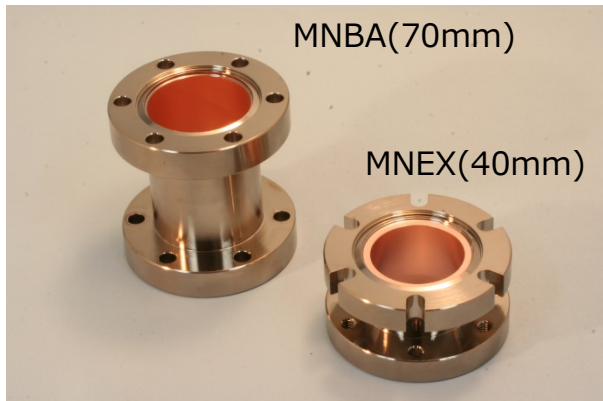


# Magic Nipple

Licensed by Vac lab.

魔法のニップル



1. 真空計のガス放出が 1/7 に減る
2. 到達真空が 1桁程度良くなる
3. 消費電力が 1/2 以下に減る
4. 0.2% BeCu 合金製
5. 銅表面は NiP 不動態化処理
6. 300℃ までのベーキング可能
7. 銅ガスケットが使える

ヌード BA ゲージまたは EX ゲージのヘッドを本品に入れてチャンバに取り付けるだけです。

ガス放出速度	魔法のニップル	ステンレス製のニップル
BAゲージ (1/4)	$2.1 \times 10^{-11} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	$8.9 \times 10^{-11} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$
EXゲージ (1/7)	$5.6 \times 10^{-12} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	$3.9 \times 10^{-11} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$

200℃×2hベーク後18h経過後の値（スルーブット法で測定）

## 原理

### SUS のニップル

熱伝導率 (W/m/℃)  
16

熱輻射率  
0.36

ガス放出

電力大

反射

Hot

### 0.2% BeCu のニップル

熱伝導率 (W/m/℃)  
210

熱輻射率  
<0.05

ガス放出

電力小

反射

Cool

輻射率が 0.36 と大きいのでフィラメントから放射される赤外線（グリッドからの軟X線吸収も大きい）がステンレスの壁に吸収され易く、フィラメントに戻らないため、フィラメントから電子を放出できる温度まで加熱する電力を大きくする必要があります。

↓

沢山の熱を吸収した上、熱伝導が悪いので吸収した熱が真空壁に滞留する。

↓

真空壁の温度が上昇し、ガス放出が大きくなる。

輻射率が小さいのでフィラメントから放射される赤外線が壁に吸収され難い。壁で反射された赤外線はフィラメントに戻り、電子を放出できる温度まで加熱する電力が小さい。

↓

熱伝導が良いので吸収された熱は速やかに壁内に拡散し、壁の温度が低くなる。吸収される赤外線の量も少ない。

↓

壁の温度が上昇しないためガス放出が小さい。さらに 0.2% BeCu 合金材料自体のガス放出が極めて小さい。

# 魔法のニップルとは

“魔法のニップル”は、弊社が独自に開発し **0.2% BeCu 合金材料**の特性を生かしたアイデア商品です。

BA ゲージなどの熱陰極電離真空計は、超高真空、極高真空環境で、しばしば大きなガス源になります。ゲージ点灯中に、ゲージポート付近に触ってみると、かなり温かくなっているはず。中は相当高温です。「真空を下げるために、熱陰極電離真空計を切ってしまう」と誰もが一度は考えるでしょう。しかし、真空計が無ければ中の真空はわかりません。

どうしようもないと、諦めることも多いはず。

そんな時、“魔法のニップル”を試してください。今お使いのBAG や EXG を“魔法のニップル”に差し込んでから、ステンレスのゲージポートに付けると、「あら不思議」真空計には何もしていないのに、真空計からのガス放出は魔法のように下がります。このからくりは、ステンレス（チタンも同じ）と、弊社の0.2% BeCu 合金の輻射率と熱伝導性の大きな違い（全く正反対）にあります。

ステンレス（チタンも同じ）は熱線（赤外線～可視光）の吸収率が非常に大きく、一回の反射で約36%の熱線が表面で吸収されます。ゲージのグリッドやフィラメントは細い針金で出来ていますから、この線材に当たる確率よりも、壁に当たる確率の方が圧倒的に高く、7～8回も反射を繰り返せば、熱線は吸収されて無くなってしまいます。結果、フィラメントからはどんどん輻射熱が放射され冷え続け、フィラメントを加熱するために、大きな電力が必要になります。

また、ステンレスやチタンは、多々ある金属の中でも、最も熱が伝わりにくい金属です。そのため、一旦熱が吸収されると、熱が逃げにくく真空端子やフランジなどの温度が上昇し、結果、ガス放出が大きくなってしまいます。

0.2% BeCu 合金材料で製作した“魔法のニップル”でゲージ周囲を囲むと、フィラメントから放射された熱線は、壁の表面で97%の割合で反射されるようになります（壁を鏡面に磨けばより効果的です）。熱線は100回以上反射を繰り返しフィラメントに再入射する熱線量も増えます。

実際にゲージの真空端子に電流計と電圧計を付けて、ステンレスと魔法のニップルで比較してみると、魔法のニップルの方が、**消費電力が1/3まで小さくなる**ことが分かりました。

一方、真空端子やフランジなどに伝わった熱は、銅の高い熱伝導性により、ニップル側に速やかに拡散するため、真空端子やフランジからのガス放出を大きく抑えることができるのです。

金、銀、銅、アルミニウムの4つの金属は、輻射率（吸収率）が3%以下と非常に小さく、熱伝導は逆に13倍～25倍まで大きいのが特長です。この性質を利用すれば、熱陰極ゲージからのガス放出を劇的に下げることが可能になります。金や銀でゲージポートを作る訳には行きません。アルミニウムはやわらかすぎますし、熱膨張係数が合わないのが実用上大きな問題です。銅が最も有力なのですが、銅もガスケットに使うくらいですから柔らかいのが欠点です。

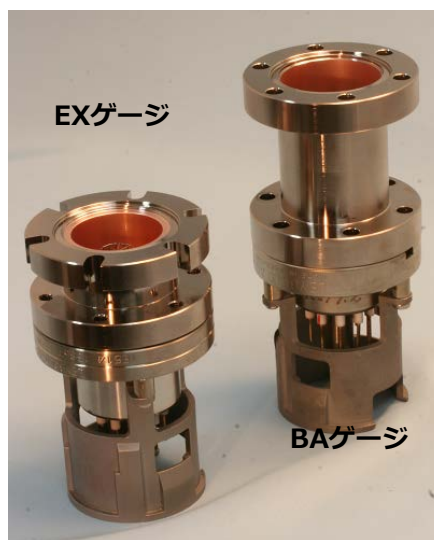
これを解決したのが弊社で開発した**0.2% BeCu 合金極高真空構造材**です。この合金は特殊表面不動態化処理を施すことにより、実用材料としては最も低いガス放出率を持たせることができ、熱伝導率は純アルミニウムとほぼ同等でありながら、硬度はステンレス鋼より固く、熱膨張係数は銅とステンレスに一致しております。

一般的なコンフラットシール用の銅のガスケットを用いて既存のステンレスコンポーネントと高温のベーキングに耐えうる信頼性の高い真空シールが可能です。

従って、この材料を用いてゲージポートを製作すれば、ニップルひとつで、ガス放出を大きく下げることが可能になるのです。

<参考文献>  
JVST.A11(1993)432,  
JVST.A22(2004)181 with 739.

## ゲージを取り付けた状態



ノード型熱陰極ゲージ以外には効果が有りませんのでご注意ください。