冷 却 ト ラ ッ プ の 熱 損 失*

平野 治男**・吉村 長光**

(昭和55年12月15日 受理)

Thermal Loss of a Cold Trap

Haruo HIRANO and Nagamitsu YOSHIMURA

(JEOL Ltd., Akishima-shi, Tokyo)

(Received December 15, 1980)

1. 序

電子顕微鏡の排気系に用いられる冷却トラップは、下記の条件を満たす必要がある。

1) 液体窒素の入手が困難な地域で電子顕微鏡が使用される場合、冷却トラップのリザーバは排気抵抗になる。この場合はリザーバを取りはずして排気抵抗を小さくする必要がある。また、リザーバのクリーニングのためにもリザーバの取りはずしが容易であることが要求される。

2) 電子顕微鏡は連続運転される場合が多い。従ってリザーバの液体窒素保持時間は20時間以上必要である。

3) 水蒸気や hidrocarbon に対する凝縮排気速度は十分大きくなければならない。

以上の条件を考慮して、電子顕微鏡用冷却トラップを製作した。この冷却トラップが上記条件を満足していることを実験により確認した。

2. 構 造

Fig. 1 に今回製作した冷却トラップの構造を示す。

トラップは、リザーバが上部から容易に取りはずせる構造をしている。熱伝導損失を小さくするため、リザーバを薄肉 (0.5 t) のステンレス鋼で作り、上部を細く絞った。また輻射損失を小さくするため、反射板を組み込んだ。反射板の被排気系側には十分大きな排気孔を設けた。これは被排気系からくる気体分子を効率よくリザーバの冷却面に衝突させるためである。

3. 液体窒素の保持時間

序の第2項の必要性から、リザーバの液体窒素保持時

Fig. 1 Construction of LN_2 cold trap

*昭和55年11月12日 第21回真空に関する連合講演会で講演 (12a-1)

**日本電子株式会社 (東京都昭島市中神町1418)

Reflector	hours				
	without ref.		with ref.		
Surface condition	Meas.	Cal.	Case 1	Case2	Cal.
6.3 s	24	26	34	36	46
Wrapped with Al foil	39	37	42	52	55

Fig. 2 LN₂ Holding Time

間を測定した。リザーバの表面粗さは6.3 Sであった。輻射損失を小さくして、リザーバの液体窒素保持時間を長くする目的で、リザーバの表面及び反射板の表面にアルミ箔を巻き付けることも検討した。また、反射板取り付け部では熱伝導による熱リークが生じ、この熱量がリザーバ（液体窒素温度）にリークするか外壁（室温）に

リークするかによって熱輻射による熱損失量が異なることは、熱伝導、熱輻射の理論式から分かる。この熱損失量の違いによって液体窒素保持時間が変化する。これ（液体窒素保持時間の違い）がどの程度であるかをも測定した。反射板の取り付け方及び、上に述べた種々の状態で測定したリザーバの液体窒素保持時間と熱伝導・熱輻射の理論式より算出した計算値（液体窒素保持時間の計算値）を Fig. 2 に示す。なお、反射板を組み込んだ場合の計算では、反射板取り付け部での熱リークは無いと仮定している。

測定の結果、リザーバの表面粗さ6.3 Sで、Case 2 の状態において液体窒素保持時間は36時間であった。Fig. 2 に示すように、Case 1 の状態においても十分な値が得られたが、液体窒素保持時間を最大限長くするという点から、我々は Case 2 を採用した。リザーバの容量は1.3 lである。

リザーバの表面にアルミ箔を巻き付けるとさらに液体窒素保持時間を延ばすことができたが、実験の結果、トラップ動作中に圧力上昇が観察され、トラップとしては不相当と判断した。上記の状態（リザーバの表面粗さ6.3 S、反射板は Case 2 の様に取り付ける）でこの冷却トラップは序の第2項の条件を十分に満足していること

Fig. 3 Temperature in case 2, 6.3S

Fig. 4 Residual gas analysis

が判明した。この時、液体窒素の消費量は 36 ml/H であった。

4. 反射板の温度測定

Case 2 の状態で、液体窒素保持時間に対しては満足すべき結果が得られた。しかし計算値と比較すれば、30% の差がある。この原因の一つは、前に述べたように、反射板取り付け部での熱リークである。これを反射板の温度測定により検討した。測定点と測定結果、及び計算値（反射板取り付け部で熱リークは無いと仮定）を Fig. 3 に示す。測定における熱伝導・熱輻射に関する条件は、リザーバ表面粗さ 6.3 S（アルミ箔は巻き付けていない）、反射板は外壁に固定（Case 2）である。

反射板の温度を計算するには、リザーバ及び外壁の温度が必要である。Fig. 3 の計算では、この値に実測値を採用した。それ故、反射板取り付け部で熱リークが無ければ、反射板の実測温度は計算値にほぼ近い値を示すはずである。測定及び計算の結果、反射板の温度は実測値 270°K、計算値 254°K であった。実測値は計算値より 16°高温側にずれている。以上の結果、リザーバの液体窒素保持時間測定における 30% の差（実測値と計算値の差）は反射板取り付け部での熱リークにより生じたものと判断

できる。なお、ガス分子による熱損失は無視している。

反射板の温度は、液体窒素冷却面の温度（リザーバの表面温度）よりも外壁の温度（室温）に近いため、反射板でのトラップ効果は期待できない。我々は反射板の被排気系側に十分大きな排気孔を設け、この点に対処した。

5. 残留ガス分析

この冷却トラップの残留ガス分析の結果を Fig. 4 に示す。

電子顕微鏡で問題になる水素気、ハイドロカーボンに対し、水蒸気は $\frac{1}{6}$ に、コンタミネーションの原因となる分子量の大きいハイドロカーボンは $\frac{1}{3}$ に減少している。

6. 結 論

今回製作した冷却トラップは、反射板を外壁に取り付けた状態で十分な液体窒素保持時間を得た。また残留ガス分析の結果は、水蒸気やハイドロカーボンに対する凝縮排気速度が十分であることを示している。以上の結果、この冷却トラップは、Fig. 1 に示した構成で、電子顕微鏡用冷却トラップとして十分に機能を発揮することが判明した。