

レーザ距離計用のパルス検出 IC

1. はじめに

近年、月惑星あるいは小惑星に対して月探査機 SELENE, 小惑星探査機「はやぶさ」、アメリカの月探査機 Lunar Reconnaissance Orbiter, 水星探査機 Messenger, 火星探査機 Mars Global Surveyor 等多くの探査機が送り込まれており、これらの探査機は数十～数百 km からの距離測定が可能な LIDAR (Light Detection And Ranging) と呼ばれるパルス方式のレーザ距離計を搭載している。なかでも、着陸ミッションを持つ探査機では小型軽量であることに加えて、「はやぶさ」の例に見られるように 50km から 50m までといった広い距離範囲を測定することが要求される。現在、探査機に搭載されている LIDAR の受信測距回路はディスクリット部品によって構成されているが、開発期間の縮小と小型軽量化のためには IC 化することが有効である。本報告では、将来の探査に向けて (独) 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究所にて、LIDAR 測距回路用に開発されているパルス検出 IC LIDARX について紹介する。

2. 要求される性能

惑星着陸ミッションに使用される LIDAR は距離測定範囲が広いため、光入力レベルで約 60dB という広いダイナミックレンジが必要となる。レーザは Q スイッチ YAG レーザが使用される場合が多く、対象とする信号のパルス幅は 10ns 以下である。測距分解能に関しては、障害物検出センサへの応用も視野に入れると 10cm 程度は必要となるが、消費電力、基板設計の観点からデジタル系の駆動クロックは数十 MHz 程度の周波数に抑え、インタポレータを装備することでサブ ns の分解能を実現することが望ましい。また、惑星探査機搭載用のデバイスとして、トータルドーズ 30krad 程度の耐放射線性を持つことが要求されている。

3. デバイス概要

製造プロセスは TSMC CMOS0.35 μm プロセスである。試作した

LIDARX03 のベアチップ写真と LIDARX03 の回路構成を **図 1** に示す。受信光は本 IC の外部に接続された APD (Avalanche Photo Diode) によって電荷に変換される。LIDARX03 はアナログデジタルの混在 IC で、Divider, Integrator, Timing Detector, TAC (Time to Analogue Converter) から構成される。Divider は IC 外部に接続されるコンデンサとともに T 型回路を形成して電荷量を適切なレベルに分割することによって、入力レベルに応じて 5 段階の粗調整を行っている。Integrator は帰還容量の切換により増幅率を替えることができるチャージアンプとフィルタから構成されている。ゲインは 4bit のコマンドにより切換が可能で、信号レベルの微調整に用いられる。Timing Detector では、Integrator で生成された Leading 波形をバイポーラ変換し、ゼロクロスポイントによりタイミング検出を行っている。インタポレータとしては、コモンストップ方式の TAC 回路を採用している。

4. デバイス試験結果

LIDARX03 の動作を示す代表的な波形を **図 2** に示す。一番上の波形が入力信号をバイポーラ変換した微分波形であり、ゼロクロスタイミングを Timing Detector が検出して HIT 信号 (2 番目の波形) を出す。外部からのデジタルクロックによってノコギリ波が TAC1 (4 番目の波形), TAC2 (3 番目の波形) としてホールドされ、これらの電圧からデジタルクロックを補間する時刻が推定される。入力電荷量 (光入力量に相当) を回線計算から予想される 0.002pC ~ 3000pC 程度 (ダイナミックレンジ 60dB 以上) 変化させてデバイスの動作を確認した結果を **図 3** に示す。一定のタイミングで入力したパルス信号を HIT 信号として検出する遅延時間の入力電荷量による変動を示している。固定ゲイン設定での検出タイミングのずれは数 ns 内に納まっているため、補正テーブルにて十分対応できる範囲である。耐放射線

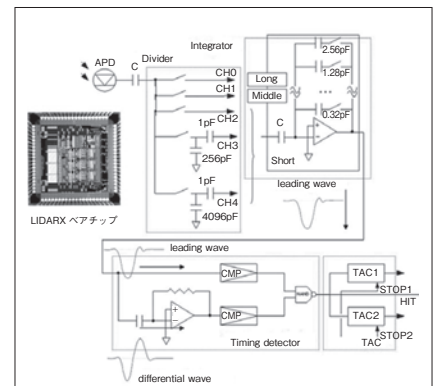


図 1 LIDARX の回路構成およびベアチップ写真

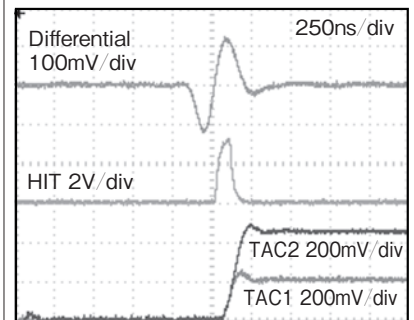


図 2 デバイスからの出力波形例 (外部クロック周期 64ns)

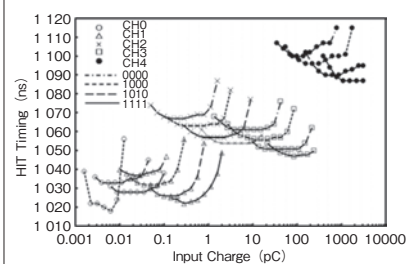


図 3 パルス検出タイミングの受信電荷量による変化

性能については、 Co^{60} による照射試験で 60krad まで影響がないことを確認済みである。また、温度環境については $-25 \sim +50^\circ\text{C}$ まで動作に問題がないことを確認している。

5. おわりに

LIDAR 用パルス検出 IC について、その背景と概要ならびに試作 IC の試験結果について紹介した。後継の LIDARX04 では、入力電荷量によるタイミングの変動が改善される見込みである。

(原稿受付 2011 年 11 月 28 日)

[水野貴秀 (独)宇宙航空研究開発機構]