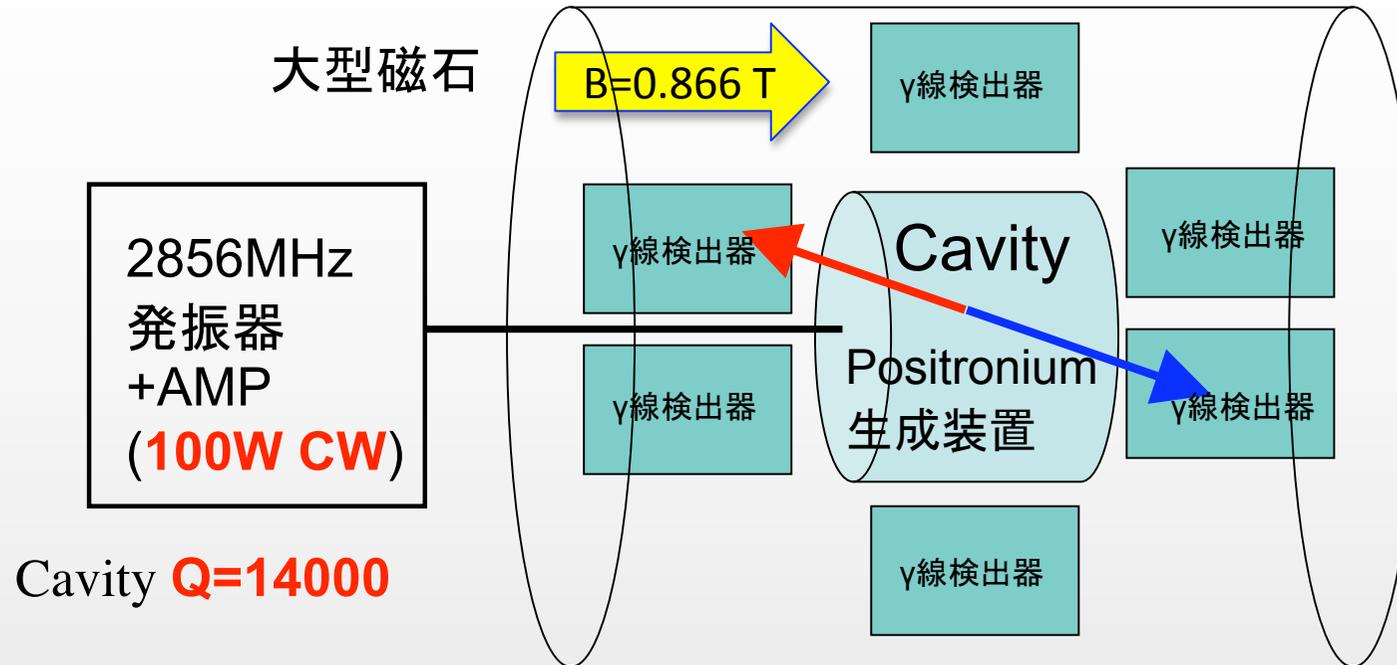


ポジトロニウム 超微細構造の精密測定II (テスト測定でのRFシステム) 27aSE-10

秋元銀河,石田明,加藤康作,末原大幹^A,難波俊雄^A,浅井祥仁,小林富雄^A,
斎藤晴雄^B,吉田光宏^C,田中賢一^C,山本明^C,小川勇^D,小林真一郎^D,出原敏孝^D

東大理,東大素セ^A,東大総文^B,高工研^C,福井大遠赤セ^D

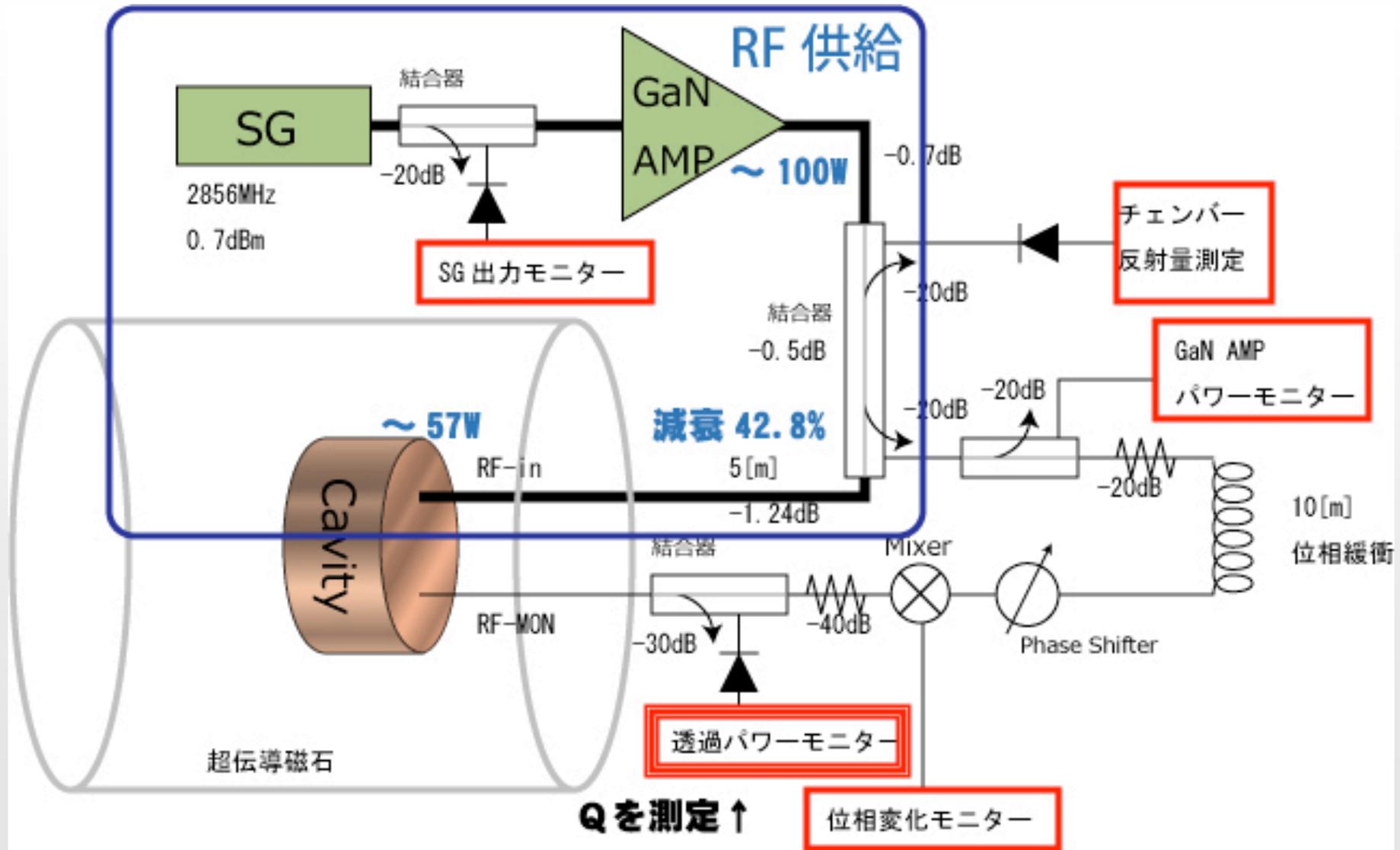
CavityとRFの役割



2008年11/12月
RF-RUN 15day

1. 実験装置の中心部にRF Cavityが存在する。
2. Ps生成：Cavity内には N_2 Gasと ^{22}Na 線源が入れられておりPsが生成されている。
3. 遷移RF：最終的には500Wの大強度RFを予定しているが、今回の測定では諸事情により100WのRFを導入することしかできなかった。

HFSテスト実験の概要 // RF回路図

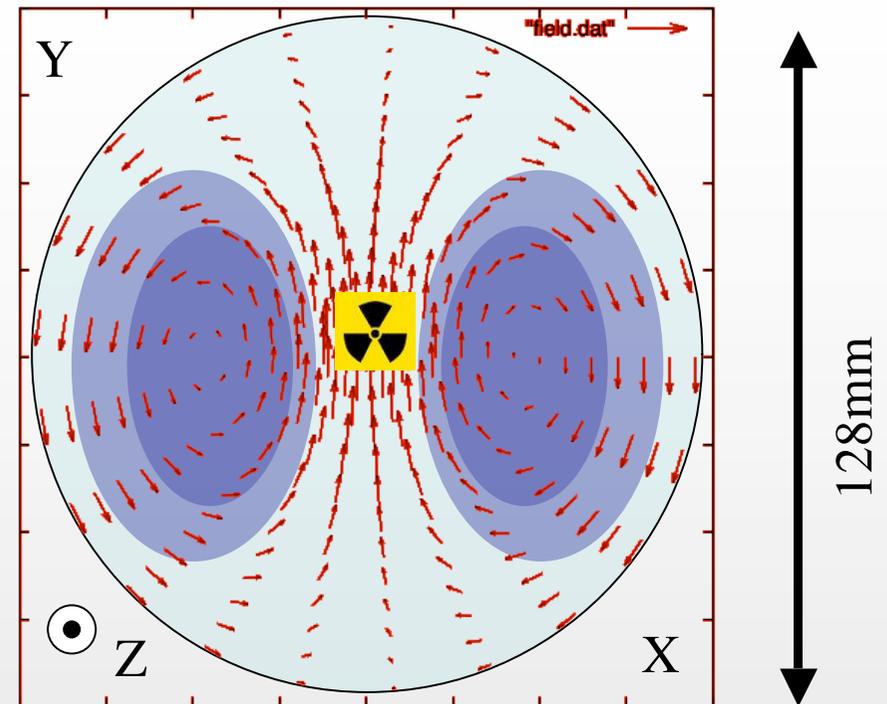
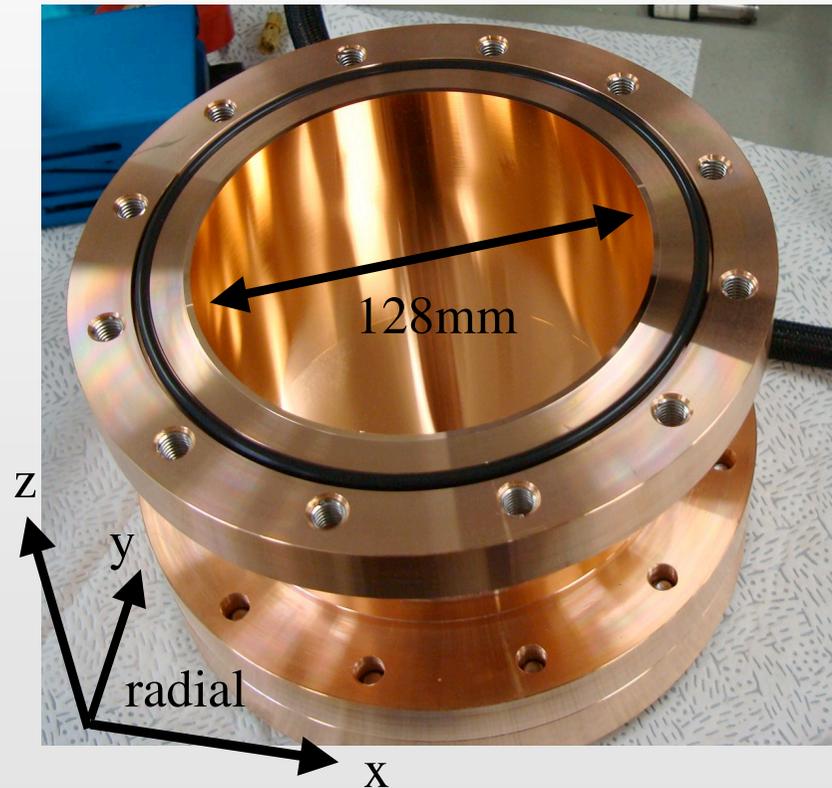


(a)RF供給系 (b) RFモニター

RFのモニターとRF Cavity

RF Cavityの仕様

1. 共振周波数 2856MHz (Sバンド)
2. 共振モード TM_{110}



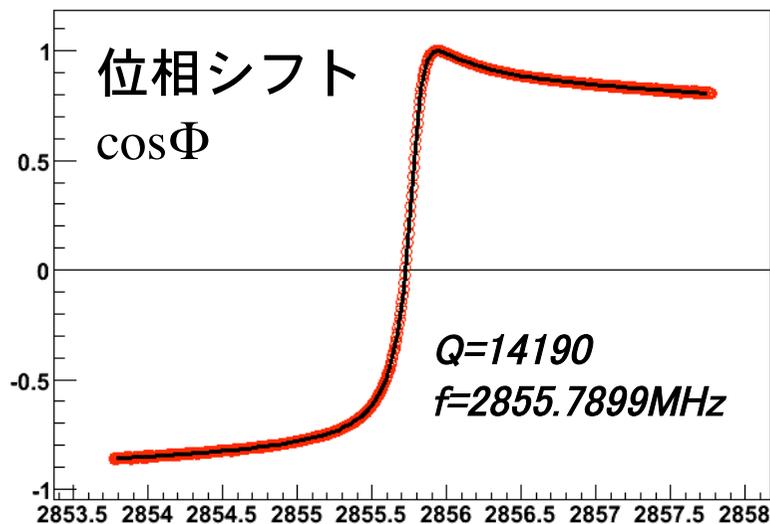
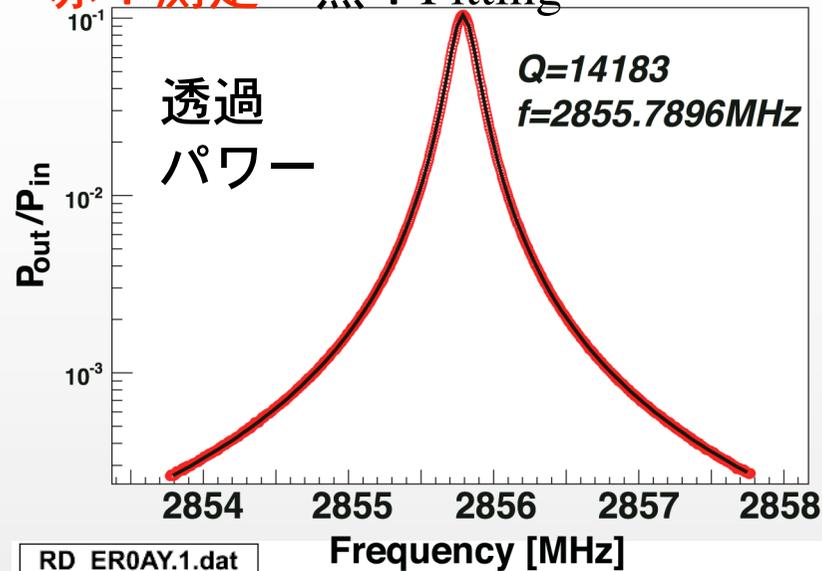
RF 磁場 (TM_{110} -mode) X-Y

[→] RF磁場 (紙面に水平)
 [色] RF電場 (紙面に垂直)

TM_{110} は中心でのRF磁場が最大

RF Cavityの性能評価1 :Q値の測定と精度

赤 : 測定 黒 : Fitting

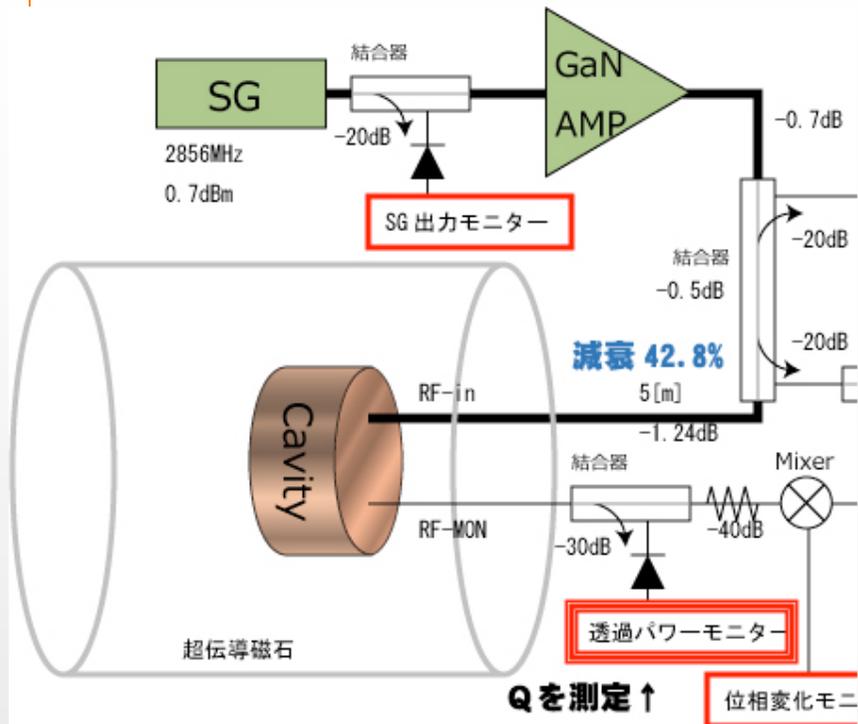


RF Cavity を作成し、仕様通りの
 $Q=14200\pm 200$ (実測)を得た。
(Network Analyzer)を用いて測定

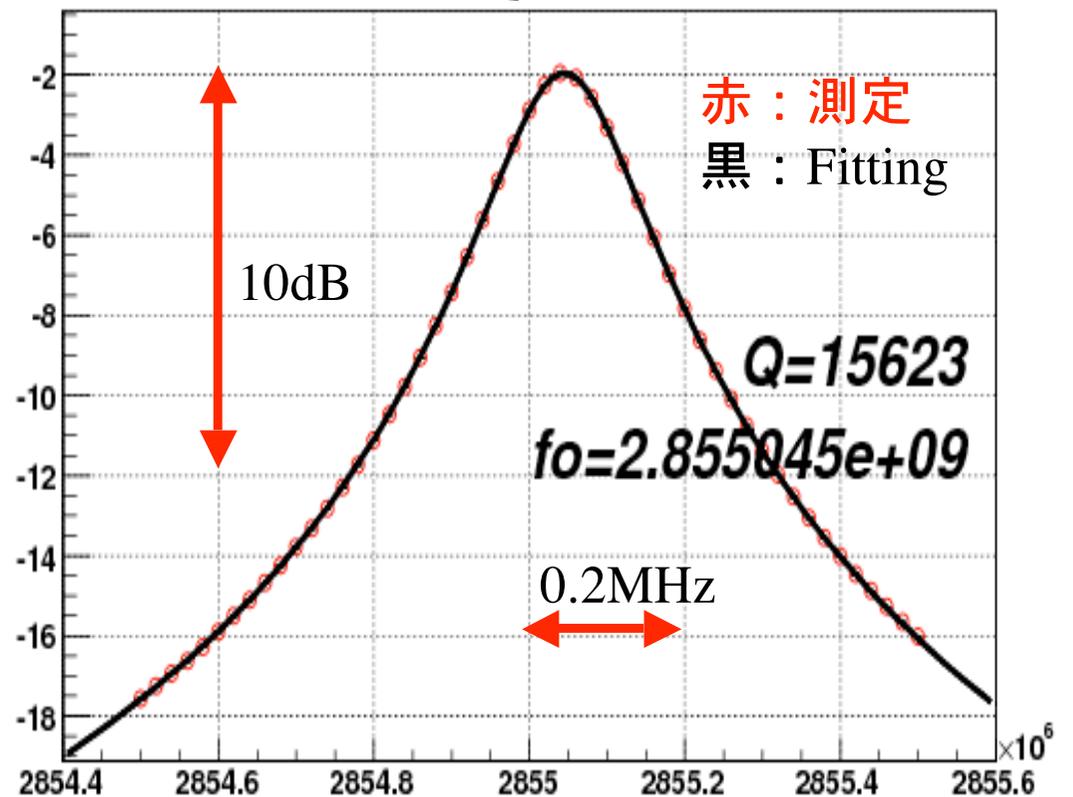


1. 測定器の周波数依存性による不定性
 $0.1\text{dB/MHz} \rightarrow \Delta Q \sim 100$
2. fit 範囲の不定性 $\Delta Q \sim 150$ (1%)
3. 連続測定による再現性 $\Delta Q \sim 100$
4. 測定量による系統誤差
位相とPowerのFitで $\Delta Q < 100$ で一致

RF システムでの測定



テスト実験でのQ値測定



1. HFSテスト実験のRUNではNetwork Analyzerを直接回路に組み込めない
2. Q値は発信器(SG)の周波数を変化させる事による[透過パワーモニター]の応答から導出
3. FitによりQ=16000を得ている。Qが10%ほど大きいのは、測定系のバイアスやコネクタカップリングの違いを考えているが、現在データを解析中。

RF Cavityの性能評価2 Gas 圧の効果と安定性

Cavityは N_2 Gas圧に応じて屈折率が変化するため、共振周波数は 0.841 MHz/atm (200 ppm/atm) で変動する。これは誘電率の理論値から計算した計算した値 0.781 MHz/atm と3%の範囲で一致する。

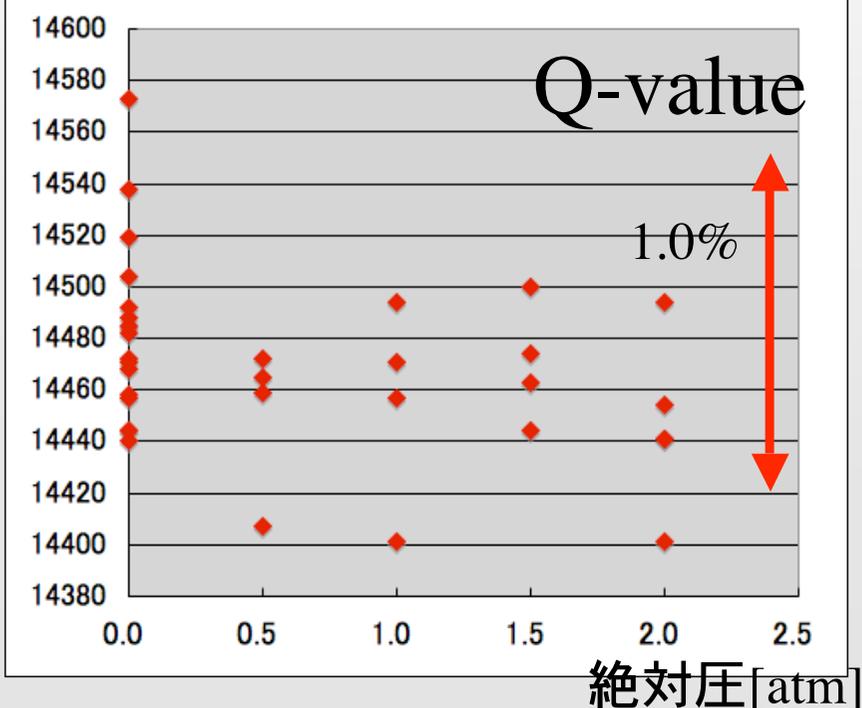
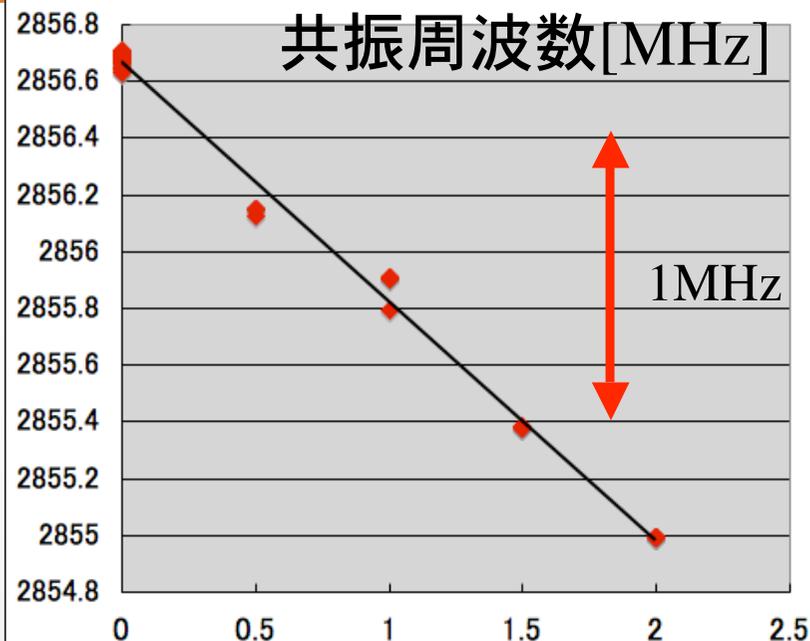
Q値は測定毎に1%程度でばらついており、測定精度の範囲にある。圧力変化に対する有意な依存性は認められない。

上：共振周波数

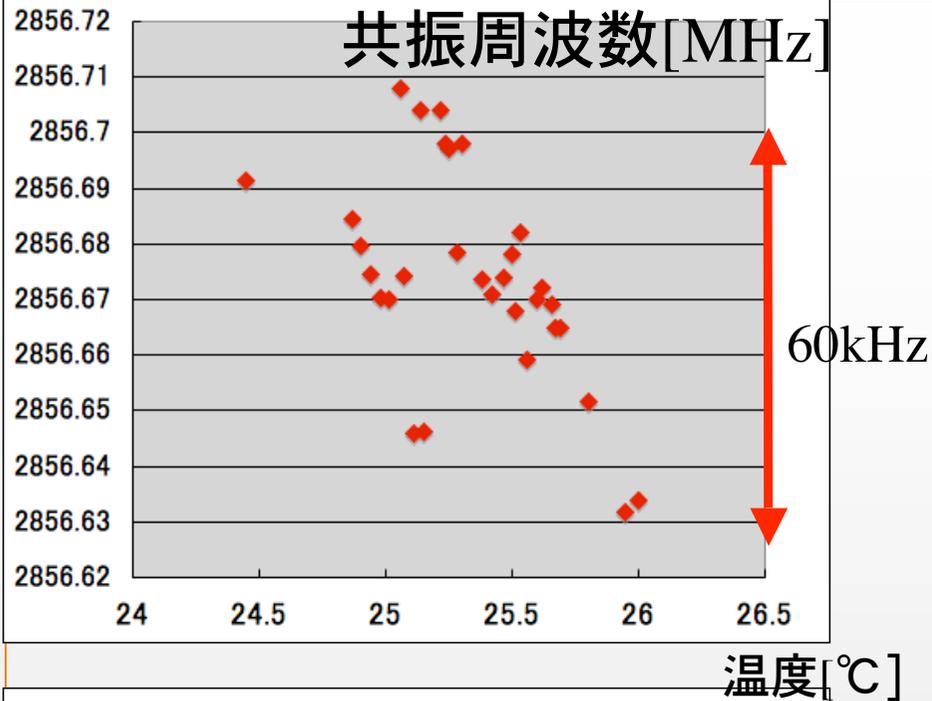
下：Q値

横軸のレンジは 2.5 atm

(Cavityと透過パワーモニターで簡易回路を組んで測定)

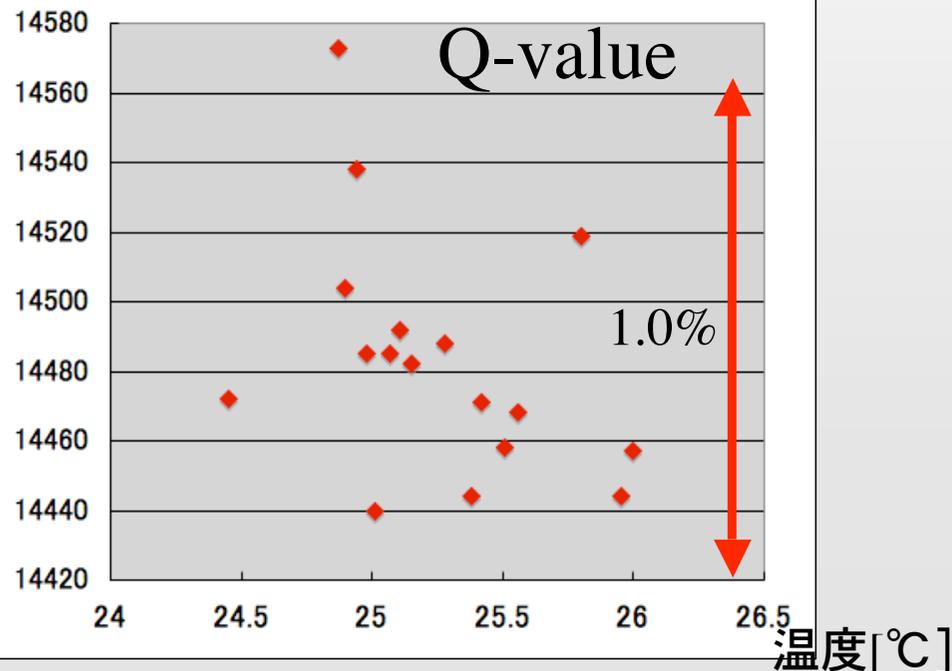


RF Cavityの性能評価3 温度変化に対する安定性



Cavityの共振周波数は温度の影響を強く受ける。(熱膨張率17ppm/K)
共振周波数の測定値は温度に対して-40kHz/K(-13ppm/K)の関係がある。

Q値は1%の測定精度のばらつきに収まっており、有意な温度依存性はみられない。

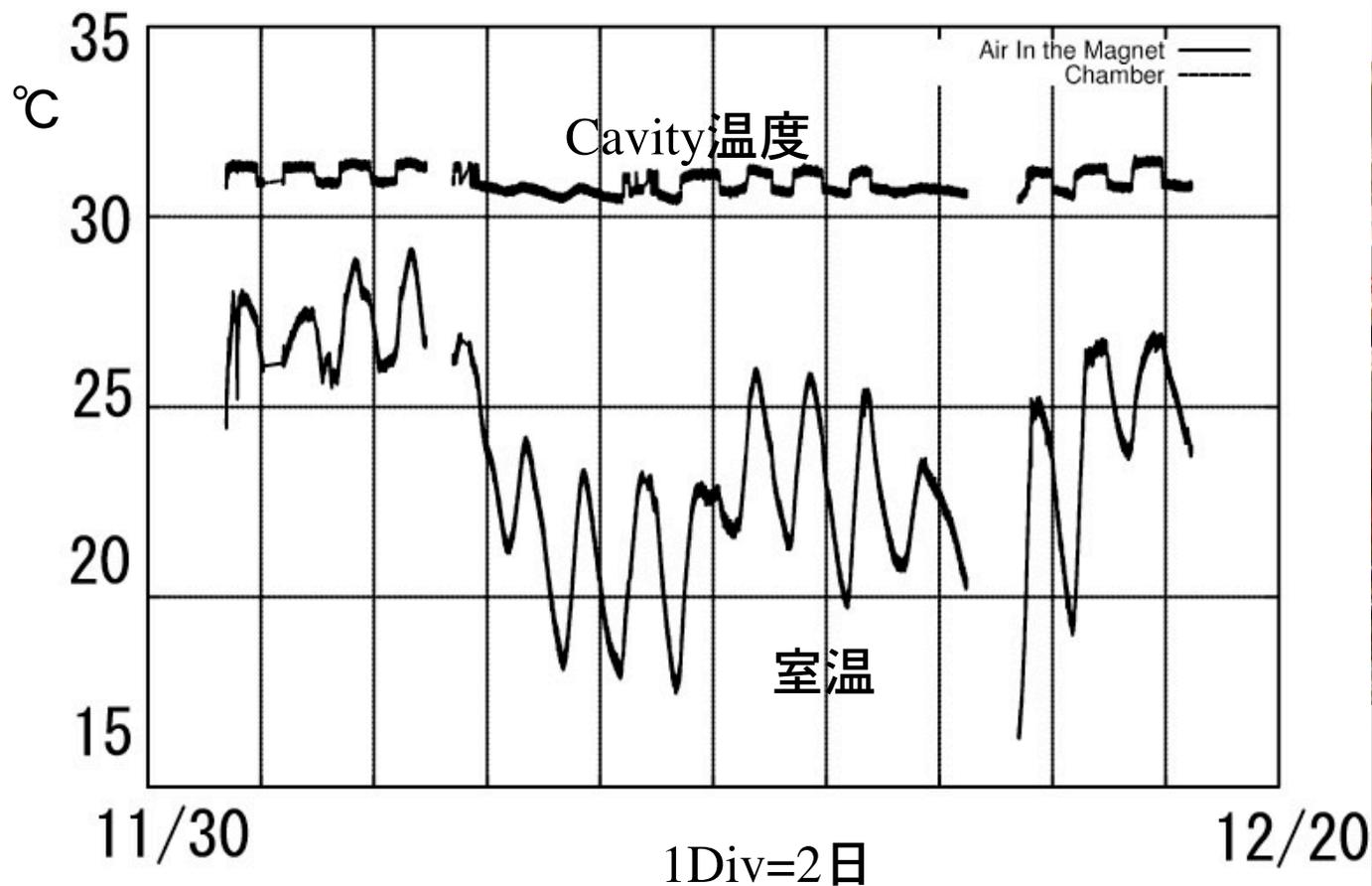


上：共振周波数
下：Q値
横軸のレンジは2.5°C

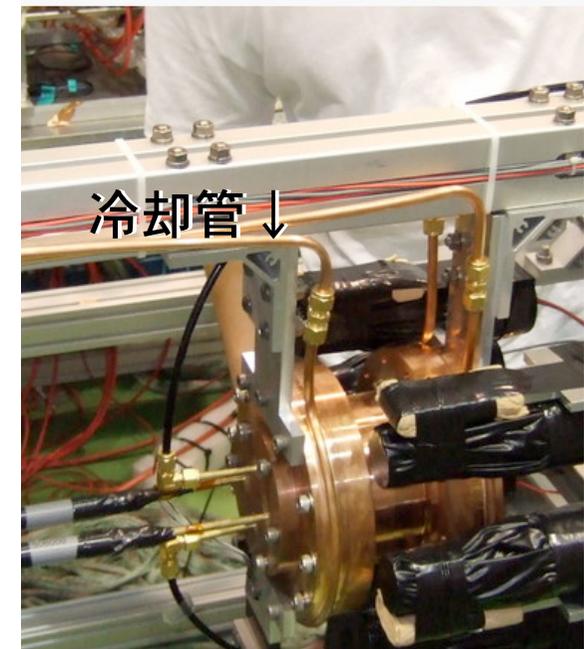
(Cavityと透過パワーモニターで簡易回路を組んで測定)

HFSテスト実験中の環境変化

1. Cavity は冷却システムにより温度変化は 1°C 以下に抑えられている
2. 変動の内訳はRFのON/OFFで 0.5°C 、室温の変化(10°C)に対して 0.5°C
3. ガスは封じきりなので密度一定：Q値には影響を与えない



Cavity 恒温化システム



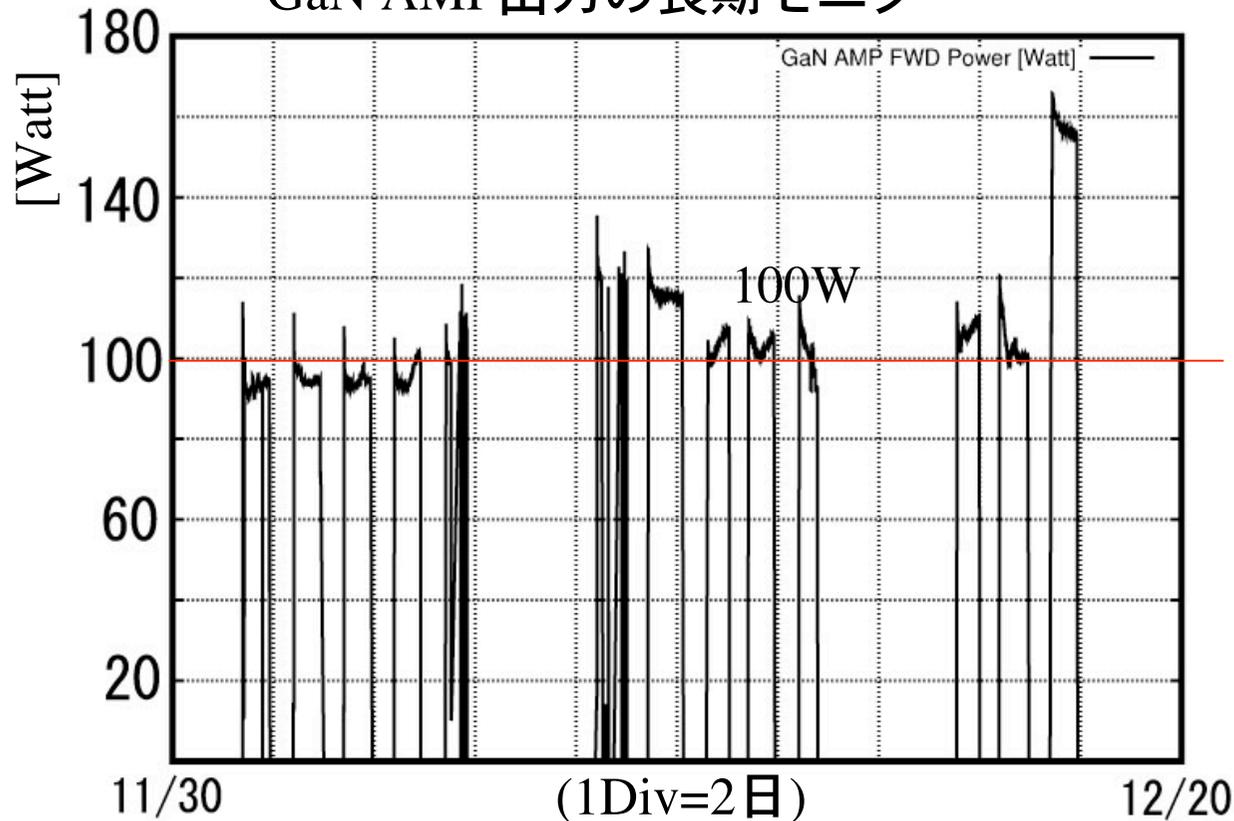
恒温水をチラーで循環

HFS測定RUN:AMP出力の長期安定性

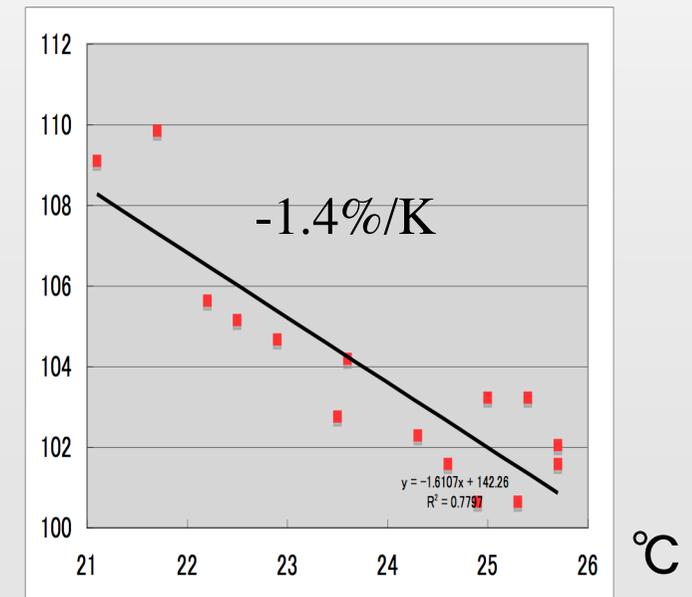
課題と対策

1. AMP出力の温度依存性が大きく、定格出力の500Wに達していない(→AMPを改造/改修して出力と安定性を上げる)
2. ケーブル減衰が大きく(-42.8%)、コネクタ耐力に限界。Cavity内に57W程度(予定の12%)しか入っていない(→導波管を用いて減衰を減らす)

GaN AMP出力の長期モニター



AMP出力の温度依存性



まとめと展望

まとめ

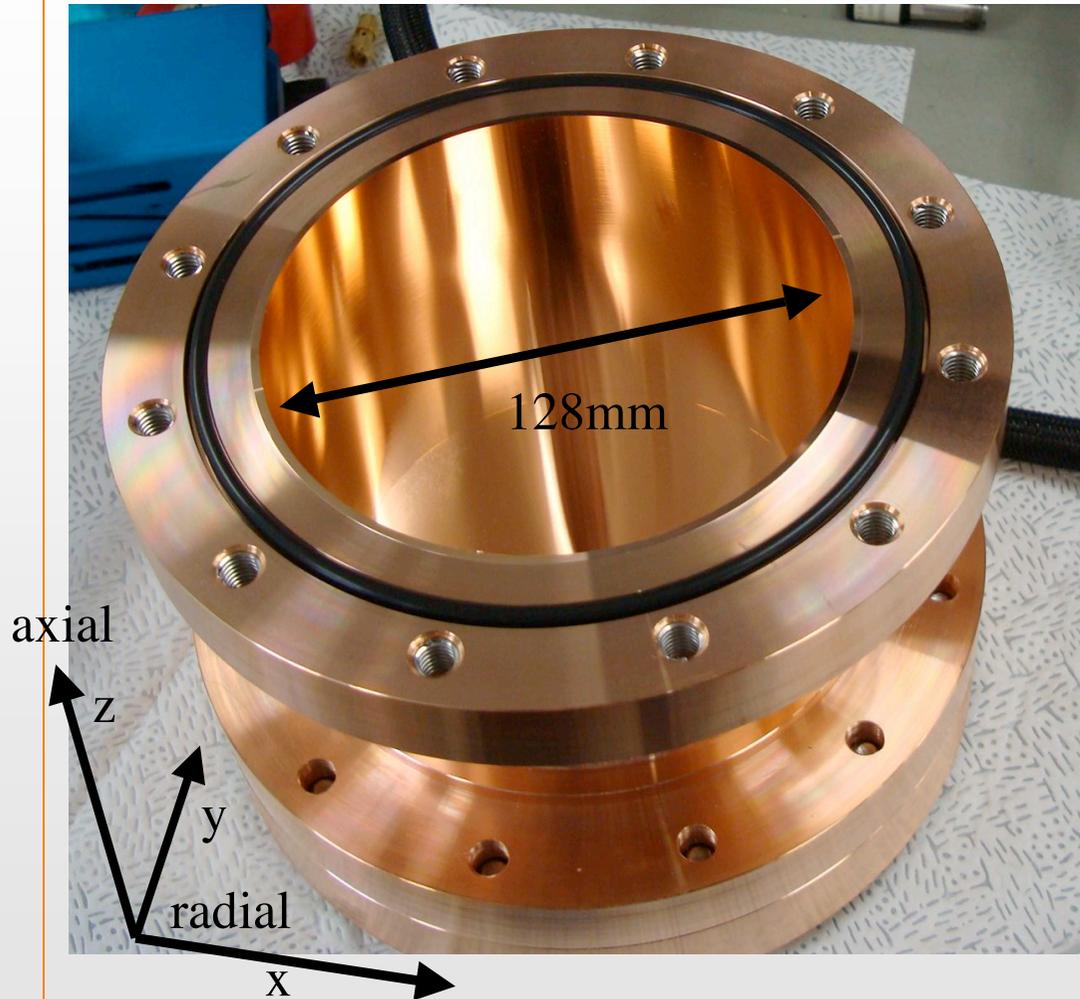
1. HFS測定に必要な環境とモニターシステムを整え、高いQ値のRF Cavityができた
2. RFパワーはAMPの出力不足や伝送減衰で57W程度にしかならなかった。この時の遷移確率は1%程度

今後の展望

1. AMPの改造(57W→500W、温度安定性の改善)
2. 伝送系を導波管に置き換えることによる減衰の改善

Backup

PS生成/RF共鳴Cavityの仕様



測定で用いるCavityの仕様

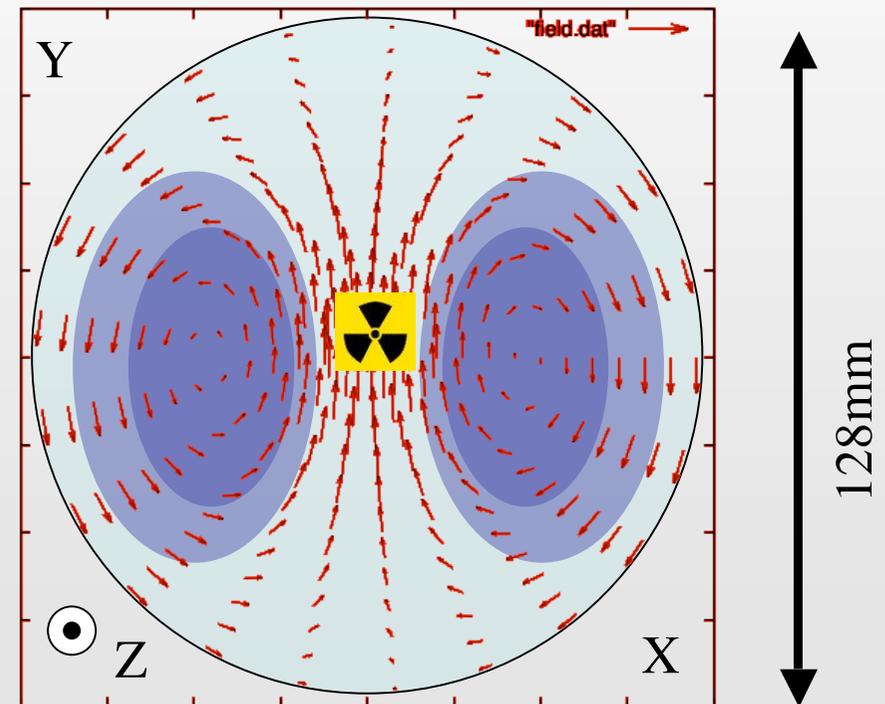
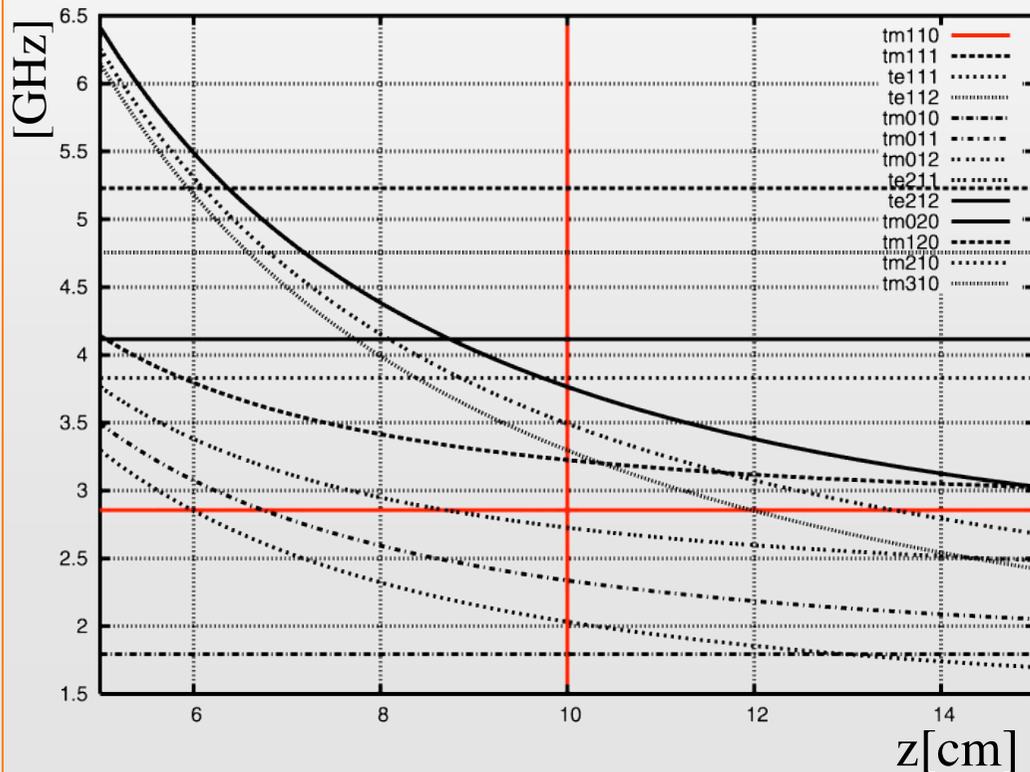
1. 共振周波数 : 2856MHz
2. 共振モード : TM_{110}
3. 側面厚(Cu) : 2.0 mm
4. 運転圧力 : 0.3-2.0 atm [N_2]
5. $Q=14200\pm 200$ (実測)

Cavityは γ を透過させるため、側面の肉厚が2.0mmまで薄くなっている。また、冷却およびGasやRFの導入、陽電子ソースは底面部に集約させる。

PS生成/RF共鳴Cavityの仕様

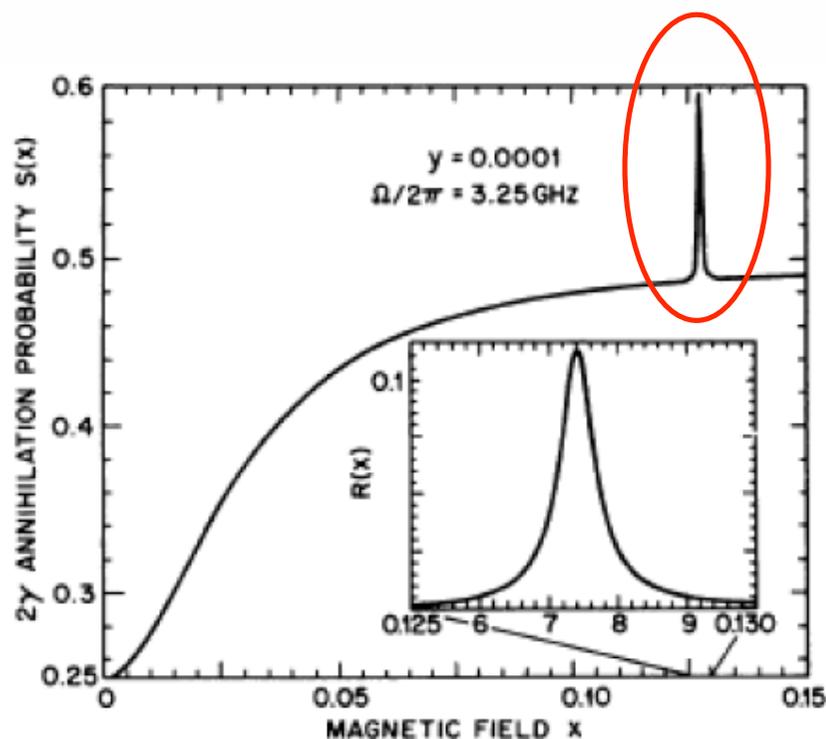
1. 線源：底面部中央 静磁場：線源から鉛直方向(Z方向)
2. ソースのある**中央のRF磁場が最大**になるように TM_{110} モードを選択
3. 2856MHzで共振→径128mm：他のModeを抑えるため、Cavityの高さを100mmに設定

Cavityの高さと共振モード



RF 磁場 (TM_{110} -mode) X-Y

HFS測定実験



RF(2856GHz)に対して、磁場を変化させると $B_0=8.66\text{kG}$ をピークに崩壊レートの resonance が生じる。共鳴ピークの磁場を周波数に焼き直すことでHFS($\Delta\nu$)求める。

物質の効果の評価

封入するガスの圧力を変えて測定し、真空値へ外挿

ガス圧とHFSの測定値

