

長距離LIDAR用光パルス検出IC "LIDARX"の

搭載化に向けた現状

水野貴秀、川原康介、池田博一

■ 概要

月惑星あるいは小惑星の探査機には多くの場合、数十～数百kmからの長距離測定が可能なLIDAR(Light Detection And Ranging)と呼ばれるレーザ距離計を搭載し、自機の高度測定、および地形測量を行っている。特に、はやぶさ、はやぶさ2といった微小重力天体に着陸する探査機は遠距離(会合)から近距離(接近・着陸)まで広いダイナミックレンジでの使用が求められる。

LIDARXは小惑星探査機「はやぶさ」に搭載されたLIDARの経験に基づき、開発期間の短縮、低消費電力化、小型化を目的として、LIDARのパルス検出回路を集積回路化したアナログ・デジタル混在のASICで、会合・接近・着陸のシーケンスでの使用を想定して、広いダイナミックレンジによる60dB程度の信号入力変化に対応可能である。本報告では、LIDARXを使ったLIDARのMMXプロジェクトへの提案仕様、および搭載化の現状について述べる。

● LIDARX概要

LIDARXはTSMCのCMOS 0.35 μm プロセスで作られた3 mm \times 3 mm (ペアチップサイズ)のASICである。図1に示すように、Divider(粗調整), Integrator(微調整), Timing Detector, TAC(デジタルクロック補間)から構成され、電荷入力のダイナミックレンジは60dB、20MHz程度のデジタルクロックで、サブナノ秒の検出が可能である。信号は入力レベルに応じて外部からCH0～CH4の5chに inputs を切り替え、内部にてGain "1111"～"0000"まで16段階の調整ができる。本実験ではCH0, CH1, CH2の3chに対して、Gain "1111", "1010", "1000", "0000"の4段階を試験している。

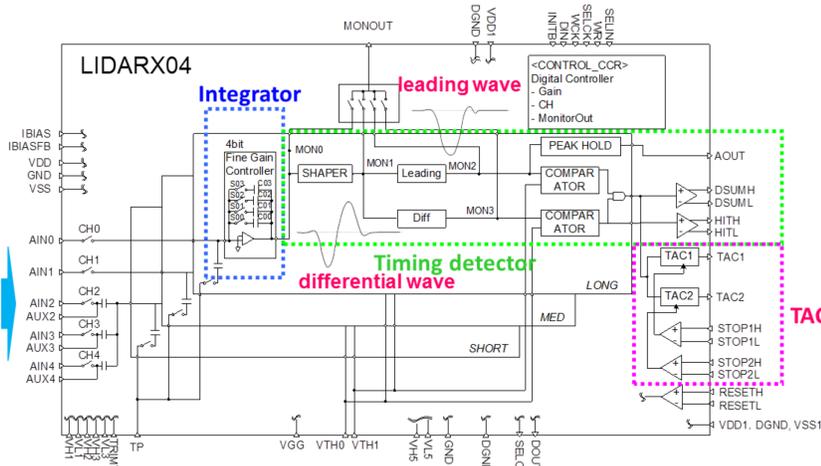


図1 LIDARXの回路概要

● LIDARXを用いたシステム構成

LIDARXを使用したLIDARシステムとして、図2に示す構成を提案する。送信レーザには、「はやぶさ2」と同様に受動QスイッチのYAGレーザを採用し、受信光学系はLIDARXで広いダイナミックレンジをカバーできるため「はやぶさ」と同様に光学系を1系統としている。このため、送受信器に1つずつLIDARXを配置する構成となっている。デジタルコントローラのカウンタは、LIDARXのTAC機能を使ってタイミング検出を行うため、16～20MHzと低いクロックを使用する。

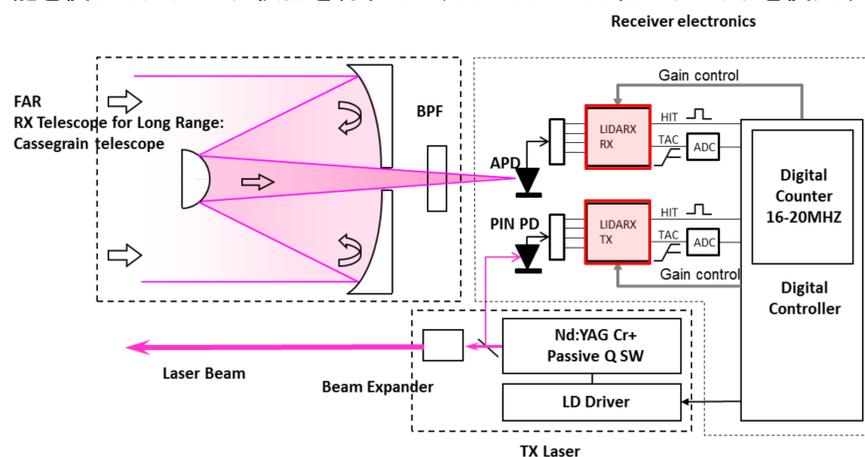


図2 LIDARXを使用したシステム

● MMX LIDAR

LIDARXを受信機に使用して、MMXへの搭載を提案しているLIDARの仕様を以下に示す。

表1 MMX LIDAR諸元

Range	100m - 100km, Expected albedo: 0.06 - 0.1, (Min:0.03)
Resolution of range	0.5m (or better)
Accuracy (1 σ)	$\pm 1\text{m}$ (@30m), $<\pm 10\text{m}$ (@50km)
Repetition rate	Driven by an external trigger. Max. 1Hz
Laser transmitter	Monolithic Passive Q-SW Nd:YAG+Cr ⁺ , Pulse energy: >20mJ
Receiver optics	Diameter: 127mm (Cassegrain, SiC, Effective Dia. 110mm), FOV: 1.5mrad
Receiver detector	Si-APD + ASIC "LIDARX" (Backup: Si-APD-HIC (Excelitas))
Mechanical interfaces	Dimension: 240 \times 228 \times 285[mm](radiator:240 \times 300[mm]), Weight: 4.5(kg) (include DC/DC, radiator)
Thermal interfaces	Storage temperature: -30 - +60 $^{\circ}\text{C}$, Operation temperature: +10 - +40 $^{\circ}\text{C}$

● LIDARX評価キット

LIDARXを使ったLIDARシステムを製造メーカーが検討するため、および科学観測のための性能評価および校正方法の検討などのため、簡易にデバイスを動作させることができる評価キットを作成した。評価キットの写真を図3に示す。既に、製造メーカーによる概念検討のために供給されているほか、サイエンス側にも供給される予定である。

評価キットでは、テストパルスといわれる入力ポートから電気パルス入力により動作の評価が可能であるほか、APDを取り付けて光入力による評価も可能である。

図4は評価キットを使った動作試験の一例で、レーザの入射角や地形によって反射波のパルス幅が広がった場合の影響を調査した結果である。図4(a)から検出タイミングはパルス幅にほぼ比例して遅延していき、波高値はパルス幅が50ns以上で緩やかに減少すること、図4(b)からはパルス幅200ns以上で検出タイミングのジッタが1nsを超えるため無視できなくなることがわかる。

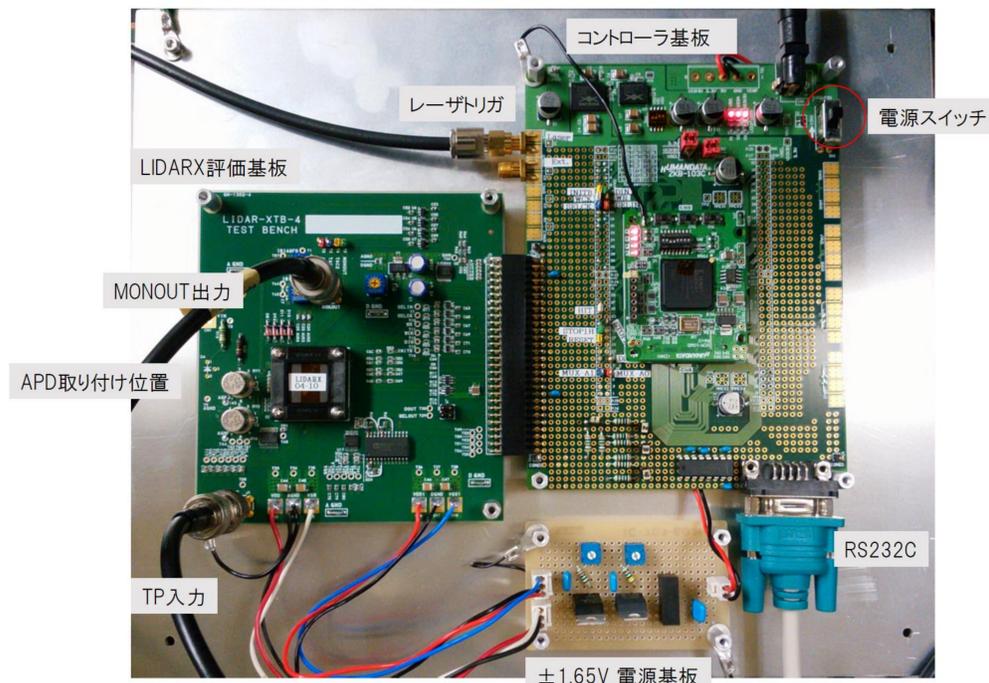
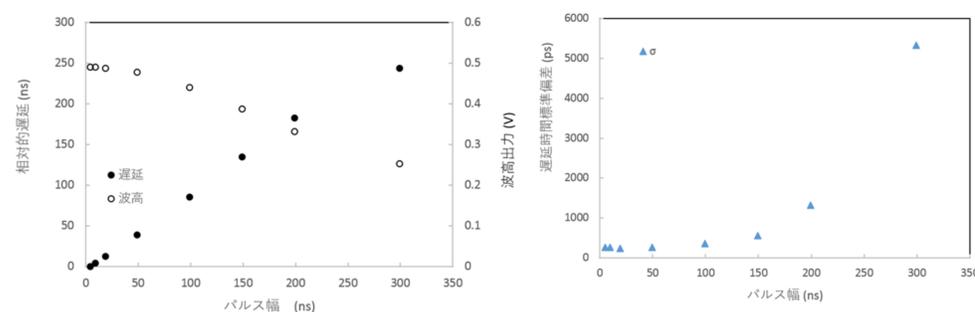


図3 LIDARX評価キット



(a) 検出タイミングと波高出力

(b) 検出タイミングのジッタ

図4 反射波のパルス幅が伸びることによる影響の調査

● 部品製造

MMXへの搭載を目指して、本年度は2011年度に試作したLIDARX04にバイアス調整機能を付加したLIDARX04Bを設計し、ペアチップ製造中である。また、JAXA部品管理プログラムに基づいて、組立、スクリーニング、バーンインを実施するための手順を、MMXプロジェクト側とともに検討している。更に、本年度中に搭載用パッケージに試験的に実装して動作試験を行い、温度試験および寿命試験に供する試験基板製作に向けた準備を進める。

● まとめ

LIDARは「はやぶさ」「はやぶさ2」に搭載され、航法および観測にきわめて重要な役割を担っている。一方で、その受信機は「はやぶさ」では調整に時間を費やし、「はやぶさ2」ではアンプの飽和により科学観測に制限を与えている。LIDARXの搭載により、これらの問題を解決し、航法・科学観測の充実に貢献していきたい。