

(12) BELGISCH UITVINDINGSOCTROOI

(47) Publicatiedatum : 06/02/2023

(21) Aanvraagnummer : BE2021/5521

(22) Indieningsdatum : 05/07/2021

(62) Afsplitst van basisaanvraag :

(62) Indieningsdatum basisaanvraag :

(51) Internationale classificatie : H04N 5/335, G01J 1/44, G01S 7/4865

(30) Voorrangsgegevens :

(73) Houder(s) :

VoxelSensors srl
BV
1190, FOREST
België

(72) Uitvinder(s) :

VAN DER TEMPEL Ward
3140 KEERBERGEN
België

PEETERS Johannes Willem
2000 ANTWERPEN
België

MIODEZKY André Bernard
1180 UKKEL
België

MOURAD Christian
1332 GENVAL
België

(54) Pixel array met dynamische laterale en temporele resolutie

(57)De huidige uitvinding betreft een verbeterd systeem en methode voor beeldvorming, aan de hand van single photon detectoren (SPDs), waarbij valse positieven onderdrukt worden.

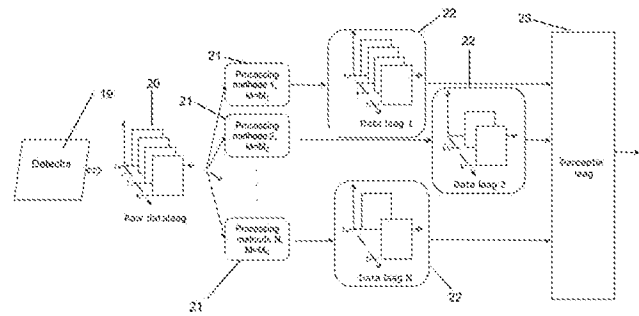


Fig. 1

PIXEL ARRAY MET DYNAMISCHE LATERALE EN TEMPORELE RESOLUTIE

TECHNISCH DOMEIN

- 5 De uitvinding heeft betrekking op een sensorsysteem voor beeldvorming onder zeer hoge spatiale en temporele resolutie, waarbij een array aan single photon detectoren (SPDs) voorzien worden, waarvan het uitgangssignaal onderworpen wordt aan evaluatielogica voor het uitzuiveren van valse positieven door ambient light, thermische noise en andere invloeden.

10

STAND DER TECHNIEK

- Hogesnelheidsbeeldvormingssytemen hebben in de stand der techniek te kampen met een aantal vereisten en problemen. Een eerste daarvan is de accuratesse waarmee
- 15 invallende fotonen gedetecteerd worden. Steeds hogere eisen worden gesteld qua spatiale resolutie, wat er toe leidt dat de sensor arrays steeds meer afzonderlijke detectoren (pixels) hebben. Dit zorgt er voor dat een verhoogde rekenkracht nodig is om al deze detectoren uit te lezen en de uitgangssignalen te verwerken tot een beeld. Doordat de afzonderlijke pixels steeds kleiner (moeten) worden, moet ook de
- 20 lichtgevoeligheid stijgen, gezien ze een beperkte spatiale window hebben om fotonen te vangen. Om die reden wordt dan ook vaak gekeken naar zeer gevoelige detectoren, zoals SPDs of SPADs (single photon – avalanche – detectoren).

- Deze hebben echter het inherente nadeel dat de verhoogde lichtgevoeligheid er ook voor zorgt dat ongewenste excitaties optreden, zowel door ambient light als door
- 25 thermische ruis. Op zich zijn zulke excitaties op detectorniveau moeilijk te onderscheiden van 'echte' detecties die voortvloeien uit het invallen van gereflecteerd licht dat bewust werd uitgezonden door het systeem om een scène te scannen.

- Daarbij komt nog de vereiste dat beeldvormingssytemen gebruikt worden in een brede
- 30 range aan condities, van quasi volledige duisternis, tot zeer heldere situaties, en tevens met betrekking tot de te capteren objecten/omgeving, variërend qua reflectiviteit en qua afstand tot het beeldvormingssysteem. Om die reden is het dan ook zeer moeilijk om een enkelvoudige oplossing te vinden die zowel valse positieven weet weg te filteren, alsook dynamisch kan inspelen op de veranderlijke omstandigheden waarin de
- 35 beeldvorming uitgevoerd wordt.

De huidige uitvinding beoogt een oplossing te vinden voor tenminste enkele van bovenvermelde problemen.

SAMENVATTING VAN DE UITVINDING

5

De uitvinding betreft een verbeterde hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens conclusie 1.

In verdere aspecten betreft de uitvinding de uitvoeringsvormen volgens de overige
10 conclusies 2 tot en met 15.

BESCHRIJVING VAN DE FIGUREN

Figuur 1 toont een proces flow van een parallelle verwerking van de detectordata onder
15 verschillende sets van spatiotemporele voorwaarden, volgens een uitvoeringsvorm van de uitvinding.

Figuren 2A-C tonen een systeem volgens een uitvoeringsvorm van de uitvinding in een
aantal afzonderlijke situaties met bijhorende sets spatiotemporele voorwaarden.

20

Figuur 3 toont een circuitimplementatie van een pixelsensor volgens een belichaming van de uitvinding.

GEDETAILEERDE BESCHRIJVING

25

Tenzij anders gedefinieerd hebben alle termen die gebruikt worden in de beschrijving van de uitvinding, ook technische en wetenschappelijke termen, de betekenis zoals ze algemeen begrepen worden door de vakman in het technisch veld van de uitvinding. Voor een betere beoordeling van de beschrijving van de uitvinding, worden de volgende
30 termen expliciet uitgelegd.

"Een", "de" en "het" refereren in dit document aan zowel het enkelvoud als het meervoud tenzij de context duidelijk anders veronderstelt. Bijvoorbeeld, "een segment" betekent een of meer dan een segment.

35

Wanneer "ongeveer" of "rond" in dit document gebruikt wordt bij een meetbare grootte, een parameter, een tijdsduur of moment, en dergelijke, dan worden variaties

bedoeld van +/-20% of minder, bij voorkeur +/-10% of minder, meer bij voorkeur +/-5% of minder, nog meer bij voorkeur +/-1% of minder, en zelfs nog meer bij voorkeur +/-0.1% of minder dan en van de geciteerde waarde, voor zoverre zulke variaties van toepassing zijn in de beschreven uitvinding. Hier moet echter wel onder verstaan worden
5 dat de waarde van de grootheid waarbij de term "ongeveer" of "rond" gebruikt wordt, zelf specifiek wordt bekendgemaakt.

De termen "omvatten", "omvattende", "bestaan uit", "bestaande uit", "voorzien van", "bevatten", "bevattende", "behelzen", "behelzende", "inhouden", "inhoudende" zijn
10 synoniemen en zijn inclusieve of open termen die de aanwezigheid van wat volgt aanduiden, en die de aanwezigheid niet uitsluiten of beletten van andere componenten, kenmerken, elementen, leden, stappen, gekend uit of beschreven in de stand der techniek.

15 Het citeren van numerieke intervallen door de eindpunten omvat alle gehele getallen, breuken en/of reële getallen tussen de eindpunten, deze eindpunten inbegrepen.

In een eerste aspect betreft de uitvinding een hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming, waarbij het systeem één of meerdere lichtbronnen omvat, en een array
20 omvat met een veelheid single-photon detectoren (enkelvoudige-fotondetector of SPD), dewelke detectoren ruimtelijk verdeeld zijn over de array in een substantiële matrix-vorm, bij voorkeur op regelmatige intervallen van elkaar, waarbij de SPD geschikt zijn voor het detecteren van enkelvoudige fotonen, en het detecteren van het enkelvoudige foton registreert met een detectiesignaal. Bij voorkeur zijn de SPDs SPADs (single
25 photon avalanche detectoren).

Het systeem omvat verder een evaluatiecircuit, waarbij de detectoren verbonden zijn aan het evaluatiecircuit, het evaluatiecircuit aangepast zijnde voor het confirmeren van de detectiesignalen of uitgangssignalen van de detectoren aan de hand van spatiotemporele voorwaarden. De detectoren zijn verbonden zodanig dat de
30 outputsignalen daarvan (gerelateerd aan het al of niet detecteren van een invallend foton op de detector) naar het evaluatiecircuit gaan.

De spatiotemporele voorwaarden ter confirmatie van een detectiesignaal van een te confirmeren detector (i.e. bevestiging dat het geen vals positief signaal betreft, en wel degelijk gerelateerd is aan een eigen scanning beam), omvatten volgende voorwaarden:
35 het waarnemen van een programmeerbaar minimaal aantal detectiesignalen bij detectoren gelegen binnen een virtuele macropixel geassocieerd aan de te confirmeren detector binnen een tijdssegment geassocieerd aan het tijdstip van

het waarnemen van het detectiesignaal van de te confirmeren detector, de macropixel een, optioneel programmeerbaar, aantal detectoren omvattend in de nabijheid van de te confirmeren detector, bij voorkeur minstens de direct aanliggende detectoren omvattend, of alternatief de direct aanliggende detector
5 omvattend in 1 richting langs iedere as, bijvoorbeeld links en onder, of nog recht en boven, of een andere combinatie (bvb. 2 of 3 van de 4 direct aanliggende detectoren).

De term "macropixel" verwijst hierbij naar een virtuele pixel die meerdere pixels of detectoren omvat, die typisch een aaneensluitende cluster vormen. Deze macropixel
10 kan geassocieerd aan een bepaalde set spatiotemporele voorwaarden zijn, en variëren naargelang de omstandigheden qua grootte, vorm en andere parameters. Macropixels kunnen gedeeltelijk overlappen met elkaar, en pixels of detectoren gemeenschappelijk hebben. Een macropixel heeft bij voorkeur een vierkante of rechthoekige vorm, maar kan evenzeer benaderend cirkelvormig of ovaal zijn, driehoekig, kruis- of stervormig, of
15 andere vormen hebben. Een macropixel omvat minstens 2 detectoren (bvb. in 2×1 of 1×2 matrixvorm), en bij verdere voorkeur minstens 4 detectoren (bvb. 2×2).

De spatiale component van de voorwaarden betreft de vereiste dat een minimaal aantal detectoren in de macropixel een detectiesignaal genereert (i.e. een foton waarneemt) binnen een bepaald tijdssegment van elkaar. Dit tijdssegment kan gebonden zijn aan
20 de eerste detectie binnen de macropixel (bvb. tot 10 ns na de eerste detectie), of kan een vast opvolgende periode zijn (bvb. elke 10 ns). De lengte van het tijdssegment en/of het minimaal aantal detectoren dat een detectiesignaal genereert kan aangepast worden, door de gebruiker en/of automatisch door het systeem. Bij voorkeur kan een gebruiker echter beide zaken aanpassen indien gewenst.

25

De detectoren vormen samen een array, en bestaan uit halfgeleidertoestellen die een uitgangssignaal genereren bij inval van een foton. Deze detectoren omvatten typisch een pn-overgang die onder een reverse bias staat boven de doorslagspanning, zodat bij een foton inval een breakdown volgt en een vermenigvuldigd uitgangssignaal
30 gegenereerd wordt. Een groot probleem bij deze arrays was echter steeds dat de evaluatiecircuits (tellers en dergelijke) belangrijke oppervlakte innemen die niet meer beschikbaar is voor foton-gevoelige zones van de detector zelf.

In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm betreft het systeem een stacked
35 sensorsysteem, en worden de detectoren voorzien in een eerste laag, en het evaluatiecircuit(s) in een tweede laag, die onder de eerste laag ligt. Bijkomende componenten, zoals quenching circuits en dergelijke, kunnen in de eerste, tweede of in

een derde, vierde, etc. laag voorzien worden, maar bij voorkeur in de eerste of tweede laag. De detectoren, of althans de lichtgevoelige oppervlakte, bevindt zich in de eerste laag, en boven de tweede laag, om te vermijden dat deze een deel van de oppervlakte afschermen. Door het systeem op te splitsen in lagen met verschillende functionaliteit, 5 wordt verzekerd dat een maximale oppervlakte gebruikt kan worden als effectieve fotongevoelige oppervlakte, terwijl de verwerkingscircuits of evaluatiecircuits in een onderliggende laag voorzien worden. Deze verschillende lagen, typisch opgebouwd uit afzonderlijke halfgeleiderwafers (of zelfs afzonderlijke chips) die verbonden worden tot een IC (integrated circuit), gebruiken optimaal de beschikbare oppervlakte voor 10 fotoncollectie, en laten een eenvoudige verwerking van signalen uit de detectoren toe.

In een mogelijke uitvoeringsvorm omvat het systeem een afzonderlijk evaluatiecircuit voor elke detector. Dit evaluatiecircuit kan dan voorzien worden met de uitgangssignalen van elke detector van de array of van een deel daarvan. Dit deel kan 15 vooraf gedefinieerd worden als bijvoorbeeld alle detectoren in een bepaalde zone rond de detector geassocieerd aan het evaluatiecircuit, zoals bijvoorbeeld elke direct aangrenzende detector, of elke directe en in tweede orde aangrenzende detector (tweede orde aangrenzend zijn ook de detectoren die direct aangrenzend zijn aan detectoren die aangrenzend zijn aan de aan het evaluatiecircuit geassocieerde 20 detector). Variaties zijn mogelijk, zoals de inclusie van diagonaal aangrenzende detectoren (resultierend in een vierkant bij een matrix array).

In nog andere versies wordt een evaluatiecircuit voorzien geassocieerd aan voorafbepaalde clusters van detectoren, waarbij het evaluatiecircuit vervolgens 25 afhankelijk van de opgelegde condities de uitgangssignalen van de detectoren kan verwerken. Door de clusters van de evaluatiecircuits te laten overlappen, wordt de kans verworpen dat er geen 'goed' evaluatiecircuit is voor het verwerken van een inval op een bepaalde detector.

30 In een mogelijke uitvoeringsvorm is slechts één evaluatiecircuit voorzien dat parallel de uitgangssignalen van de detectoren verwerkt. In dit geval heeft het evaluatiecircuit bij voorkeur evenveel uitgangen (gevalideerde detector uitgangen) als ingangen (detectoren).

35 In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm is het evaluatiecircuit in staat om de spatiotemporele voorwaarden te modificeren aan de hand van de omstandigheden van de scène waarvan een beeld gevormd wordt. Dit is onder meer op basis van objectief

waarneembare parameters, waaronder intensiteit van het gedetecteerde licht en op basis van het omgevingslicht (intensiteit daarvan). Zo kan bepaald worden of het signaal dat gedetecteerd moet worden (gedetecteerde licht) sterk of zwak is, en er dus strengere of lichtere eisen mogen/moeten opgelegd worden, of dat er veel of weinig
5 ambient licht is, en de eisen navenant ook strenger of minder streng mogen/moeten zijn.

Bij een sterkte van het omgevingslicht licht boven een bepaalde drempelwaarde, zullen er meer valse positieven zijn, die echter lokaal zijn. Om die reden wordt in een verder
10 voorkeurdragende uitvoeringsvorm dan geopteerd voor een minimaal aantal detectiesignalen binnen de macropixel van N , met N minstens 2 (bvb. 2, 3, 4 of hoger). Onder die drempelwaarde, is omgevingslicht een minder groot probleem, en kan geopteerd worden om het minimaal aantal detectiesignalen op M te zetten, met M minstens 1. Merk op dat verdere opties kunnen ingesteld worden, bvb. een tweede
15 drempelwaarde, die zorgt voor een minimaal aantal detectiesignalen dat vereist is van Q , met Q minstens 3, etc.

Bij een sterkte van gedetecteerd licht boven een drempelwaarde, kan men uitgaan van een sterk gereflecteerd (actief) signaal, en dus de tijdswindow waarin gekeken wordt beperken, om zo ambient light en thermische ruis opnieuw uit te sluiten. In dat geval
20 wordt de tijdsduur van het tijdssegment vastgelegd op hoogstens T_1 . Onder die drempelwaarde, wordt geopteerd voor een tijdsduur van minstens T_2 met T_2 groter dan T_1 , waarbij T_1 minstens 1 ns is, en bij voorkeur minstens 5 ns. T_2 is bij voorkeur minstens 10 ns, bij verdere voorkeur minstens 20 of zelfs 50 ns.

Door de voorwaarden gepast in te stellen, kan er voor gezorgd worden dat het
25 evaluatiecircuit een sterke filtering toepast op de signalen vanuit de afzonderlijke detectoren. Bij veel omgevingslicht en thermische ruis, wordt de lat hoger gelegd, en kan geëist worden dat fotonen invallen op meerdere detectoren in een macropixel van bvb. 2 op 2 detectoren (of 3 op 3, 2 op 3, 3 op 2, 1 op 2, 2 op 1, 1 op 3, 3 op 1, of andere formaten), bvb. minstens X % van de detectoren en/of minstens Y detectoren
30 in de macropixel die een detectie registreren in het tijdssegment. Hierin kunnen dus ook één of meer strengere voorwaarden in opgesteld worden bij 'zeer' sterke signalen (X_2 % van de detectoren en/of Y_2 detectoren in de macropixel, X_3 en/of Y_3 , ...). Op die manier worden de meer sporadische, en spatiaal meer uitgespreide fotonen uit omgevingslicht en thermische ruis, automatisch genegeerd, gezien de kans zeer klein
35 is dat twee (of meer) detectoren uit een macropixel in eenzelfde tijdssegment een dergelijk foton zullen opmerken.

Omgekeerd kan ook, bij detectie van zeer weinig omgevingslicht en thermische ruis, de drempel zeer laag gelegd worden, namelijk bij elke detectie confirmeren dat dit een 'echte' fotonimpact is.

- 5 Bij een sterk actief signaal (i.e. veel fotonen die invallen als gevolg van belichting van het te capteren object of scène), wordt de lat hoger gelegd, en kan geëist dat de duur van het tijdssegment vastgelegd wordt op een lage drempelwaarde, bvb. maximaal 10.0 ns, 5.0 ns, 2.5 ns of zelfs maximaal 1.0 ns. Op deze manier wordt ook verzekerd dat thermische ruis en ambient light veelal zullen gefilterd worden, opnieuw omdat de kans
- 10 zeer laag is dat de vereiste M of N detectoren binnen de macropixel binnen de korte tijdsduur een detectie zullen waarnemen, terwijl het sterke actief signaal quasi garandeert dat meerdere fotonen zullen invallen binnen de (effectief belichte) macropixel op korte tijd. Opnieuw kunnen meerdere gradaties van strengere en zwakkere voorwaarden opgelegd worden naar gelang de sterkte van het actief signaal.
- 15 Bij zwakke signalen wordt het tijdswindow typisch uitgebreid naar minstens 10 ns, maar bij voorkeur minstens 20 ns of zelfs 50 ns.

De combinatie van beide voorgenoemde parameters zorgt ervoor dat de invloed van omgevingslicht en thermische ruis voor quasi 100% geëlimineerd kan worden, wat de

20 benodigde rekenkracht sterk reduceert om de valse positieven achter er uit te halen.

Merk op dat in bepaalde uitvoeringsvormen het mogelijk is om het omgevingslicht de duur van de tijdssegmenten te laten bepalen (boven een drempelwaarde wordt de duur lager gesteld, onder een drempelwaarde wordt de duur hoger gesteld). Hierbij kan de

25 sterkte van het actief signaal (gedetecteerde licht) al of niet mee in acht genomen worden als parameter.

Omgekeerd kan ook in bepaalde uitvoeringsvormen het gedetecteerde licht (actief signaal) het vereiste minimaal aantal detectiesignalen binnen de macropixel (boven een drempelwaarde wordt het aantal hoger gesteld, onder een drempelwaarde wordt het

30 aantal lager gesteld). Hierbij kan de sterkte van het omgevingslicht al of niet mee in acht genomen worden als parameter.

In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm sturen de lichtbronnen een lichtstraal of -bundel uit met een gekende (bundel)diameter en/of gekende doorsnede, waarbij de

35 doorsnede bij voorkeur niet-cirkelvormig of ovaal is. Het evaluatiecircuit is geconfigureerd om de spatiotemporele voorwaarden verder aan te passen op basis van de bundeldiameter en/of doorsnede, bij voorkeur waarbij de vorm en/of het aantal

detectoren in een macropixel afhankelijk is van de bundeldiameter en/of doorsnede, en/of bij voorkeur waarbij de detectoren die een detectiesignaal genereren in het tijdssegment, een vorm omvatten dewelke de gekende doorsnede approximeert. Alternatief of aanvullend kunnen echter extra voorwaarden opgelegd worden, zoals dat

5 de detectoren die een detectiesignaal registreren spatiaal ten opzichte van elkaar gesitueerd zijn in een vorm die de doorsnede van de uitgestuurde lichtbundels approximeert. Door met een specifieke vorm te werken van de lichtbundel, zoals een kruis, zal de gereflecteerde bundel een gelijkaardige vorm behouden (of althans, een substantieel deel van de fotonen die op de array invallen ten gevolge van de belichting

10 door de lichtbronnen, zal deze vorm ruw approximeren), wat toelaat om gericht te zoeken. Zo kan de vorm van de macropixels aangepast worden aan de gekende doorsnede, of kan een confirmatiepatroon opgelegd hebben, zoals eerder besproken.

Het approximeren van de vorm van de gekende doorsnede kan ruim geïnterpreteerd

15 worden, en omvat onder meer het volledig omvatten daarvan (zoals een 3 x 3 array met detectiesignalen ook een kruisvorm omvat, of een lijn). Het systeem kan ook geconfigureerd zijn om een bepaalde mate van afwijkingen toe te staan, zoals het ontbreken van 1 of meer (of X %) van de benodigde 'pixels' (detectoren) om de gekende doorsnede te representeren.

20

Zo kan ook de bundeldiameter gebruikt worden om de grootte van de macropixels bij te stellen. Brede bundels (grote diameter) zullen leiden tot een spatiaal meer verspreide terugkerende bundel fotonen, waardoor een grotere macropixel (meer detectoren) voordelen kan bieden. Hier kan dus ook een bepaalde drempelwaarde (of meerdere

25 drempels) voor de bundeldiameter gehanteerd worden, die dan het aantal detectoren binnen een macropixel bepaalt en/of het aantal detectoren dat een detectiesignaal registreert in de macropixel binnen het tijdssegment, en/of de duur van het tijdssegment.

30 In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm clustert het evaluatiecircuit waargenomen detectiesignalen per tijdssegment, waarbij de tijdssegmenten opeenvolgend zijn en een gelijke duur hebben, en waarbij het tijdssegment geassocieerd aan het tijdstip van het waarnemen van het detectiesignaal van de te confirmeren detectoren, het tijdssegment is waarin het detectiesignaal van de te confirmeren detectoren waargenomen is. In deze

35 uitvoeringsvorm leest het evaluatiecircuit gedurende vaste tijdssegmenten de uitgangen af van de detectoren (rechtstreeks of reeds geclusterd per macropixel). Daarbij wordt het uitgangssignaal bijvoorbeeld ook 'gereset' na elke meting vanuit het evaluatiecircuit

(bijvoorbeeld via een actief quenching circuit (bvb. AQAR of AQPR). Alternatief kan het resetten bijvoorbeeld ook onmiddellijk gebeuren, terwijl het evaluatiecircuit het detectiesignaal registreert – al of niet met een timestamp.

- 5 In een alternatieve uitvoeringsvorm begint het tijdssegment telkens pas te lopen vanaf een eerste detectiesignaal van een detector uit de macropixel. Indien het gewenste minimaal aantal detectoren in de macropixel een detectiesignaal genereren binnen de voorafbepaalde duur van het tijdssegment, wordt de detectie geconfirmeerd.
- 10 Het evaluatiecircuit kan hiervoor bijvoorbeeld de flanken van de detectiesignalen detecteren (stijgende flank), bijvoorbeeld met een flipflop, en dit omzetten naar een digitaal signaal (1 of 0), waardoor het in de verdere verwerking eenvoudig kan geprocesseerd worden met logische schakelingen.
- 15 In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm, kan op basis van omgevingslicht en op basis van de sterkte van gedetecteerd licht de virtuele macropixel gemodificeerd worden, waarbij bij detectie van omgevingslicht onder een tweede voorafbepaalde drempelwaarde een eerste virtuele macropixel gebruikt wordt rond de te confirmeren detector, en bij detectie van omgevingslicht boven de tweede voorafbepaalde
- 20 drempelwaarde een tweede virtuele macropixel gebruikt wordt rond de te confirmeren detector, waarbij de tweede virtuele macropixel minder detectoren omvat dan de eerste virtuele macropixel.
- Bijkomend kunnen er nog derde, vierde, etc. macropixels met afwijkende vorm (configuratie van de detectoren) en/of grootte (aantal detectoren) gedefinieerd worden
- 25 die toegepast worden onder specifieke voorwaarden op vlak van omgevingslicht, sterkte van gedetecteerd licht (actief signaal) en/of andere (manuele) instellingen, bijvoorbeeld op vlak van gewenste resolutie.

- In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm zijn de detectoren voorzien van een
- 30 quenching circuit dat het detectiesignaal van de detectoren normaliseert. Het quenching circuit kan actief of passief zijn. Bij voorkeur betreft het een actief quenching circuit, aangestuurd door het evaluatiecircuit zodat deze de detectoren 'reset' op gepaste tijden. Het quenching circuit is bij voorkeur een AQAR (active quenching active reset), hoewel een AQPR (active quenching passive reset) ook tot de opties behoort. Door een
 - 35 quenching circuit te voorzien, is het mogelijk om de duur van de tijdssegmenten zeer accuraat te controleren, en de detectoren ook voldoende snel te kunnen resetten, om nieuwe fotonen te detecteren.

In een mogelijk uitvoeringsvorm kan het quenching circuit ook aangestuurd worden om onmiddellijk de detector te resetten eenmaal het detectiesignaal geregistreerd is. Zo kan detectie van een invallend foton door eenzelfde detector in hetzelfde tijdssegment mogelijk gedetecteerd worden indien het tijdssegment voldoende lang is (en het quenching circuit voldoende snel werkt en dus een lage dead time heeft).

In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm is het evaluatiecircuit aangepast voor het confirmeren van de detectiesignalen van de detectoren aan de hand van meerdere sets spatiotemporele voorwaarden, waarbij het evaluatiecircuit de detectiesignalen parallel onderwerpt aan elk van de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden.

Elk van de meerdere set spatiotemporele voorwaarden ter confirmatie van een detectiesignaal van een te confirmeren detector volgende voorwaarden omvat:

het waarnemen van een programmeerbaar minimaal aantal detectiesignalen bij detectoren gelegen binnen een virtuele macropixel geassocieerd aan de te confirmeren detector binnen een tijdssegment geassocieerd aan het tijdstip van het waarnemen van het detectiesignaal van de te confirmeren detector, de macropixel een, optioneel programmeerbaar, aantal detectoren omvattend in de nabijheid van de te confirmeren detector, bij voorkeur minstens de direct aanliggende detectoren omvattend.

Hierbij omvatten elk van de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden onderling een verschillend minimaal aantal detectiesignalen en/of een verschillende duur van het tijdssegment ter confirmatie.

Door met een aantal pre-fixed sets voorwaarden te werken, kan het systeem deze parallel opleggen op de 'rauwe' detectordata (uitgangssignalen van de detectoren). Zo kan in een enkele scan, de scène op verschillende manieren gereconstrueerd worden, in plaats van meerdere afzonderlijke sweeps te doen indien de resultaten onder de vorige set voorwaarden niet naar wens is (te lage resolutie, te veel ruis, etc.). Bovendien is het zelfs mogelijk om de beelden gegenereerd door de verschillende sets te combineren, zodat zones van het beeld waar één set te kort schiet qua instellingen, kunnen aangevuld/gecorrigeerd worden door secties van het beeld van één of meerdere andere te gebruiken.

In een verder voorkeurdragende uitvoeringsvorm omvatten de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden een eerste set waarbij de duur van het tijdssegment van de eerste set T_1 minstens 10 ns, bij voorkeur minstens 50 ns, bedraagt en het minimaal aantal detectiesignalen van de eerste set M_1 gelijk is aan 1. De meerdere sets

spatiotemporele voorwaarden omvatten een tweede set waarbij de duur van het tijdssegment van de tweede set T2 minder dan 10 ns bedraagt en het minimaal aantal detectiesignalen van de tweede set M2 minstens 2 bedraagt. De meerdere sets spatiotemporele voorwaarden omvatten een derde set waarbij de duur van het
5 tijdssegment van de derde set T3 minstens 10 ns, bij voorkeur minstens 50 ns, bedraagt en het minimaal aantal detectiesignalen van de derde set M3 gelijk is aan 1.

Bovenstaand drietal van sets voorwaarden laat toe de meeste situaties af te dekken, een eerste set in geval van een zwak actief signaal en beperkt omgevingslicht, een
10 tweede set voor medium omgevingslicht, en een derde set voor sterk omgevingslicht en/of een zwak actief signaal, gezien in het omgevingslicht de grootste variatie aanwezig kan zijn waar weinig controle over is. Verdere sets kunnen nog voorzien worden voor verdere variaties in de sterkte van het gedetecteerde licht (actief signaal) en/of omgevingslicht af te dekken.

15

In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm is het evaluatiecircuit geconfigureerd voor het definiëren van de macropixels en waarbij de detectiesignalen van de detectoren in één macropixels samen gebind worden, en waarbij de spatiotemporele voorwaarden opgelegd worden aan de gebinde detectiesignalen. Deze macropixels kunnen vooraf
20 vast geprogrammeerd zijn (volgens bepaalde regels, al of niet afhankelijk van vorm en grootte van het array aan detectoren). Zo kunnen de macropixels aanliggend gepositioneerd zijn, zonder overlap, of kan er beperkte overlap zijn. In een bepaalde uitvoeringsvorm is aan – onder elke set spatiale voorwaarden – een macropixel gekoppeld aan elke detector, waardoor detectoren aan 2, 3, 4 of nog meer macropixels
25 kunnen toebehoren. Door het definiëren van de macropixels door het evaluatiecircuit, kunnen daar alle detectiesignalen eenvoudig geaggregeerd/gebund worden per macropixel. Indien andere voorwaarden, met een anders gedefinieerde macropixel (vorm, grootte), opgelegd worden, worden automatisch ook de juiste detectiesignalen gebund, voor de nieuwe macropixel.

30

In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm is het evaluatiecircuit geconfigureerd voor het herdefiniëren van de macropixels, waarbij het aantal detectoren per macropixels aangepast kan worden. Bij voorkeur is het evaluatiecircuit geconfigureerd voor het automatisch herdefiniëren van de macropixels op basis van de detectiesignalen van de
35 detectoren, bij voorkeur op basis van een totaal aantal detectiesignalen over een tijdseenheid. Zoals aangegeven is het aanpasbaar maken van de macropixels een sterke tool om in te spelen op de omstandigheden, zoals actief signaal en omgevingslicht, en/of

de vorm van de lichtbundel/lichtstraal die uitgestuurd wordt. Beperkingen opleggen aan de grootte of vorm van de macropixel kan erin bijstaan om valse positieven weg te filteren.

- 5 In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm is het systeem voorgeprogrammeerd met macropixels die minstens twee van de volgende configuraties kunnen aannemen: 2x1, 1x2, 2x2, 3x1, 1x3, 3x2, 2x3, 3x3 en/of kruis- of stervorm (1 centrale detector met elke direct aanpalende detector). Bij voorkeur kunnen minstens 3, 4, 5 of meer van de configuraties aangenomen worden. De belangrijkste configuraties hierbij zijn 2x1, 1x2
10 en 2x2.

Bijkomende mogelijke configuraties zijn bvb. diagonalen (twee of meer diagonaal verbonden detectoren), diagonaal kruis of ster, etc.

- In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm is het evaluatiecircuit geprogrammeerd om
15 de tijdssegmenten periodiek aansluitend te laten opvolgen op elkaar. Alternatief worden tijdssegmenten getriggerd per macropixel door ontvangst van een detectiesignaal in het evaluatiecircuit van een detector uit de macropixel.

- In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm wordt een verdere spatiotemporele
20 voorwaarde opgelegd aan een geconfirmeerde detectiesignaal van een detector binnen een eerste macropixel, waarbij de verdere spatiotemporele voorwaarde omvat dat een geconfirmeerd detectiesignaal geassocieerd aan een detector in een aan de eerste macropixel aangrenzende macropixel gedetecteerd wordt binnen een voorafbepaald tijdsvenster van het geconfirmeerde detectiesignaal van de detector binnen de eerste
25 macropixel. Hierbij worden aangrenzende macropixels gedefinieerd als macropixels die elk minstens één niet-gemeenschappelijke detector omvatten; en dewelke minstens één detector gemeen hebben en/of elk minstens een detector omvatten die in de matrix-vorm van de array aangrenzend is aan een detector van de andere macropixel van de eerste en de aangrenzende macropixel. Dit komt neer op macropixels waarbij de
30 detectoren van één van de macropixels niet allen ook detectoren van de andere macropixel zijn, maar die dus wel één of meer aangrenzende detectoren hebben en/of minstens één gemeenschappelijke detector.

- Bovenstaande uitvoeringsvorm maakt gebruik van de (relatieve) voorspelbaarheid van
35 de beweging van (de lichtstralen van) een scannende lichtbron. Doordat deze typisch een continue beweging volgen (bijvoorbeeld, één aaneengesloten kromme), valt ook te verwachten dat het invallend licht op de detector array een substantieel aaneengesloten

patroon zal volgen over de tijd heen. Weliswaar kan hier wat meer speling in optreden (en toegelaten worden), kunnen er abruptere sprongen plaatsvinden, en in sommige gevallen zelfs discontinuïteiten. Desalniettemin zal veelal gezien worden dat bij een geconfirmeerde detectie in een macropixel, naburige macropixels in voorgaande
5 tijdsvensters ook een detectie zullen geconfirmeerd hebben, volgens de beweging van de invallende lichtstraal afkomstig van de scène/het object op de array. Door dit op te leggen als verdere voorwaarden, kunnen verdere valse positieven die door de mazen van het net geglipt zijn, ook verwijderd worden.

- 10 Dit principe kan ook gebruikt worden om de region of interest, waar de signalen van verwerkt worden in het evaluatiecircuit te verkleinen. Zo kan, eenmaal een detectie geconfirmeerd wordt in een bepaalde macropixel, het evaluatiecircuit in een daarop
volgend tijdsvenster enkel signalen van nabije macropixels in beschouwing nemen en verwerken, gezien een volgende detectie binnen een bepaalde straal kan verwacht
15 worden te vallen van de voorgaande detectie. Deze straal kan dynamisch vastgelegd worden (op basis van eerdere geconfirmeerde detecties en de 'sprongen' in macropixels per tijdsvenster daarvan) of kan absoluut vastgelegd worden vanuit het systeem volgens een voorafbepaalde waarde (afstand van X detectoren/macropixels ten opzichte van vorige geconfirmeerde detectie). Door de region of interest te beperken, kan het
20 systeem de computationele last sterk beperken, en signalen uit de detectoren daarbuiten niet langer in beschouwing nemen. Daarbij volgt ook nog dat, in de situaties waar het invallende licht toch buiten de ROI zou vallen, dit eenvoudig kan geïdentificeerd worden door het systeem, gezien geen inval gedetecteerd wordt, en het systeem de lichtbron een zeer beperkt deel van de sequentie kan laten herhalen, met uitbreiding
25 van de ROI (bvb. gradueel of onmiddellijk volledig).

In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm gebruikt een eerste van de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden macropixels met een eerste aantal detectoren, terwijl een tweede van de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden macropixels gebruikt met
30 een tweede aantal detectoren, het eerste en het tweede aantal detectoren verschillend van elkaar zijnde, en bij voorkeur waarbij een derde van de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden macropixels gebruikt met een derde aantal detectoren, het derde aantal detectoren verschillend zijnde van het eerste en het tweede aantal detectoren. De voordelen hiervan werden eerder besproken, en laten toe om in
35 verschillende omstandigheden de resolutie te verhogen/verlagen, en ook de confirmatievoorwaarden aan te passen aan de situatie (omgevingslicht, sterkte actief signaal, etc.).

In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm zijn de detectoren binnen een macropixel met $K \times L$ detectoren in een vierkante of rechthoekige configuratie gepositioneerd. De detectoren binnen de macropixel worden door het evaluatiecircuit geclusterd in R complementaire submacropixels van $P_i \times Q_i$ detectoren, met $i = 1 \dots R$ en met P_i kleiner dan of gelijk aan $K/2$ en Q_i kleiner dan of gelijk aan $L/2$. Hierbij worden de detectiesignalen van de detectoren per submacropixels door het evaluatiecircuit geaggregeerd in submacropixeldetectiesignalen, en is het evaluatiecircuit geconfigureerd voor het opleggen van de spatiotemporele voorwaarden aan de submacropixels en de submacropixeldetectiesignalen van de macropixel in plaats van aan de detectoren en de detectiesignalen van de macropixel.

Op deze manier kan de resolutie dynamisch aangepast worden aan de omstandigheden, en kan bij een geconfirmeerde detectie binnen een macropixel, geopteerd worden om tegelijk ook een beeld te vormen met hogere resolutie via de submacropixels.

15

In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm is het systeem voorzien van één of meer elektronische schakelingen tussen de detectoren en het evaluatiecircuit, eventueel geïntegreerd in de detectoren, die het uitgangssignaal van de detectoren omzetten in een discreet signaal (detectiesignaal of niet) en zo bezorgen aan het evaluatiecircuit. De elektronische schakelingen kunnen nog bijkomende handelingen uitvoeren, zoals het toevoegen van een timestamp aan het discreet signaal, of informatie omtrent de positie van de detector geassocieerd aan het signaal. Het systeem is bij voorkeur aangepast om de elektronische schakelingen van de array onderling te synchroniseren. Zoals aangegeven kan een quenching circuit voorzien zijn bij de detectoren.

25

In een verdere uitvoeringsvorm kan het evaluatiecircuit voor elke macropixel ook registreren hoeveel detectiesignalen gegenereerd werden in het tijdssegment, wat verdere fysische informatie kan opleveren omtrent de scène/object dat gecapteerd wordt.

30

In wat volgt, wordt de uitvinding beschreven a.d.h.v. niet-limiterende voorbeelden die de uitvinding illustreren, en die niet bedoeld zijn of geïnterpreteerd mogen worden om de omvang van de uitvinding te limiteren.

35

VOORBEELDEN

VOORBEELD 1:

- 5 Figuur 1 beschrijft een process flow voor een parallelle verwerking van de signalen (20) uit de detectoren (19) in meerdere parallelle lagen. In eerste instantie komt de rauwe data (20) binnen als zodanig bij het evaluatiecircuit, en kan daar onder de afzonderlijke sets voorwaarden verwerkt worden (21), om op die manier verschillend resultaten – data layers 1 tot N – (22) te genereren, die ten slotte kunnen verder verwerkt worden tot een beeld voor de gebruiker (23). Dit verder verwerken kan het selecteren van een bepaalde data layer zijn, of de combinatie van meerdere daarvan bijvoorbeeld.

VOORBEELD 2:

- 15 Figuren 2A-C beschrijven mogelijke voorwaarden behorend aan verschillende sets spatiotemporele voorwaarden. De array (24) met detectoren (2) wordt voorgesteld als 5 rijen en 5 kolommen, met elke cel een detector voorstellend. De subarray met verdikte rand stelt de virtuele macropixel(s) (25) voor, de gearceerde centrale cel een detector waar een detectiesignaal door wordt gegenereerd.
- 20 Figuur 2A beschrijft een full-pass situatie, waarbij weinig omgevingslicht is, en de spatiotemporele voorwaarden eigenlijk uitgezet zijn, gezien elk detectiesignaal aanvaard wordt als een geconfirmeerde detectie ($M1=1$).
- 25 Figuur 2B toont een situatie waar de spatiotemporele voorwaarden inhouden dat ($M2=$) twee detectiesignalen geregistreerd worden binnen een tijdssegment T2 binnen macropixels van 2 op 2 detectoren. De Figuur toont 4 virtuele macropixels geassocieerd aan een belichte detector (donker vierkant), en het systeem gaat hierbij op zoek naar macropixels waar nog een detector ook een detectiesignaal registreert binnen het tijdssegment T2.
- 30 Figuur 2C toont ten slotte een situatie waar de virtuele macropixels een andere grootte hebben, namelijk 3 op 3 detectoren. Opnieuw zoekt het systeem gevallen waarin binnen eenzelfde macropixel M3 (bvb. gelijk aan 2) detectiesignalen geregistreerd worden binnen een tijdssegment T3. Dit is in het bijzonder van toepassing bij situaties met een zwakker actief signaal dan bij de situatie van Figuur 2B.

35

VOORBEELD 3:

Fig. 3 toont een mogelijke implementatie op circuitniveau van een pixelsensor (1). De sensor (1) bevat een fotodetector (2), bijvoorbeeld een fotonendetector of een foton-valanche diode. De fotodetector (2) is in staat om enkelvoudige fotonen (3) te detecteren die daarop binnenvallen. Een dergelijke implementatie kan ook stacked
 5 uitgevoerd worden, door de opdeling tussen de detectielaag (detector) en de verwerkingslaag (evaluatiecircuit).

De fotodetector (2) wordt gevoed door een spanningsbron (4), en is verbonden met een weerstand (5) in een spanningsplitsende configuratie. De fotodetector (2) is opgesteld
 10 in een omgekeerde biased configuratie. De weerstand (5) is verbonden met een eerste referentie potentiaal niveau (6), bij voorkeur een aardniveau, of een nul V.

In aanwezigheid van fotonen (3) die op de fotodetector (2) vallen, wordt een sperstroom opgewekt. Dit resulteert in een spanningsval (7) op de weerstand (5). Het spanningsverlies (7) heeft een logische "1" wanneer fotonen (3) op de fotodetector (2)
 15 worden gedetecteerd, en heeft een logische "0" wanneer geen fotonen (3) op de fotodetector (2) worden gedetecteerd.

Het spanningsverlies (7) wordt via een comparator (9) vergeleken met een vooraf bepaald drempelspanningsniveau (8). Als het spanningsverlies (7) hoger is dan de
 20 referentiespanning (8), wordt een lokaal detectiesignaal (10) gegenereerd aan de uitgang van de comparator (9). Zo wordt bijvoorbeeld een logische "1" gegenereerd aan de uitgang van de comparator in geval van detectie, en een logische "0" aan de uitgang van de comparator in geval van geen detectie.

25 Elke sensor (1) omvat een lokale regelkring (18). De comparator (9) fungeert als buffer tussen de fotodetector (2) en de lokale besturing (18). De locale besturing (18) omvat locale vrijgave (11) en locale vrijgave (12).

De besturingsschakeling of gedeelten daarvan kunnen zich fysiek op een andere laag in
 30 het sensorsysteem bevinden. Zo kunnen bijvoorbeeld de sensoren (1) van de sensorreeks op een eerste halfgeleiderlaag worden geplaatst, terwijl de regelcircuits (18) van elk van de sensoren (1) in de reeks op een tweede halfgeleiderlaag kunnen worden geplaatst, zodat een gestapelde sensoroplossing wordt gevormd, zoals in de praktijk bekend is.

35

Het lokale detectiesignaal (10) wordt aan de lokale activeringsmiddelen (11) geleverd. De lokale activeringsmiddelen (11) bestaat uit twee NMOS transistors. Andere

transistortypen of configuraties kunnen worden overwogen. Het lokale detectiesignaal (10) wordt naar de poorten van deze transistors geleid. Eén transistor is verbonden met een rijbus (16), terwijl de andere is verbonden met een kolombus (17). Als een lokaal detectiesignaal (10) wordt ontvangen aan de poorten van de transistors van de lokale activeringsmiddelen (11), wordt de lokale activeringsmiddelen (11) in werking gesteld. In dit geval werken de transistors als een schakelaar, en een logische "1" ontvangen op de transistors resulteert in het inschakelen van de schakelaar, b.v. door kortsluiting.

De lokale activeringsmiddelen (11) zijn verbonden met de buurtactiveringsmiddelen (12). In dit geval is elke transistor in de lokale activeringsmiddelen (11) verbonden met de buurtactiveringsmiddelen. De buurtactiveringsmiddelen (12) bestaan uit ten minste één transistor, in dit voorbeeld drie transistors, met poorten (13', 13'', 13'''). De poorten (13', 13'', 13''') van de drie transistors zijn verbonden met lokale detectiesignalen van naburige sensoren. De transistors zijn ook verbonden met een tweede referentiepotentiaalniveau (14), bij voorkeur gelijk aan het eerste referentiepotentiaalniveau (6), bij voorkeur een aarde of een nul V. Indien ten minste één lokaal detectiesignaal van een naburige sensor wordt ontvangen bij één poort, bijvoorbeeld (13'), dan worden de buurtactiveringsmiddelen in werking gesteld. Dit betekent in dit geval dat als de poort (13') een logische "1" heeft, de transistor, die hier als schakelaar fungeert, is ingeschakeld, b.v. een kortsluiting.

Als zowel de lokale als de buurtactiveringsmiddelen worden geactiveerd, d.w.z. dat de transistors in de lokale activeringsmiddelen als kortsluiting fungeren en één transistor in de buurtactiveringsmiddelen als kortsluiting fungeert, wordt een globaal detectiesignaal (15) op de rijbus (16) en op de kolombus (17) uitgestuurd. De globale detectiesignalen van verschillende sensoren op de rijbus (16) worden samengevoegd om een rijen detectiesignaal te vormen. De globale detectiesignalen van verschillende sensoren op de kolombus (17) worden samengevoegd om een kolomdetectiesignaal te vormen.

De lokale besturingsschakeling (18) werkt in dit voorbeeld als een AND-poort. Wanneer bijvoorbeeld de lokale activeringsmiddelen (11) en de buurtactiveringsmiddelen (12) worden geactiveerd, wordt het globale detectiesignaal (15) gegenereerd.

Het is verondersteld dat de huidige uitvinding niet beperkt is tot de uitvoeringsvormen die hierboven beschreven zijn en dat enkele aanpassingen of veranderingen aan de beschreven voorbeelden kunnen toegevoegd worden zonder de toegevoegde conclusies te herwaardenen.

CONCLUSIES

1. Hogesnelheidssensorsysteem, waarbij het systeem één of meerdere lichtbronnen omvat, en een array (24) omvat met een veelheid single-photon detectoren SPD (2), dewelke detectoren (2) ruimtelijk verdeeld zijn over de array (24) in een substantiële matrix-vorm, bij voorkeur op regelmatige intervallen van elkaar, waarbij de SPD (2) geschikt zijn voor het detecteren van enkelvoudige fotonen (3), en het detecteren van het enkelvoudige foton (3) registreert met een detectiesignaal;
5
10 het systeem verder omvattende minstens één evaluatiecircuit, bij voorkeur één evaluatiecircuit per detector (2), waarbij ten minste twee detectoren (2), bij voorkeur minstens 4 detectoren (2), verbonden zijn aan het evaluatiecircuit, het evaluatiecircuit aangepast zijnde voor het confirmeren van de detectiesignalen van de detectoren (2) aan de hand van spatiotemporele voorwaarden,
15 waarbij de spatiotemporele voorwaarden ter confirmatie van een detectiesignaal van een te confirmeren detector (2) volgende voorwaarden omvat:
het waarnemen van een programmeerbaar minimaal aantal detectiesignalen bij detectoren (2) gelegen binnen een virtuele macropixel (25) geassocieerd aan de te confirmeren detector (2) binnen
20 een tijdssegment geassocieerd aan het tijdstip van het waarnemen van het detectiesignaal van de te confirmeren detector (2), de macropixel (25) een, optioneel programmeerbaar, aantal detectoren omvattend in de nabijheid van de te confirmeren detector, bij voorkeur minstens de direct aanliggende detectoren (2) omvattend;
25 waarbij de detectoren (2) in een eerste laag (19) omvat zijn, en waarbij het minstens één evaluatiecircuit in een tweede laag (21) voorzien is, de tweede laag (21) gepositioneerd is onder de eerste laag (19), waarbij de eerste laag (19) is een detectielaag, en de tweede laag (21) is een verwerkingslaag.
- 30 2. Hogesnelheidssensorsysteem volgens conclusie 1, waarbij het evaluatiecircuit geconfigureerd is om op basis van omgevingslicht en op basis van de intensiteit en/of andere eigenschappen van het gedetecteerde licht de spatiotemporele voorwaarden te modifieren.
- 35 3. Hogesnelheidssensorsysteem volgens conclusie 2, waarbij het systeem geconfigureerd is om bij detectie van omgevingslicht boven een eerste voorafbepaalde drempelwaarde, het minimaal aantal detectiesignalen bij

detectoren (2) gelegen binnen de virtuele macropixel (25) vast te leggen op een waarde van minstens N , en onder de eerste voorafbepaalde drempelwaarde op een waarde van hoogstens M , waarbij $M < N$, met M minstens gelijk aan 1, en N minstens gelijk aan 2;

5 waarbij het systeem geconfigureerd is om bij detectie van een sterkte van het gedetecteerde licht boven een eerste voorafbepaalde drempelwaarde de duur van het tijdssegment vast te leggen op een waarde van hoogstens T_1 , en onder de eerste voorafbepaalde drempelwaarde op een waarde van minstens T_2 , waarbij $T_2 > T_1$, met T_1 minstens gelijk aan 1 ns.

10

4. Hogesnelheidssensorsysteem volgens één van de voorgaande conclusies 1 tot en met 3, waarbij het systeem geconfigureerd is om een detectiesignaal te confirmeren bij parallel voldoen aan minstens twee voorgeprogrammeerde sets van onderling verschillende spatiotemporele voorwaarden.

15

5. Hogesnelheidssensorsysteem volgens één van de voorgaande conclusies 1 tot en met 4, waarbij de lichtbronnen een lichtstraal of -bundel uitsturen met een gekende bundeldiameter en/of gekende doorsnede, waarbij de doorsnede bij voorkeur niet-cirkelvormig of ovaal is, en waarbij de spatiotemporele voorwaarden verder afhangen van de bundeldiameter en/of doorsnede, bij voorkeur waarbij de vorm en/of het aantal detectoren in een macropixel (25) afhankelijk is van de bundeldiameter en/of doorsnede.

20

6. Hogesnelheidssensorsysteem volgens de voorgaande conclusie 1 tot en met 5, waarbij het evaluatiecircuit waargenomen detectiesignalen clustert per tijdssegment, waarbij de tijdssegmenten opeenvolgend zijn en een gelijke duur hebben, en waarbij het tijdssegment geassocieerd aan het tijdstip van het waarnemen van het detectiesignaal van de te confirmeren detectoren (2), het tijdssegment is waarin het detectiesignaal van de te confirmeren detectoren (2) waargenomen is.

30

7. Hogesnelheidssensorsysteem volgens één van de voorgaande conclusies 1 tot en met 6, waarbij op basis van omgevingslicht en op basis van de sterkte van gedetecteerd licht de virtuele macropixel (25) kan gemodificeerd worden, waarbij bij detectie van omgevingslicht onder een tweede voorafbepaalde drempelwaarde een eerste virtuele macropixel gebruikt wordt rond de te confirmeren detector (2), en bij detectie van omgevingslicht boven de tweede

35

voorafbepaalde drempelwaarde een tweede virtuele macropixel gebruikt wordt rond de te confirmeren detector (2), waarbij de tweede virtuele macropixel minder detectoren (2) omvat dan de eerste virtuele macropixel.

5

8. Hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens één van de voorgaande conclusies 1 tot en met 7, waarbij de detectoren (2) voorzien zijn van een quenching circuit dat het detectiesignaal van de detectoren (2) normaliseert, bij voorkeur waarbij het quenching circuit voorzien is in de tweede laag of in een derde laag onder de tweede laag.

10

9. Hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens één van de voorgaande conclusies 1 tot en met 8, met als kenmerk dat het evaluatiecircuit aangepast is voor het confirmeren van de detectiesignalen van de detectoren (2) aan de hand van meerdere sets spatiotemporele voorwaarden, waarbij het evaluatiecircuit de detectiesignalen parallel onderwerpt aan elk van de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden; waarbij elk van de meerdere set spatiotemporele voorwaarden ter confirmatie van een detectiesignaal van een te confirmeren detector (2) volgende voorwaarden omvat:

15

20

25

30

het waarnemen van een programmeerbaar minimaal aantal detectiesignalen bij detectoren (2) gelegen binnen een virtuele macropixel (25) geassocieerd aan de te confirmeren detector (2) binnen een tijdssegment geassocieerd aan het tijdstip van het waarnemen van het detectiesignaal van de te confirmeren detector (2), de macropixel (25) een, optioneel programmeerbaar, aantal detectoren omvattend in de nabijheid van de te confirmeren detector (2), bij voorkeur minstens de direct aanliggende detectoren omvattend,

waarbij elk van de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden onderling een verschillend minimaal aantal detectiesignalen en/of een verschillende duur van het tijdssegment omvat ter confirmatie.

35

10. Hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens de voorgaande conclusie 9, waarin de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden een eerste set omvatten waarbij de duur van het tijdssegment van de eerste set T_1 minstens 10 ns, bij voorkeur minstens 50 ns, bedraagt en het minimaal aantal detectiesignalen van de eerste set M_1 gelijk is aan 1; waarbij de meerdere sets

- spatiotemporele voorwaarden een tweede set omvatten waarbij de duur van het tijdssegment van de tweede set T2 minder dan 10 ns bedraagt en het minimaal aantal detectiesignalen van de tweede set M2 minstens 2 bedraagt; waarbij de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden een derde set omvatten waarbij de
- 5 duur van het tijdssegment van de derde set T3 minstens 10 ns, bij voorkeur minstens 50 ns, bedraagt en het minimaal aantal detectiesignalen van de derde set M3 gelijk is aan 1.
11. Hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens één van de voorgaande
- 10 conclusies 1 tot en met 10, waarbij het evaluatiecircuit geconfigureerd is voor het definiëren van de macropixels (25) en waarbij de detectiesignalen van de detectoren (2) in één macropixels (25) samen gebind worden, en waarbij de spatiotemporele voorwaarden opgelegd worden aan de gebinde detectiesignalen.
12. Hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens de voorgaande
- 15 conclusie 11, waarbij het evaluatiecircuit geconfigureerd is voor het herdefiniëren van de macropixels, waarbij het aantal detectoren per macropixels aangepast kan worden, bij voorkeur waarbij het evaluatiecircuit geconfigureerd is voor het automatisch herdefiniëren van de macropixels op basis van de
- 20 detectiesignalen van de detectoren, bij voorkeur op basis van een totaal aantal detectiesignalen over een tijdseenheid.
13. Hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens de voorgaande
- 25 conclusie 1 tot en met 12, waarbij de macropixels (25) minstens twee van de volgende configuraties kunnen aannemen in de matrix-vorm van de array (24): 2x1, 1x2, 2x2, 3x1, 1x3, 3x2, 2x3, 3x3 en/of stervorm met 1 centrale detector met elke direct aanpalende detector.
14. Hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens één van de voorgaande
- 30 conclusies 1 tot en met 13, waarbij het evaluatiecircuit de tijdssegmenten periodiek laat opvolgen op elkaar.
15. Hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens één van de voorgaande
- 35 conclusies 1 tot en met 14, waarbij een verdere spatiotemporele voorwaarde opgelegd wordt aan een geconfirmeerde detectiesignaal van een detector binnen een eerste macropixel, waarbij de verdere spatiotemporele voorwaarde omvat dat een geconfirmeerd detectiesignaal geassocieerd aan een detector in een aan

- de eerste macropixel aangrenzende macropixel gedetecteerd wordt binnen een voorafbepaald tijdsvenster van het geconfirmeerde detectiesignaal van de detector binnen de eerste macropixel;
- waarbij aangrenzende macropixels gedefinieerd zijn als niet-overlappende macropixels, dewelke minstens één detector gemeen hebben en/of elk minstens een detector omvatten die in de matrix-vorm van de array (24) aangrenzend is aan een detector van de andere macropixel van de eerste en de aangrenzende macropixel.
16. Hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens de voorgaande conclusie 1 tot en met 15, waarbij een verdere spatiotemporele voorwaarde opgelegd wordt aan een geconfirmeerd detectiesignaal van een detector binnen een eerste macropixel, waarbij de verdere spatiotemporele voorwaarde omvat dat een geconfirmeerd detectiesignaal geassocieerd aan minstens één andere detector, bij voorkeur minstens twee andere detectoren, in de eerste macropixel gedetecteerd wordt binnen een voorafbepaald tijdsvenster van het geconfirmeerde detectiesignaal van de detector binnen de eerste macropixel.
17. Hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens de voorgaande conclusie 1 tot en met 16, waarbij een eerste van de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden macropixels (25) toepast met een eerste aantal detectoren, en een tweede van de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden macropixels (25) toepast met een tweede aantal detectoren, het eerste en het tweede aantal detectoren verschillend van elkaar zijnde, en bij voorkeur waarbij een derde van de meerdere sets spatiotemporele voorwaarden macropixels toepast met een derde aantal detectoren, het derde aantal detectoren verschillend zijnde van het eerste en het tweede aantal detectoren.
18. Hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens de voorgaande conclusie 1 tot en met 17, waarbij de detectoren (2) binnen een macropixel (25) met $K \times L$ detectoren (2) in een vierkante of rechthoekige configuratie gepositioneerd zijn, waarbij de detectoren (2) binnen de macropixel (25) door het evaluatiecircuit geclusterd worden in R complementaire submacropixels van $P_i \times Q_i$ detectoren (2), met $i = 1 \dots R$ en met P_i kleiner dan of gelijk aan $K/2$ en Q_i kleiner dan of gelijk aan $L/2$; waarbij de detectiesignalen van de detectoren (2) per submacropixels door het evaluatiecircuit geaggregeerd worden in submacropixeldetectiesignalen, en het evaluatiecircuit geconfigureerd is voor het

opleggen van de spatiotemporele voorwaarden aan de submacropixels en de submacropixeldetectiesignalen van de macropixel (25) in plaats van aan de detectoren (2) en de detectiesignalen van de macropixel (25).

- 5 19. Hogesnelheidssensorsysteem voor beeldvorming volgens de voorgaande conclusie 1 tot en met 18, waarbij het hogesnelheidssensorsysteem een stacked sensorsysteem betreft.

FIGUREN

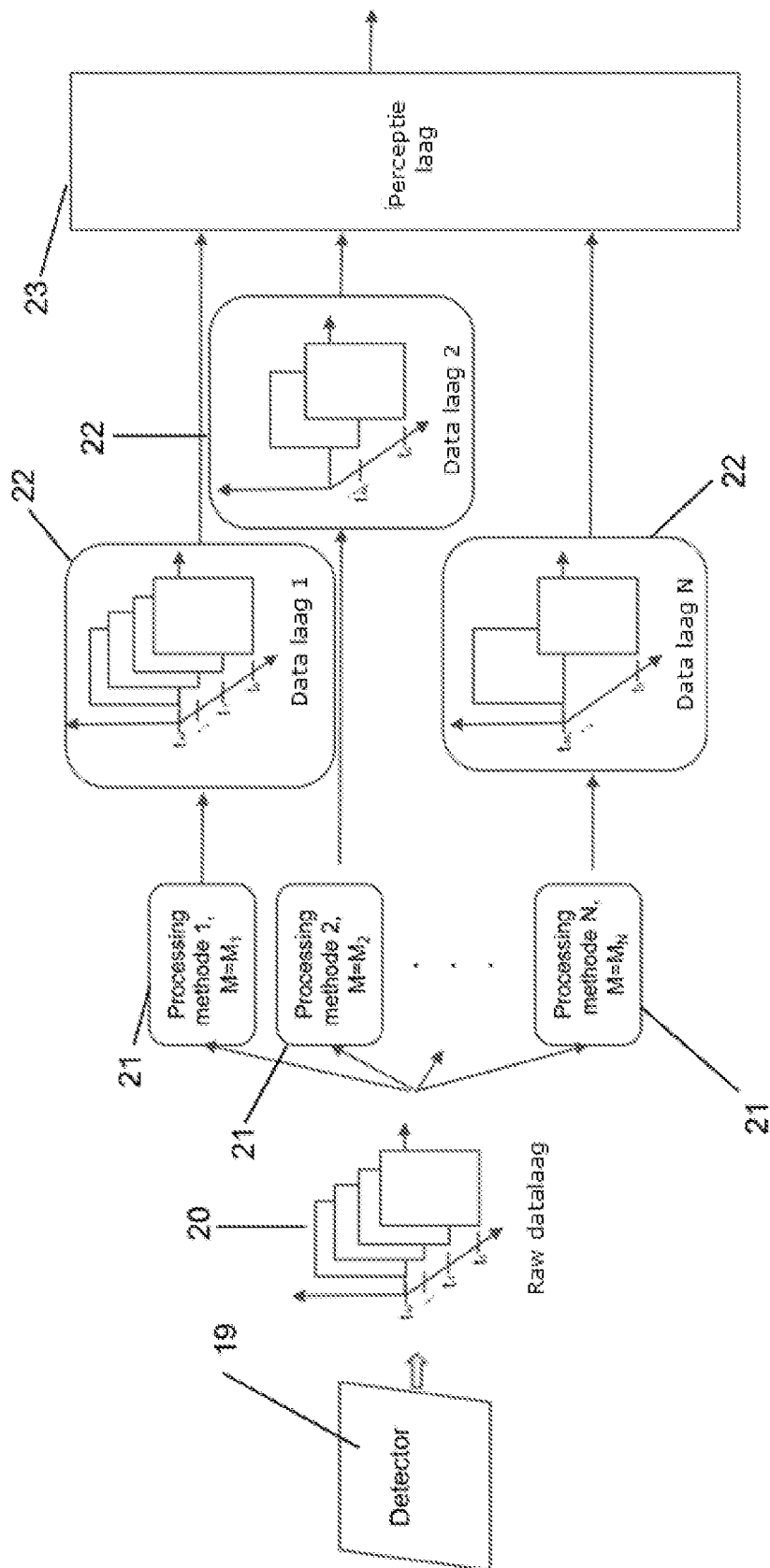


Fig. 1

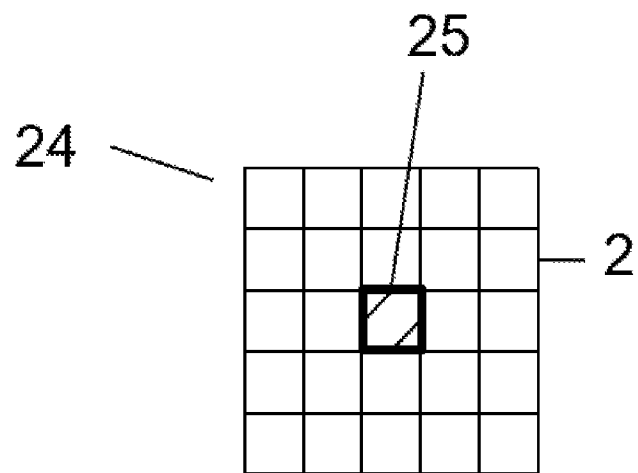


Fig. 2A

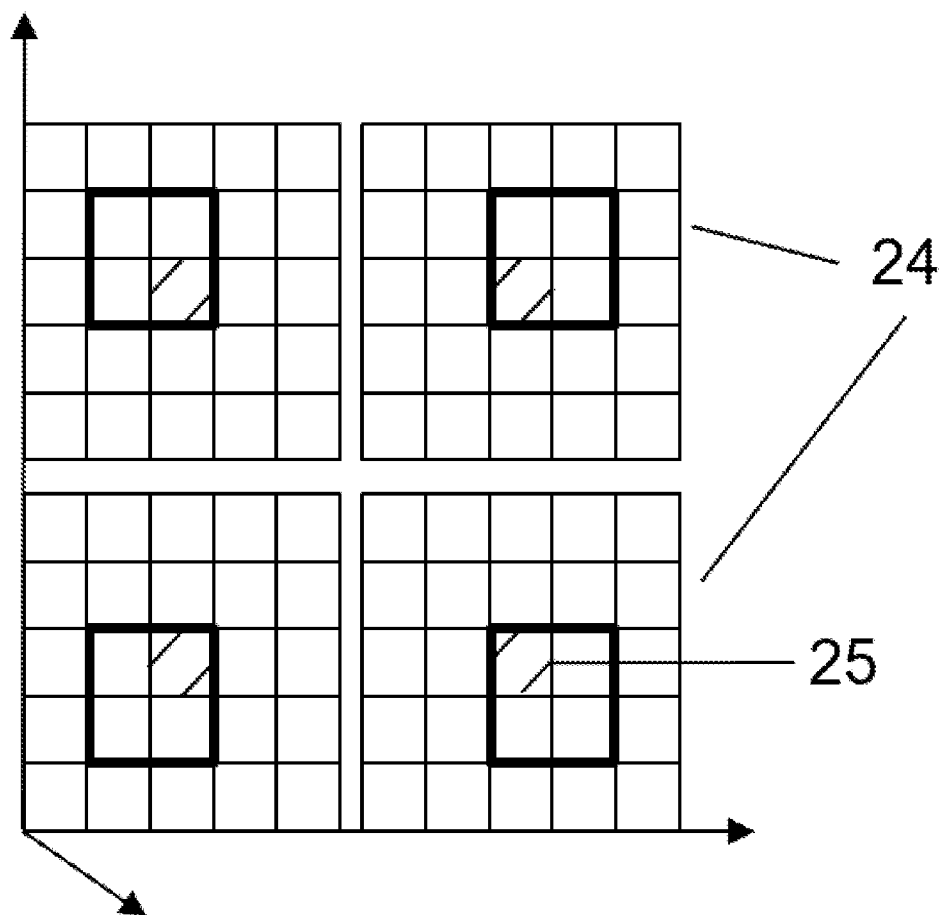
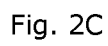


Fig. 2B



SAMENWERKINGSVERDRAG INZAKE OCTROOIEN
VERSLAG BETREFFENDE HET ONDERZOEK VAN HET INTERNATIONALE TYPE
OPGESTELD KRACHTENS ARTIKEL XI.23., §10 VAN HET BELGISCH WETBOEK
VAN ECONOMISCH RECHT

IDENTIFICATIE VAN DE NATIONALE AANVRAGE	KENMERK VAN DE AANVRAGER OF GEMACHTIGDE VOXE-003-BE
Belgische nationale aanvraag nr. 202105521	Datum van indiening 05-07-2021
	Ingeroepen voorrangsdatum
Aanvrager (Naam) VoxelSensors srl	
Datum van het verzoek voor een onderzoek van internationaal type 17-07-2021	Door de Instantie voor Internationaal Onderzoek aan het verzoek voor een onderzoek van internationaal type toegekend nr. SN79185
I. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP (bij toepassing van verschillende classificaties, alle classificatiesymbolen opgeven)	
Volgens de internationale octrooi classificatie (CIB), of tegelijkertijd volgens de nationale classificatie en de CIB Zie onderzoeksrapport	
II. ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK	
Onderzochte minimum documentatie	
Classificatiesysteem	Classificatiesymbolen
IPC	Zie onderzoeksrapport
Onderzochte andere documentatie dan de minimum documentatie, voor zover dergelijke documenten in de onderzochte gebieden zijn opgenomen	
III. ☐ MEN IS VAN OORDEEL DAT BEPAALDE CONCLUSIES NIET HET ONDERWERP KONDEN UITMAKEN VAN EEN ONDERZOEK (opmerkingen op aanvullingsblad)	
IV. ☐ GEBREK AAN EENHEID VAN UITVINDING EN/OF VASTSTELLING BETREFFENDE DE OMVANG VAN HET ONDERZOEK (opmerkingen op aanvullingsblad)	

**ONDERZOEKSRAPPORT BETREFFENDE HET
RESULTAAT VAN HET ONDERZOEK NAAR DE STAND
VAN DE TECHNIEK VAN HET INTERNATIONALE TYPE**

Nummer van het verzoek om een onderzoek naar
de stand van de techniek

BE 202105521

A. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP

INV. G01J1/44 H04N5/335 G01S7/4865
ADD.

Volgens de Internationale Classificatie van octrooien (IPC) of zowel volgens de nationale classificatie als volgens de IPC.

B. ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK

Onderzochte minimum documentatie (classificatie gevolgd door classificatiesymbolen)

G01J G01S H04N

Onderzochte andere documentatie dan de minimum documentatie, voor dergelijke documenten, voor zover dergelijke documenten in de onderzochte gebieden zijn opgenomen

Tijdens het onderzoek geraadpleegde elektronische gegevensbestanden (naam van de gegevensbestanden en, waar uitvoerbaar, gebruikte trefwoorden)

EPO-Internal, WPI Data

C. VAN BELANG GEACHTE DOCUMENTEN

Categorie °	Geciteerde documenten, eventueel met aanduiding van speciaal van belang zijnde passages	Van belang voor conclusie nr.
X	US 2019/326347 A1 (BULTEEL OLIVIER [NO]) 24 oktober 2019 (2019-10-24) * alineas [0019], [0023] - [0029], [0034], [0037] * * figuren 1-2, 3A * -----	1-19
A	US 2020/266222 A1 (ETOH TAKEHARU [JP]) 20 augustus 2020 (2020-08-20) * alineas [0001], [0064], [0068], [0181] - [0186] * * figuur 2 * -----	3
A	US 2020/410272 A1 (SEO JONGSEOK [KR] ET AL) 31 december 2020 (2020-12-31) * alineas [0062] * * figuren 2, 5, 6 * -----	1

☐ Verdere documenten worden vermeld in het vervolg van vak C.

☒ Leden van dezelfde octrooifamilie zijn vermeld in een bijlage

° Speciale categorieën van aangehaalde documenten

"A" niet tot de categorie X of Y behorende literatuur die de stand van de techniek beschrijft

"D" in de octrooiaanvraag vermeld

"E" eerdere octrooi(aanvraag), gepubliceerd op of na de indieningsdatum, waarin dezelfde uitvinding wordt beschreven

"L" om andere redenen vermelde literatuur

"O" niet-schriftelijke stand van de techniek

"P" tussen de voorrangsdatum en de indieningsdatum gepubliceerde literatuur

"T" na de indieningsdatum of de voorrangsdatum gepubliceerde literatuur die niet bezwarend is voor de octrooiaanvraag, maar wordt vermeld ter verheldering van de theorie of het principe dat ten grondslag ligt aan de uitvinding

"X" de conclusie wordt als niet nieuw of niet inventief beschouwd ten opzichte van deze literatuur

"Y" de conclusie wordt als niet inventief beschouwd ten opzichte van de combinatie van deze literatuur met andere geciteerde literatuur van dezelfde categorie, waarbij de combinatie voor de vakman voor de hand liggend wordt geacht

"&" lid van dezelfde octrooifamilie of overeenkomstige octrooipublicatie

Datum waarop het onderzoek naar de stand van de techniek van internationaal type werd voltooid

31 maart 2022

Verzenddatum van het rapport van het onderzoek naar de stand van de techniek van internationaal type

Naam en adres van de instantie

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

De bevoegde ambtenaar

Hillmayr, Heinrich

**ONDERZOEKSRAPPORT BETREFFENDE HET
RESULTAAT VAN HET ONDERZOEK NAAR DE STAND
VAN DE TECHNIEK VAN HET INTERNATIONALE TYPE**

Informatie over leden van dezelfde octrooifamilie

Nummer van het verzoek om een onderzoek naar
de stand van de techniek

BE 202105521

In het rapport genoemd octrooigescrift	Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)	Datum van publicatie
US 2019326347 A1	24-10-2019	CN 110389333 A	29-10-2019
		TW 201946403 A	01-12-2019
		US 2019326347 A1	24-10-2019
		US 2020058698 A1	20-02-2020

US 2020266222 A1	20-08-2020	US 2020266222 A1	20-08-2020
		WO 2019093208 A1	16-05-2019

US 2020410272 A1	31-12-2020	CN 112153309 A	29-12-2020
		DE 102020107275 A1	31-12-2020
		KR 20210000985 A	06-01-2021
		US 2020410272 A1	31-12-2020



SCHRIFTELIJKE OPINIE

Dossier Nummer SN79185	Indieningsdatum (dag/maand/jaar) 05.07.2021	Vorrangsdatum (dag/maand/jaar)	Aanvraagnummer BE202105521
Classificatie (IPC) INV. G01J1/44 H04N5/335 G01S7/4865			
Aanvrager VoxelSensors srl			

Deze schriftelijke opinie bevat een toelichting en de corresponderende pagina's met betrekking tot de volgende onderdelen:

- ☒ Onderdeel I Basis van schriftelijke opinie
- ☐ Onderdeel II Voorrang
- ☐ Onderdeel III Formulering van een opinie inzake nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid niet mogelijk
- ☐ Onderdeel IV De aanvraag heeft betrekking op meer dan één uitvinding
- ☒ Onderdeel V Gemotiveerde verklaring ten aanzien van nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid; citaten en explicaties ter ondersteuning van deze verklaring
- ☐ Onderdeel VI Bepaalde geciteerde documenten
- ☒ Onderdeel VII Gebreken in de aanvraag
- ☒ Onderdeel VIII Opmerkingen betreffende de aanvraag

Form BE237A (Dekblad) (Januari 2007)	De Examinator Hillmayr, Heinrich
--------------------------------------	-------------------------------------

Onderdeel I Basis van de opinie

1. Deze opinie is opgesteld op basis van de conclusies ingediend voor aanvang van het onderzoek.
2. Met betrekking tot **nucleotide en/of aminozuur sequenties** die, in voorkomend geval, genoemd worden in de aanvraag, is deze opinie opgesteld op basis van de volgende elementen:
 - a. Aard van het element:
 - ☐ een lijst van de sequentie(s)
 - ☐ tabel(len) met betrekking tot de lijst van de sequentie(s)
 - b. Type drager:
 - ☐ op papier
 - ☐ in elektronische vorm
 - c. Moment van indiening of levering:
 - ☐ opgenomen in de aanvraag zoals ingediend
 - ☐ samen met de aanvraag elektronisch ingediend
 - ☐ later geleverd
3. ☐ Bovendien, wanneer er mer dan één versie of kopie van een sequentielijst of van één of meerdere tabellen die er betrekking op hebben, werd ingediend, zijn de benodigde verklaringen ingediend, dat de informatie, die later of bij wijze van aanvullende kopieën werd geleverd naar gelang het geval, identiek is aan diegene die oorspronkelijk werd geleverd en niet verder gaat dan de openbaarmaking in de internationale aanvraag zoals oorspronkelijk ingediend.
4. Aanvullende opmerkingen:

Onderdeel V Gemotiveerde verklaring ten aanzien van nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid; citaten en explicaties ter ondersteuning van deze verklaring

1. Verklaring

Nieuwheid	Ja: Conclusies 3, 4, 9, 10, 12, 13, 15-18 Nee: Conclusies 1, 2, 5-8, 11, 14, 19
Inventiviteit	Ja: Conclusies Nee: Conclusies 1-19
Industriële toepasbaarheid	Ja: Conclusies 1-19 Nee: Conclusies

2. Citaten en explicaties:

Zie apart blad

Onderdeel VII Gebreken in de aanvraag

De volgende gebreken in de vorm of inhoud van de aanvraag werden vastgesteld:

Zie apart blad

Onderdeel VIII Opmerkingen betreffende de aanvraag

Zie apart blad

Re Item V

Reasoned statement with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1 Reference is made to the following documents:

D1 : US 2019/326347 A1 (BULTEEL OLIVIER [NO]) 24 oktober 2019
(2019-10-24)

D2 : US 2020/266222 A1 (ETOH TAKEHARU [JP]) 20 augustus 2020
(2020-08-20)

2 INDEPENDENT CLAIM 1

The present application does not meet the criteria of patentability, because the subject-matter of **claim 1**, as far as it can be understood (see Item VIII, 1), is not new. Document D1 discloses (the references in parentheses applying to D1):

Hogesnelheidssensorsysteem, waarbij het systeem één of meerdere lichtbronnen (102) omvat, en een array omvat met een veelheid single-photon detectoren (122; SPAD), dewelke detectoren (122) ruimtelijk verdeeld zijn over de array in een substantiële matrix-vorm (120 in figure 1), ~~bij voorkeur op regelmatige intervallen van elkaar~~, waarbij de SPD (122) geschikt zijn voor het detecteren van enkelvoudige fotonen (par. [0023]), en het detecteren van het enkelvoudige foton registreert met een detectiesignaal (V(DIG in figure 1); par. [0023]);

het systeem verder omvattende minstens één evaluatiecircuit (300A), ~~bij voorkeur één evaluatiecircuit per detector~~, waarbij ten minste twee detectoren (SPAD1-SPAD4), ~~bij voorkeur minstens 4 detectoren~~, verbonden zijn aan het evaluatiecircuit (300A), het evaluatiecircuit (300A) aangepast zijnde voor het confirmeren van de detectiesignalen van de detectoren (SPAD1-SPAD4) aan de hand van spatiotemporele voorwaarden (par. [0025], [0029]), waarbij de spatiotemporele voorwaarden ter confirmatie van een detectiesignaal van een te confirmeren detector volgende voorwaarden omvat:

het waarnemen van een programmeerbaar minimaal aantal detectiesignalen bij detectoren gelegen binnen een virtuele macropixel (par. [0029]) geassocieerd aan de te confirmeren detector binnen een tijdssegment geassocieerd aan het tijdstip van het waarnemen van het detectiesignaal van de te confirmeren detector, de macropixel een,

~~optioneel programmeerbaar, aantal detectoren omvattend in de nabijheid van de te confirmeren detector [par. 0028], bij voorkeur minstens de direct aanliggende detectoren omvattend;~~

waarbij de detectoren in een eerste laag omvat zijn, en waarbij het minstens één evaluatiecircuit in een tweede laag voorzien is, de tweede laag gepositioneerd is onder de eerste laag (par. [0019], "stacked chip sensor").

It is noted:

(i) The expression "*bij voorkeur*" or "*optioneel*" has no limiting effect on the scope of the independent claim 1 and the feature following such an expression has to be regarded as entirely optional.

(ii) Brackets should only be used in combination with references signs.

The subject-matter of claim 1 is therefore not new.

3 DEPENDENT CLAIMS 2-19

Dependent **claims 2-19** do not appear to contain any additional features which, in combination with the features of any claim to which they refer, meet the requirements with respect to novelty and/or inventive step. The features are either known from the prior art (see D1 and references applying to this document cited in the search report: **claims 2, 5-8, 11, 14, 19**) or relate to a slight constructional change (claims 3-4, 9-10, 12-13 and 15-18; for claim 3: see e.g. D2, par. [0068]) in the high speed sensor system, which comes within the scope of the customary practice followed by persons skilled in the art, especially as the advantages thus achieved can be readily contemplated in advance.

It is noted:

The expression "*bij voorkeur*" or "*optioneel*" has no limiting effect on the scope of the dependent claims and the feature following such an expression has to be regarded as entirely optional.

3.1 The subject-matter of claim 2 is known from D1, par. [0028].

- 3.2 The subject-matter of claim 3 is merely one of several straightforward possibilities from which the skilled person would select, in accordance with circumstances, without the exercise of inventive skill. See e.g. document D2, par. [0068]. D2 discloses a high speed image sensor with photon detectors (par. [0014]).
- 3.3 The subject-matter of claim 4 is merely one of several straightforward possibilities from which the skilled person would select, in accordance with circumstances, without the exercise of inventive skill.
- 3.4 The subject-matter of claim 5 is known from D1, 102 in figure 1 and par. [0020]: vertical-cavity surface-emitting laser.
- 3.5 The subject-matter of claim 6 is known from D1, figures 2 and 3A (right hand figure).
- 3.6 The subject-matter of claim 7 is known from D1, par. [0029].
- 3.7 The subject-matter of claim 8 is known from D1, par. [0023].
- 3.8 The subject-matter of claims 9-10 is merely one of several straightforward possibilities from which the skilled person would select, in accordance with circumstances, without the exercise of inventive skill.
- 3.9 The subject-matter of claim 11 is known from D1, figure 3A (left hand figure) and par. [0029].
- 3.10 The subject-matter of claims 12-13 is merely one of several straightforward possibilities from which the skilled person would select, in accordance with circumstances, without the exercise of inventive skill.
- 3.11 The subject-matter of claim 14 is known from D1, figure 2 and figure 3A (right hand figure).
- 3.12 The subject-matter of claims 16-18 is merely one of several straightforward possibilities from which the skilled person would select, in accordance with circumstances, without the exercise of inventive skill.
- 3.13 The subject-matter of claim 19 is known from D1, par. [0019]: stacked chip sensor.

Re Item VII

Certain defects in the application

- 1 The relevant background art disclosed in D1 is not mentioned in the description, nor is this document identified therein.
- 2 Independent **claim 1** is not in the two-part form, which in the present case would be appropriate, with those features known in combination from the prior art being placed in the preamble and the remaining features being included in the characterising part.
- 3 The features of the claims are not provided with reference signs placed in parentheses.

Re Item VIII

Certain observations on the application

- 1 **Claim 1** is not clear.

The terms "*eerste laag*" and "*tweede laag*" used in claim 1 is vague and unclear, because the feature "*laag*" is not further specified.

Claim 1 should be amended by adding further constructional features, e.g. from original description page 5, lines 2-10 and page 16, lines 4-6. In the following it is assumed that the feature "*laag*" is a constructional feature and does not relate to any data layers.

A more specific definition of the feature "*laag*" would therefore also avoid any arising clarity issue in view of the drawings, i.e. figure 1, element 20 "*Raw data laag*", elements 22: "*Data laag 1*", "*Data laag 2*" or "*Data laag N*", and element 23 "*Perceptie laag*".

Betreffende Item V

Beargumenteerde verklaring met betrekking tot nieuwheid, inventiviteit of industriële toepasbaarheid; citaties en toelichting ter ondersteuning van deze verklaring

1 Er wordt verwezen naar de volgende documenten:

D1 : US 2019/326347 A1 (BULTEEL OLIVIER [NO]) 24 oktober 2019
(24-10-2019)

D2 : US 2020/266222 A1 (ETOH TAKEHARU [JP]) 20 augustus 2020
(20-08-2020)

2 ONAFHANKELIJKE CONCLUSIE 1

De onderhavige aanvraag voldoet niet aan de criteria van octrooieerbaarheid, omdat de materie volgens **conclusie 1**, voor zover deze begrepen kan worden (zie Item VIII, 1), niet nieuw is. In document D1 wordt geopenbaard (waarbij de verwijzingen tussen haakjes van toepassing zijn op D1):

Hogesnelheidssensorsysteem, waarbij het systeem één of meerdere lichtbronnen (102) omvat, en een array omvat met een veelheid single-photon detectoren (122; SPAD), dewelke detectoren (122) ruimtelijk verdeeld zijn over de array in een substantiële matrix-vorm (120 in figuur 1), ~~bij voorkeur op~~ ~~regelmatige intervallen van elkaar~~, waarbij de SPD (122) geschikt zijn voor het detecteren van enkelvoudige fotonen (alinea [0023]), en het detecteren van het enkelvoudige foton registreert met een detectiesignaal (V(DIG in figuur 1); alinea [0023]);

het systeem verder omvattende minstens een evaluatiecircuit (300A), ~~bij voorkeur één evaluatiecircuit per detector~~, waarbij ten minste twee detectoren (SPAD1-SPAD4), ~~bij voorkeur minstens 4 detectoren~~, verbonden zijn aan het evaluatiecircuit (300A), het evaluatiecircuit (300A) aangepast zijnde voor het confirmeren van de detectiesignalen van de detectoren (SPAD1-SPAD4) aan de hand van spatiotemporele voorwaarden (alinea's [0025], [0029]), waarbij de spatiotemporele voorwaarden ter confirmatie van een detectiesignaal van een te confirmeren detector volgende voorwaarden omvat:

het waarnemen van een programmeerbaar minimaal aantal
detectiesignalen bij detectoren gelegen binnen een virtuele macropixel

(alinea [0029]) geassocieerd aan de te confirmeren detector binnen een tijdssegment geassocieerd aan het tijdstip van het waarnemen van het detectiesignaal van de te confirmeren detector, de macropixel een, ~~optioneel programmeerbaar~~, aantal detectoren omvattend in de nabijheid van de te confirmeren detector [alinea 0028], ~~bij voorkeur minstens de direct aanliggende detectoren omvattend~~;

waarbij de detectoren in een eerste laag omvat zijn, en waarbij het minstens een evaluatiecircuit in een tweede laag voorzien is, de tweede laag gepositioneerd is onder de eerste laag (alinea [0019], "gestapelde chipsensor").

NB:

- (i) De uitdrukking "*bij voorkeur*" of "*optioneel*" heeft geen beperkend gevolg op het bereik volgens onafhankelijke conclusie 1 en de maatregel die op deze uitdrukking volgt moet worden geacht volledig optioneel te zijn.
- (ii) Haakjes moeten uitsluitend worden gebruikt in combinatie met verwijzingstekens.

De materie volgens conclusie 1 is derhalve niet nieuw.

3 AFHANKELIJKE CONCLUSIES 2-19

De afhankelijke conclusies **2-19** lijken geen maatregelen te bevatten die, in combinatie met de maatregelen volgens een der conclusies waarnaar zij verwijzen, voldoen aan de eisen met betrekking tot nieuwheid en/of inventiviteit. De maatregelen zijn hetzij bekend uit de stand van de techniek (zie D1 en de verwijzingen die van toepassing zijn op dit document zoals geciteerd in het onderzoeksrapport: **conclusies 2, 5-8, 11, 14, 19**) of betreffen een geringe constructiewijziging (conclusies 3-4, 9-10, 12-13 en 15-18; voor conclusie 3: zie bijvoorbeeld D2, alinea [0068]) in het hogesnelheidssensorsysteem, die tot de gangbare praktijk als gevolgd door deskundigen in het vakgebied behoort, te meer daar de aldus bereikte voordelen dadelijk te voorzien zijn.

NB:

De uitdrukking "*bij voorkeur*" of "*optioneel*" heeft geen beperkend gevolg op het bereik volgens de afhankelijke conclusies en de maatregel die op deze uitdrukking volgt moet worden geacht volledig optioneel te zijn.

- 3.1 De materie volgens conclusie 2 is bekend uit D1, alinea [0028].
- 3.2 De materie volgens conclusie 3 is veeleer een van verschillende voor de hand liggende mogelijkheden waar een deskundige in het vakgebied, afhankelijk van de omstandigheden en zonder uitvinderswerkzaamheid, uit zou kiezen. Zie bijvoorbeeld document D2, alinea [0068]. In D2 wordt een hogesnelheidsbeeldsensor met fotondetectors geopenbaard (alinea [0014]).
- 3.3 De materie volgens conclusie 4 is veeleer een van verschillende voor de hand liggende mogelijkheden waar een deskundige in het vakgebied, afhankelijk van de omstandigheden en zonder uitvinderswerkzaamheid, uit zou kiezen.
- 3.4 De materie volgens conclusie 5 is bekend uit D1, 102 in figuur 1 en alinea [0020]: verticale-holte oppervlakte-uitzendende laser.
- 3.5 De materie volgens conclusie 6 is bekend uit D1, de figuren 2 en 3A (rechter figuur).
- 3.6 De materie volgens conclusie 7 is bekend uit D1, alinea [0029].
- 3.7 De materie volgens conclusie 8 is bekend uit D1, alinea [0023].
- 3.8 De materie volgens de conclusies 9-10 is veeleer een van verschillende voor de hand liggende mogelijkheden waar een deskundige in het vakgebied, afhankelijk van de omstandigheden en zonder uitvinderswerkzaamheid, uit zou kiezen.
- 3.9 De materie volgens conclusie 11 is bekend uit D1, figuur 3A (linker figuur) en alinea [0029].
- 3.10 De materie volgens de conclusies 12-13 is veeleer een van de verschillende voor de hand liggende mogelijkheden waar een deskundige in het vakgebied, afhankelijk van de omstandigheden en zonder uitvinderswerkzaamheid, uit zou kiezen.
- 3.11 De materie volgens conclusie 14 is bekend uit D1, figuren 2 en figuur 3A (rechter figuur).
- 3.12 De materie volgens de conclusies 16-18 is veeleer een van de verschillende voor de hand liggende mogelijkheden waar een deskundige in het vakgebied, afhankelijk van de omstandigheden en zonder uitvinderswerkzaamheid, uit zou kiezen.
- 3.13 De materie volgens conclusie 19 is bekend uit D1, alinea [0019]: gestapelde chipsensor.

Betreffende Item VII

Bepaalde gebreken in de aanvraag

- 1 De bekende stand van de techniek als geopenbaard in D1 wordt niet genoemd in de beschrijving, noch wordt dit document daarin bij naam genoemd.
- 2 Onafhankelijke **conclusie 1** is niet in de tweeledige vorm, hetgeen in het onderhavige geval passend zou zijn, waarbij de maatregelen die combinatie bekend zijn uit de stand van de techniek in de aanhef worden geplaatst en de overige maatregelen in het kenmerkende deel worden opgenomen.
- 3 De maatregelen volgens de conclusies zijn niet voorzien van verwijzingstekens tussen haakjes.

Betreffende Item VIII

Bepaalde opmerkingen aangaande de aanvraag

- 1 **Conclusie 1** is niet duidelijk.

De termen "*eerste laag*" en "*tweede laag*" die in conclusie 1 worden gebruikt, zijn vaag en onduidelijk, omdat de maatregel "laag" niet verder gespecificeerd wordt.

Conclusie 1 moet gewijzigd worden door het toevoegen van verdere constructiemaatregelen, bijvoorbeeld uit de oorspronkelijke beschrijving, bladzijde 5, regels 2-10 en bladzijde 16, regels 4-6. In het volgende wordt aangenomen dat de maatregel "*laag*" een constructiemaatregel is en geen datalagen betreft.

Een meer specifieke definitie van de maatregel "*laag*" zou derhalve eveneens voorkomen dat problemen aangaande duidelijkheid ontstaan gelet op de tekeningen, i.e. figuur 1, element 20 "*Ruwe data laag*", elementen 22: "*Data laag 1*", "*Data laag 2*" of "*Data laag N*", en element 23 "*Perceptie laag*".