

松原研見学メモ

2002.02.12

KEK 鈴木 敏一

日時：2月5日（火） 午後1時30分より

場所：日本大学 理工学部 （習志野）

出席者：

高工研 新富、春山、佐藤、都丸、鈴木

宇宙線研 三代木、内山、山元

松原研 松原、周（？）

（順不同、敬称略）

内容

[1] VM冷凍機 見学

- 実験中のVM冷凍機を見学。
- thermal compressor を使うため圧力発生のために動く機械的ピストンは無い。
- 耳に聞こえる運転音、容器トップフランジに指で触れた印象では、これまでのGM及びGM型パルスチューブより静か。
- displacer および2段目パルスチューブの位相調節ピストンはリニアアクチュエーターで駆動していた。
- thermal compressor の低温浴側は液体窒素冷却。
- 300Kと80Kの間で作動するthermal compressorなので、圧力比の理論的上限は $300/80=3.75$ となるが実現できている圧力比はまだ1.3。
- 液体窒素消費量は約5L/hour。蒸発潜熱しか使っていないので、現在のところ効率は良くない。
- 液体窒素を使用するのが簡便な方法だが、この部分をスターリング・パルスで置き換えることは可能。

[2] 打ち合わせ

実験室見学後、電子線利用研究施設の会議室で打ち合わせを行った。

1. 重力波検出実験の目的、低温利用による感度向上の必要性などについての簡単なイントロ（鈴木）。

2. CLIK の構成と実験の現状報告 (三代木)
3. 東芝京浜事業所での小型冷凍機の振動測定について (都丸)
4. VM 冷凍機の紹介、2 段 VM による 4K で 1W の冷凍能力達成案など (松原)
5. 自由討論。

松原先生による 2 段 VM の説明。

次の図が基本形で、現在の装置の改造版で実現できる。

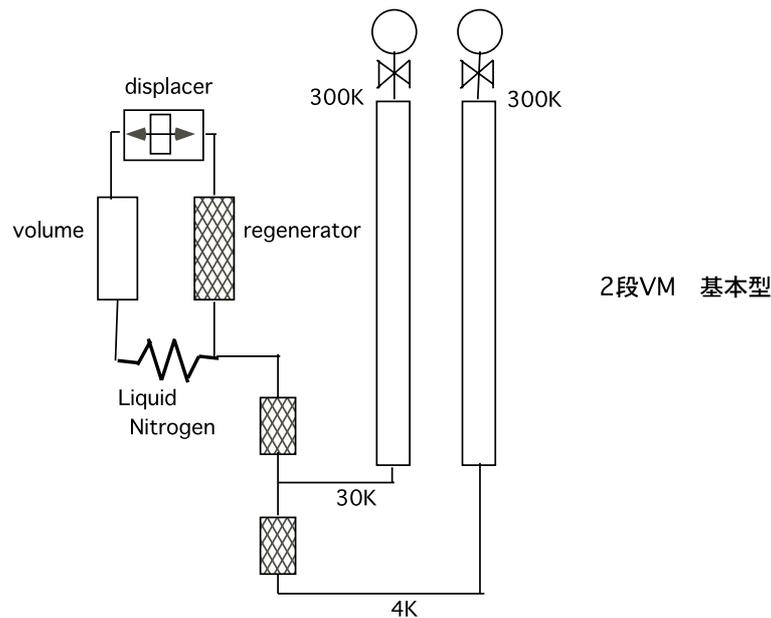


図 1: 2 段 VM の基本形

実機では動作の不安定性を避けるために以下の構成を取る。

- 点線部分を熱的に弱くリンクさせることで不安定性が避けられる。
- 実際に冷凍機が動作する段階まで早く進むには、液体窒素利用が望ましい。
- 時間的に制約のあるプロジェクトの研究ではまず冷凍機が期待どおりに動くことを見る。その後で、液体窒素をスターリング・パルスで置き換える。
- VM 方式では displacer の運動は残る。クライオスタットに直接取り付ける部分から話せるとはいえ、displacer の低振動化設計には頭を使う必要があるだろう。
- 実際にこれから 2 段 VM を開発/テストするとした場合のスケジュールは、8 月くらいまでに設計・制作・組立、9 月～10 月くらいから試験と小規模改造の繰り返し、年度末までに結論を出す。

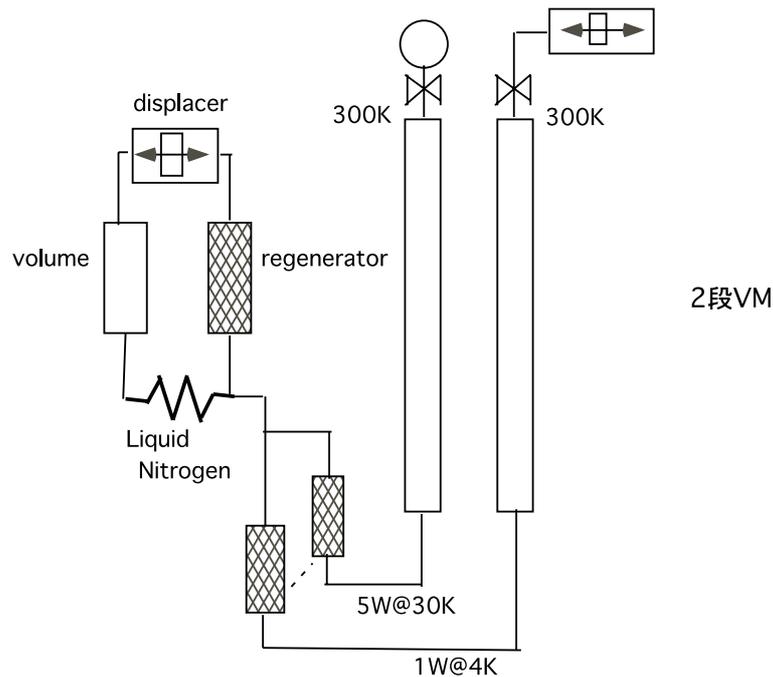


図 2: 2 段 VM の実際の構成

- 仕様は決めるが、設計と制作、つまり現物の形を実現する作業は業者の力を借りる。会社から研究開発に加わってもらいやすいようにこちらも体制を整える必要があるだろう。
- 先にも書いた displacer と 4K パルスチューブの位相調整用ピストンの低振動化設計がポイント。
- 現在はリニアステップモーターで駆動しているが、これをベローズとカムで置き換えるのも一案か？

パルス管の圧力による伸縮変形について。

パルス管冷凍機に機械的稼働部は無いにしても圧力の変動はなくせないで、パルス管の弾性変形による寒冷部の運動は避けがたい。Poisson 比 0.5 あるいは体積弾性率 ∞ の物質は存在しないので、実効的に管壁を厚くするか補強材をあてて変形量を小さく抑えることになる。その場合、一般的に使われている U 字管構造だと 4K と 300K の間の熱伝導路を増やしてしまうので冷凍機にとっては不都合が生じる。

GM 型では不可能だが、パルスチューブの特徴を生かせば、regenerator と volume を直線上に配置して、両端を 300K、中央部を 4K で運転する事が可能である。弾性変形を抑えるための補強枠は両端の 300K 部分を抑えればよい。

両端が室温で支えられるのでパルス管に沿って熱流を増加させなくて済む。

問題は冷却の際の熱収縮。 $\frac{\Delta L}{L} \approx 3 \sim 4 \times 10^{-3}$ はあるので、パルス管の熱収縮に伴って過大な熱応力が生じないか注意する必要があるだろう。

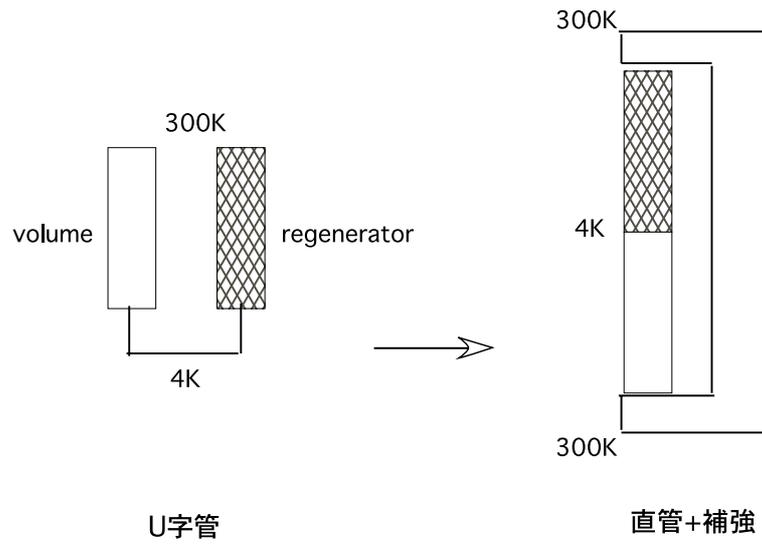


図 3: パルスチューブの特徴を生かした圧力変形抑制案

他に、冷凍機の立場から見ると、mirror 冷却のための低振動冷凍機開発と、10m 規模の長尺シールドの均一冷却は別個の課題として考えるのが妥当であろうとの指摘が松原先生からあった。

[3] FEL 実験施設見学

打ち合わせ後 FEL 実験施設を見学してから解散した。

以上。