

DarkSide-20k Experiment

Cryogenic SiPMs

SiPM Tile + FEB + Mount = PDM

PDM Requirements:

For increased Light Yield:

- PDE of PDM > 40%
- PDE of SiPM > 45%

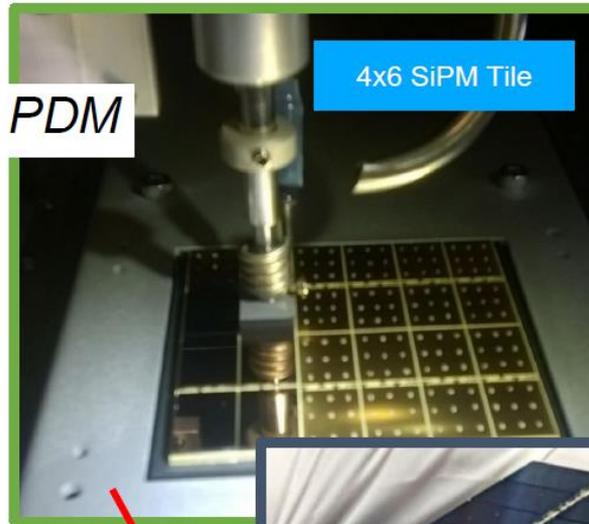
For effective Pulse-Shape Discrimination:

- DCR+Electronic Noise < 0.1 cps/mm².
- Time-Resolution ~10ns.

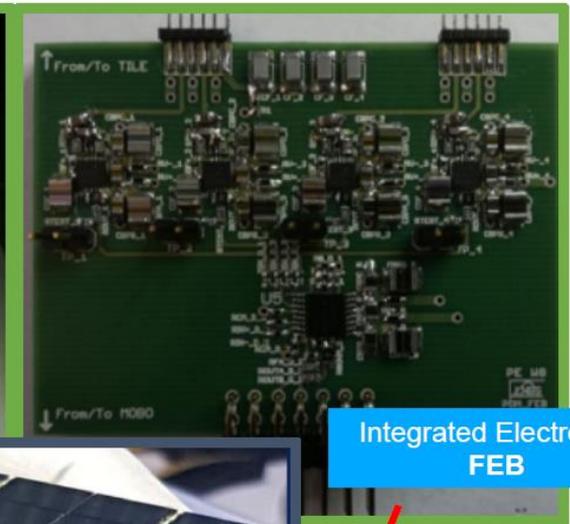
For good Energy-Reconstruction:

- Dynamic Range >50 PE.

Low intrinsic background levels,
fraction of mBq of U/Th



4x6 SiPM Tile



Integrated Electronics
FEB

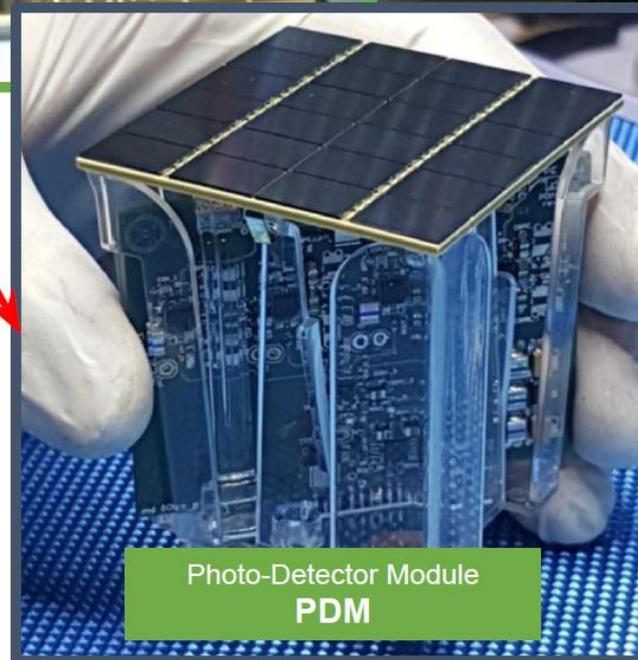
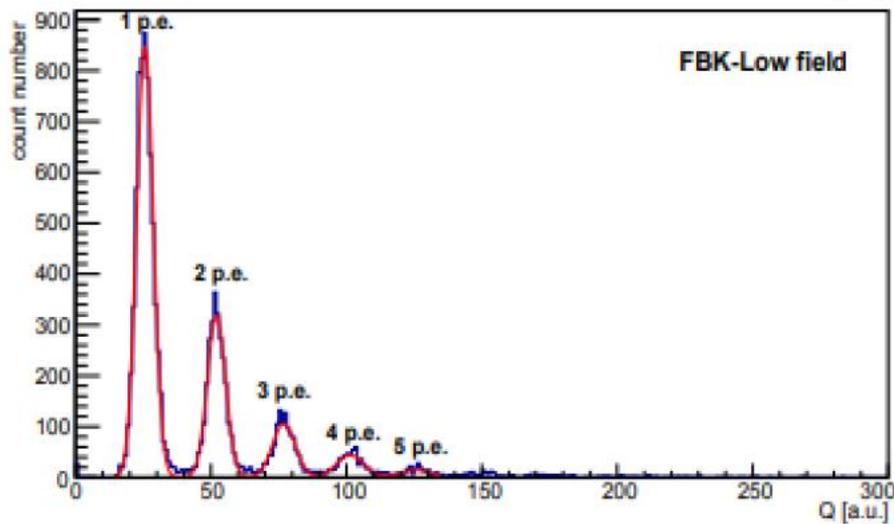
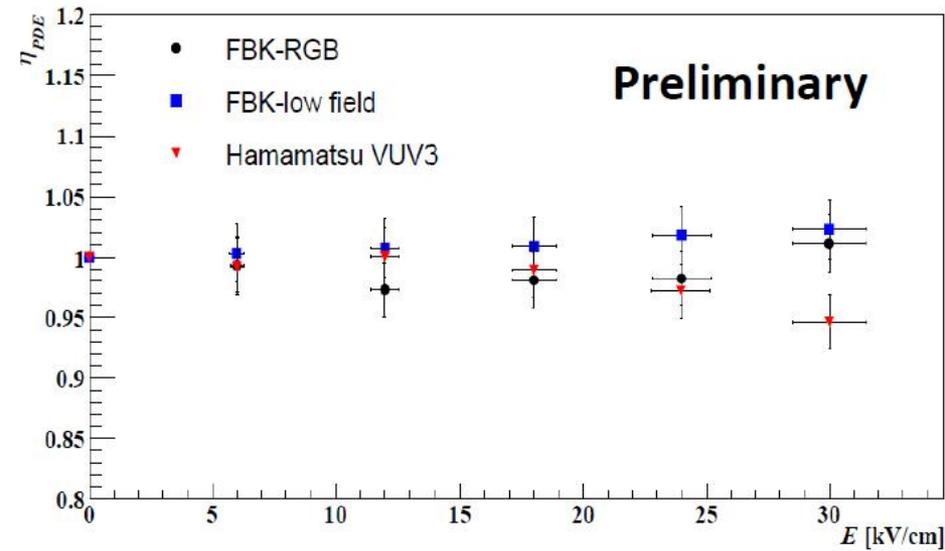
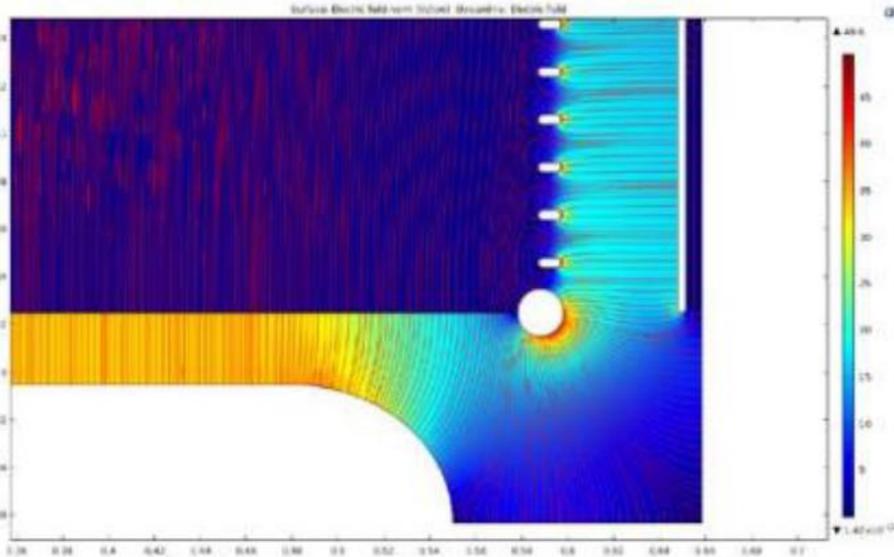


Photo-Detector Module
PDM

SiPM performance in strong external field



No influence on SiPM performance observed, with the field up to 30 kV/cm

材料放射性比较

材料	U238	Th232	K40
有机玻璃	0.012mBq/kg	0.004mBq/kg	0.27mBq/kg
CDEX10 无氧铜	1.23mBq/kg	0.41mBq/kg	0.038mBq/kg
PandaX 核级SS	1.7-2.4mBq/kg	2.7-4.1mBq/kg	14-19mBq/kg
DYB 低本底SS	1.2mBq/kg	8.0mBq/kg	13mBq/kg
EXO无氧铜	0.06~0.01mBq/kg	0.016~0.005mBq/kg	-

U²³⁸ : 1ppb = 12.40 mBq/Kg
Th²³²: 1ppb = 4.05 mBq/Kg
K⁴⁰ : 1ppb = 271 mBq/Kg

- 国内可买到的低本底不锈钢已经和国际上放射性含量差不多。
- 塑料类材料普遍更容易找到放射性含量低的产品。
- 国内目前看，低本底的无氧铜产品放射性含量相比国外能买到的还是高很多。

DEAP3600的探测器结构及 可借鉴的设计

DEAP-3600 Detector

3600 kg argon in sealed ultraclean Acrylic Vessel

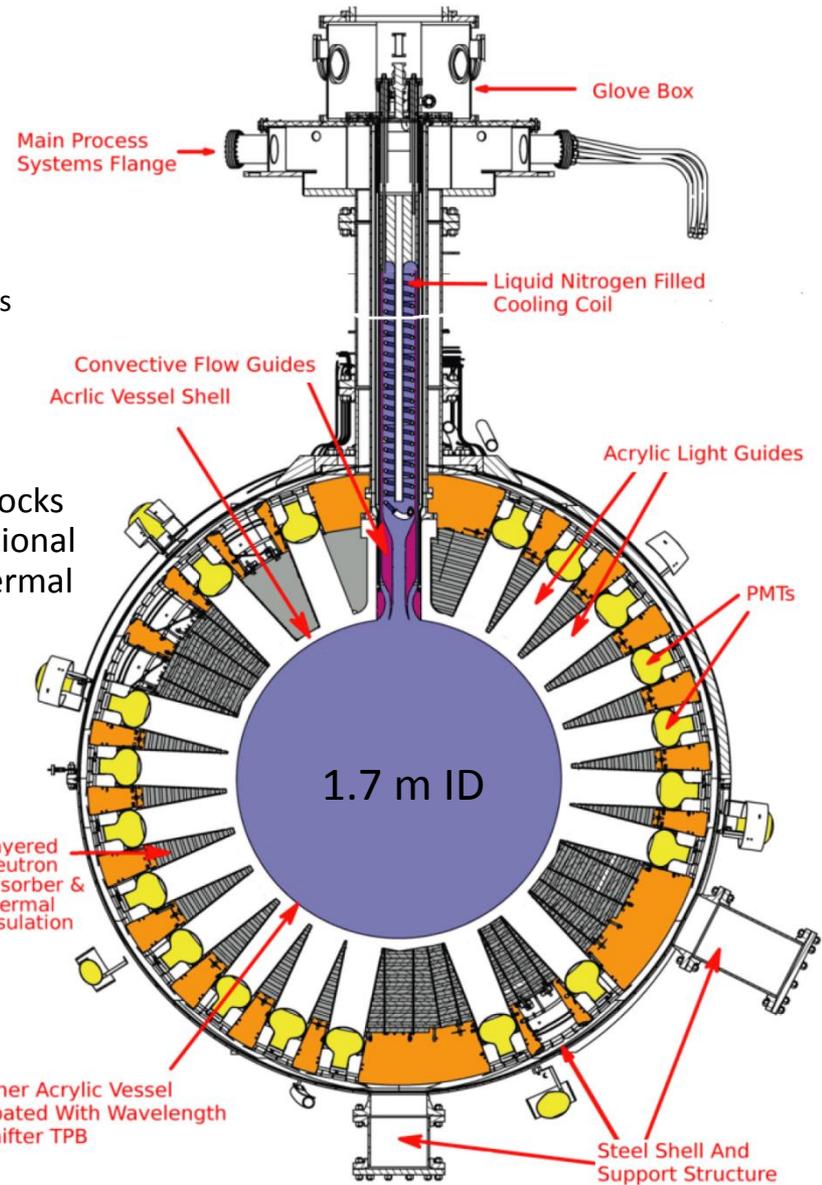
255 Hamamatsu R5912 HQE PMTs 8-inch, 32% QE, 75% coverage

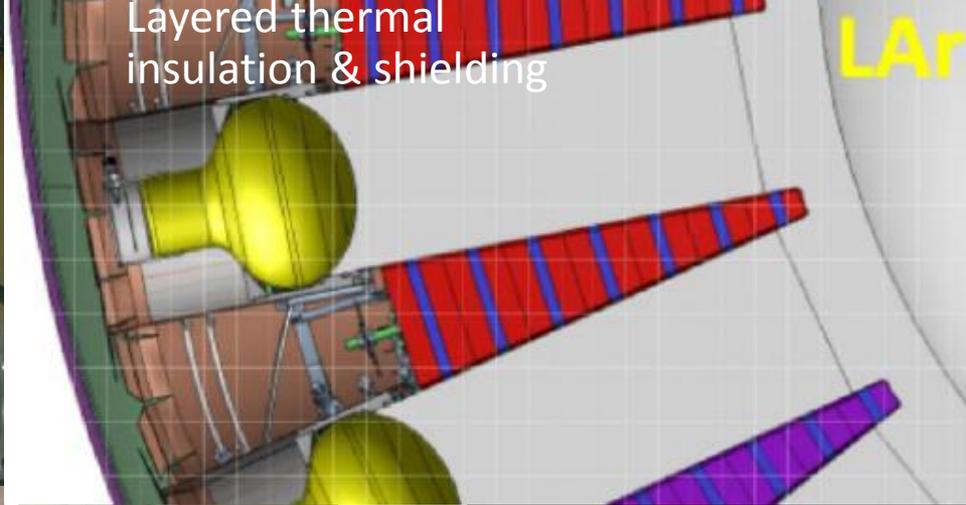
50 cm acrylic light guides +PE shielding provide neutron moderation & keep PMTs warm

Foam filler blocks provide additional shielding, thermal insulation

Steel Shell maintains N₂ atmosphere, immersed in 8 m water shield at SNOLAB

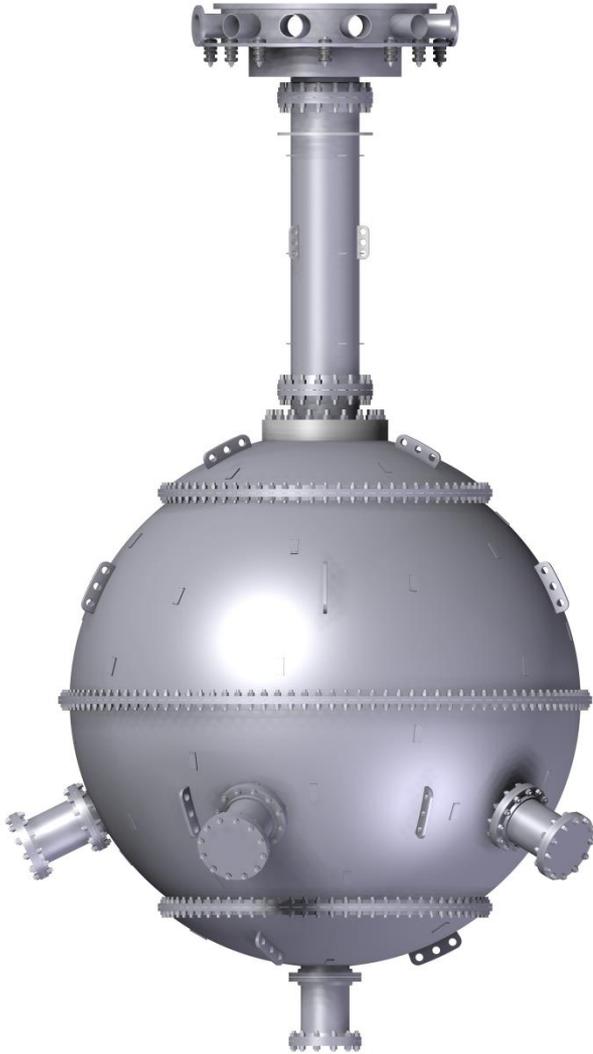
3.5 meters





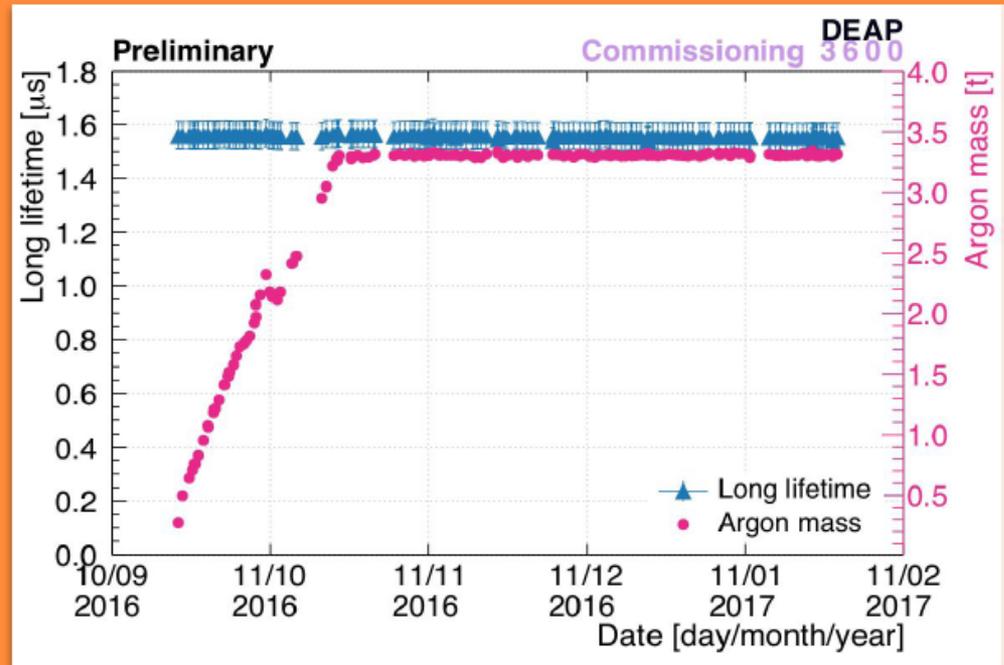
DEAP-3600 Steel Shell

- 11-foot diameter Section VIII Pressure Vessel
- Electropolished interior for low radon emanation
- Equatorial Flange (O-Ring) for Detector Assembly
- Delivery to SNOLAB July 2012 (9 pieces)
- Welded together underground (incl. large flange)



Timeline

- LAr reached neck
- Seal at acrylic-steel interface got too cold and failed
- Introduced 100 ppm level contamination of Rn-scrubbed N₂



DEAP3600可借鉴的探测器结构

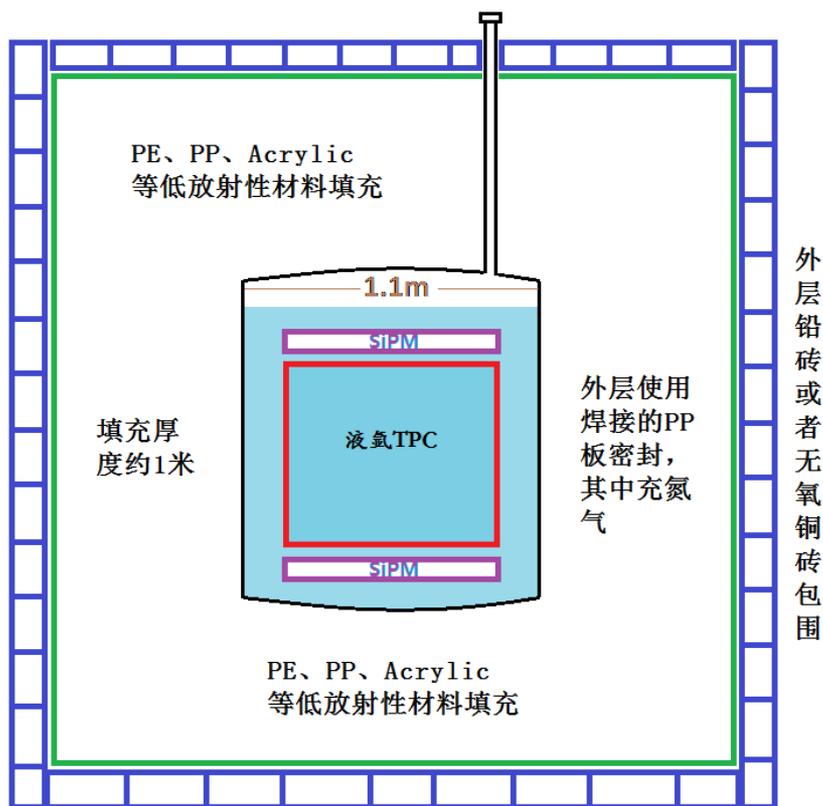
- 内部全塑料结构可以减少金属使用带来的放射性
 - 对于我国国情来说，极低放射性的铜、钢材料较难找，
 - 塑料类材料使用纯的原料树脂可以获得很低放射性的体材料
 - JUNO的有机玻璃放射性极低。
- 使用>50cm厚的塑料材料做隔热层构件液氦杜瓦。
 - 按照实验对放射性的屏蔽要求，这个方案可以同时提供很好的屏蔽效应
 - 隔热层做成密封的，可以有效隔离Rn
- 塑料材料如果足够厚，可以减少漏气率。

基于杨长根老师的概念设计思想完善

探测器方案

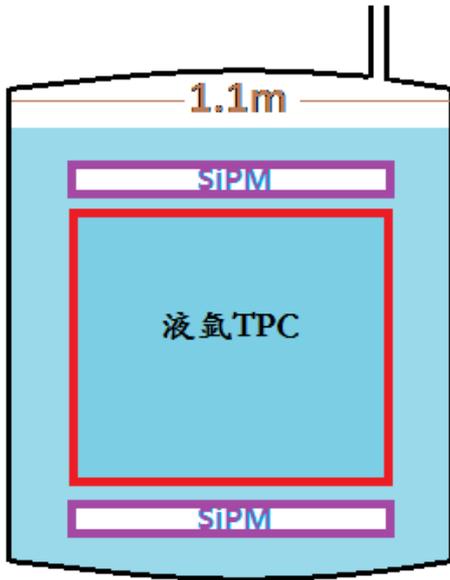
几乎全部塑料的探测器结构

集成屏蔽层的液氦杜瓦



- JUNO实验成熟的PP板材焊接拼接技术可用来制作最外层密封外壳，充氮气。
- 采用低本底塑料材料（可以用分层的多种材料）填充，厚度~1米，用作隔热层，兼作屏蔽层。
- 内层采用单层液氦罐，使用磨具成型的PTFE材料或者Acrylic材料粘结制造。
 - PTFE在液氮温度还有5%的机械强度。
- 氦系统工作绝对压强略高于1atm，安全压力需要R&D测试
- 使用塑料闪烁体作为muon探测器。
- 使用无氧铜砖或者低本底铅砖外层包裹大液氦杜瓦，用作gamma屏蔽层。

液氩TPC的全新方案



- 液氩罐子采用低本底塑料制造，放射性很低。
- 采用~10cm的液氩层用作veto和屏蔽层，
- 使用Acrylic制造TPC液氩容器（图中红色部分），全透明的方案，
 - 根据需要决定TPC中的液氩是否和外层液氩隔开（密封性能需要R&D）
 - 可以在侧面增加SiPM排布（EXO的实验显示SiPM强电场下仍可工作）
 - TPC容器内壁蒸镀一层TPB材料。
- 电场成形采用涂敷于TPC容器外围的导电层实现，如采用ITO镀膜技术，可实现全透明。（需要R&D）
- SiPM阵列自支撑排列在TPC容器外围。

TPC设计的传统改进方案

- 液氩罐子采用低本底不锈钢加工，可靠性高。
- TPC结构采用PTFE材料加工，上下底面采用有机玻璃，内部镀膜TPB。
- 采用进口的低本底铜加工漂移电场成形圈，控制铜的用量。
- 上下底面安装SiPM的整列，
- 此方案要求严格控制材料放射性含量，争取在DS-50基础上降低>10倍放射性本底。

完

DEAP-3600 Detector Assembly

