりもずっと緩い減少を示しているのが注目になる (AR はベーキングや放電洗浄は行っていない).

Fig. 4 にベーキングのみの試料における水素分圧の上昇の変化を示した. 3 種のチェンバーともほとんど同じ値を示して後述の CO 及び CO_2 の場合と著しい対照をなしている. また変化も緩く $D^{-0.5}$ に近い. Fig. 5 にベーキングのみの試料における CO と CO_2 の分圧上昇 (の和) の変化を示した. 水素の場合と異り, Fig. 8 に示す様に, 初期圧力とはっきりした相関を示している.

TOP VIEW

Fig. 2 測定装置主要部

Fig. 3 ビーム電流当りの全圧上昇

Fig. 5 ベーキング処理のみの試料のビーム電流当りのCO分圧上昇とCO₂分圧上昇の和

Fig. 4 ベーキング処理のみの試料のビーム電流当りのH₂分圧上昇

Fig. 6 放電洗浄を行った試料と、一度シンクロトロン光を照射した試料のビーム電流当りのH₂分圧上昇（参考のため同質の試料のベークのみの時の分圧上昇を示した。）

また変化も水素より急で 10^3 mA·hourを越す付近では D^{-1} の様に減少している。Fig. 6に放電洗浄を行った試料(6263)と、一度シンクロトロン光を当てた後3週間大気に曝し、再びシンクロトロン光を照射した場合(6063 S)の水素の分圧上昇を示した。放電洗浄によって1/2弱水素の分圧上昇が減っている。また一度シンクロトロン光を当てた試料は著しい記憶効果を示している。Fig. 7にFig. 6と同様の場合のCO+CO₂の変化を示している。放電洗浄の場合が一番小さい値を示していると同時に減少のし方が緩い。しかしCO+CO₂の場合はベ

ークのみの試料も含めてすべて分圧上昇が初期圧力（バックグラウンド圧力）とよい相関を示している。一方H₂の分圧上昇は初期圧力と全く相関がない（Fig. 8）。尚、シンクロトロン光による分圧上昇を示したのはH₂、CO、CO₂及びわずかながらCH₄であった。水は、バックグラウンド中に存在したが、分圧は変化しなかった。以上の事実から次の様なことが考えられる。

シンクロトロン光によって放出するH₂は、分圧上昇

Fig. 7 放電洗浄を行った試料と、一度シンクロトロン光を照射した試料のビーム電流当りのCO分圧上昇とCO₂分圧上昇の和(参考のため同質の試料のベークのみの時の分圧上昇を示した.)

が、ベークのみの試料では試料によらないこと、全体として初期圧力と相関がないこと、記憶効果が著しいこと、減少のし方が緩やかで $D^{-0.5}$ に近いことから、試料内部からの拡散と考えられる。一方CO+CO₂は、分圧上昇が常に初期圧力と相関があること、放電洗浄の効果が著しいこと、減少のし方が D^{-1} に近いことから、試料表面からの(光電子による)脱離によって生じると考えてよいと思われる。

4. ま と め

アルミ合金チェンバーの放射光による圧力測定を行った。放出ガスの内H₂は、分圧上昇がベークのみの試料では試料によらない、 $D^{-0.5}$ の様に減少する、記憶効果が著しい、等の点から内部からの拡散によって生じると考えられる。またCOやCO₂は、分圧上昇が、初期圧

Fig. 8 分圧上昇と初期圧力との相関。初期圧力の低い方から、6263 (He D.C.), 6063 S (再照射), 6263, 6063 S (1回目), 1070.

力と相関がある、 D^{-1} の様に減少する、放電洗浄によって著しく減少する、等の点から表面からの脱離と考えられる。

〔文 献〕

- 1) G. E. Fisher and R. A. Mack: J. Vac. Sci. Technol. 2 (1965) 123.
- 2) 小林正典: 真空27 (1984)/解説.
- 3) J. S. Kouptsidis: Proc. 7th Intern. Vac. Congr. & 3rd Intern. Conf. solid Surfaces (Vienna 1977) 341.
- 4) O. Gröbner, A. G. Mathewson, H. Störi, P. Strubin and R. Souchet: Vacuum 33 (1983) 397.