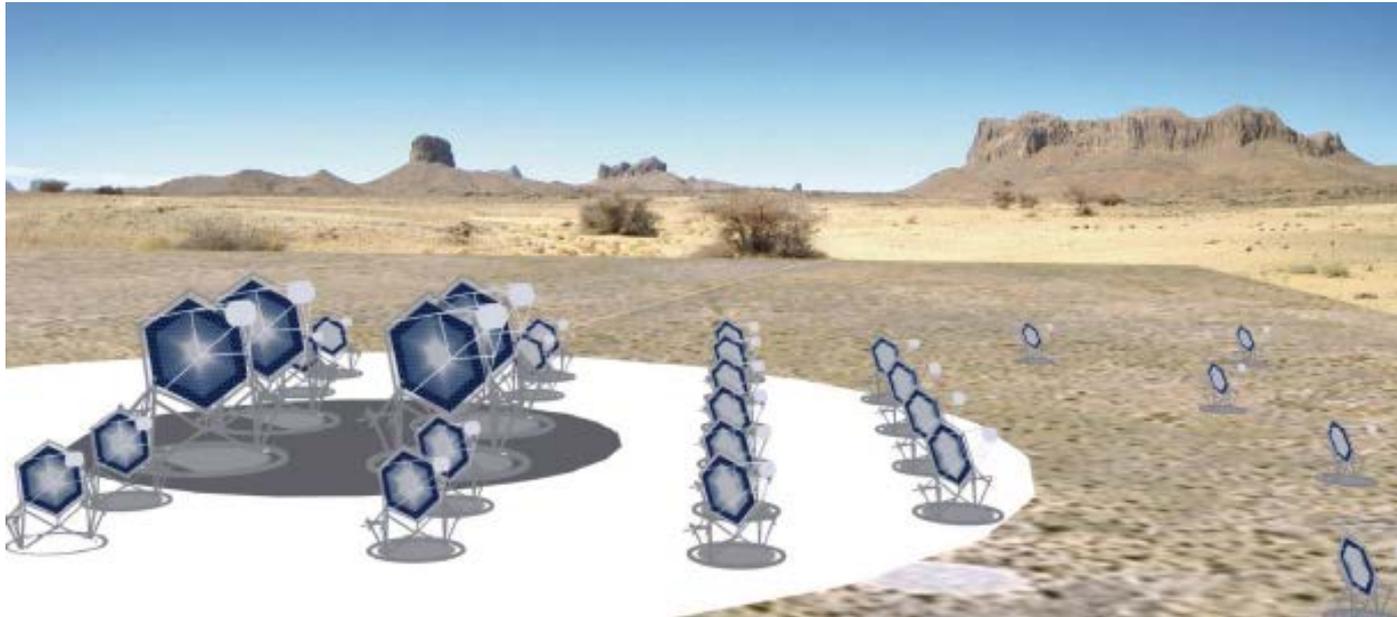


CTA 大口径望遠鏡の 焦点面検出器の開発



東海大理 櫛田淳子

他 CTA-JAPAN consortium

9月22日 日本天文学会2011年秋季大会 V116a

焦点面検出器 開発メンバー

2011年9月現在

- 青山学院大学 馬場彩、山岡和貴、吉田篤正、
- 茨城大学 梅原克典、片桐秀明、黒田和典、佐々木美佳
- 宇宙科学研究所 奥村暁
- 京都大学 粟根悠介、窪秀利、今野裕介、谷森達、林田将明
- 近畿大学 千川道幸
- 甲南大学 山本常夏
- 埼玉大学 小山志勇、寺田幸功
- 東海大学 株木重人、櫛田淳子、小谷一仁、西嶋恭司
- 東京理科大学 千葉順成、
- 東大宇宙線研究所 手嶋政廣、榎本良治、大岡秀行
- 徳島大学 折戸玲子、菅原隆希
- 名古屋大学 渋谷明伸、田島宏康、日高直哉
- 広島大学 高橋弘充、深沢泰司、水野恒史、米谷光生
- マックスプランク研究所 R. Mirzoyan、O. Reimann、D. Fink、T. Schweizer
- 山形大学 郡司修一、門叶冬樹
- 早稲田大学 中森健之

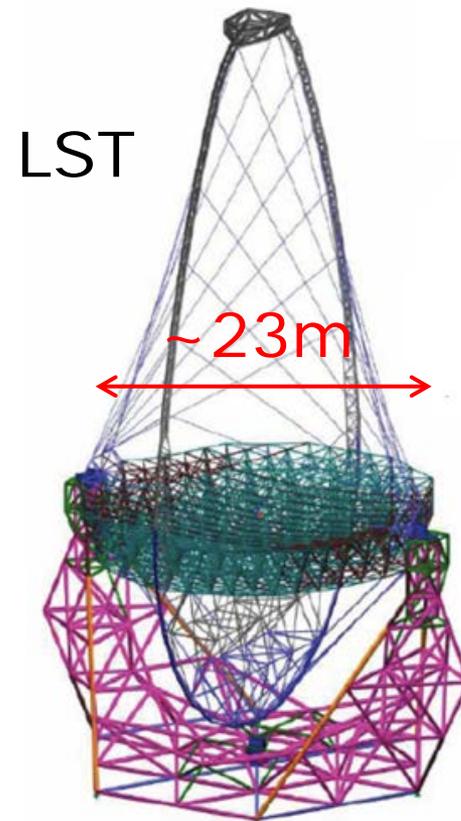
大口径望遠鏡 (LST)

Large Size Telescope (LST)

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



高感度、高速、省電力、コンパクトな
光検出器モジュールの開発
(光検出器、高圧回路、プリアンプ、制御回路)



LST 焦点面検出器

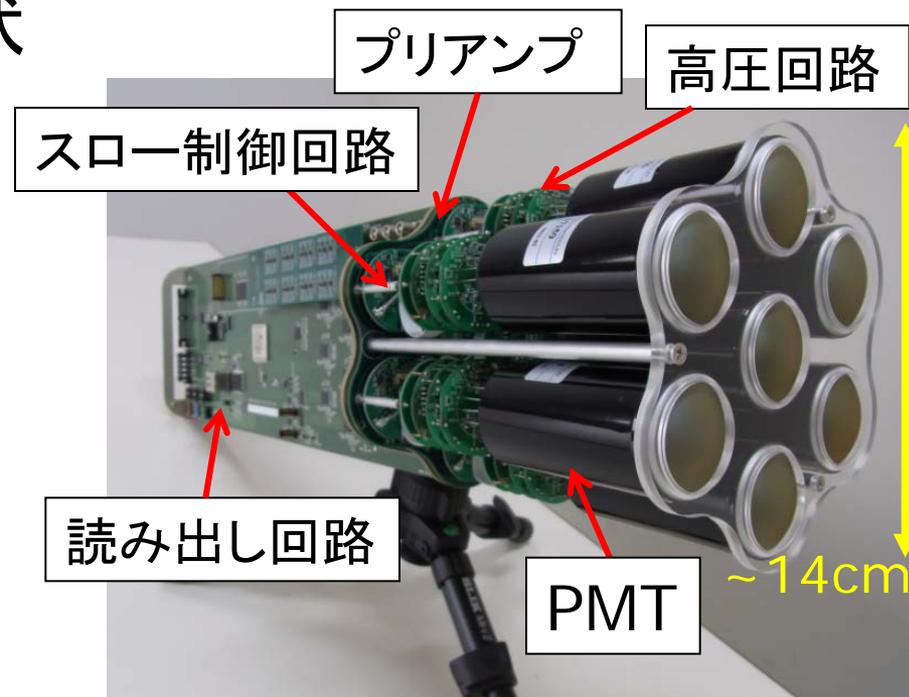
CTA-Japanにおける開発現状

● 光検出器モジュール開発

- 光電子増倍管 (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



1クラスター 7本
PMT間隔48mm
前面にライトガイド

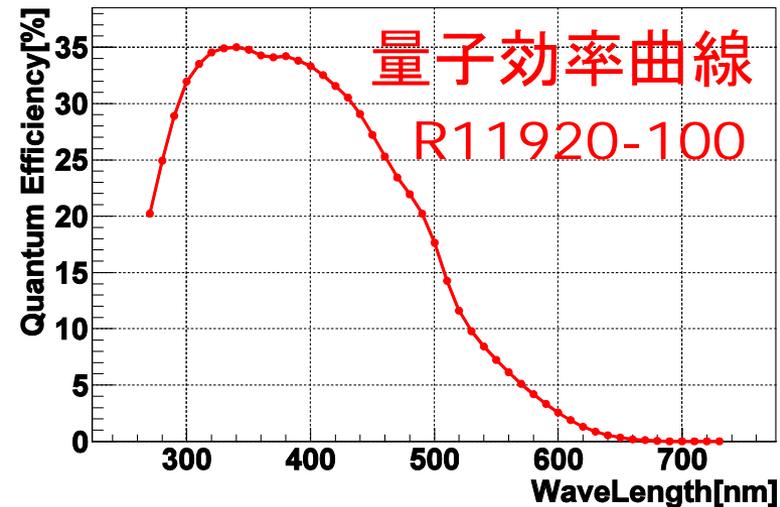
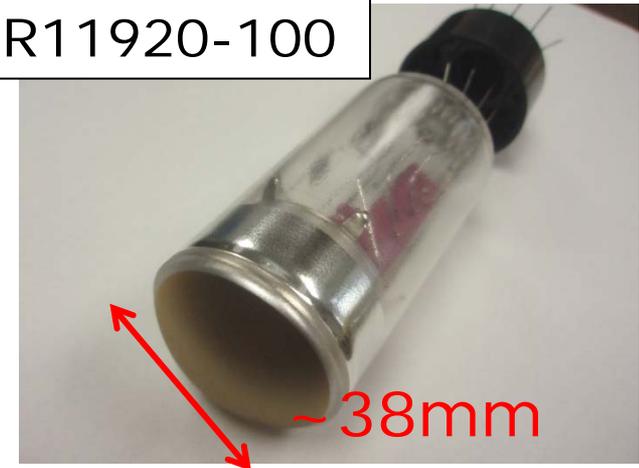
光検出器の開発

- 光電子増倍管(PMT)が第一候補
- 量産能力を考慮し、浜松ホトニクス社及び Electron-Tube社製
- 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

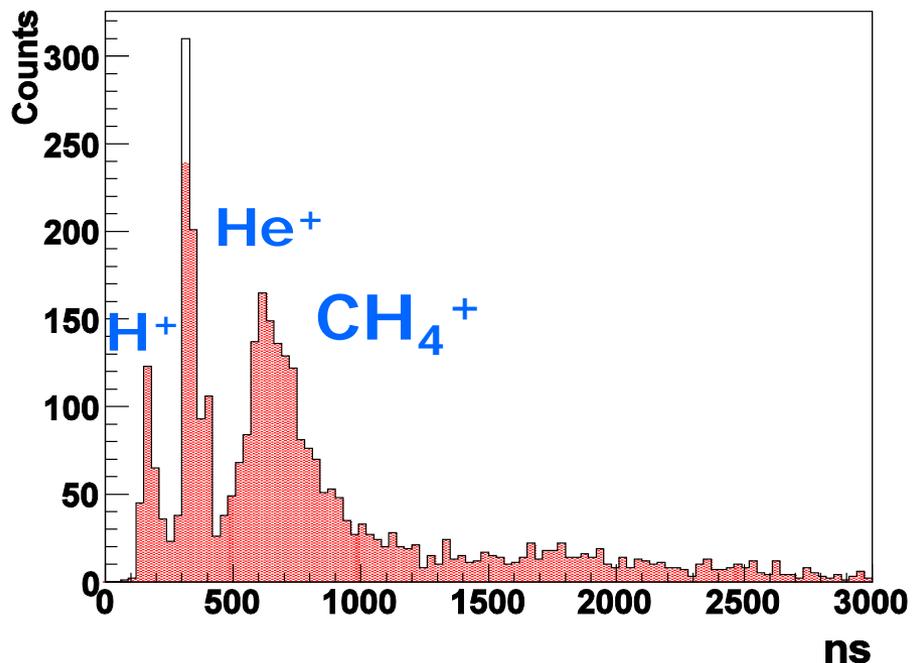
Hamamatsu
R11920-100



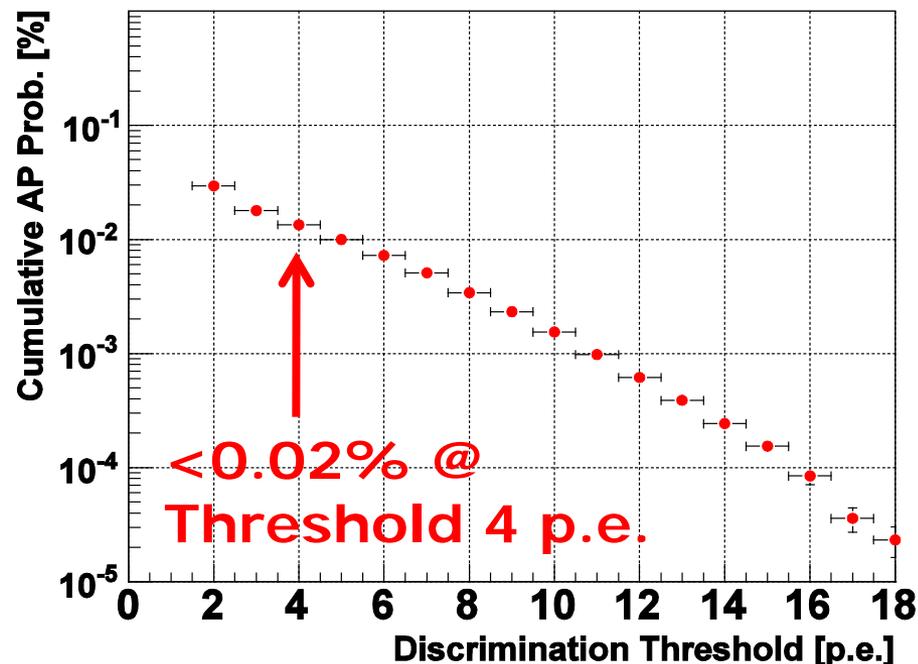
光検出器 性能評価

Hamamatsu R11920-100の性能評価

アフターパルス時間分布



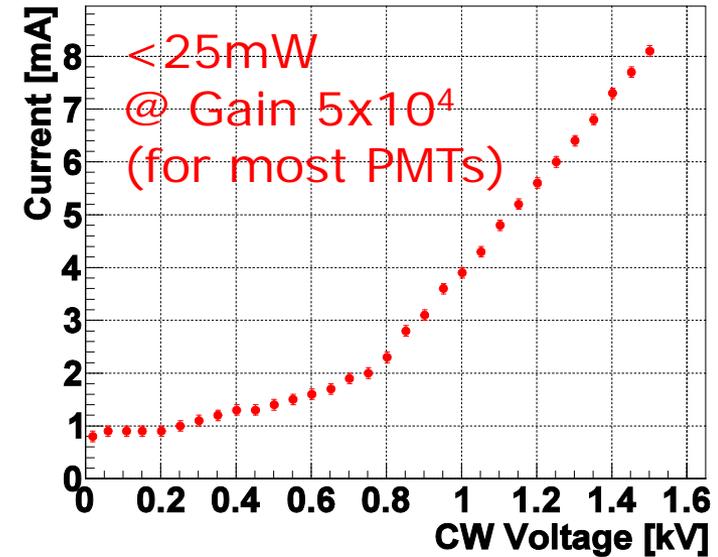
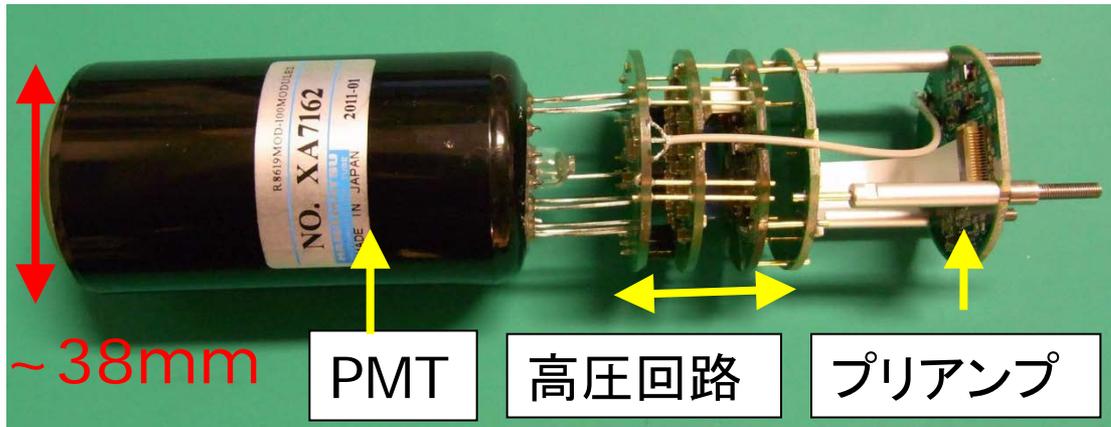
アフターパルス確率



CTA-LSTの要求値を満たす

高圧回路の開発

浜松ホトニクス社製、Cockcroft-Walton(CW)型



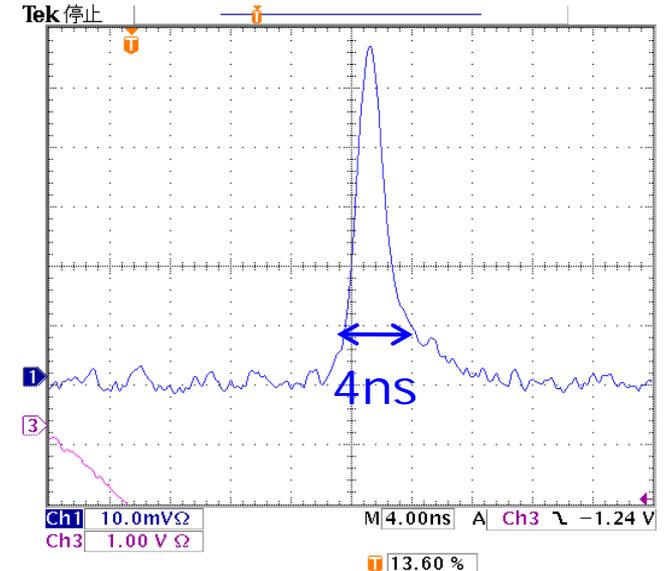
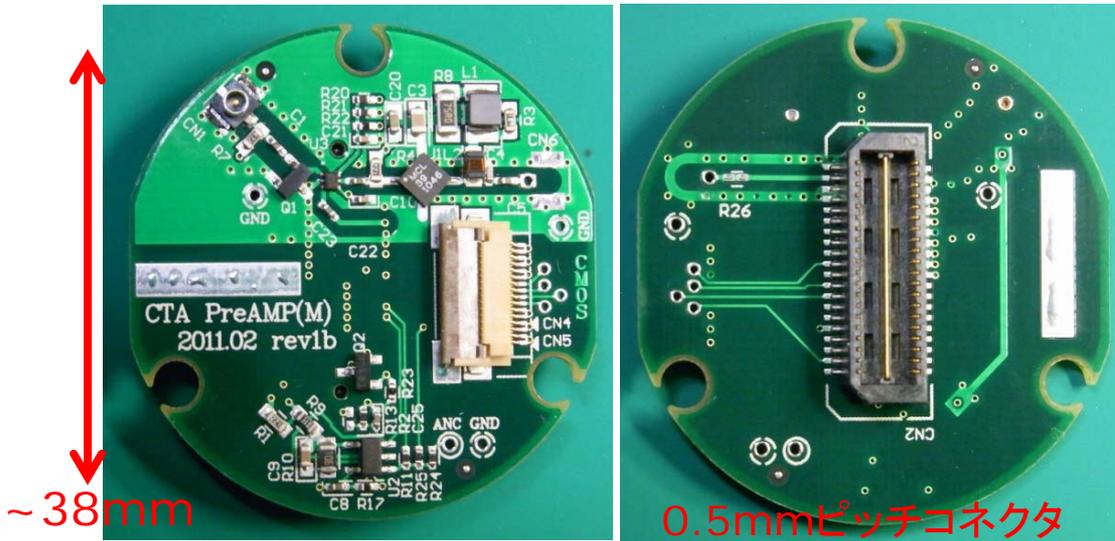
仕様、性能

- 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 <math>< 40\text{mW}</math> @ 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

Hamamatsu R11920-100
プリアンプ出力



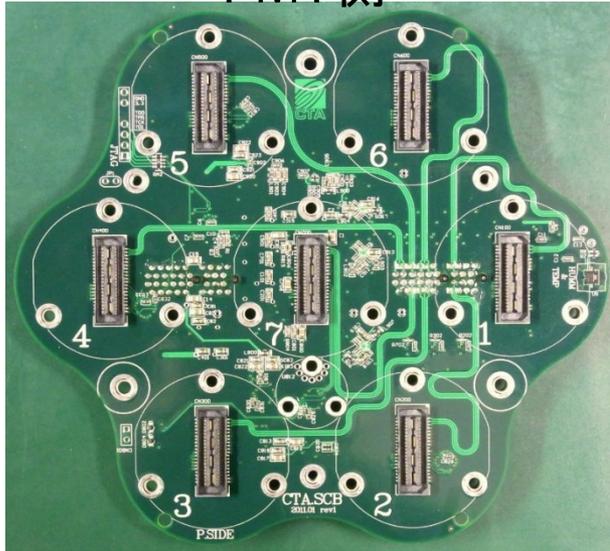
- 信号増幅、アノードDC電流測定、テストパルス入力
- LEE-39+ (Mini-Circuits co.) amplifier.
- 帯域 > 4GHz, ゲイン@2GHz
- 消費電力 180mW

高速、低消費電力

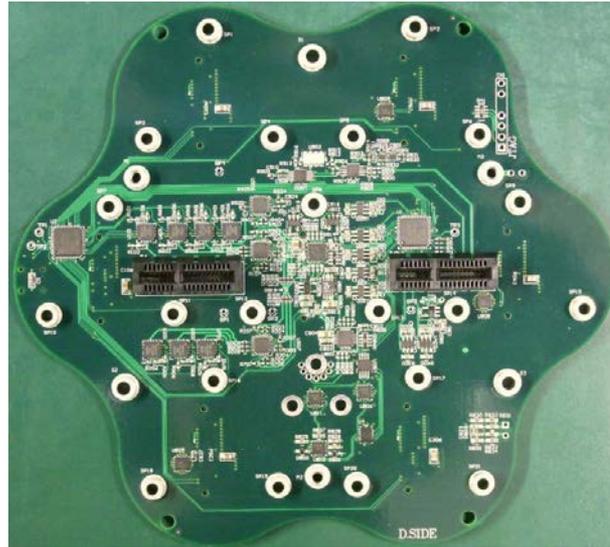
さらなる低消費電力
ASICアンプも試験中

スロー制御回路の開発

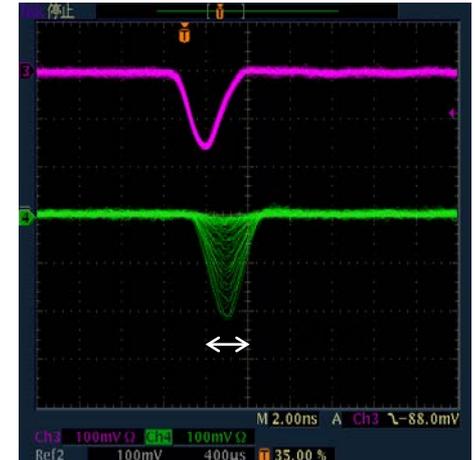
PMT側



読み出し回路



高速テストパルス



待機消費電力

~17mW

~14cm

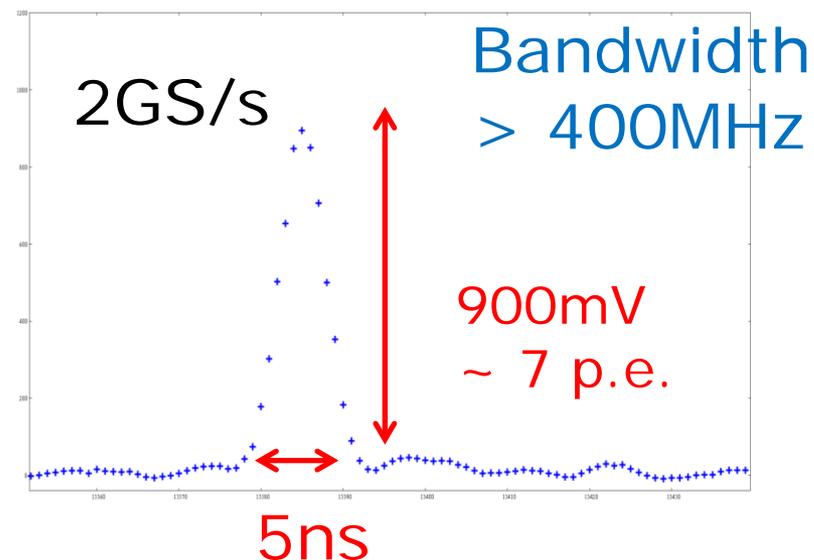
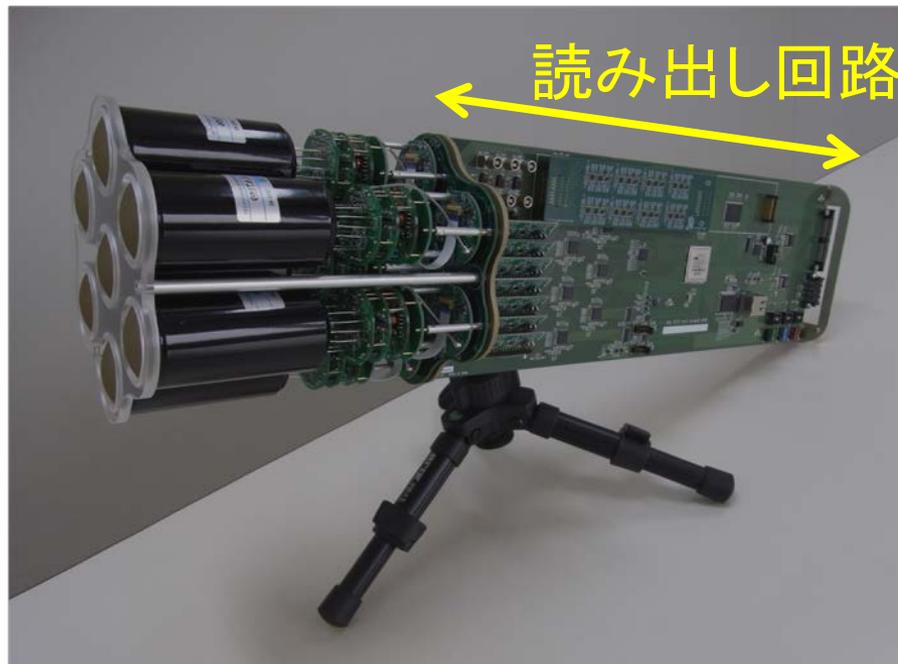
- 7チャンネルPMT毎の高圧制御/モニタ
- PMTアノードDC電流モニタ, 温度湿度モニタ
- 高速テストパルス生成と減衰レベル(0.5-31.5dB)調整
- 電源電圧/電流モニタ, PMTチャンネル別電源ON/OFF
- 2個のCPLDsより校正, 読み出し回路側FPGAにより制御

高速読み出し回路

次の講演(V117a 中森他)で詳細を報告

1クラスター、電力 14W, 重量 1.3kg

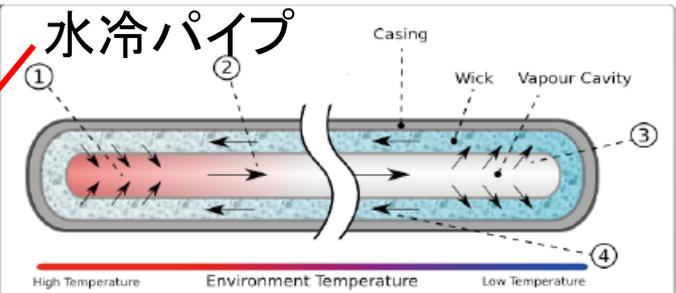
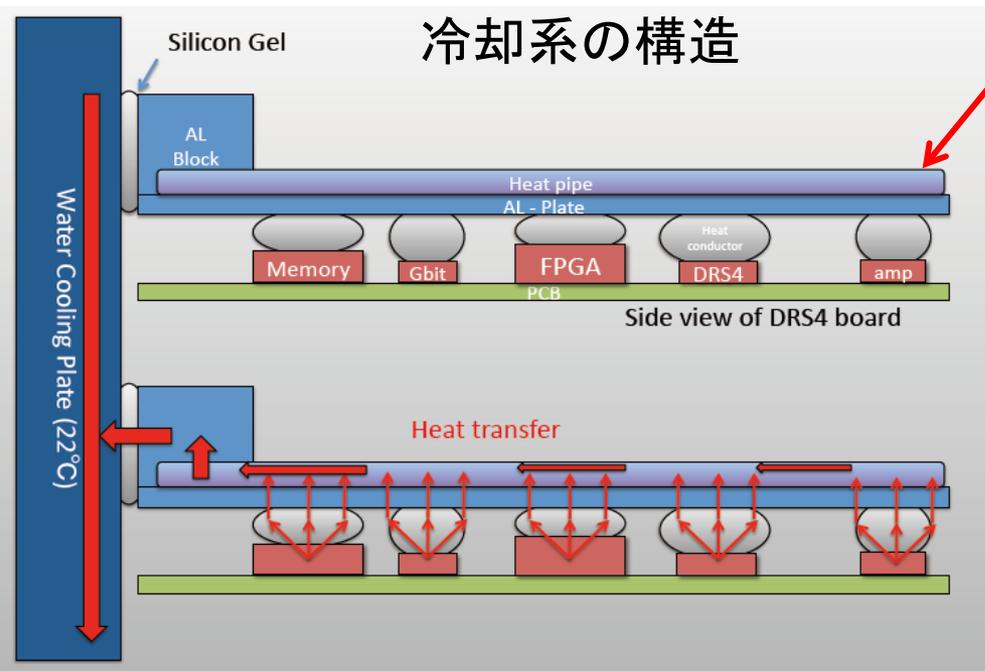
取得波形



- Domino Ring Sample-4(DRS4, 0.7~5GS/s, 帯域950MHz) ChipとGbit Ethernetデータ転送

LST用光検出器モジュールのプロトタイプ完成

冷却システム性能評価

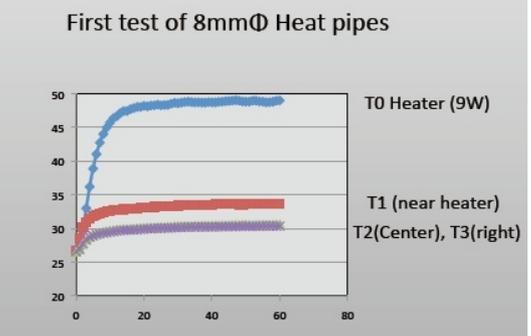
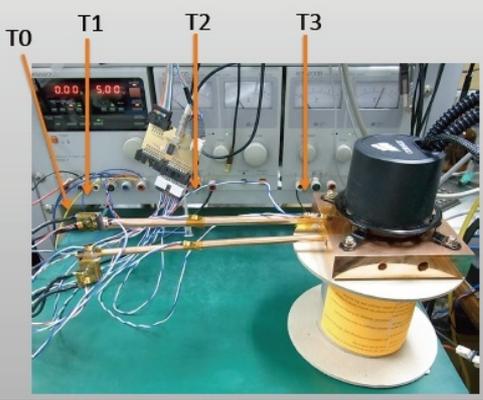


Heat pipe thermal cycle

- 1) Working fluid evaporates to vapour absorbing thermal energy.
- 2) Vapour migrates along cavity to lower temperature end.
- 3) Vapour condenses back to fluid and is absorbed by the wick, releasing thermal energy
- 4) Working fluid flows back to higher temperature end.



- 発熱: 1クラスタで~14W
- 簡易試験により基板温度を30-50°Cでコントロール
- 冷却系、クラスタ間トリガ制御、モニタの試験を進める



まとめ

- CTA-Japanでは、大口径望遠鏡焦点面検出器のための光検出器モジュールを開発中
 - 光検出器はHamamatsu R11920-100が有望
 - 省電力高圧、高速プリアンプ、スロー制御回路の開発が進行中
 - 簡易試験で基板の温度コントロールを確認
 - **光検出器モジュールプロトタイプが完成**
- 今後、2014年プロトタイプ建設にむけて、ミニカメラを製作し、より具体的な試験を行いデザインの最終化、量産準備を進める