

LIU(LHC入射器アップグレード) -RF共同研究の進捗(2) -耐放射線性半導体アンプの開発-

FROI05

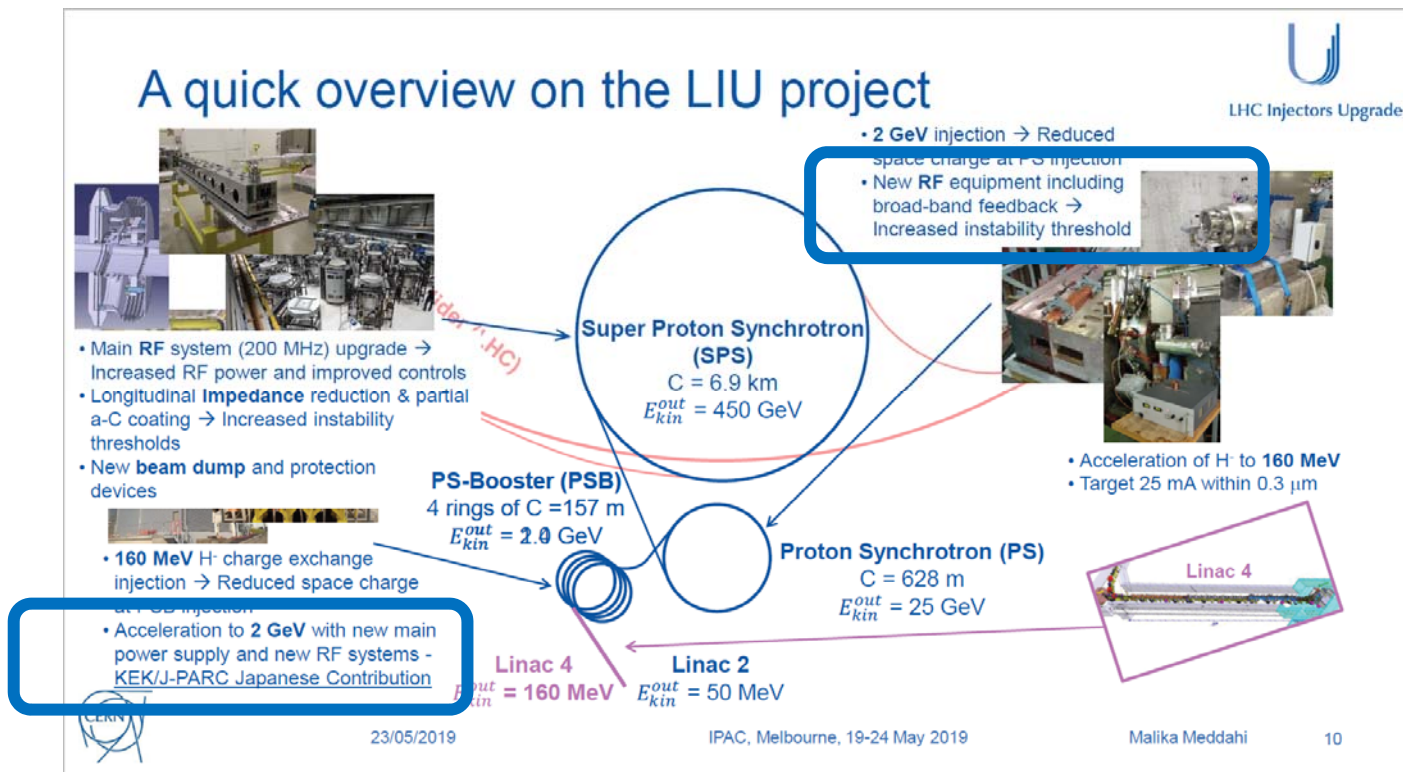
大森 千広、Mauro Paoluzzi、白形政司、田村文彦、
長谷川豪志、杉山泰之、吉井正人

Bulletin for the CERN Community, Issue No. 5-6/2019, 29 January, 2019, "LS2 Report: metamorphosis of the Booster".

Bulletin for the CERN Community, Issue No. 24-25/2019, 12 June, 2019, "LS2 Report: new components installed in the PS Booster".

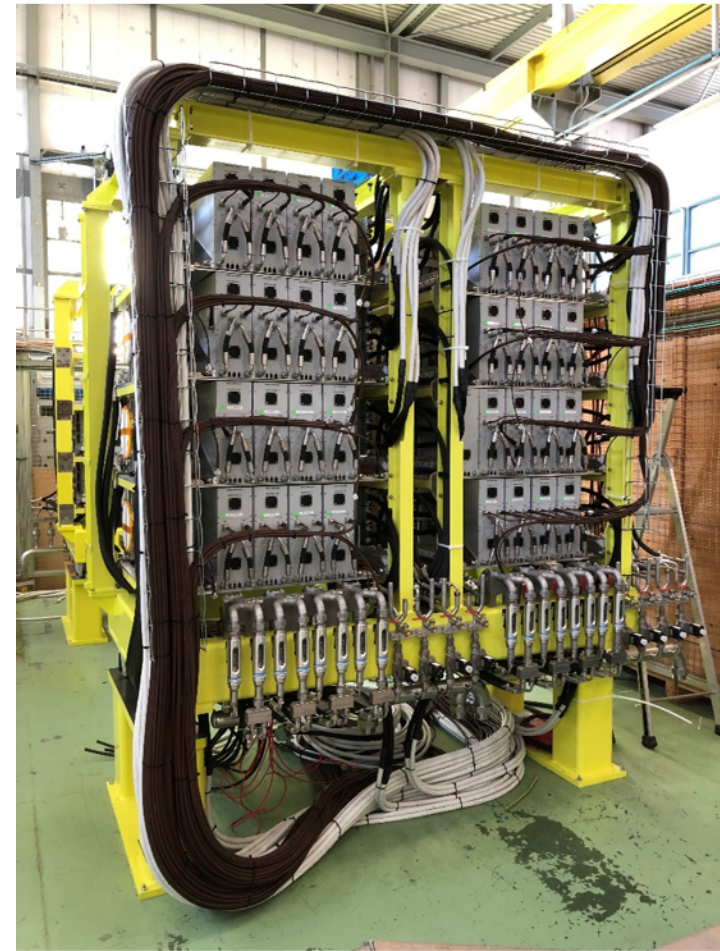
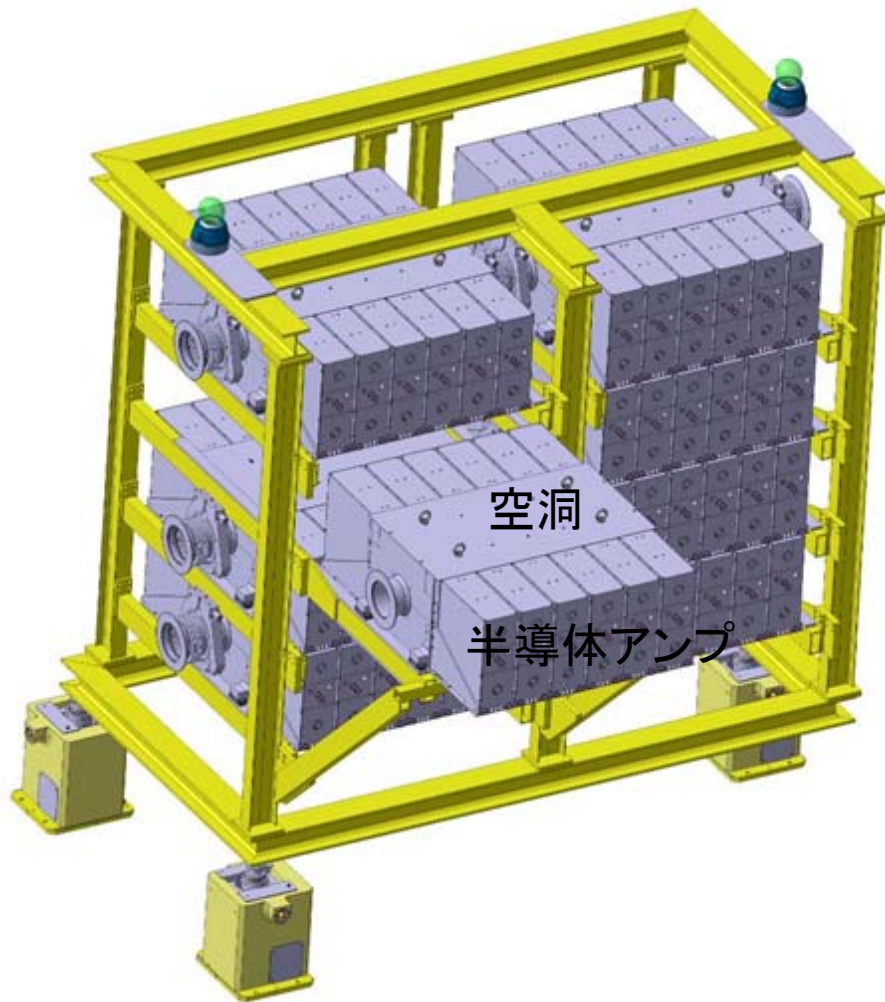
LIUとは

- LHC Injector Upgrade (LHC入射器アップグレード)



IPAC19 M. Meddahi

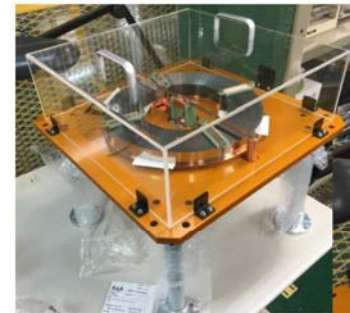
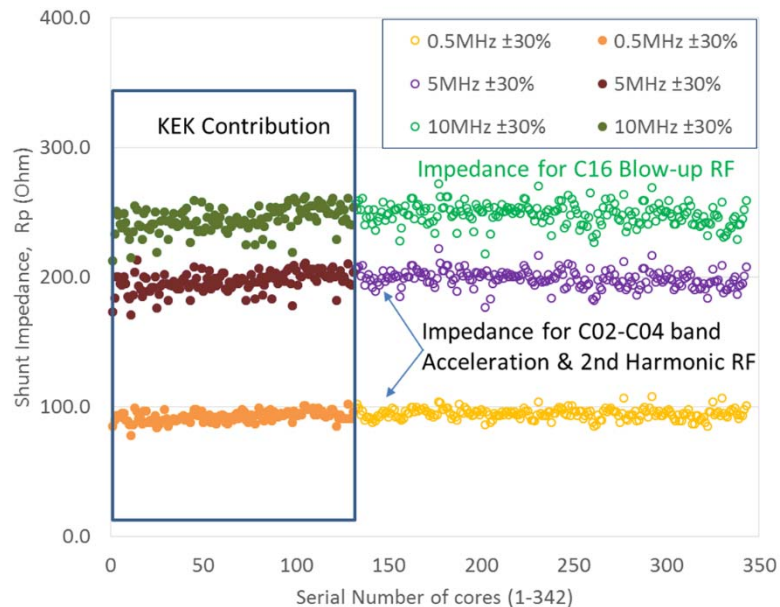
PSB(ブースター加速器)



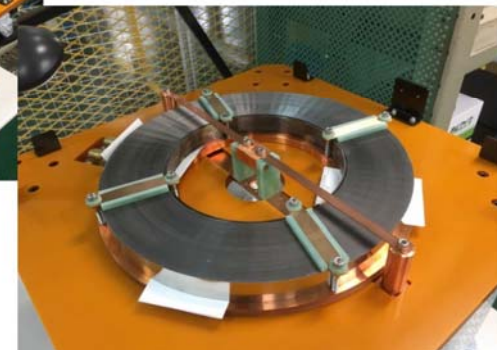
日本の貢献

PSブースター用コア製造
製造装置
技術
約3分の1の貢献

Mass Production Results for PSB Cavities



コアパワー試験



PSダンパー

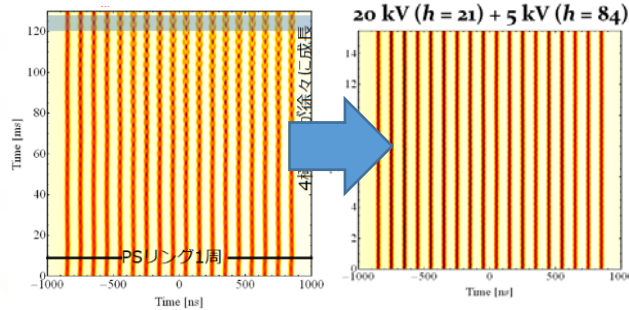
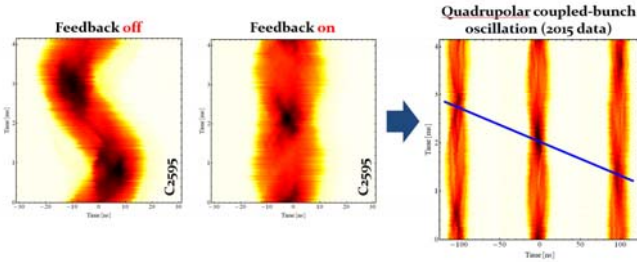


Quadrupolar oscillations at flat-top

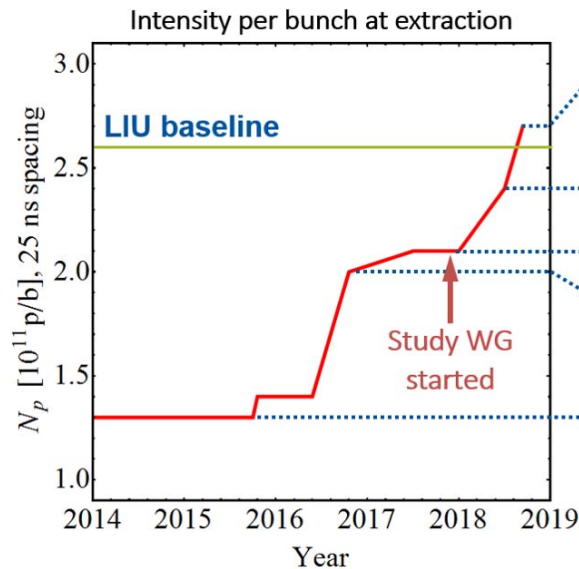
26

- Dipole oscillations very well stabilized by feedback
- No effect of feedback expected for high order oscillations

→ First measurements in 2015 at start of flat-top



ダンパー空洞



ダンパー+ランダウ空洞

Multi-harmonic feedbacks
C40-78 as Landau RF system

Suspected feedback saturation

Optimization 2017

Finemet dipole-mode
coupled-bunch feedback

Reach with C10-86/96 coupled-
bunch feedback (2005)*

H. Damerou



2019/8/2

第16回日本加速器学会年会FROI05

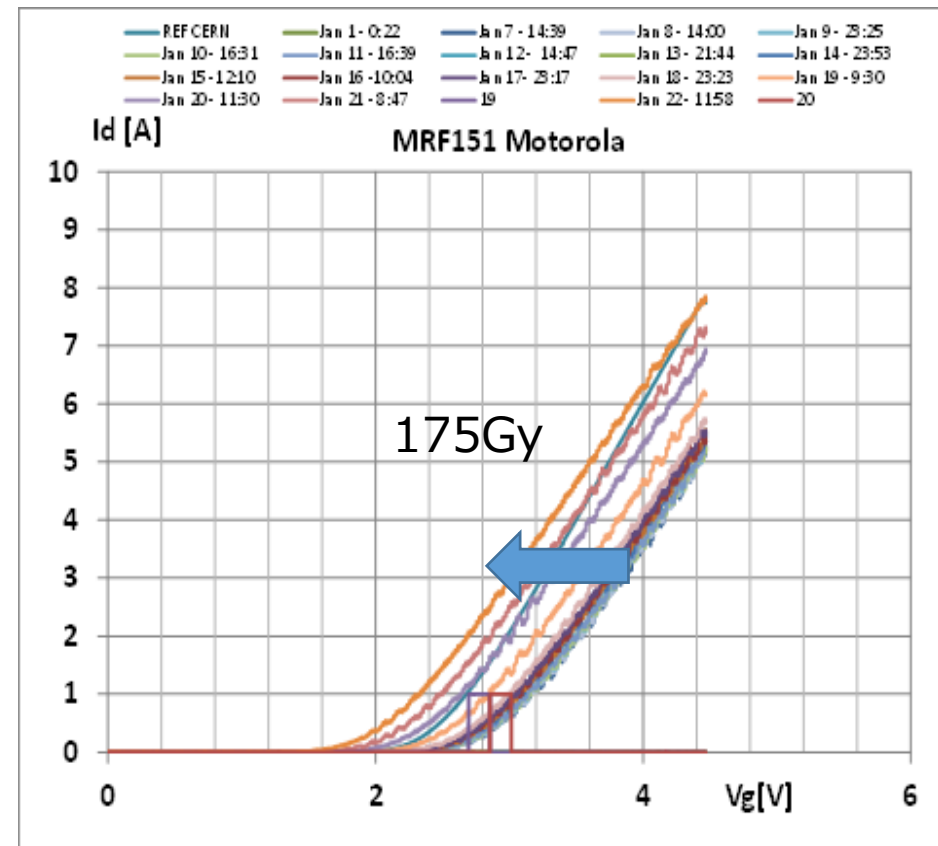
5

耐放射線半導体アンプ

- **PSB : 年間20Gy の場所に空洞を設置**
- **PSダンパー : 年間1kGy以上のため、鉄シールド内に設置**
- PSフェライト空洞フィードバック : 小さな真空管を使っているが寿命と信頼性が問題⇒半導体アンプにしたい

何が問題か

- MOSFETの絶縁層に放射線が入ることでホールがトラップされる。
- 集積回路など動作電圧が低ければ、絶縁層を薄くすることで影響が低下
- パワー半導体では絶縁層には厚みが必要。影響を無視できない。



2013年J-PARC

何が問題か (SEE)

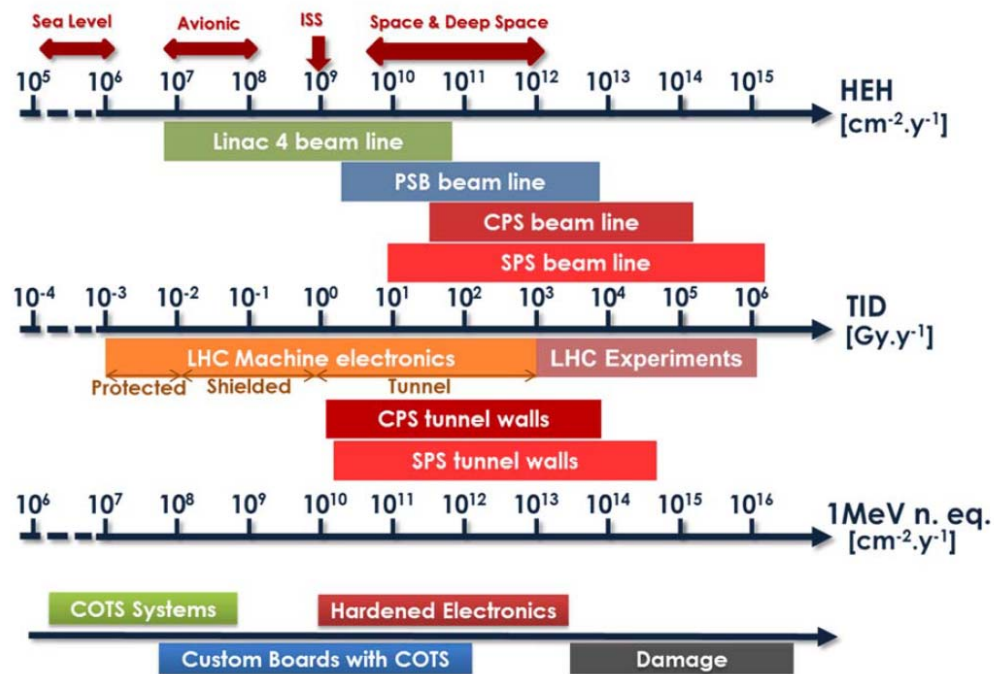


Figure 3: Radiation levels along the CERN accelerator complex expressed in term of TID, HEH and 1-MeV neutron equivalent fluences.

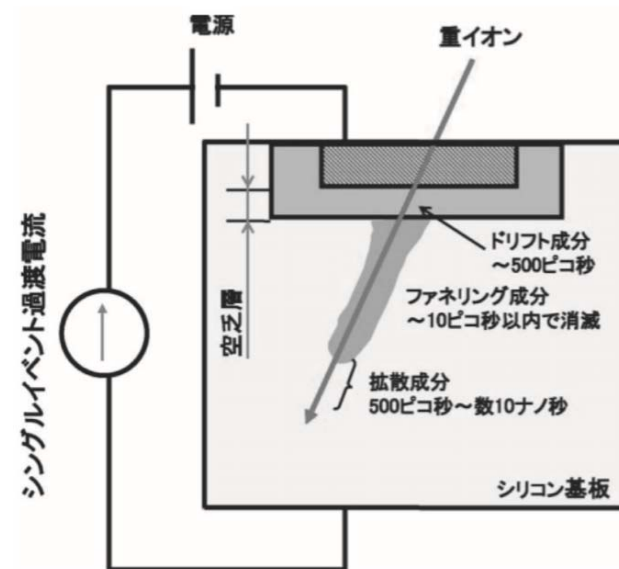
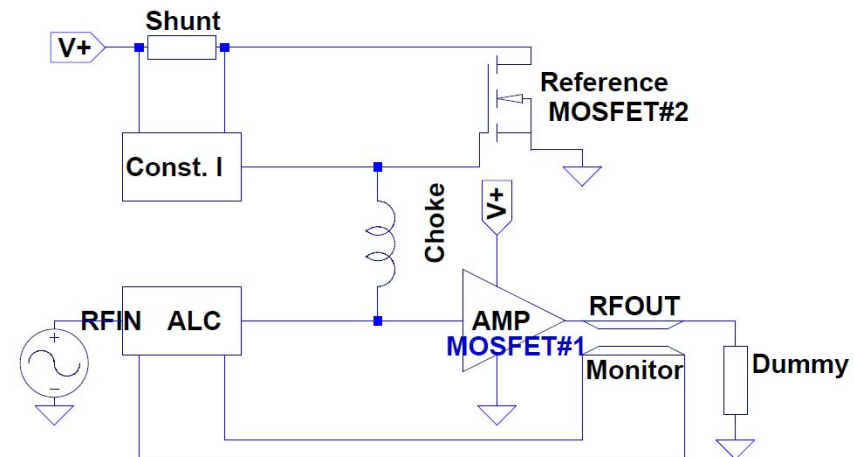
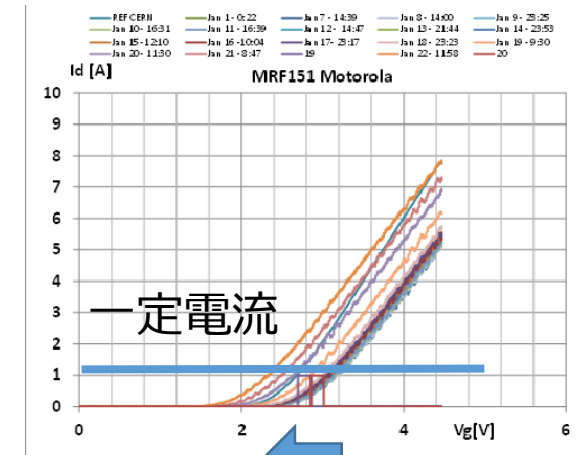


図1 シングルイベントにおける電荷収集機構
加速器学会誌13_1 (2016) p44

- SEE {
- SEU (Upset)
 - SEB (Burn out)
 - SEGR (Gate Rupture)
 - SEBD (Bulk Damage)

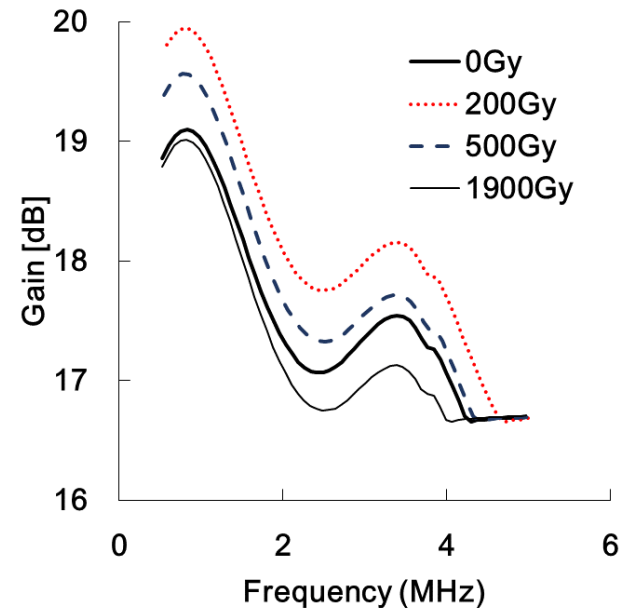
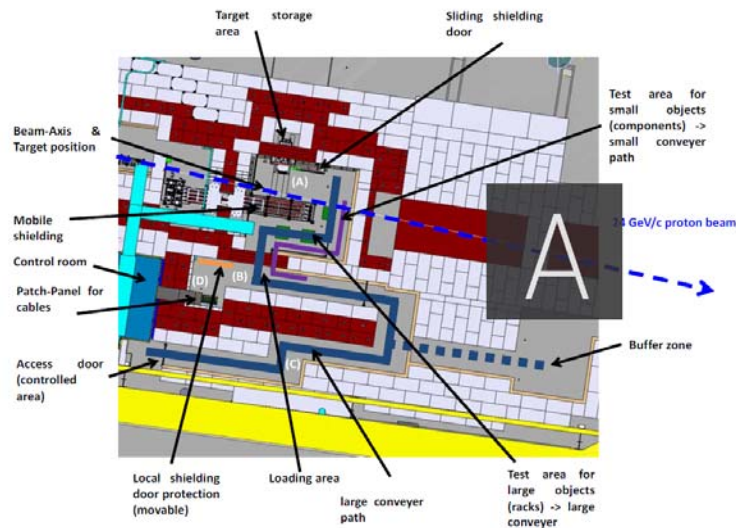
補償回路方式

- Gate 電圧を放射線による変化分だけ調整する
- 例えば Reference用MOSFETで低電流になるようにGate電圧を調整する。そのGate 電圧を他のMOSFETにも使用する



CHARMでの試験

- CERN High energy Accelerator Mixed-field facility (CHARM)



古いタイプのパワー-MOSFET
(DMOS)を試験

DMOSではシングルイベントは観測されず！

QSTでの試験+CHARM再試験

DMOSとLDMOSに γ 線を照射

CHARMの混合場

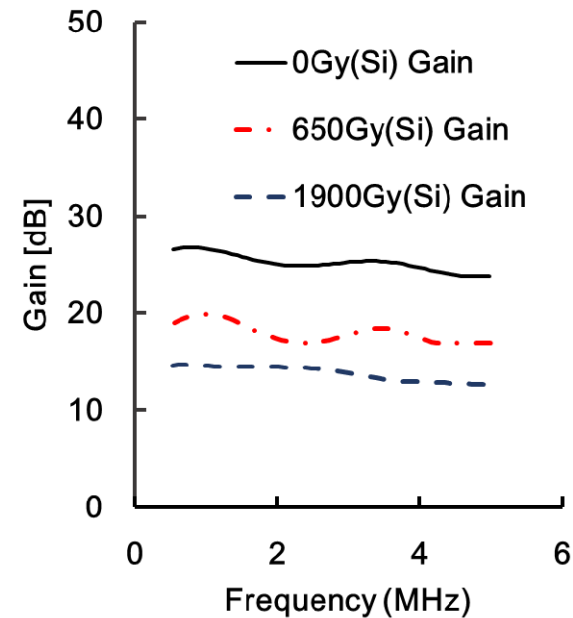
9kGy照射で両者とも良い結果

使用予定のDMOS……………OK

LDMOS : 変動はDMOS以下



しかし

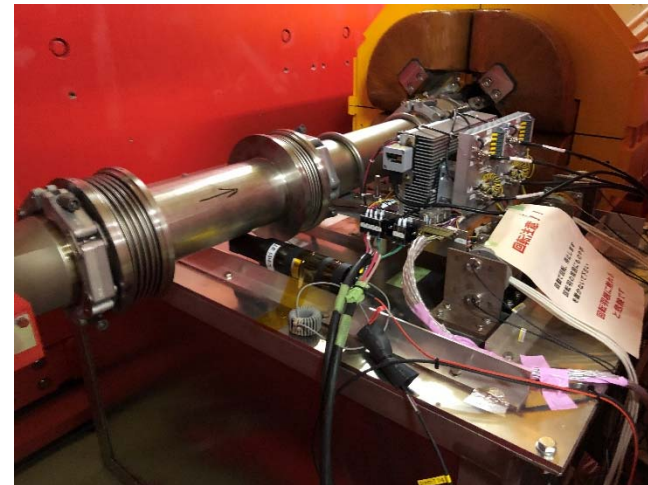


LDMOSではシングルイベントによるゲイン低下

(残念ながらPSIでも再現)

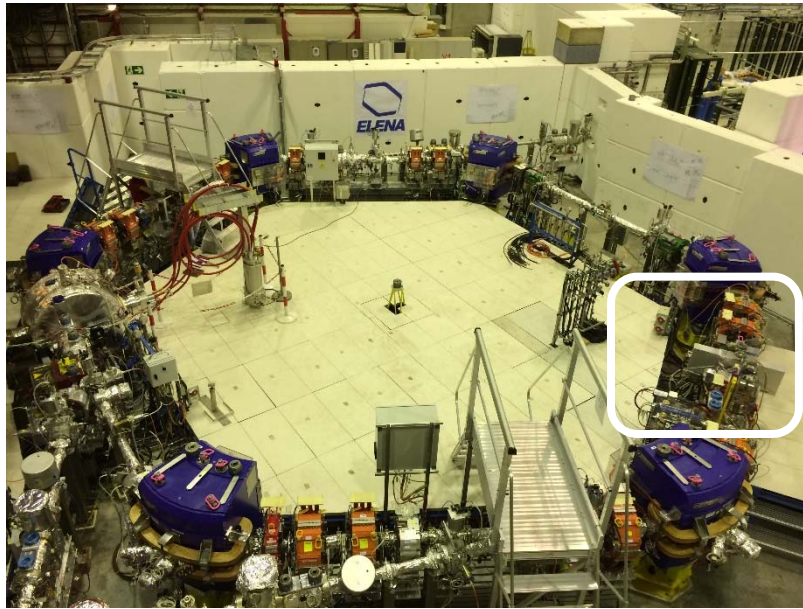
DMOSをベースに開発続行

- 多数のMOSFETを効率よく制御する方式の導入
 - 加速器サイクルを利用した**リファレンスMOSFETを用いない方式を開発**⇒ブースターに導入
 - 空洞設置が着々と進んでいる
- DMOSでどこまで行けるのか？
 - J-PARCでの試験を計画
 - うまく行けば**PSのフィードバック増幅器に使える可能性**



まとめと成果

CERNの広帯域空洞たちはみんな元気
耐放射線半導体アンプ開発が進んでいる



反陽子ELENAと広帯域空洞

詳しくは 高エネルギーニュース最新号「陽子の加速から電車の加速へ」
CERN Bulletin Issue No. 5-6/2019, 29 January, 2019, "LS2 Report:"