

Title	レーザー核融合用クライオターゲットの製作
Author(s)	北垣, 和邦; 乗松, 孝好; 井沢, 靖和 他
Citation	大阪大学低温センターだより. 1983, 43, p. 9-12
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/9369
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

レーザー核融合用クライオターゲットの製作

レーザー核融合研究センター

北垣和邦、乗松孝好、井沢靖和、

山中千代衛 (吹田 6670)

1) はじめに

レーザー核融合では、燃料となる重水素と三重水素を充填した球状ペレットターゲットにレーザー光のエネルギーを集中照射し、表面より噴出するプラズマのロケット反作用で燃料球を球対称に圧縮し、核融合反応に導く。中心部の温度を10 keV(1億度)、密度を固定密度の100倍程度にまで加熱圧縮する必要がある。¹⁾ 中空の重水素、三重水素の固体燃料を用いることができれば初期密度が高く、圧縮効率も向上する。このため重水素、三重水素ガスをガラス中空球(GMB)²⁾に充填し、冷却固化してGMB内壁に均一な厚さの燃料層を作るクライオターゲットが研究開発されている。クライオターゲットの製作法にはGMBに取付た銅ファイバーを通して冷却する点冷却法³⁾と、低圧ヘリウムガスを通じて冷却する均一急冷法⁴⁾がある。以下にそれぞれの特徴と、レーザー核融合研究センターでの研究状況を紹介します。

2) 点冷却法によるクライオターゲットの製作

直径100 μm 壁厚1 μm のGMBに重水素を100気圧程度充填したターゲットに直径10 μm 程度の無酸素銅のファイバーを取り付ける。ファイバーを介してターゲットを18~26 Kに冷却すると

図1に示すように燃料は冷却点付近で液化し壁面に添って流下する。流下する間に、周囲からの熱輻射を受け気化し、再び上部の冷却点で液化する。ターゲットの温度、周囲からの熱輻射量を制御することにより、液層の厚さ、均一

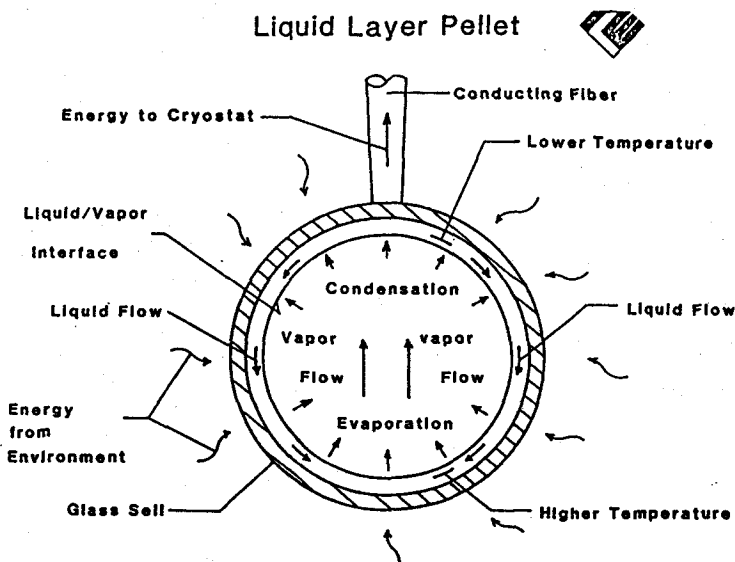


図1. 点冷却法によるD₂液体層の製作

冷却点付近で液化した燃料は壁面に添って流下する。流下する間に周囲からの熱輻射を受けて気化し、再び上部の冷却点で液化し、均一な液層を作る。

性を制御することができる。この方法の特徴は熱輻射量が比較的多くても均一な燃料層を作れることにある。ただ、重水素、三重水素の混合ガスでは、アイソトープ効果で上下に分離する欠点がある。

点冷却法によるクライオターゲットの製作技術はほぼ完成している。直径 $70\ \mu\text{m}$ 、壁厚 $1.2\ \mu\text{m}$ の GMB に重水素を 7.0 気圧充填し、 $2.5\ \text{K}$ に冷却して、熱輻射を $0.3\ \text{mW}/\text{cm}^2$ 程度にすることにより厚さ $0.6\ \mu\text{m}$ 、均一性 $((t_{\text{max}} - t_{\text{min}})/t_{\text{av}}) \pm 5\%$ の液体燃料層を得ることができた。⁵⁾ 理論計算による解析も行われ、均一な燃料層を得るための条件が計算で求められるようになった。

3) 均一急冷法によるクライオターゲットの製作

燃料を充填した GMB を $100\ \text{m Torr}$ 程度の He ガス中に置き、 $1.8\ \text{K}$ 以下に冷却する。このとき燃料は荒い結晶状に GMB 内面に析出する (図 2-(1))。次にレーザー等で瞬間的に加熱して燃料を蒸発させ (同図(2)) GMB 周辺の冷たい He ガスで急冷する。急冷することにより、GMB 内面に均一に固体燃料層を作ることができる。

(同図(3))

(同図(3))

この方法では周囲からの熱輻射量を小さくする必要があり、レーザー照射時に瞬間的に熱シールドを取り除かなければならないという欠点があるが、点冷却法よりも温度が低いため、固相部と気相部の密度比を大きくできる長所がある。

実験に用いたクライオスタットの断面図を図 3 に示す。クライオスタットは液体窒素で予冷し、外部からの熱の流入をおさえている。また、アフタークーラーに液体ヘリウムを流すことによりターゲットマウントからの熱の流入をおさえている。メインクーラーに液体ヘリウムを流してターゲットを冷却する。メインクーラーの内側にはガスヘリウムを満してターゲット

への熱伝達を向上させている。ガスヘリウムの圧力は固体層の均一性を決定する重要なパラメーターの一つとなる。

実験の結果メインクーラー内のガスヘリウム温度が $1.5\ \text{K}$ に達した時に重水素の固化が起った。この時点での GMB 内の重水素の状態は荒い結晶状であった。次にレーザーパルス照射し、固化した重水

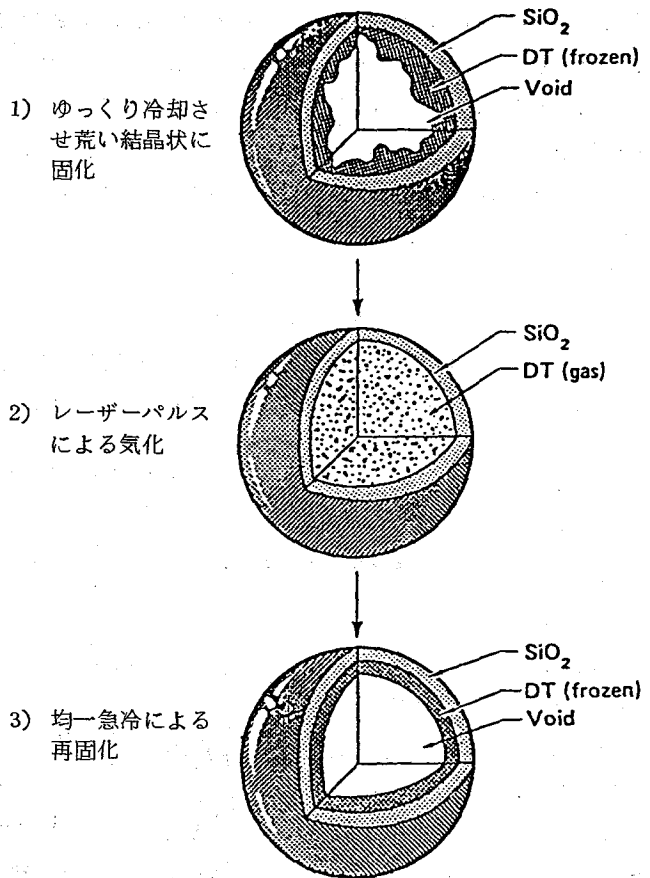


図 2. 均一急冷法による D_2 固体層の製作

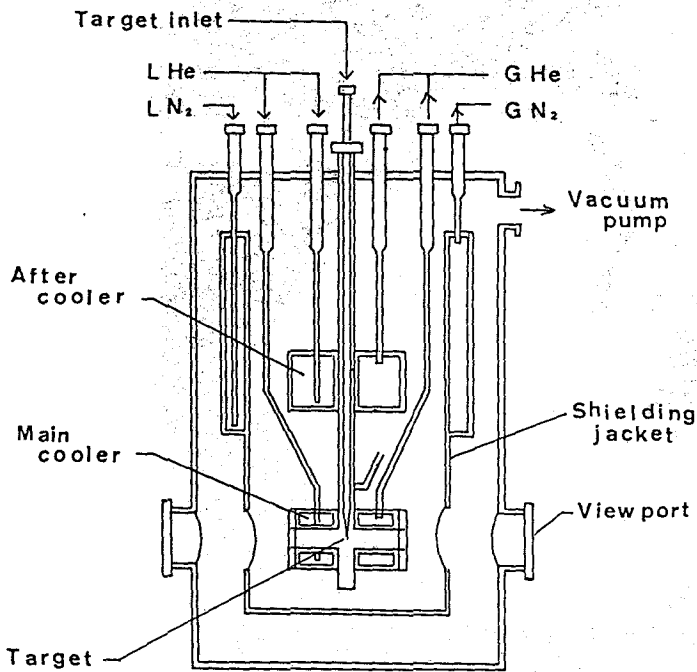


図3 クライオスタット断面図

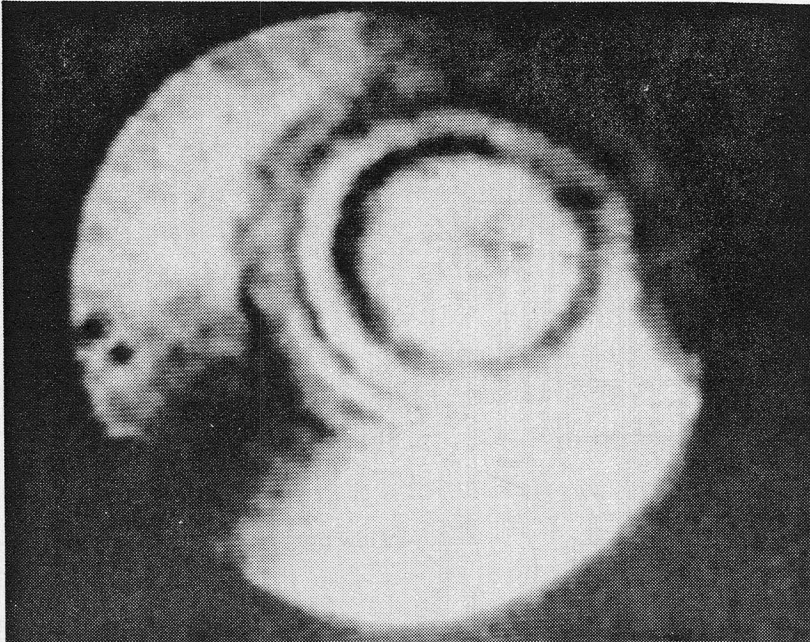
液体窒素による熱シールド、液体ヘリウムの流れるアフタークーラー、メインクーラーより成っている。
 ターゲットはメインクーラー内側に、ガラスファイバーにより支持されている。

参考文献

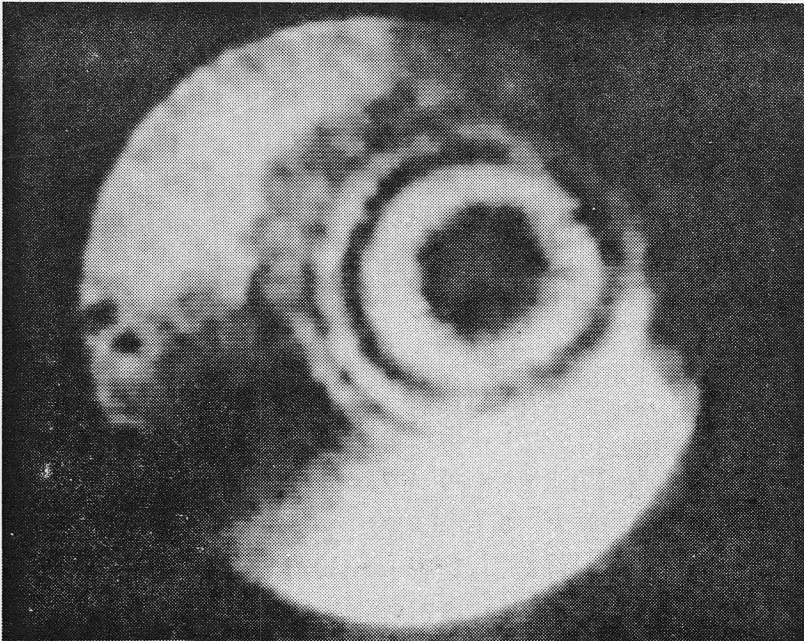
- 1) 山中千代衛; レーザー研究 11 (1983) 16.
- 2) 野上正行, 守野喜郎; レーザー研究 8 (1980) 58.
- 3) T. M. Henderson, R. B. Jacobs, D. L. Musinski, R. J. Simms and G. H. Wuttke; Advances in Cryo. Eng. 23 (1978) 682.
- 4) J. R. Miller; Advances in Cryo. Eng. 23 (1987) 669.
- 5) K. Nomura, T. Norimatsu, Y. Izawa and C. Yamanaka; Technol. Repts. Osaka Univ., 31 (1981) 109.
- 6) To be Published.

素を融かし再固化させた。レーザー照射後におけるターゲットの光学干渉像の時間変化を図4(次ページ)に示す。これらの干渉像より、レーザー照射後0.15秒でGMB内に均一な重水素の液体層ができ、層の厚さが次第に厚くなっていくことがわかる。

本クライオスタットでは再固化後均一な固体層を得るには至っておらず、より急速で均一な冷却が可能ないようにクライオスタットの冷却能力の向上を計っている。均一な固体燃料層を得るため、充填ガス圧、レーザーパワー、冷却チャンバー内のヘリウム圧等の最適化を行い、クライオターゲットによる核融合爆縮実験を実施する予定である。



(a)



(b)

図4 加熱後の D_2 液(固)体層の生成

シャーリング干渉計によるクライオターゲットの光学干渉像の時間変化である。写真中央に見える黒いリングが干渉リングである。GMB内の D_2 が液化もしくは固化すると、GMBを通過する光の光路が液(固)層部分で変化し、その結果、干渉リングの直径と位置が変化する。

(a)、(b)はそれぞれ0.15秒後、0.6秒後の像である。(b)では中心部分に新たな干渉リングができることにより、 D_2 が気相から液(固)相に均一に変化しているのが判る。