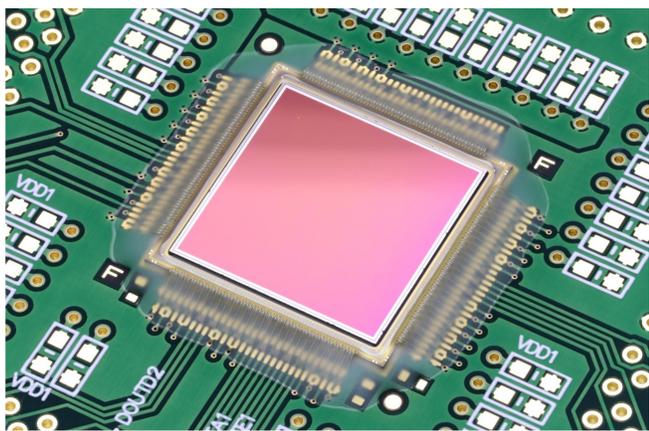


超高感度二次元同時距離計測センサの開発

水野貴秀(JAXA)、池田博一(JAXA)、中村重幸(浜松ホトニクス)

月や火星表面活動において周囲の地形を正確に認識することは、自己位置や障害物の少ない走行経路の決定など自動・自律制御のために必須の技術です。また、地上の自動運転車、自動建設機械、ドローンなどにおいても対象物(道路、地面、障害物等)の形状と位置を把握する必要があります。そのため周囲の地形や人工物の形状を正確に認識する、これまでに無い距離画像(3次元形状認識)センサーの実現を目指した研究開発を行っています。

本研究の距離画像センサーは、光センサーと光の往復時間(TOF: Time Of Flight)を測定する回路(ROIC: Read Out IC)を一体とした画素をアレイ状に配置した専用デバイスで3次元距離画像を取得することができます。光センサーには単一光子も検出可能な高感度APD(Avalanche Photo Diode)をアレイ状に配置、その下に集積回路で製作したROICを垂直接合しています。画素数は128×128、視線方向の距離分解能は10cm以下を目標としています。



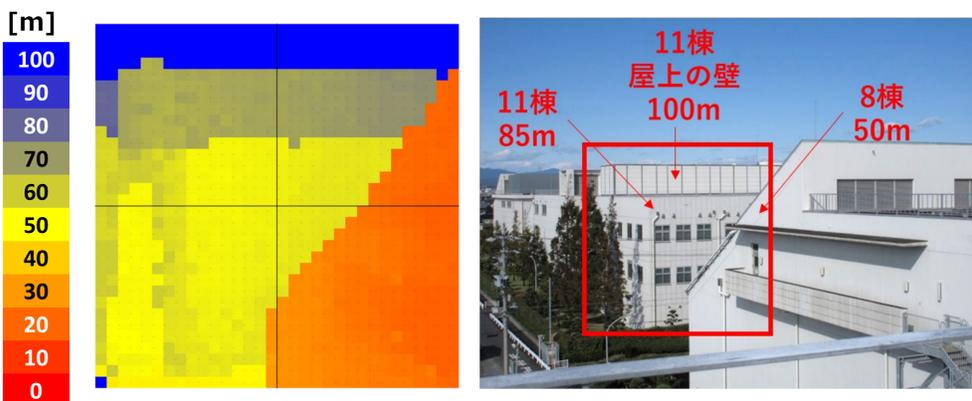
試作した距離画像センサー

●『距離計測センサ』とは？

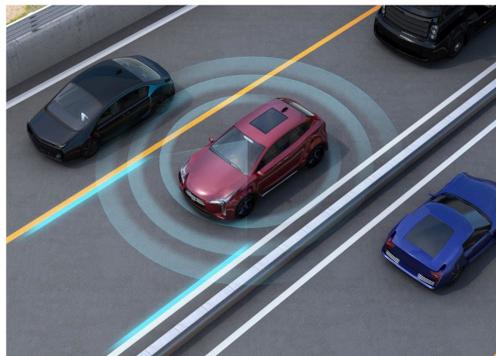
このセンサーはレーザー光の往復時間で距離を測定するライダー(LIDAR: Light Detection And Ranging)と呼ばれる装置で使われるためのセンサーです。

ライダー(LIDAR)はおおまかに、レーザー光を発射するレーザー、光を受ける望遠鏡とセンサー、時間を測定するストップウォッチの3つから成っています。そして、光は1ナノ秒で約30cmの速さで進み、1秒間では地球を約7周半します。この性質を使って、ライダー(LIDAR)は自ら発射したレーザー光が、標的に当たって反射して還ってくる、光の往復時間を計ることで距離を測ります。「はやぶさ」や「はやぶさ2」もライダーを持っていて、小惑星との距離を測定しています。

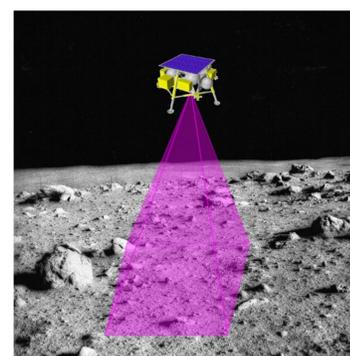
このセンサーは、光を受けるセンサーと時間を測定するストップウォッチの機能を、集積回路(IC)技術で100μm角以下の画素毎に高密度集積したセンサーです。



距離画像センサ応用例



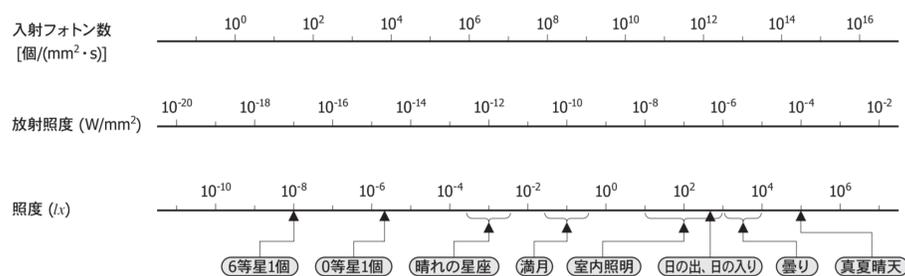
自動運転車の車載センサー



障害物検出センサ

●どのくらい『超高感度』なのか？

私たちが通常生活する部屋の照明は数百lx(ルクス)ですが、この明るさを光の粒である光子(Photon)の個数で表現すると、おおまかに1秒間に数千億個もの光子が1mm角の面積に降り注いでいることとなります。このセンサーは、光を受けるために高感度な半導体センサーであるAPD(Avalanche Photo Diode)をガイガーモード(Giger Mode)といわれる状態で使うことによって、原理的には1個の光子が入っても見つけることができます。



浜松ホトニクス株式会社 光半導体素子ハンドブックより
https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/O1_handbook.pdf

●『二次元同時』とは？

ライダーには、1方向の距離を測るタイプ、3次元イメージを撮るタイプがあります。このセンサーは3次元イメージを撮るために、受光と時間計測をするセンサーを1画素として、デジタルカメラのCCDやCMOS素子のように『二次元』状に配列しています。このセンサーをカメラにセットして、フラッシュ撮影のようにレーザーをカメラの視野に拡散して照射すると、全ての画素で『同時』に3次元イメージを撮ることができます。

●なにが難しいのか？

感度の高いAPDは数mm角の面積でも均一に作るのが大変難しいセンサーです。一方、高精度の距離計測回路は集積回路(IC)といえども100μm角以下にすることは難しい設計が要求されます。これらセンサーとICを貼り合わせるバンプ接合も難しい技術で、センサー、回路、そして接合技術が全て高いレベルになければできないセンサーです。