

CTA報告24:CTA大口径望遠鏡 焦点面検出器の開発

折戸玲子, 栗根悠介^A, 梅原克典^B, 榎本良治^C, 大岡秀行^C, 奥村曉^D, 片桐秀明^B, 株木重人^E, 櫛田淳子^F, 窪秀利^A, 黒田和典^B, 小谷一仁^F, 小山志勇^G, 今野裕介^A, 菅原隆希, 郡司修一^H, 佐々木美佳^B, 渋谷明伸^I, 高橋弘充^J, 田島宏康^I, 谷森達^A, 手嶋政廣^{C,P}, 千川道幸^K, 千葉順成^L, 寺田幸功^G, 門叶冬樹^H, 中森健之^M, 西嶋恭司^F, 林田将明^A, 馬場彩^N, 日高直哉^I, 深沢泰司^J, 水野恒史^J, 山岡和貴^N, 山本常夏^O, 吉田篤正^N, 米谷光生^J, Razmik Mirzoyan^P, Olaf Reimann^P, David Fink^P, Thomas Schweizer^P, 他 CTA-Japan Consortium

徳島大総科, 京大理^A, 茨城大理^B, 東大宇宙線研^C, 宇宙研^D, 東海大医^E, 東海大理^F, 埼玉大理^G, 山形大理^H, 名大STE研^I, 広大理^J, 近畿大理^K, 東理大理工^L, 早大理工^M, 青学大理工^N, 甲南大理^O, Max-Planck-Institut fuer Physik^P

CTA大口徑望遠鏡(LST)焦点面検出器

- Large Size Telescope(LST) , 口径**23m**, エネルギー領域**20GeV**~
- カメラ視野**4.5度**(**0.1度**/pixel)
- 光検出器チャンネル数 **~2500**
- カメラ直径 **~2.5m**(光検出器面のみ)
- カメラ内に読み出しエレクトロニクス
- シール、温度コントロール

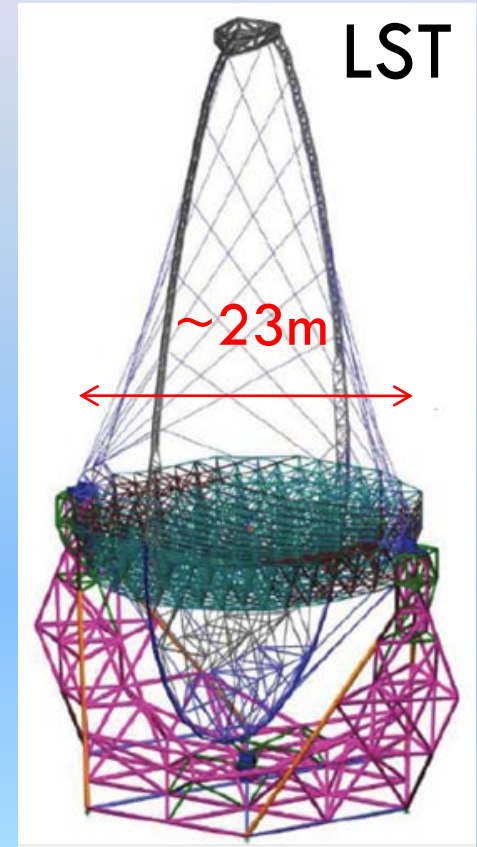
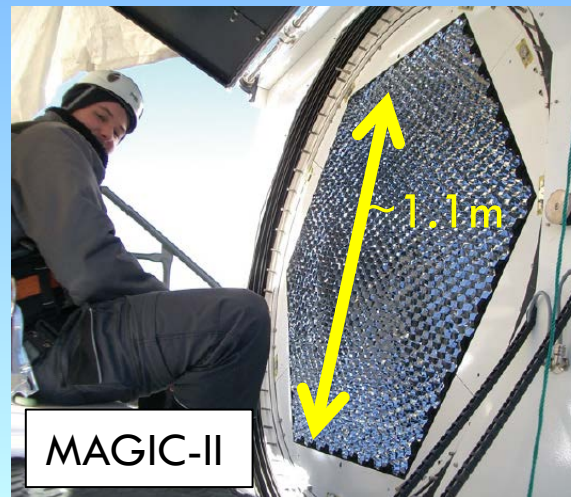


IACTの中でも**最大サイズ**のカメラ!

- 高感度光検出器
- 高速読み出し回路
- 省電力
- コンパクト、軽量
- 低コスト

な光検出器モジュールおよび

- 本体、冷却系の開発



LSTハード開発
⇒19pSY-9 読み出し回路
⇒19pSY-10 分割鏡

CTA-LST焦点面検出器の開発

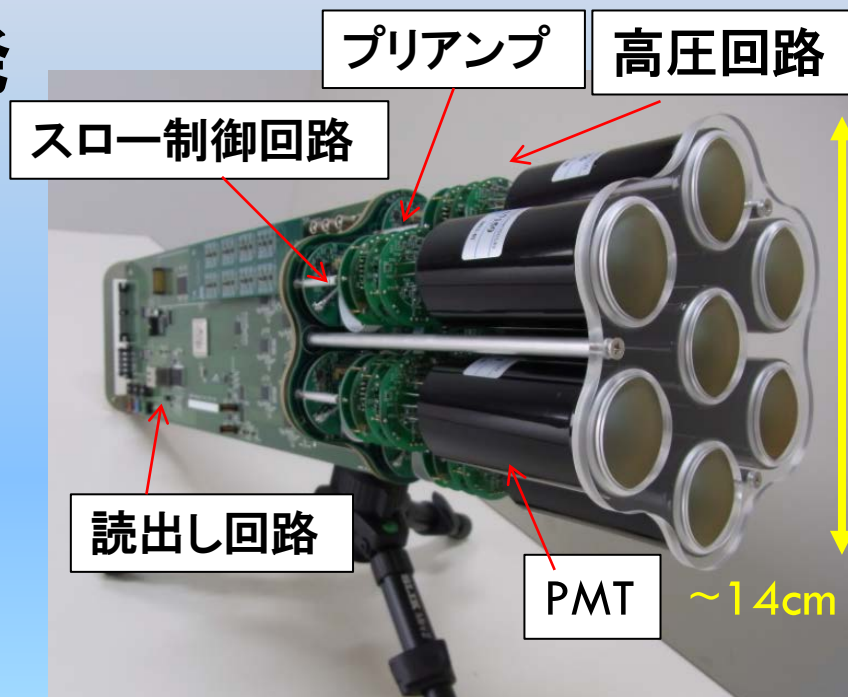
CTA-Japanにおける開発現状

• 光検出器モジュール開発

- PMT
- 省電力高圧回路
- 高速プリアンプ
- スロー制御回路
- 高速読み出し回路

• カメラ本体開発

- ミニカメラ、冷却系



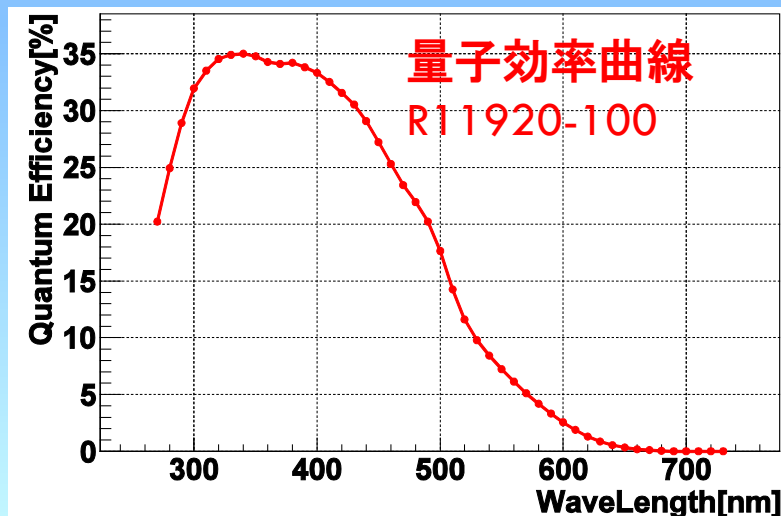
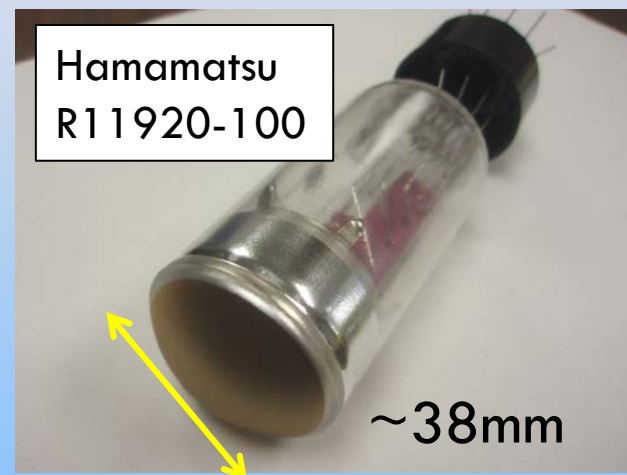
メンテナンス、インストールを考慮し
7本を1クラスターとしている。
PMT間隔48mm, 前面にライトガイド

光検出器の開発

- ベースラインはPMT
- 量産能力を考慮し浜松ホトニクス社及びElectron-Tube社が候補
- Hamamatsu R11920-100が特に有望

仕様、性能

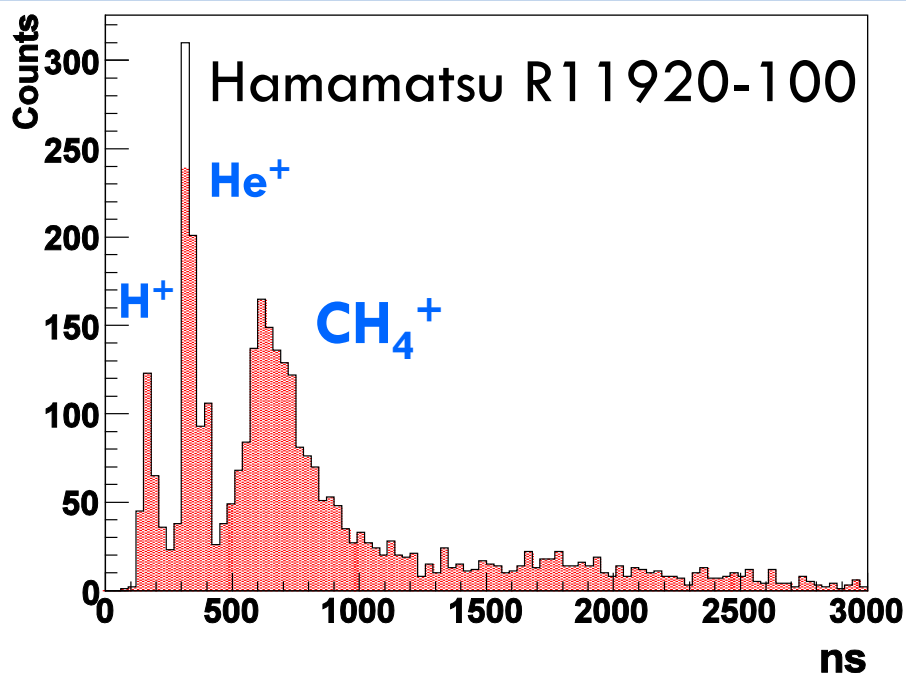
- 1.5インチスーパーバイアルカリ光電面
- ラインフォーカスダイノード 8段
- 量子効率 > 35%
- アフターパルス < 0.05% (> 4 p.e.)
- パルス幅 2.5~3ns (FWHM)
- Frosted Concave-convex Window
- 時間特性 TTS < 1.3ns
- 寿命 > 10years
- 動作ゲイン 4×10^4



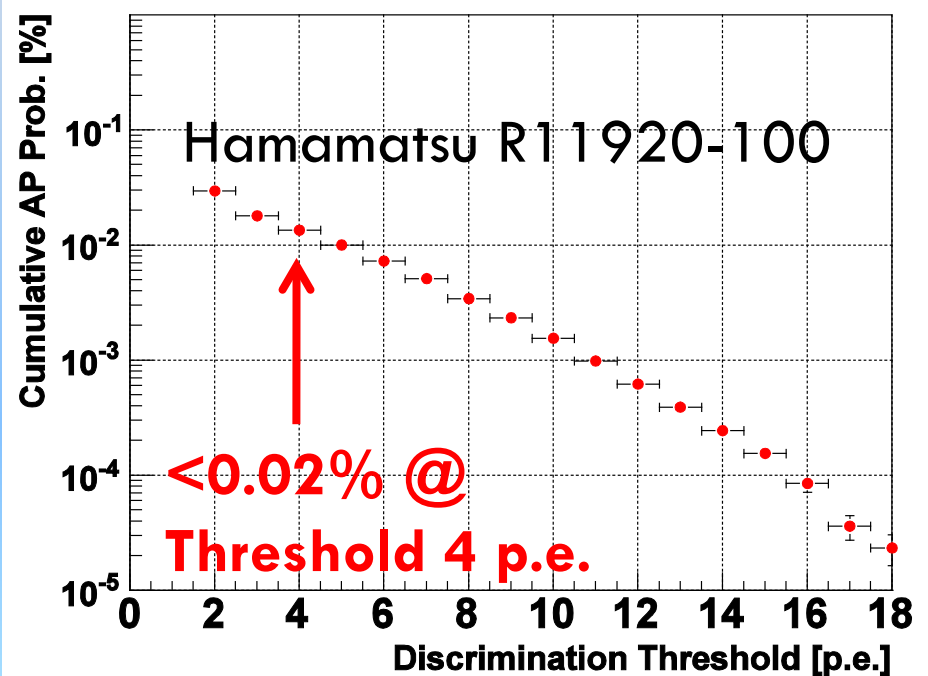
光検出器の開発

夜光とPMTアフターパルスによるトリガーを低減し低閾値化

アフターパルス時間分布



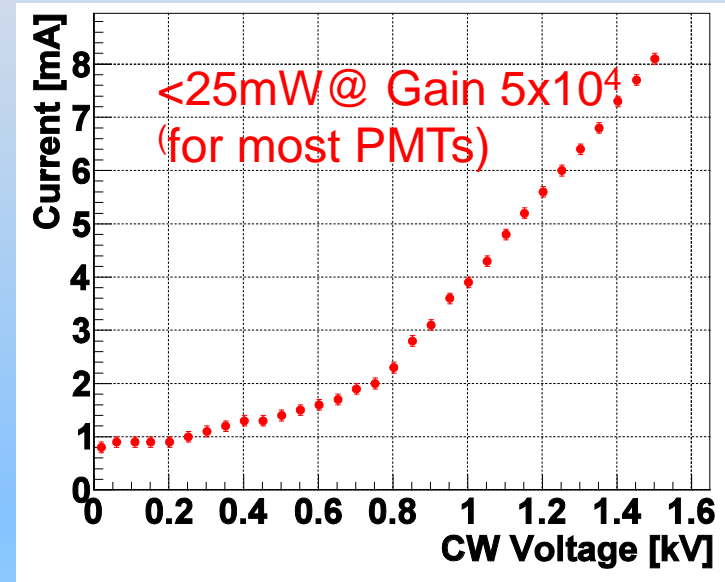
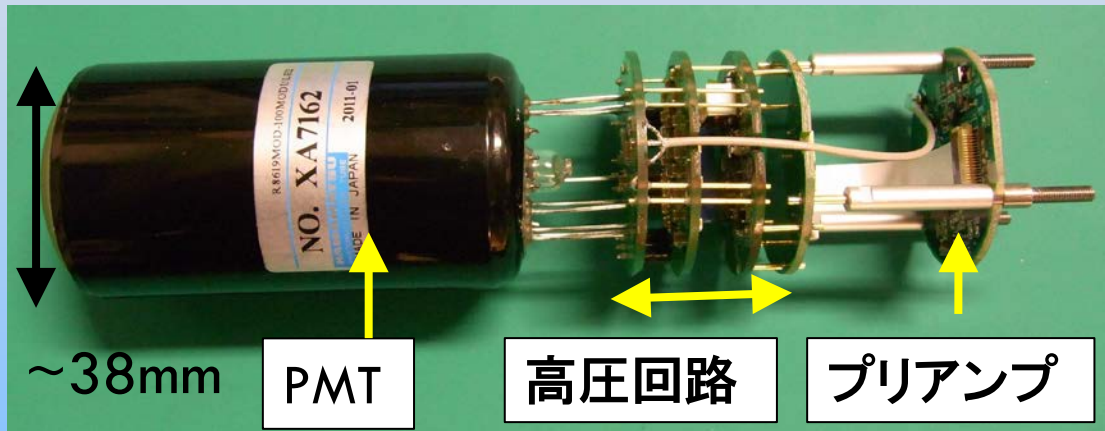
アフターパルス確率



過去4年にわたるPMT構造最適化の末、CTA-LSTの要求値を満たすPMT(Hamamatsu R11920-100)が完成

高圧回路の開発

浜松ホトニクス社製、Cockcroft-Walton(CW)型



仕様、性能

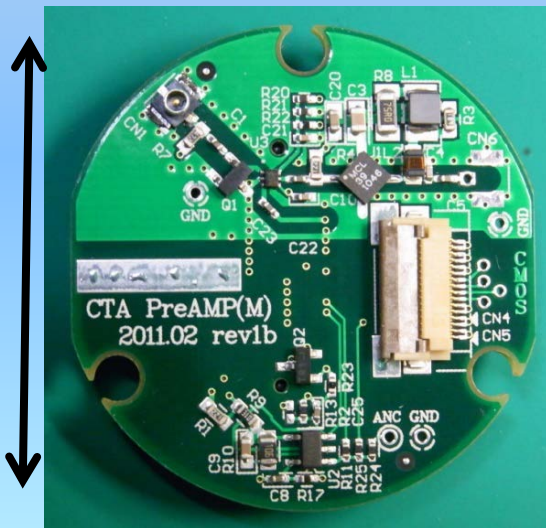
- PCB 3枚、MAGIC-II CWをベース
- 電圧分割 300V(Zener):1:2:1:1:1:1:2:1
- +5V 電源, 消費電力 < 40mW @ Dark
- 高圧制御(モニタ) 0 ~ +(-)1.5V (0~-1500Vに相当)

小型、低消費電力

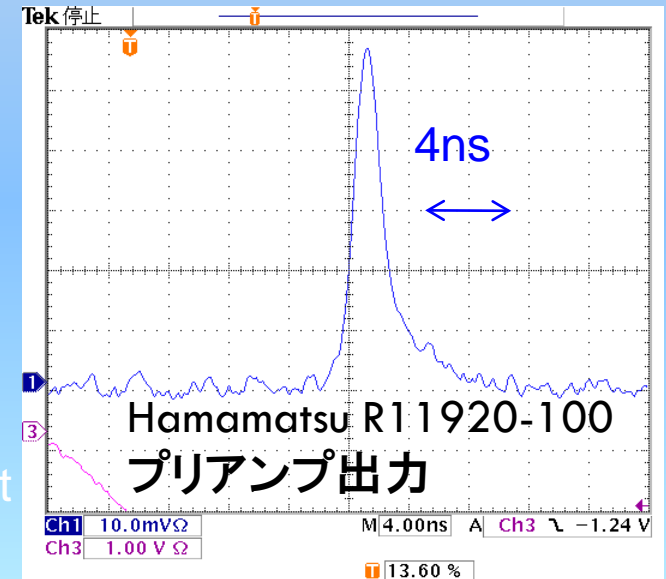
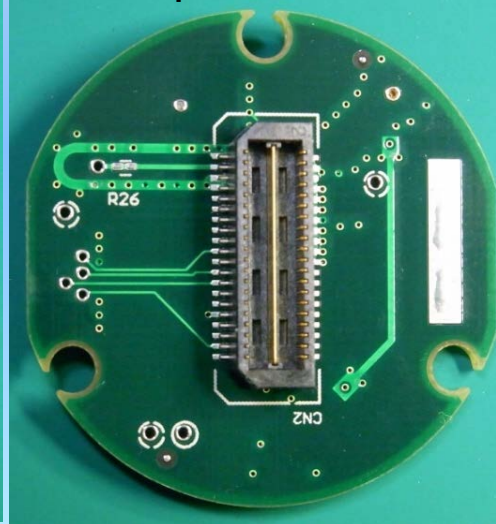
プリアンプの開発

- 信号増幅、アノードDC電流測定、テストパルス入力
- LEE-39+ (Mini-Circuits co.) amplifier.
- 帯域 > 4GHz, ゲイン@2GHz
- 消費電力 180mW

~38mm



0.5mm pitch connector



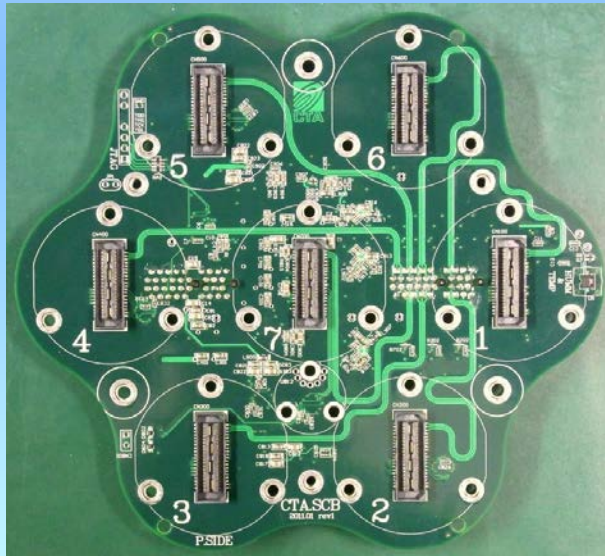
高速、低消費電力

さらなる低消費電力ASICアンプも試験中

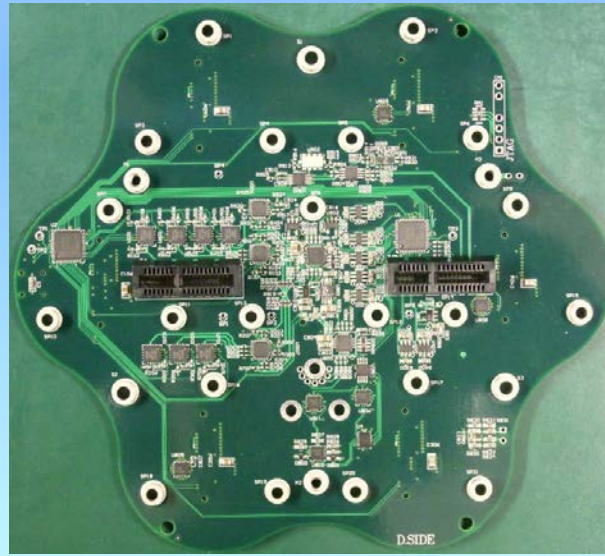
スロー制御回路の開発

- 7チャンネルPMT毎の高圧制御/モニタ
- PMTアノードDC電流モニタ, 温度湿度モニタ
- 高速テストパルス生成と減衰レベル(0.5-31.5dB)調整
- 電源電圧/電流モニタ, PMTチャンネル別電源ON/OFF
- 2個のCPLDsより校正, 読み出し回路側FPGAにより制御

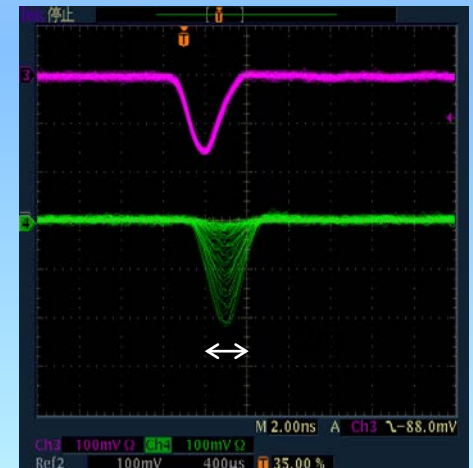
PMT側



読み出し回路



高速テストパルス



~14cm

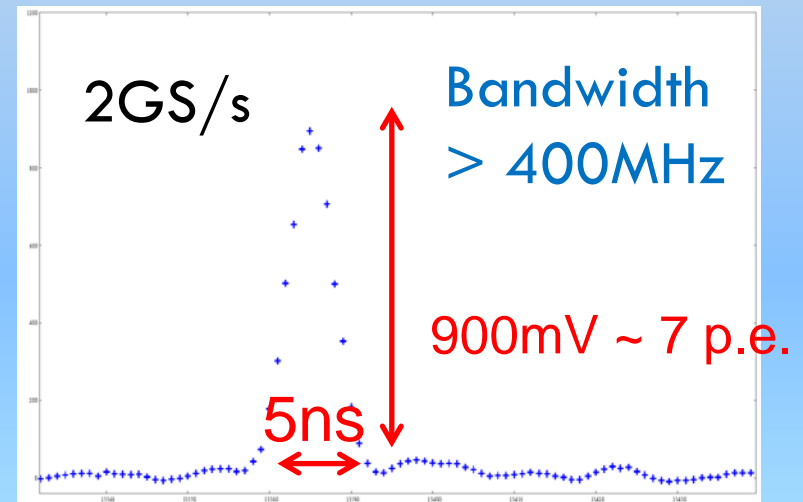
待機消費電力~17mW

高速読み出し回路

- 19pSY-9 荻原他
- Domino Ring Sample-4(DRS4, 0.7~5GS/s, 帯域950MHz) Chip とGbit Ethernetデータ転送系による高速読み出し回路



取得波形

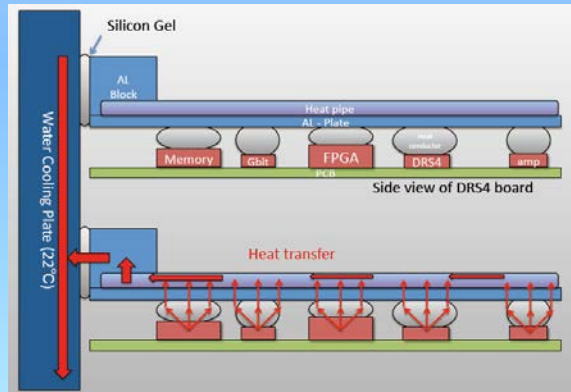
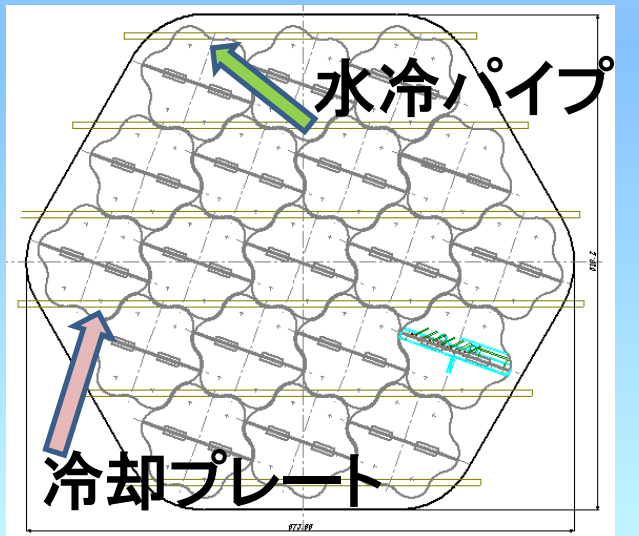
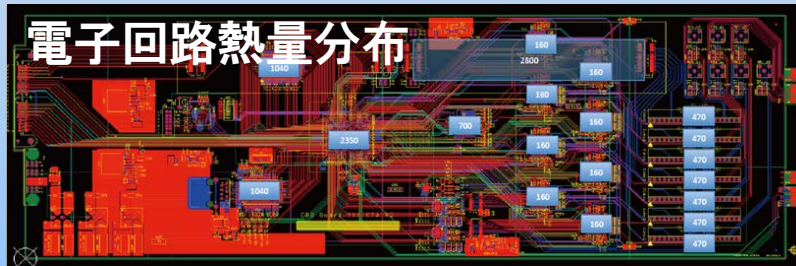
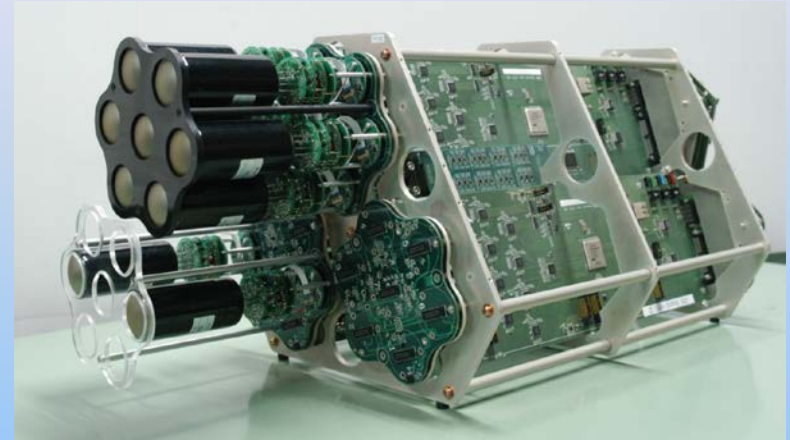


1クラスター、電力 14W, 重量 1.3kg

LST用光検出器モジュールのプロトタイプの完成

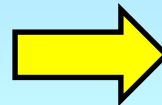
カメラ本体と冷却系

- 光検出器劣化防止と安定動作のためシール、温度コントロール
- 19クラスターによるミニカメラ
構造体デザイン、冷却系、
複数クラスター制御、トリガ試験



ヒートパイプと
水冷プレート

クラスター量産デザインの決定
量産、プロトタイプカメラの開発
(プロトタイプ建設~2014年)



~67cm

まとめと今後

- 次世代チェレンコフ望遠鏡計画CTAが進行中、現在各種ハードウェアコンポーネントの開発が活発に進められている。
- CTA-Japanにおける大口径望遠鏡焦点面検出器の開発現状について報告した。
 - 光検出器、省電力高圧、高速プリアンプ、スロー制御、高速読み出し回路
 - カメラ本体、冷却系
- 今後2014年プロトタイプ建設にむけて、デザインの最終化、量産準備を進める。