

cERL入射部の真空について

技術交流会：テーマ「技術開発の最前線」

2012年11月7日（水）

4号館セミナーホール

加速器第七研究系

技師 内山 隆司

目 次

1. はじめに 入射部における真空への要求
2. 各部の紹介とガス放出速度測定結果
3. 入射部の排気系と到達圧力
4. 極高真空を計るには
5. まとめ

cERL入射部に対する真空要求

- 電子銃での要求 大電流かつ低エミッタンス
 - ビーム電流 平均 10 mA以上
 - エミッタンス 0.1 mm・mrad
- 要求を満たすカソード 光陰極半導体カソード(GaAs)
- 長時間大電流を出し続けるには 残留ガスイオンによるNEA表面の破壊を抑える必要がある。→**極高真空が必要(10^{-10} Pa台以下)**
- 極高真空を実現するために
 - 低アウトガスの真空チェンバー開発
 - 高い排気速度を持つ排気系の試験

典型的な貯蔵リングの圧力
 10^{-8} Pa台 (PF-RING)

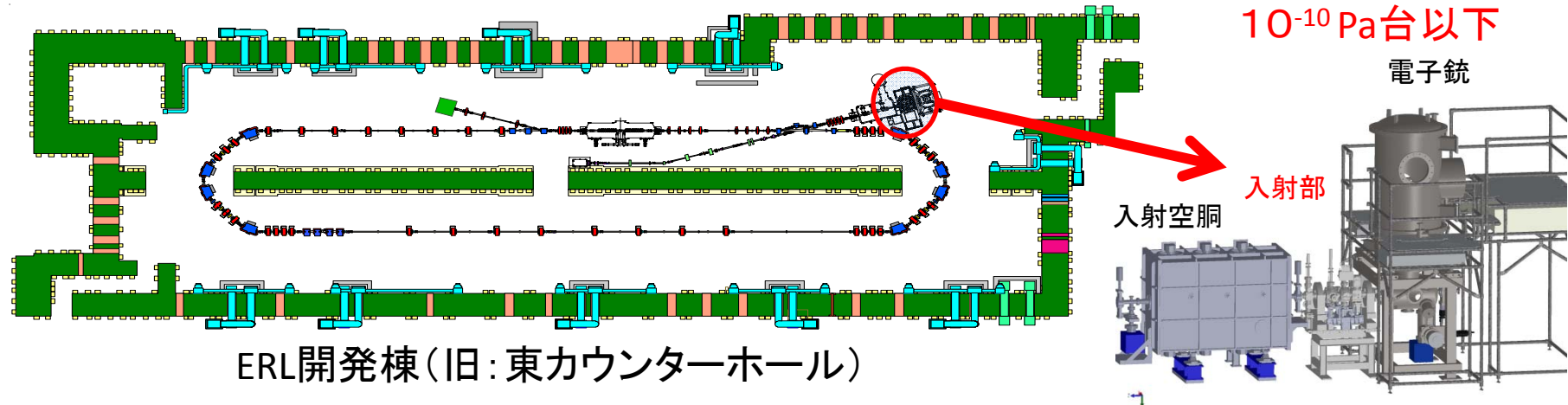
電子銃と入射部の要求圧力

10^{-10} Pa台以下

電子銃

入射部

入射空洞



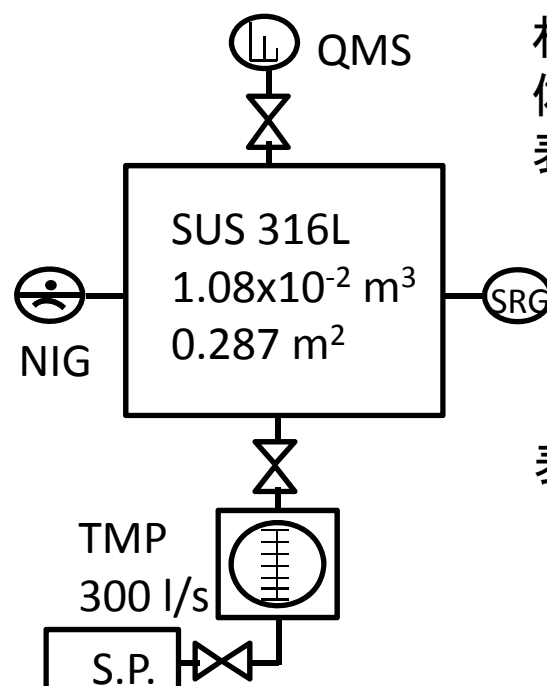
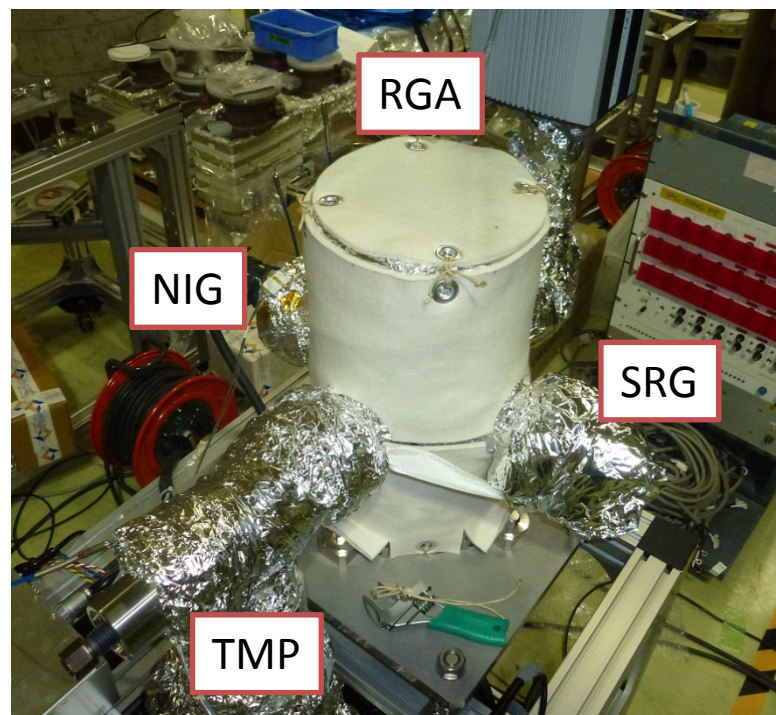
ERL開発棟(旧:東カウンターホール)

アウトガス評価装置

装置を構成する部品からのアウトガスを測定

測定方法:ビルトアップ法

スクリーン、ミラー、レーザー用ミラー、RFコンタクト



材質 : SUS316L
体 積 : 10.8 L
表面積 : 0.287 m²

表面処理

1. バフ研磨
2. 電解研磨
3. 純水で洗浄

RGA: Qmass

NIG: ニュードイオン真空計

SRG: スピニングローター真空計

TMP: ターボ分子ポンプ

S.P. : スクロールポンプ

ガス放出の多い部品 → 排除する

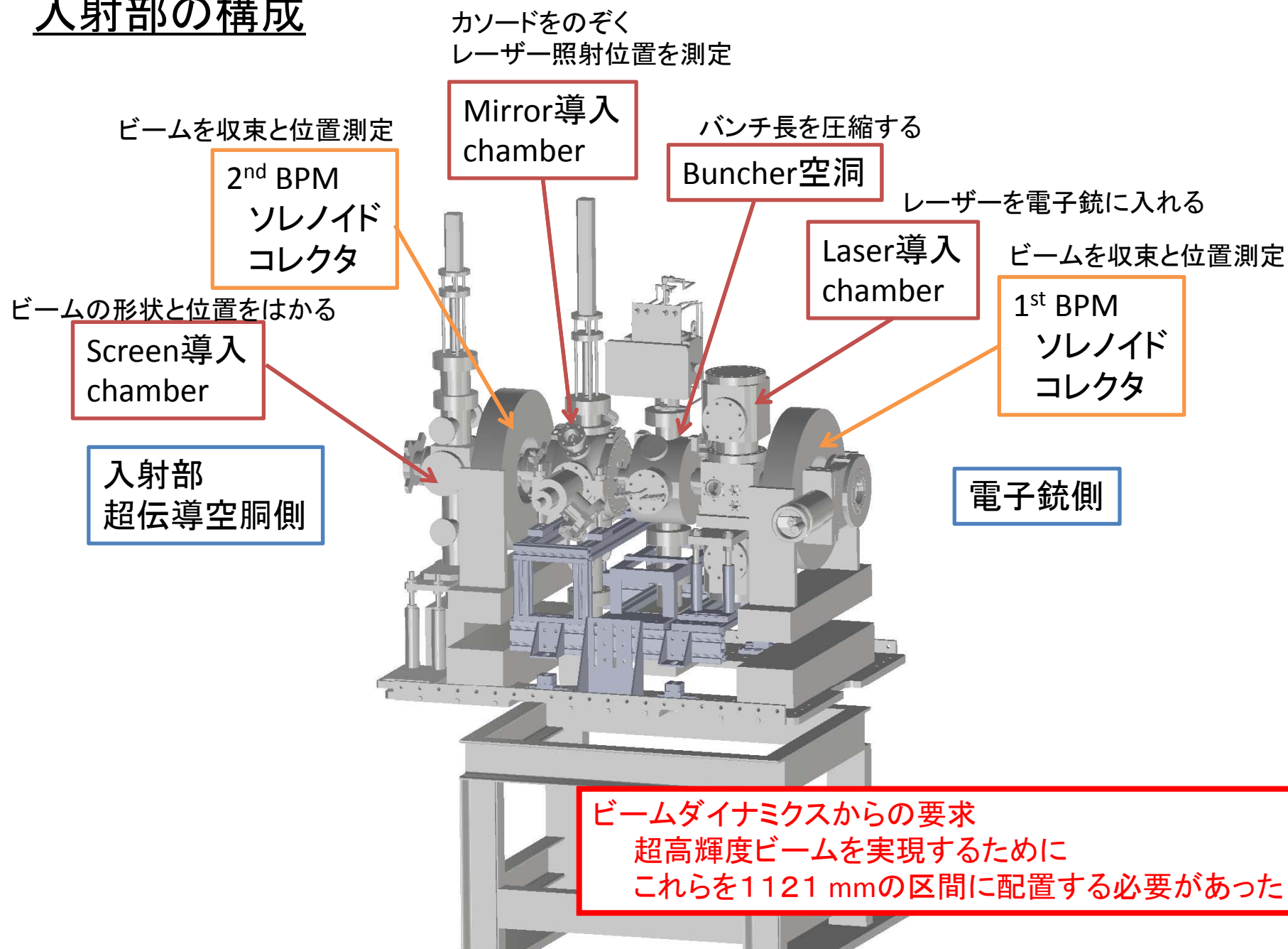
性能: $1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{s}$

極高真空装置を開発するためには

もう1~2桁ほど低いところが必要

→ 今後の課題

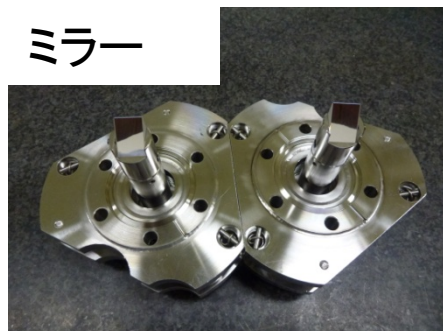
入射部の構成



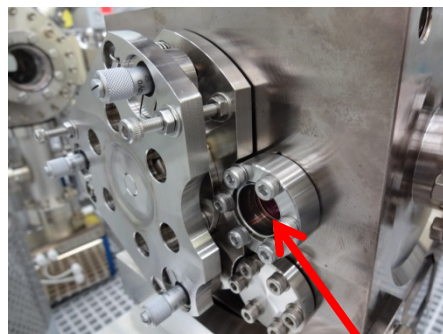
Laser導入chamber

レーザーを電子銃に入れる

ミラー



アウトガス評価装置で測定
 $1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 未満



到達圧力

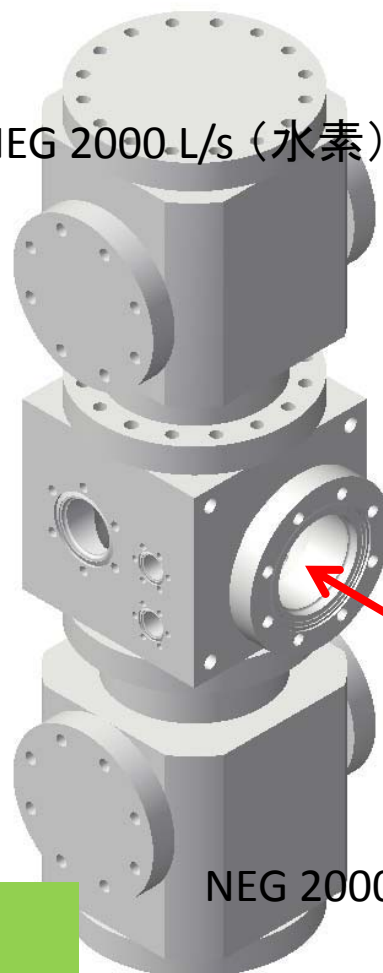
NEG無し: $5.58 \times 10^{-8} \text{ (Pa)}$

NEG有り: $7.12 \times 10^{-9} \text{ (Pa)}$

(窓部の溶接からリーク有り)

$3 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$

NEG 2000 L/s (水素)



NEG 2000 L/s (水素)

電子銃に近い

極高真空が必要

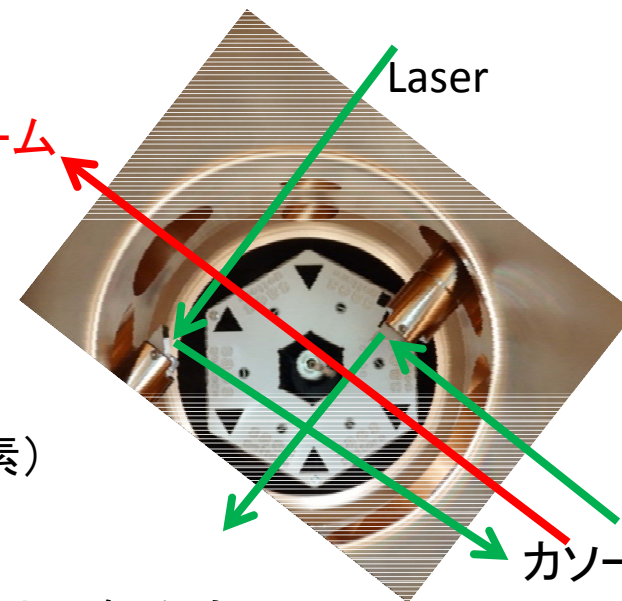
ベリリウム銅合金

ガス放出の少ない材料

溶接部からのアウトガスをなくす
→ 全て削りだし構造とする

電子ビーム

Laser



カソード

材質: ベリリウム銅合金 (0.2%)

ガス放出速度は $5 \times 10^{-13} \text{ Pa(H}_2\text{)} \cdot \text{m/s}$

(真空実験室のデータより)

Buncher空洞

バンチ長を圧縮する

材 質 : 銅

表面処理: ?

性能



限られたスペース内に
排気速度のあるポンプが必要

NEXTorr排気速度試験

水素 140 L/s

窒素 58 L/s

アルゴン 5.5 L/s

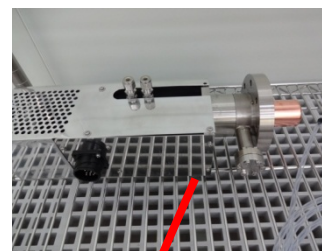
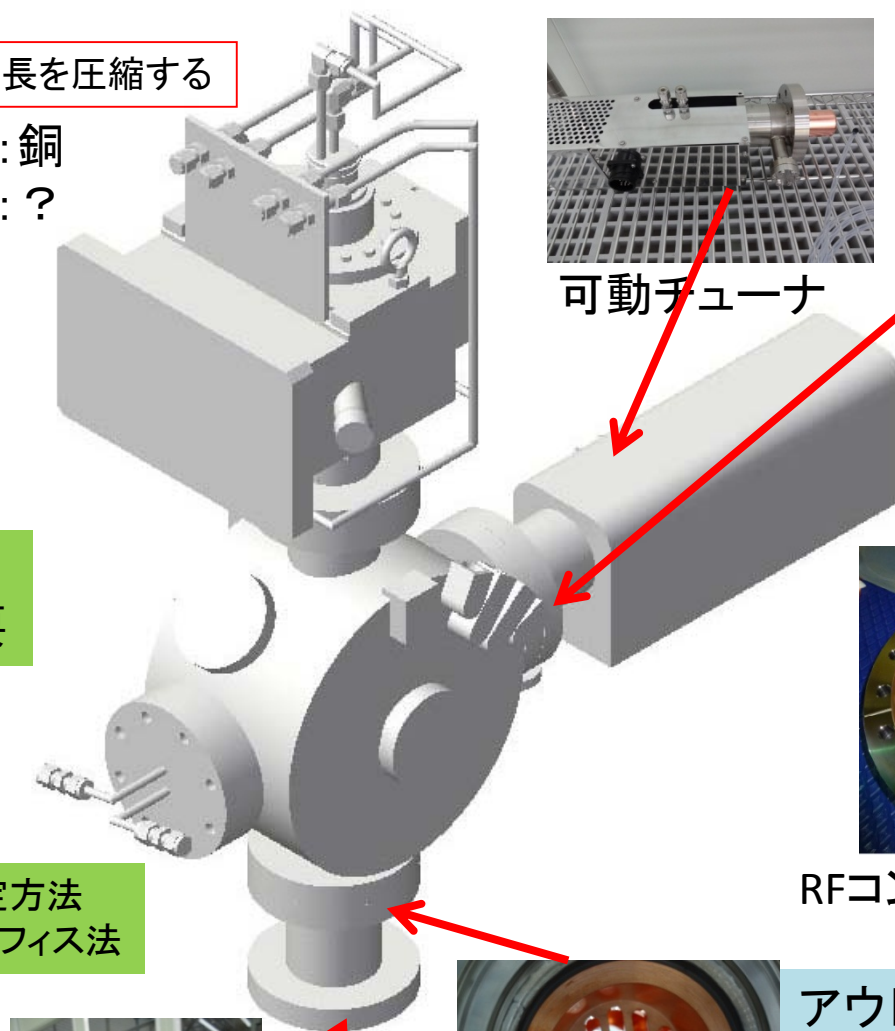
ヘリウム 2 L/s

測定方法
オリフィス法

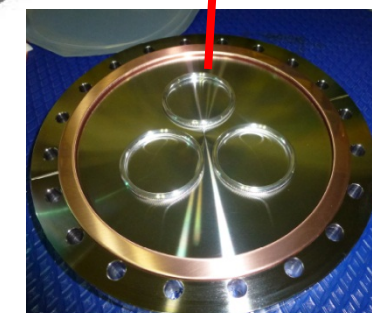
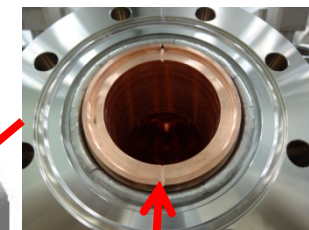
真空実験室より

ICF70のフランジサイズでありながら
40~50L/sの排気速度を有する
スパッタイオンポンプとほぼ同じ性能

NEXTorr D100-5 採用



可動チューナ



RFコンタクト(Uタイト)
→真空中に入る

アウトガス評価
RFコンタクト3つ
 1×10^{-9} Pa.m³/s未満



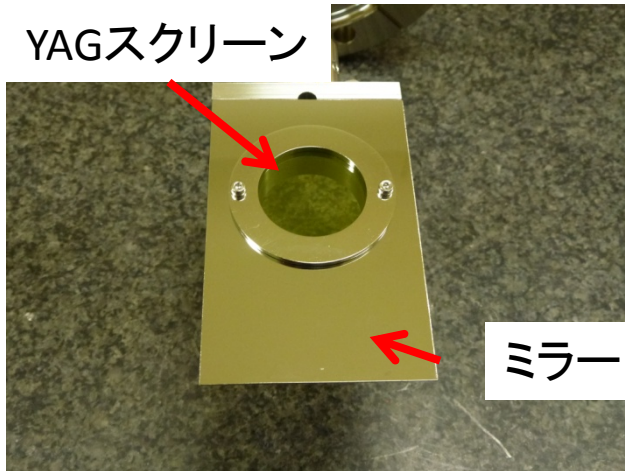
NEXTorr D100-5

Mirror導入chamber

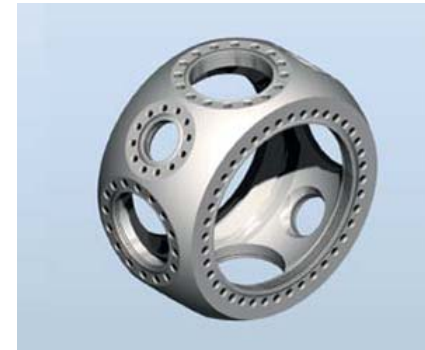
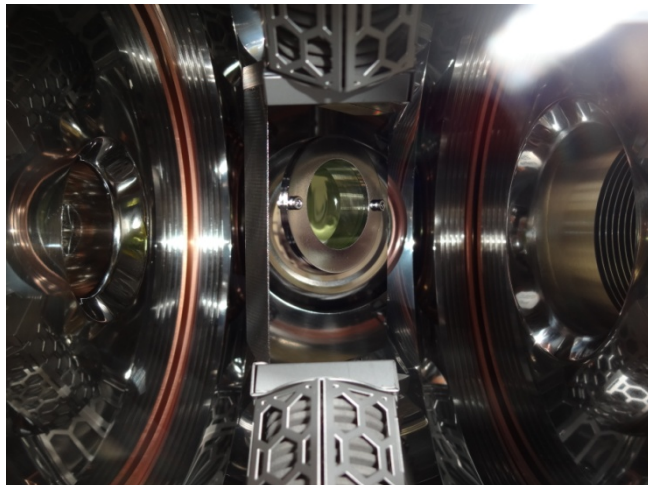
カソードをのぞく
レーザー照射位置の測定
ビームの形状測定

本体に円筒型の削りだしチェンバーを採用し
両サイドにICF203を取り付けたシンプルな構造

YAGスクリーン

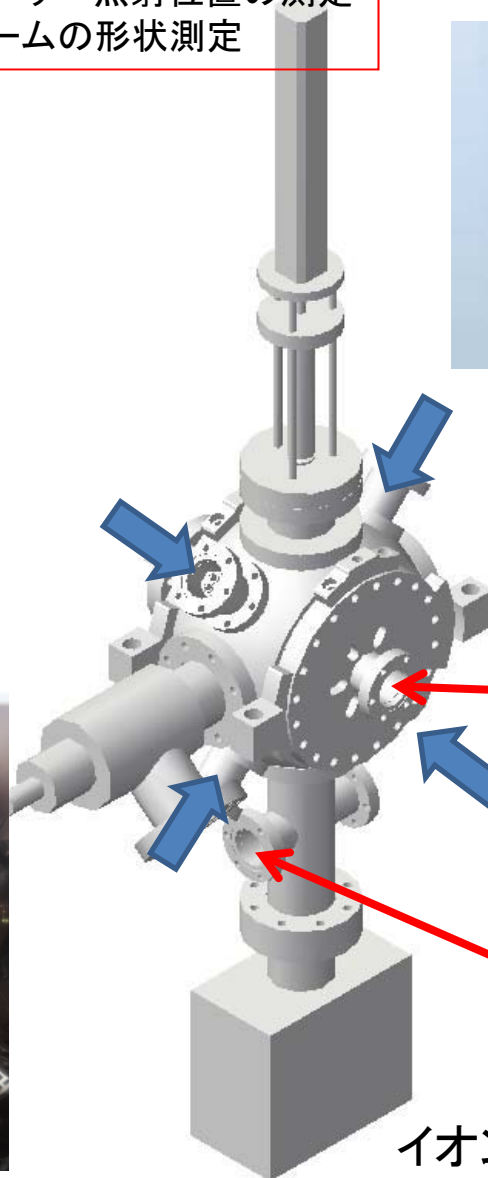


YAG&ミラーアウトガス評価
 1×10^{-9} Pa.m³/s未満



7.5×10^{-8} (Pa)

材質:SUS304
表面処理: ?



1.45×10^{-9} (Pa)

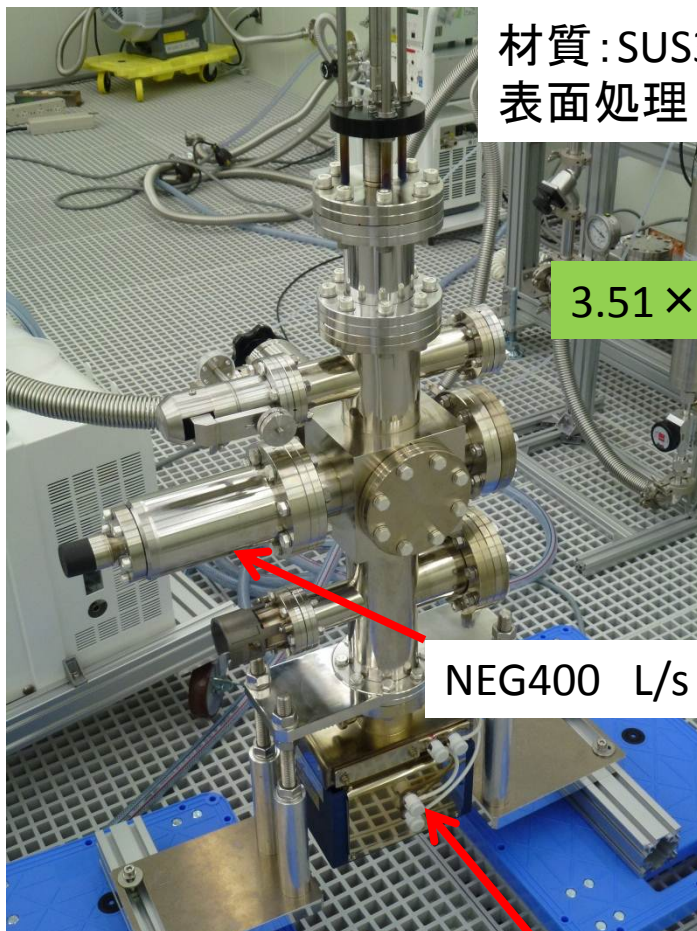
NEG 400 L/s × 4 (水素)

1.19×10^{-9} (Pa)

イオンポンプ 45 L/s

Screen導入chamber

ビームの形状と位置をはかる



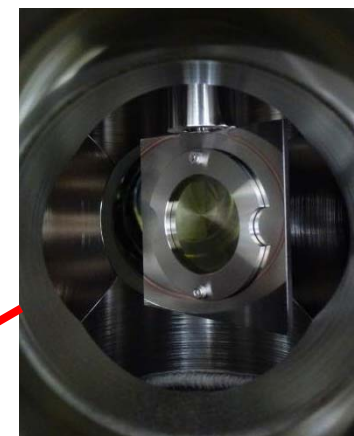
材質: SUS304
表面処理: 電解研磨

3.51×10^{-9} (Pa)

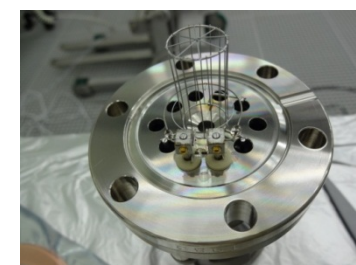
NEG400 L/s (水素)

イオンポンプ 45 L/s

Chamber本体のみ
 2.46×10^{-7} (Pa)



YAGスクリーンアウトガス評価
 1×10^{-9} Pa.m³/s未満

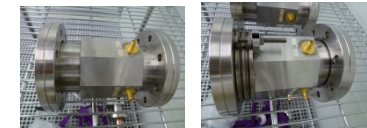


3.57×10^{-9} (Pa)

入射部の真空系のまとめ

BPM(1st, 2nd)

150°Cベーキング、
10⁻⁹ Pa環境での使用実績。



超伝導空洞
10⁻⁹ Pa台？

電子銃
10⁻¹⁰ Pa台

Screen導入chamber
排気系

NEG: 400 L/s x1

IP: 45 L/s

到達圧力

3.51x10⁻⁹ Pa

アウトガス評価

Screen 1台

1x10⁻⁹ Pa.m³/s未満

Mirror導入chamber
排気系

NEG: 400 L/s x4

IP: 45 L/s

到達圧力

1.45x10⁻⁹ Pa

アウトガス評価

ミラー1台

1x10⁻⁹ Pa.m³/s未満

Buncher空洞
排気系

NEG: 100 L/s, IP: 20 L/s

到達圧力

? Pa

(カプラーは無し)

アウトガス評価

RFコンタクト3つ

1x10⁻⁹ Pa.m³/s未満

空洞単体試験

2.7x10⁻¹¹ Pa.m³/s

Laser導入chamber
排気系

NEG: 2000 L/s x2

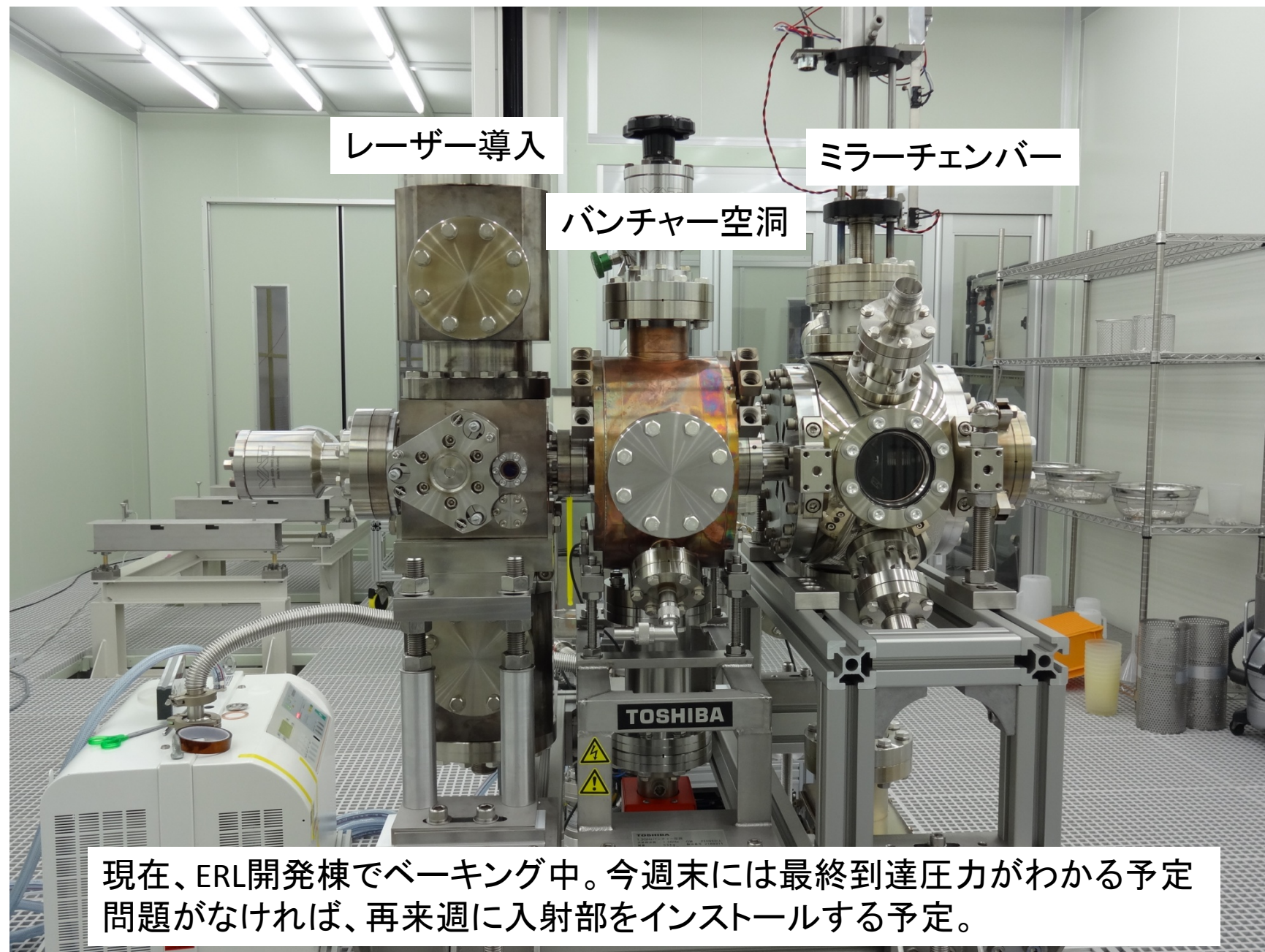
到達圧力

7.12x10⁻⁹ Pa(リークあり)

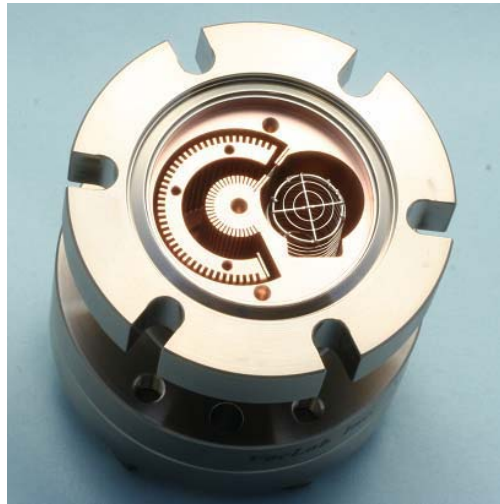
アウトガス評価

ミラー2台

1x10⁻⁹ Pa.m³/s未満



極高真空計とガス放出速度等を測定した機器



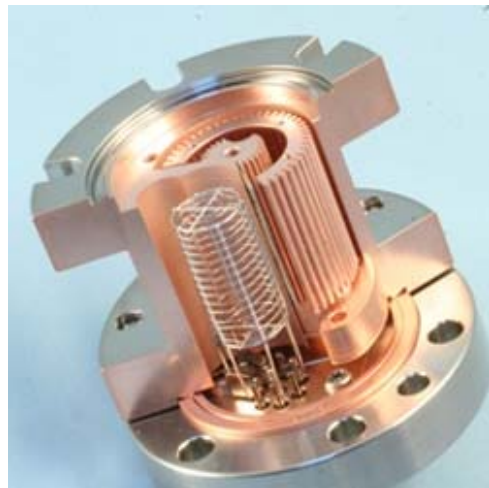
3B Gauge



Extractor Gauge



AxTRAN Gauge
(株)ULVAC社 HPより



3B Gauge
(有)真空実験室HPより



Spinning Rotor Gauge(SRG)
Leibold社HPより



超低ガス放出 Q-mass
(WATMASS)
(有)真空実験室HPより

まとめ

- 入射部における真空への要求
 - 極高真空が必要 (10^{-10} Pa台以下)
 - 低アウトガスの真空チェンバー開発
 - 高い排気速度を持つ排気系の試験
 - チェンバー単体試験では 10^{-10} Pa台に到達できなかったが、近い圧力 (10^{-9} Pa台) までは到達できた
 - さらに真空圧力を改善するために、ガス源となっている所をこれから調査する
- ガス放出速度測定
 - 評価装置より良い結果が得られた
 - 1～2桁良いところを測れるように改良する必要がある

今後の予定

- 現在、ERL開発棟でベーキング中のchamberの到達圧力を測定して、異常がなければ、再来週中(2012年11月19日の週)にインストールする。
- インストール後、ミラーchamber、スクリーンchamber、真空計、ポンプの外部制御系を構築する。