



NVx5VFR-HW 可変フレームレートSPADカメラ

特長

- 480×320(HVGA)、又は 256×192 SPAD配列
- イベントベース出力
- グローバルシャッター
- オンチップピクセルビニング
- イベント閾値の調整
- 電源、データ兼用 USB-C

応用例

- 量子イメージング
- マシンビジョン
- 低照度イメージング
- ハイダイナミックレンジ (HDR) イメージング
- 深度センシング
- バイオイメージング
- ビジュアルオドメトリ

製品概要

可変フレームレートカメラNSx5SFR-HWは、高感度および/または高フレームレートが求められる一方で、出力帯域幅を低減する必要がある用途向けに開発されました。本製品は、NovoViz社の可変フレームレート型シングルフォトンアバランシェダイオード (SPAD) センサーNVx5VFRを核として構築されています。

このシステムは、SPADカメラの利点である単一光子分解能および高速動作と、イベントカメラの利点である低データ転送レートを兼ね備えています。革新的なセンサーアーキテクチャにより、露光サイクル中に検出された光子イベントを、ナノ秒単位のタイムスタンプ分解能で、従来の低コストUSBインターフェースを介して低遅延でストリーミングします。

このカメラは、露光期間中に光子イベントが検出されたピクセルのみを送信し、すべてのイベントの処理が完了次第、直ちに次の取得サイクルに移行することができます。イベントを生成するための閾値は、ピクセルビニング方式に応じて1~15フォトンに調整可能です。このフォトンイベント駆動型の出力方式により、システムの出力データレートと消費電力が低減されます。固定フレームレートが必要な場合、カメラはイベントの読み出しが完了した後、所定の時間間隔が経過するまで非アクティブ状態を維持します。

目次

1	絶対最大定格	3
2	仕様	3
3	主な特性	4
4	詳細説明	5
4.1	出力データ	5
4.2	動作	6
4.3	ピクセルマスキング	7
4.4	AUXポート	8
5	機構詳細	9
5.1	NVx5VFR-HW-C - C/CS-マウントバージョン	9
6	リソース	10
6.1	改訂履歴	10
6.2	サポート	10
7	型番体系	11
8	注意事項、および免責事項	12

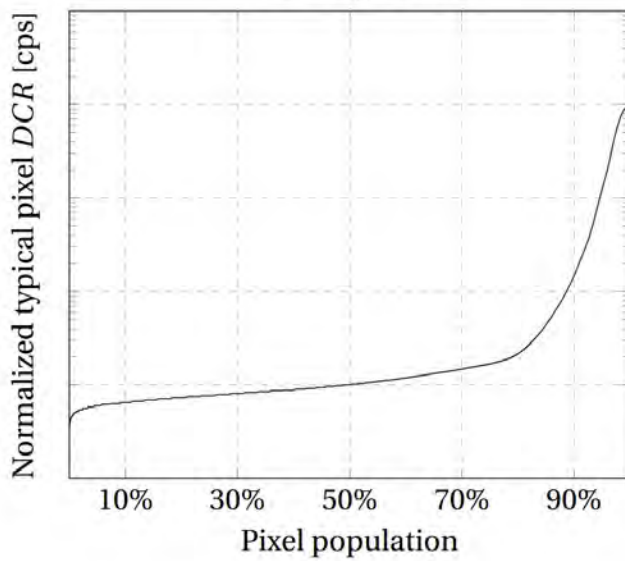
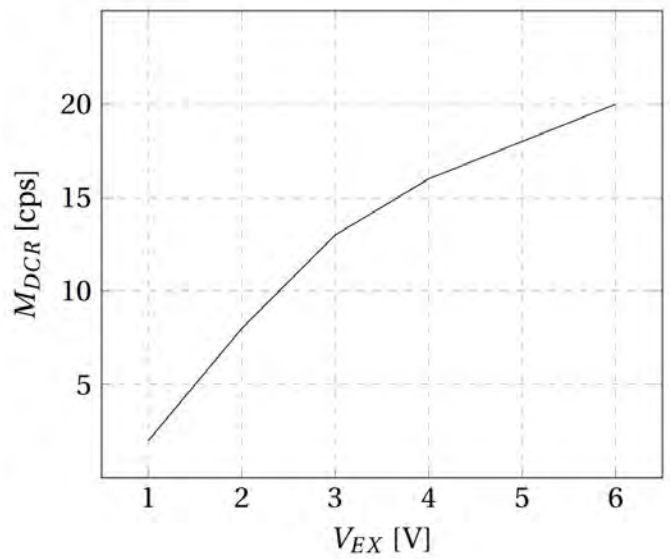
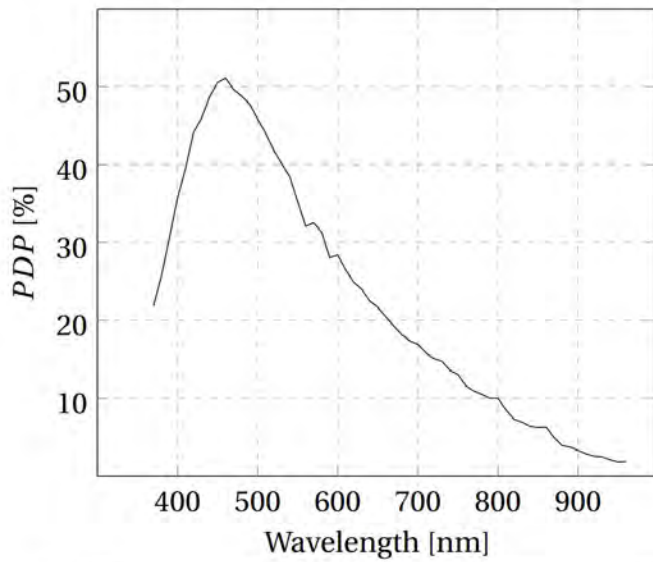
1 絶対最大定格

		最小	最大	単位
V_{DD}	Supply voltage	4.5	5.5	V
V_{EX}	Excess bias voltage		6	V
P_{peak}	Peak power consumption		2000	mW
T_A	Operating temperature	10	85	°C
f_{CLK}	System clock frequency		25	MHz

2 仕様

		補足説明	最小	Typ.	最大	単位
	Array format	NV15VFR-HW NV05VFR-HW		480×320 256×192		pixels pixels
P_P	Pixel pitch			20		μm
P_Φ	Pixel sensitive area diameter			5		μm
P_{FF}	Pixel fill factor	Native		4.9		%
P_{XTP}	Pixel crosstalk probability				2	%
PDP	Photon detection probability	$\lambda=450$ nm, $V_{EX}=6$ V			50	%
λ_w	Wavelength window	$PDP>10\%$, $V_{EX}=6$ V	350		800	nm
M_{DCR}	Dark count rate (median)	$T_A=27$ °C, $V_{EX}=6$ V		20		cps/pxl
HPP	Hot pixel percentage	$DCR > 100M_{DCR}$		10		%
DPP	Dead pixel percentage			0.03		%
W_G	Global shutter width			20		ns
T_{EXP}	Exposure time		W_G			ns
TP_{min}	Minimum frame processing time	Zero events/frame	200			ns
F_{max}	Maximum frame rate	Zero events/frame $T_{EXP} = W_G$		2.3		Mfps
D_{rate}	Output data rate				200	MB/s
	Output data format			32		bit
	Pixel binning format		1 × 1		8 × 8	pixels
	Event threshold	1 × 1 binning	0		0	photons
		2 × 2 binning	0		3	photons
		4 × 4 binning	0		15	photons
		8 × 8 binning	0		15	photons

3 主な特性



4 詳細説明

NVx5VFR-HWシステムは、NovoViz社製 NVx5VFRセンサーをベースとした、可変フレームレート・単一光子カメラです。イベント駆動型の出力方式を採用しています。イベントカメラと同様に、出力データは通常の「フレーム（画像）」単位ではありません。そのため、出力に必要な帯域幅を大幅に削減できます。一方で、出力されるデータ量は光子の入射量（フォトンフラックス）に依存します。露光期間中に光子が1個検出されるたびに、1つのイベントデータが生成されます。これらのイベントは、読み出し期間中にUSB 3.0インターフェースを介してホストPCへ送信されます。光子が1個も検出されなかった場合、カメラは200 ナノ秒後に次の露光期間へ移行します。一方、固定フレームレートで動作させたい場合は、イベントの読み出しが完了した後、設定されたフレーム間隔になるまでカメラは動作を停止（待機）します。

このセンサーには、時間をデジタル値に変換する回路（TDC: Time-to-Digital Converter）は搭載されていません。その代わりに、20 ナノ秒のグローバルシャッター／ゲート機能を備えています。センサーのいずれかのピクセルで光子が検出されると、その時点で行われている露光に対応するタイムスタンプ（時刻情報）が記録されます。そして、このタイムスタンプは、光子を検出した画素の位置情報と一緒に保存されます。

出力されるイベントストリームは、ユーザー側で処理することができます。これにより、連続するタイムスタンプの差分を計算することで、可変または固定のフレームレートのバイナリ画像（2値画像）を生成できます。さらに、生成したバイナリ画像を複数枚積み重ねてさまざまなビット深度のグレースケール画像に変換したり、複数のバイナリ画像を論理OR処理して、指定した露光時間に相当する1枚のバイナリ画像を生成したりすることもできます。

センサーのピクセル配列は、チップ上で4種類のビニング設定、すなわち 1×1、2×2、4×4、8×8 にまとめることができます。これにより、ピクセル数（アレイの解像度）はそれぞれ 480×320、240×160、120×80、60×40ピクセルに変わります。同時に、1ピクセルあたりで表現できるダイナミックレンジ（階調数）も、それぞれ 1 ビット、2 ビット、4 ビット、6 ビットに増加します。ビニングを行う場合、イベントを発生させるためのしきい値を1光子単位で設定できます。設定範囲は 0～15で、設定できる範囲はピクセルのダイナミックレンジによって決まります。ビニングされたピクセルグループでは、グループ内で検出された光子の総数が設定したしきい値を超えない限り、出力イベントは発生しません。この仕組みにより、出力データレートを低減できるほか、ダークカウントレート（DCR）による不要なイベントをマスクする効果も得られます。

4.1 出力データ

カメラから出力されるデータは、イベントで構成されています。各イベントは、ピクセル配列上の1回の光子検出に対応しています。出力されるイベントの数、つまり出力データの帯域幅は、光子の入射量（フォトンフラックス）によって変化します。光子がまったく検出されなければ、出力イベント数はゼロになります。各出力イベントには、以下の情報が含まれています。

X: 光子を検出したピクセルの列番号（column index）

Y: 光子を検出したピクセルの行番号（row index）

T: その光子が検出された露光期間のタイムスタンプ

また、ビニングを使用している場合は、C（count value）という値が追加されます。Cは、ビニングによってまとめられたピクセルグループ全体で検出された光子の総数を示します。Cが0の場合は、そのグループ内のすべてのピクセルで光子が検出されたことを意味します。最後のイベントの読み出しが完了すると、マーカーワード（marker word）が送信されます。これにより、出力されたデータからバイナリフレームの区切りを簡単に判別できます。以下の図では、ビニングの設定（1×1、2×2、4×4、8×8）ごとに、32 ビットの出力イベントデータの中で、各情報がどのビットに割り当てられているかを示しています。

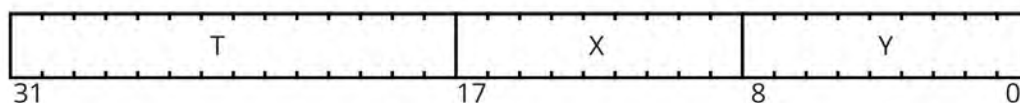


図1: 1×1ビニング時の32ビット出力イベントの構成

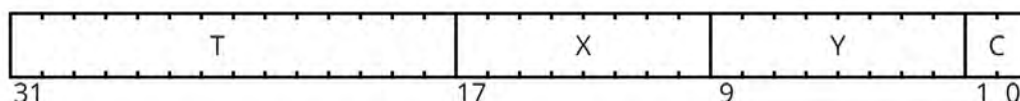


図2: 2×2ビニング時の32ビット出力イベントの構成

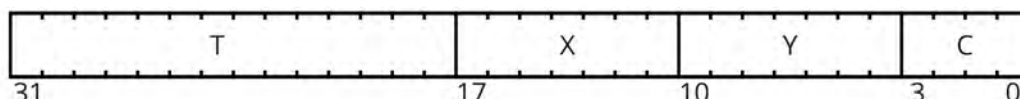


図3: 4×4ビニング時の32ビット出力イベントの構成

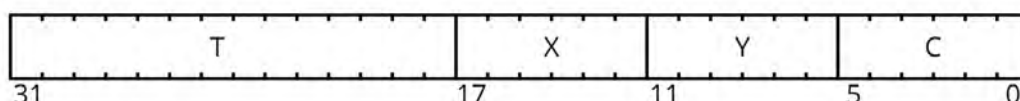


図4: 8×8ビニング時の32ビット出力イベントの構成

4.2 動作

このセンサーは、「露光」と「読み出し」という2つのステップを繰り返すサイクルで動作するように設計されています。露光時間はユーザーが設定でき、最短20 ナノ秒まで短くすることができます。露光中にゲートが開いている時間帯に入ってきた光子だけが記録されます。ゲートを連続して開くこともできますが、その場合、到着した光子はOR演算によって結合され、単一のバイナリフレームとして処理されます。露光が終了すると、カメラは読み出しモードに移行します。このモードでは、チップ上に搭載された調停回路が各ピクセルのデータを処理します。システムが、読み出すべきイベントが存在するのか、それとも前回の露光中に光子が1つも検出されなかったのかを判断するには、最低200 ナノ秒の処理時間が必要です。イベントデータが存在する場合は、出力データの送信が開始されます。そして、すべての対象ピクセルの処理が完了するまで、イベントが順番に読み出されます。読み出しが完了したとき、あるいは初期処理時間が経過してもイベントが検出されなかった場合、次の露光サイクルを直ちに開始できます。したがって、読み出しにかかる時間は光子の入射量（フォトンフラックス）に依存しますが、必要な時間が経過するまでカメラを待機状態にすることで、読み出し時間を特定の値に固定することもできます。

イベントの読み出しは、図5に示されている優先順位に従って行われます。センサーは、2つの独立した領域(半分)として動作します。読み出し時には、この2つの領域からの出力値が交互に読み出されます。最大速度で読み出すためには、撮影対象の中の光子が、この2つの領域にできるだけ均等に分布するよう被写体のフレーミング(構図)を設定する必要があります。

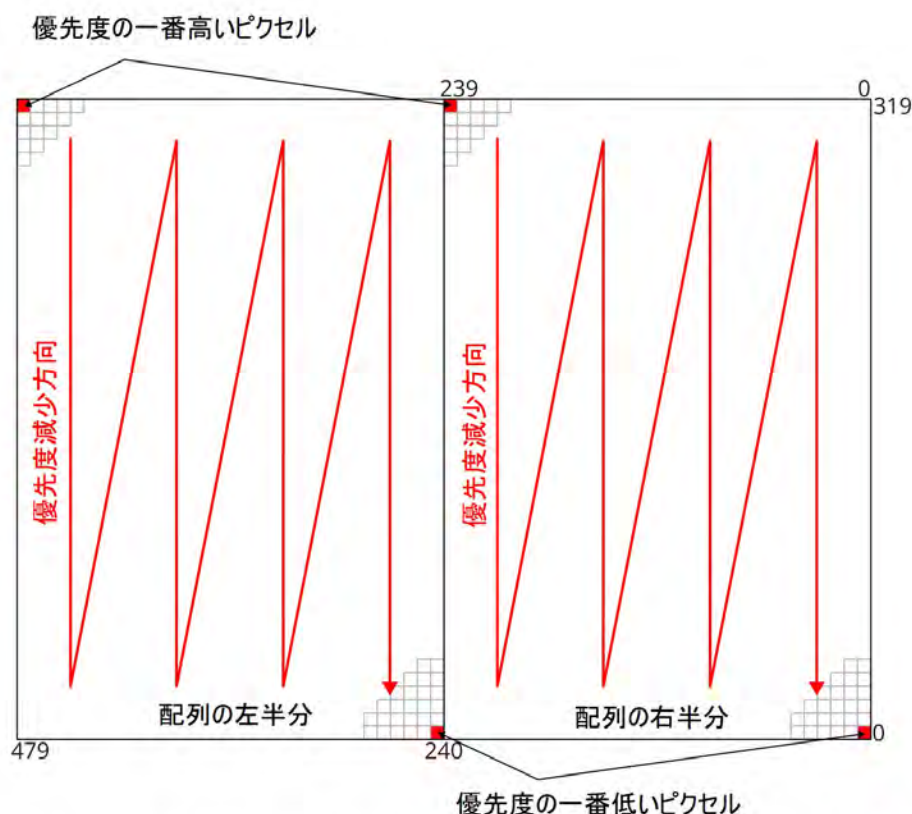


図5: NV15VFRセンサーのピクセルイベントを読み取る際に、調停回路が使用するピクセル優先順位マップ。NV05VFRでも同様のマップが使用されますが、列数と行数が削減されています。

4.3 ピクセルマスキング

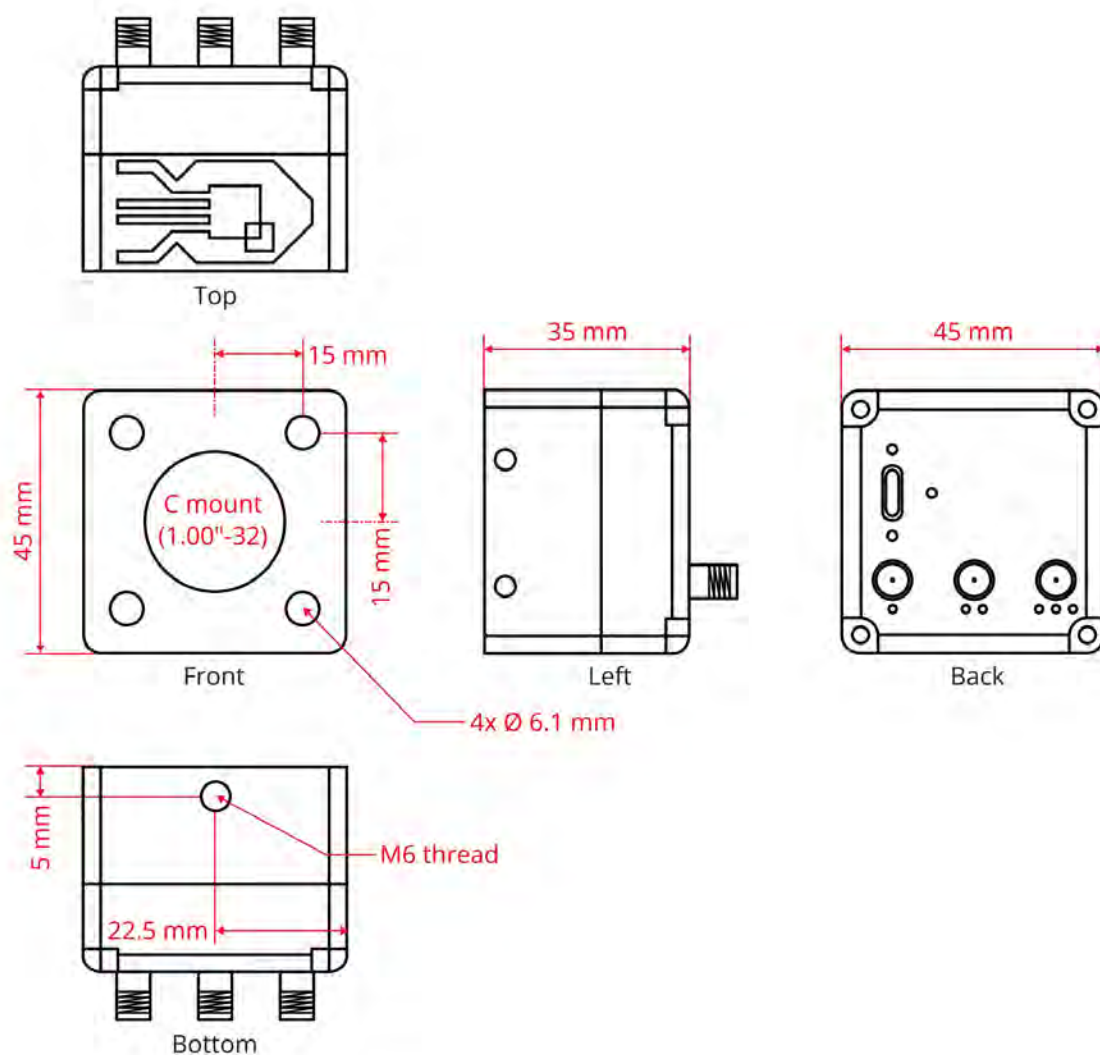
NovoViz社製 NVx5VFR センサーは、フルカスタムピクセルマスキングに対応しています。X-Yアドレスに基づいて任意のピクセルをマスキングできますが、設定は揮発性であり、再起動後に消去されます。また、配列全体にわたってすべてのマスキング設定を同時にクリアすることも可能です。ただし、すべてのピクセルを一度にマスキングする同等の方法は存在せず、ユーザーはピクセルを順次マスキングする必要があります。読み出し時間を短縮し、フレームレートを向上させるため、対象アプリケーションを実行する前に、ホットピクセルをマスキングすることをお勧めします。

4.4 AUXポート

USB-Cコネクタのほか、このカメラにはユーザー定義の入出力として機能する3つのSMA補助ポートが搭載されています。これらの信号は、外部同期などの用途に使用できます。デフォルトの状態はHiZ入力です。

5 機構詳細

5.1 NVx5VFR-HW-C - C/CS-マウントバージョン



6 リソース

6.1 改訂履歴

最新のドキュメントは、www.novoviz.com の各製品ページでご覧いただけます。現在のドキュメントのバージョンにご注意いただき、更新されたドキュメントに含まれる改訂履歴をご確認ください。

6.2 サポート

お問い合わせは、www.novoviz.com のお問い合わせフォームをご利用いただくか、正規代理店 B K t e l パシフィック・リム株式会社 (info2017@bktel-pacrim.com) までご連絡ください。

7 型番体系

型番	製品説明
NV15VFR-HW-C	480×320 SPAD 配列; C/CS-マウントバージョン
NV05VFR-HW-C	256×192 SPAD 配列; C/CS-マウントバージョン

NVx5VFR-HWには最新のファームウェアと短尺USBケーブルが付属しています。必要なソフトウェアは、www.novoviz.com からダウンロードしてください。レンズは付属していません。このカメラにはCマウントのネジ穴があり、Cマウントレンズを使用する場合は10 mmのスペーサー、CSマウントレンズを使用する場合は5 mmのスペーサーが必要です。

SPAD VE Xの電圧は6 Vに固定されていますが、用途に応じて、カスタム仕様のカメラを注文することも可能です。

8 注意事項、および免責事項

重要事項

NovoViz社は、技術情報や信頼性に関する情報（データシートを含む）、設計・用途に関するガイド、ソフトウェアツール、安全上の注意事項など、各種参考資料を一般的な目的で提供しています。これらの資料は現状のまま提供されており、内容に誤りや記載漏れが含まれる場合があります。また、NovoViz社は、これらの情報について明示・黙示を問わず一切の保証を行いません。これには、商品としての品質、特定の目的への適合性、第三者の知的財産権を侵害していないことの保証も含まれます。

これらのリソースは、NovoViz社製品を使用してアプリケーションを開発する資格のあるユーザーを対象としています。お客様は、(1)特定のアプリケーションに適したNovoViz社製品を選択すること、(2)アプリケーションを設計、検証、テストすること、(3)アプリケーションが適用されるすべての規格、および関連する安全性、セキュリティ、規制、その他の要件に準拠していることを確認することについて、単独で責任を負います。

これらの資料は予告なく更新または変更される場合があります。NovoViz社はこれらの資料をそこに記載されているNovoViz社製品を組み込んだアプリケーションの開発にのみ使用することを許可します。この限定された使用範囲を超える複製、配布、または表示は固く禁じられています。その他のNovoViz社の知的財産または第三者の知的財産に関していかなるライセンスまたは権利も付与されません。NovoViz社はこれらの資料の使用から生じる請求、損害、費用、損失、および責任について一切の責任を負いません。お客様は、そのような請求に対してNovoViz社、およびその代理人を完全に免責することに同意するものとします。

NovoViz社製品は、NovoViz社販売条件、またはwww.novoviz.comに掲載されている、もしくはこのNovoViz社製品に付属するその他の適用条件に従って提供されます。NovoViz社がこれらのリソースを提供することによって、NovoViz社製品に関するNovoViz社の保証、または保証免責事項が拡大または変更されることはありません。

NovoViz社はお客様が提示された追加、または異なる条件については、いずれも認めず受け入れません。

ESDに関する注意



このデバイスは静電気放電（ESD）による損傷を受けやすい性質があります。NovoViz社は、すべてのデバイスを適切なESD対策を講じて取り扱うことを推奨します。正しい取り扱い、および設置手順に従わない場合、損傷が発生する可能性があります。ESDによる損傷は、わずかな性能低下からデバイスの完全な故障まで多岐にわたります。高精度集積回路は特に影響を受けやすく、その結果、デバイスの仕様を満たさなくなる可能性があります。