

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
03. Oktober 2019 (03.10.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/185656 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

A01M 1/02 (2006.01) A01M 1/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/057635

(22) Internationales Anmeldedatum:

26. März 2019 (26.03.2019)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2018 107 274.0

27. März 2018 (27.03.2018)

DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG**
E. V. [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

(72) **Erfinder: HINSCH, Andreas**; c/o Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg (DE). **WAGNER, Lukas**; c/o Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg (DE).

(74) **Anwalt: LEMCKE, BROMMER & PARTNER PATENTANWÄLTE PARTNERSCHAFT MBB**; Siegfried-Kühn-Str. 4, 76135 Karlsruhe (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR SUBJECTING A FLYING INSECT TO LETHAL RADIATION

(54) **Bezeichnung:** VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR BEAUFSCHLAGUNG EINES FLUGINSEKTS MIT TILGUNGSSTRAHLUNG

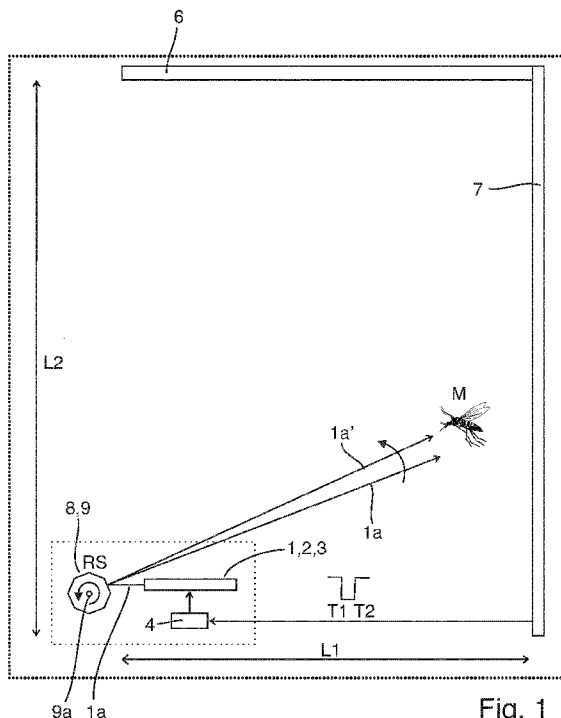


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a device for subjecting a flying insect to lethal radiation. Said device comprises a measurement beam source for producing a measurement beam, a deflection unit for deflecting the measurement beam, a lethal radiation source for producing a lethal beam and a measurement beam detector, characterized in that the measurement detector has a photodetector element, the deflection unit and the measurement beam detector are arranged and cooperate such that the measurement beam sweeps the detector surface of the measurement beam detector, the device comprises an analytical unit connected to the measurement detector and the lethal light source to determine an attenuation time period of an attenuation of the measurement beam between the deflection unit and the detector surface and to control the lethal light source depending on said attenuation time to emit a lethal beam impulse. The inventor further relates to a method for subjecting a flying insect to lethal radiation.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Beaufschlagung eines Fluginsekts mit Tilgungsstrahlung, mit einer Messstrahlquelle zum Erzeugen eines Messstrahls, einer Ablenkeinheit zum Ablenken des Messstrahls, einer Tilgungsstrahlquelle zum Erzeugen eines Tilgungsstrahls und einem Messstrahl-Detektor, dadurch gekennzeichnet, dass der Messstrahl-Detektor ein Photodetektorelement aufweist, dass Ablenkeinheit und Messstrahl-Detektor derart angeordnet und zusammenwirkend ausgebildet sind, so dass der Messstrahl die Detektorfläche des Messstrahl-Detektors überstreicht, dass die Vorrichtung eine Auswerteeinheit umfasst, welche mit dem Messstrahl-Detektor und der Tilgungslichtquelle verbunden ist, um eine Abschwächungs-Zeitdauer einer Abschwächung des Messstrahls zwischen Ablenkeinheit und Detektorfläche zu ermitteln und abhängig von der Abschwächungs-Zeitdauer die



WO 2019/185656 A1



SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Vorrichtung und Verfahren zur Beaufschlagung eines Fluginsekts
mit Tilgungsstrahlung

5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Beaufschlagung
10 eines Fluginsekts mit Tilgungsstrahlung nach den Oberbegriffen der Ansprüche
1 und 13.

Fluginsekten stellen in unterschiedlichen Situationen eine Beeinträchtigung oder
auch Bedrohung dar. Dies gilt insbesondere für stechende Fluginsekten wie bei-
15 spielsweise Mücken sowie in noch größerem Maße für Fluginsekten, welche
Krankheiten auf den Menschen übertragen wie beispielsweise die Übertragung
von Malaria durch weibliche Stechmücken (Moskitos). Eine Bekämpfung von
Fluginsekten durch chemische Mittel wie beispielsweise DDT ist mit langfristigen
negativen Folgen für die Bevölkerung und die Umwelt verknüpft. Es besteht da-
20 her ein Bedarf, Fluginsekten ohne die Anwendung von chemischen Mitteln zu
tilgen.

Aus US 2010/0186284 A1 ist eine Vorrichtung bekannt, um mittels einer Kamera
Insekten zu identifizieren und mittels eines Laserstrahls zu tilgen. Diese Vorrich-
25 tung weist einen komplexen und somit kostenintensiven und fehleranfälligen
Aufbau auf. Eine Anwendung in großer Zahl, insbesondere in Entwicklungslän-
dern oder Gegenden mit geringer technischer Infrastruktur, gestaltet sich daher
schwierig.

30 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine
Vorrichtung zur Beaufschlagung eines Fluginsekts mit Tilgungsstrahlung zur
Verfügung zu stellen, welche gegenüber der vorbekannten Vorrichtung tech-
nisch unaufwendiger und kostengünstiger herstellbar ist.

Gelöst ist diese Aufgabe durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren gemäß Anspruch 13. Vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Unteransprüchen.

- 5 Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist bevorzugt zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet, insbesondere einer bevorzugten Ausführungsform hiervon. Das erfindungsgemäße Verfahren ist bevorzugt zur Durchführung mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgebildet, insbesondere einer bevorzugten Ausführungsform hiervon.

10

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Beaufschlagung eines Fluginsekts mit Tilgungsstrahlung weist eine Messstrahlquelle zum Erzeugen eines Messstrahls, eine Ablenkeinheit zum Ablenken des Messstrahls, eine Tilgungsstrahlquelle zum Erzeugen eines Tilgungsstrahls und einen Messtrahl-Detektor auf.

15

Wesentlich ist, dass der Messtrahl-Detektor ein Photodetektorelement aufweist, dass Ablenkeinheit und Messtrahl-Detektor derart angeordnet und ausgebildet sind, sodass der Messstrahl die Detektorfläche des Messtrahl-Detektors überstreicht, dass die Vorrichtung eine Auswerteeinheit umfasst, welche mit dem

20

Messtrahl-Detektor und der Tilgungslichtquelle verbunden ist, um eine Abschwächungs-Zeitdauer einer Abschwächung des Messstrahls zwischen Ablenkeinheit und Detektorfläche zu ermitteln und abhängig von der Abschwächungs-Zeitdauer die Tilgungslichtquelle zur Abgabe eines Tilgungsstrahl-Impulses anzusteuern.

25

Die vorliegende Erfindung ist in der Erkenntnis begründet, dass Vorrichtungen, welche Fluginsekten mittels Reflexion von Strahlung an den Fluginsekten detektieren, erhebliche Nachteile aufweisen: Da die Reflexion von Lichtstrahlung an dem Fluginsekt typischerweise nur mit einer Teilintensität in Richtung eines Detektors erfolgt, ist ein apparativ hoher Aufwand notwendig, beispielsweise das
30 Bereitstellen einer hochauflösenden und lichtintensiven Kamera. Hierdurch werden bereits hohe Kosten begründet. Darüber hinaus erfordert das gezielte Tilgen eines Insekts anhand der Detektion mittels eines Kamerabildes aufwendige Berechnungsverfahren sowie optische Ablenkeinheiten für den Tilgungsstrahl,
35 um mit der notwendigen Geschwindigkeit und Genauigkeit das Insekt mit Tilgungsstrahlung beaufschlagen zu können. Wird hingegen ein großflächiges Ab-

senden von Tilgungsstrahlung beabsichtigt, so sind erhebliche Intensitäten erforderlich, welche insbesondere für die Augen eines Menschen eine Gefährdung darstellen können.

- 5 Die vorliegende Erfindung basiert auf einer konstruktiven Alternative, welche eine erhebliche Vereinfachung und somit Kostenreduzierung und geringere Fehleranfälligkeit bewirkt: Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine Ablenkeinheit vorgesehen, mittels welcher der Messstrahl derart abgelenkt wird, dass er eine Detektorfläche des Messtrahl-Detektors überstreicht. Befindet sich nun
10 ein Fluginsekt im Strahlengang zwischen Ablenkeinheit und Messtrahl-Detektor, so ist eine Detektion in gegenüber dem vorbekannten Stand der Technik einfacher und fehlerunanfälliger Weise möglich. Ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung ist somit darin begründet, dass die Unterbrechung oder zumindest Abschwächung des Messstrahls durch ein Fluginsekt zur Detektion des
15 Fluginsekts verwendet wird. Es ist somit insbesondere nicht zwingend notwendig, eine kostenaufwendige Kamera mit einem hochauflösend und mit hoher Geschwindigkeit arbeitenden CCD-Chip zu verwenden.

Bisher wurde jedoch angenommen, dass für eine derartige Anwendung Detektoren mit einer ausreichenden Detektorfläche und einer ausreichenden Detektionsgeschwindigkeit nicht oder zumindest nicht kostengünstig verfügbar sind.
20

Bevorzugt ist das Photodetektorelement daher als ein Detektorelement aus der nachfolgenden Gruppe ausgebildet, wobei in Klammern jeweils eine Referenz
25 für eine bevorzugte Ausbildung angegeben ist:

- Perowskit-Photodetektorelement
(DOI: 10.1038/ncomms6404),
- GaAs-basiertes Photodetektorelement
(DOI: 10.1109/LPT.2018.2815273), insbesondere in Dünnschicht-
30 Ausbildung (DOI: 10.1038/srep30107)
- Si-PIN - Photodetektorelement
(kommerziell erhältlich),
- ein auf amorphem Silizium basiertes Photodetektorelement
(DOI: 10.1063/1.360827),

35

- ein CIGS Photodetektorelement
(DOI: 10.1039/C7TC01462G) ,
- Graphen Photodetektorelement
(DOI: 10.1038/nnano.2009.292),
- 5 - ein Photodetektorelement basierend auf der organischen Photovoltaik
(DOI: 10.1364/optica.2.000607).

Besonders vorteilhaft ist es, dass der Messtrahl-Detektor ein Perowskit-Photodetektorelement aufweist: Vorzugsweise ist das Photodetektorelement als
10 Perowskit-Photodetektorelement ausgebildet. Solche Perowskit-Elemente sind bisher lediglich in der Verwendung zur Stromerzeugung, das heißt in der Verwendung als Solarzelle, bekannt. Ein wesentlicher Vorteil von solchen Perowskit-Elementen ist jedoch, dass eine vergleichsweise schnelle Ladungsträgerabführung erfolgt und somit schnelle Schaltzeiten, insbesondere schnelle
15 Detektionszeiten für Intensitätsänderungen einer auf eine Detektorfläche des Perowskit-Photodetektorelements auftreffenden Strahlung erzielt werden.

Zur Ausbildung des Perowskit-Photodetektorelementes kann hierbei auf die vorbekannte Ausbildung von Perowskit-Solarzellen zurückgegriffen werden, wie
20 beispielsweise in DE 10 2013 216848 A1 beschrieben. Aus der EP 0 176 358 B1 ist zudem eine Bildaufnahmevorrichtung mit einer Lichtquelle und einem Ablenkmittel in Form eines rotierenden, polygonalen Spiegels bekannt.

Im Gegensatz zu der vorbekannten Vorrichtung wird bei der vorliegenden Erfindung somit der Messstrahl mittels einer Ablenkeinheit derart abgelenkt, dass er
25 die Detektorfläche des Messtrahl-Detektors überstreicht. Es bildet sich somit zwischen Ablenkeinheit und Detektorfläche ein Detektionsbereich aus. Befindet sich ein Fluginsekt in diesem Detektionsbereich und wird von dem Messstrahl getroffen, so verringert sich die auf den Messtrahl-Detektor auftreffende Strahlung. Mittels der Auswerteeinheit kann in unaufwendiger Weise eine derartige
30 Signaländerung des Signals des Messtrahl-Detektors ermittelt werden.

Es ist hierbei wünschenswert, kleinere, sich bewegende Objekte von demgegenüber sich langsam bewegendem und/oder größeren Objekten zu unterscheiden. Die Auswerteeinheit der vorliegenden Erfindung ist daher ausgebildet, um
35 eine Abschwächungs-Zeitdauer einer Abschwächung des Messstrahls zwischen

Ablenkeinheit und Detektorfläche zu ermitteln. Die Abschwächungs-Zeitdauer ist ein Maß für Größe und Geschwindigkeit des detektierten Objekts: Kleinere und schnellere Objekte erzeugen eine kürzere Unterbrechung des Messstrahls gegenüber langsameren und/oder größeren Objekten.

5

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird daher abhängig von der ermittelten Abschwächungs-Zeitdauer die Tilgungslichtquelle zur Abgabe eines Tilgungsstrahl-Impulses angesteuert.

10 Hierdurch kann in einfacher Weise vermieden werden, dass ein Tilgungsstrahl-Impuls abgegeben wird, wenn beispielsweise ein Mensch sich durch den Strahlengang des Messstrahls zwischen Ablenkeinheit und Messtrahl-Detektor hindurchbewegt.

15 Die vorangehend beschriebene Klassifizierung von Objekten, welche mittels Tilgungsstrahlung beaufschlagt werden sollen anhand der Zeitdauer der Unterbrechung des Messstrahls, erfordert eine hohe zeitliche Detektionsgenauigkeit für kurze Messstrahlunterbrechungen. Die vorliegende Erfindung beruht somit ebenfalls auf der Verwendung eines Perowskit-Photodetektorelementes zur De-
20 tektion einer Messstrahlunterbrechung durch ein Fluginsekt, da hierdurch eine Detektion in ausreichend kurzen Zeitskalen kostengünstig möglich ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Beaufschlagung eines Fluginsekts mit Tilgungsstrahlung weist die Verfahrensschritte auf:

25

- Erzeugen eines Messstrahls und Ablenken des Messstrahls, so dass der Messstrahl eine Detektorfläche eines Messtrahl-Detektors mit einem Photodetektorelement überstreicht;
- Detektieren der Abschwächungs-Zeitdauer einer Abschwächung des Mess-
30 strahls mittels des Messtrahl-Detektors und
- Erzeugen eines Tilgungsstrahl-Impulses, wenn die Abschwächungs-Zeitdauer in einem vorgegebenen Bereich liegt.

35

Hierdurch ergeben sich die hinsichtlich der erfindungsgemäßen Vorrichtung genannten Vorteile.

Es ist wünschenswert, dass Fluginsekten in einer ausgedehnten Fläche detektiert werden können. Vorteilhafterweise weist die Detektorfläche des Messstrahl-Detektors daher eine Länge von zumindest 10 cm, bevorzugt zumindest 0,5 m, insbesondere von zumindest 1 m auf. Bevorzugt überstreicht der Messstrahl die Detektorfläche über die vorgenannte Länge, sodass der Detektor zwischen Ablenkeinheit und Detektorfläche eine entsprechend große Detektorfläche überstreicht, innerhalb derer Fluginsekten detektiert werden können.

Vorzugsweise überstreicht der Messstrahl die Detektorfläche mit einer ausreichend hohen Geschwindigkeit, sodass eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass jedes Fluginsekt, welches die von dem Messstrahl überstrichene Fläche zwischen Ablenkeinheit und Messstrahl-Detektor durchfliegt, auch detektiert wird. Hierdurch ergeben sich aufgrund der geringen Größe von Fluginsekten, insbesondere von den besonders relevanten Stechmücken, entsprechend kurze Unterbrechungs-Zeitdauern bei Unterbrechen des Messstrahls durch ein Fluginsekt. Für typische Anwendungen liegt der Zeitraum, in welchem das Fluginsekt den Messstrahl unterbricht, bei unter 10 μ s. In bevorzugten Anwendungen unter 0,5 μ s, bis hin zu unter 0,1 μ s. Bevorzugt ist daher eine Obergrenze unter 10 μ s insbesondere unter 0,5 μ s, bevorzugt unter 0,1 μ s vorgegeben.

Vorteilhafter Weise ist daher mittels der Auswerteeinheit eine Obergrenze für die Abschwächungs-Zeitdauer im Bereich 0,1 μ s bis 20 μ s vorgebbbar. Wird nun beispielsweise eine Obergrenze von 10 μ s für die Abschwächungs-Zeitdauer vorgegeben, so wird kein Tilgungsstrahl-Impuls abgegeben, wenn eine Unterbrechung des Messstrahls länger als 10 μ s andauert. Hierdurch ist ausgeschlossen, dass die Unterbrechung des Messstrahls durch einen Menschen einen Tilgungsstrahl-Impuls auslöst.

In einer vorteilhaften Ausführungsform sind Tilgungsstrahlquelle und Ablenkeinheit derart zusammenwirkend angeordnet, dass der Tilgungsstrahl mittels der Ablenkeinheit ablenkbar ist. Hierdurch ergibt sich eine weitere Vereinfachung des Aufbaus, welche somit die Kosten und die Fehleranfälligkeit reduziert. In dieser vorteilhaften Ausführungsform werden somit sowohl Messstrahl als auch Tilgungsstrahl durch dieselbe Ablenkeinheit abgelenkt.

Insbesondere weist die Ablenkeinheit bevorzugt ein bewegliches Spiegelement auf. Mittels des beweglichen Spiegelementes kann in einfacher Weise der Messstrahl derart abgelenkt werden, dass er die Detektorfläche des Messtrahl-Detektors überstreicht. Ebenso kann vorteilhafterweise ebenso konstruktiv unaufwendig der Tilgungsstrahl mittels des Spiegelements abgelenkt werden.

Vorteilhafterweise erfolgt ein sich wiederholendes, insbesondere bevorzugt stetig wiederholendes Überstreichen der Detektorfläche durch den Messstrahl, um eine wiederholende, insbesondere stetige Detektion von Fluginsekten zu ermöglichen.

Hierzu kann das Spiegelement als ein sich verkippendes Spiegelement, beispielsweise mittels Piezo-Elementen, ausgebildet sein, um das sich wiederholende Überstreichen der Detektorfläche zu erzeugen.

Insbesondere ist es vorteilhaft, das Spiegelement als rotierendes Spiegelement auszubilden. Ein rotierendes Spiegelement stellt ein kostengünstiges und technisch unaufwendiges Spiegelement dar. Beispielsweise kann mit einem Elektromotor ein Spiegelement gedreht werden. Hierzu sind keine aufwendigen elektronischen Steuerungen notwendig, verglichen mit beispielsweise der Verwendung von Piezo-Elementen.

Insbesondere ist es vorteilhaft, das rotierende Spiegelement als Polyhedron-Spiegelement auszubilden. Ein solches Spiegelement weist somit mehrere flächige, bevorzugt ebene Spiegel auf, die um eine gemeinsame Drehachse angeordnet sind, sodass bei Drehen des Spiegelements in einer konstanten Drehrichtung in einfacher Weise ein sich wiederholendes Überstreichen der Detektorfläche durch den Messstrahl erzielt werden kann.

Die Verwendung eines beweglichen Spiegelementes weist einen weiteren Vorteil auf: In einer bevorzugter Ausführungsform werden wie zuvor beschrieben sowohl Messstrahl als auch Tilgungsstrahl mittels des beweglichen Spiegelementes abgelenkt. Die Detektion des Fluginsekts erfolgt abhängig von der Zeitdauer einer Abschwächung des Messstrahls zwischen Ablenkeinheit und Detektorfläche. Entsprechend erfolgt die Entscheidung, ob ein Tilgungsstrahl-Impuls

abgegeben wird, bevorzugt erst nachdem der Messstrahl nicht mehr durch das Fluginsekt abgeschwächt wird. Bei einem sich kontinuierlich bewegenden Spiegelement wird daher zu dem Zeitpunkt, da ein Tilgungsstrahl-Impuls abgegeben wird, sich das Fluginsekt nicht mehr im Strahlengang des Messstrahls befinden. Vorteilhafterweise ist daher vor dem beweglichen Spiegelement der Strahlverlauf des Tilgungsstrahls nicht parallel zu dem Strahlenverlauf des Messstrahls. Messstrahl und Tilgungsstrahl treffen somit in dieser bevorzugten Ausführungsform in unterschiedlichen Winkeln auf das Spiegelement auf. Hierdurch kann die Bewegung des Spiegelementes zwischen Detektion des Fluginsekts, das heißt Unterbrechen des Messstrahls durch das Fluginsekt, und Aussenden des Tilgungsstrahl-Impulses kompensiert werden, sodass zum Zeitpunkt des Aussendens des Tilgungsstrahl-Impulses sich das Fluginsekt zwar nicht mehr im Strahlengang des Messstrahls, aufgrund des unterschiedlichen Auftreffwinkels jedoch im Strahlengang des Tilgungsstrahls befindet.

Vorteilhafterweise ist daher vor dem beweglichen Spiegelement der Strahlenverlauf des Tilgungsstrahls zu dem Strahlenverlauf des Messstrahls um einen vorgegebenen Winkel in Drehrichtung des beweglichen Spiegelementes gedreht. Insbesondere ist es vorteilhaft, dass der vorgegebene Winkel derart gewählt ist, um eine Drehung des beweglichen Spiegelementes während einer vorgegebenen Zeitspanne zu kompensieren. Diese Zeitspanne entspricht bevorzugt der Zeitdauer zwischen Abschluss der Unterbrechung des Messstrahls durch das Fluginsekt und Aussenden des Tilgungsstrahl-Impulses.

Vorteilhafterweise wird das Auftreffen von Messstrahl und Tilgungsstrahl in einem unterschiedlichen Winkel auf das Spiegelement in einer vorteilhaften Ausgestaltung dadurch erzielt, dass Messstrahlquelle und Tilgungsstrahlquelle derart angeordnet sind, dass Messstrahl und Tilgungsstrahl in dem gewünschten Winkel auf das Polyhedron-Spiegelement 9 auftreffen. Ebenso liegt es im Rahmen der Erfindung, mittels optischer Elemente wie beispielsweise einem oder mehrerer Spiegel Messstrahl und/oder Tilgungsstrahl derart abzulenken, dass sie in dem gewünschten Winkel auf das Spiegelement auftreffen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform ist im Strahlengang von Messstrahl und Tilgungsstrahl ein Strahlteilerelement, bevorzugt ein teildurchlässiger Spiegel, insbesondere bevorzugt ein halbdurchlässiger Spiegel (Intensitätsaufteilung 50

zu 50) angeordnet, so dass Mess- und Tilgungsstrahl jeweils in zwei Teilstrahlen aufgespaltet werden und, bevorzugt mittels weiterer optischer Elemente (wie beispielsweise eines weiteren Spiegels) werden beide Teilstrahlen in dem vorgegebenen Winkel auf das optische Spiegelement geleitet. In dieser bevorzugten Ausführungsform treffen somit sowohl bei Messstrahl, als auch bei Tilgungsstrahl jeweils zwei Teilstrahlen in dem vorgegebenen Winkel auf das Spiegelement auf. Auch hierdurch kann eine Weiterdrehung des Spiegelementes zwischen Detektion und Aussenden des Tilgungsstrahl-Impulses kompensiert werden: Vorteilhafterweise ist der Winkel zwischen den beiden Teilstrahlen des Messstrahls und des Tilgungsstrahls derart gewählt, dass der Strahlenverlauf des einen Teilstrahls nach Reflektion nach Weiterdrehen des Spiegelementes um eine Zeitspanne zwischen Detektion des Moskito und Aussenden des Tilgungsstrahl-Impulses dem Strahlverlauf des anderen Teilstrahls ebenfalls nach Reflektion entspricht. Auch hierdurch ist somit gewährleistet, dass der Tilgungsstrahl-Impuls zumindest näherungsweise an dem Ort auftritt, an welchem der Moskito detektiert wurde.

Vorteilhafterweise erfolgt das Ablenken des Messstrahls durch die Ablenkeinheit mit einer hohen Geschwindigkeit, sodass sich das Fluginsekt im Zeitraum zwischen Unterbrechen des Messstrahls und Absenden des Tilgungsstrahl-Impulses nur geringfügig weiterbewegt. Bevorzugt wird daher der Messstrahl durch die Ablenkeinheit mit einer Winkelgeschwindigkeit im Bereich von 300 rad s^{-1} bis 10000 rad s^{-1} , insbesondere im Bereich von 700 rad s^{-1} bis 3000 rad s^{-1} abgelenkt.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Detektorfläche des Detektorelementes durch eine Detektorfläche des Photodetektorelementes gebildet. Bevorzugt ist das Photodetektorelement, insbesondere das Perowskit-Photodetektorelement daher als streifenartiges Detektorelement ausgebildet, mit einer Detektorfläche, welche ein hohes Aspektverhältnis von Länge zu Breite aufweist. Wie zuvor beschrieben, ist die Länge der Detektorfläche bevorzugt $> 10 \text{ cm}$, bevorzugt $> 0,5 \text{ m}$, insbesondere bevorzugt $> 1 \text{ m}$. Insbesondere liegen bevorzugte Längen $> 2 \text{ m}$, $> 5 \text{ m}$ oder $> 10 \text{ m}$ im Rahmen der Erfindung. Wie eingangs beschrieben, weist ein Perowskit-Detektorelement den Vorteil auf, dass kostengünstig schnell schaltende Detektoren mit einer großflächigen Detektorfläche ausgebildet werden können. Die vorgenannten vorteilhaften Ausge-

staltungen sind daher insbesondere bei Verwendung eines Perowskit-Photodetektorelementes als Photodetektorelement vorteilhaft.

Um Materialkosten zu sparen, ist die Breite der Detektorfläche demgegenüber
5 bevorzugt gering ausgebildet. Vorteilhafterweise weist die Detektorfläche des Messtrahl-Detektors eine Breite kleiner 10 cm, bevorzugt kleiner 5 cm, weiter bevorzugt kleiner 1 cm auf.

Die Detektorfläche ist insbesondere bevorzugt als Rechteck ausgebildet. Der
10 Messtrahl überstreicht die Detektorfläche bevorzugt entlang einer Linie, insbesondere bevorzugt entlang einer geraden Linie. Um eine hohe Ausnutzung der Detektorfläche zu erreichen, überstreicht der Messtrahl die Länge des Detektorfeldes bevorzugt um zumindest 90 %, insbesondere um zumindest 98 %.

15 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Detektorfläche des Detektorelementes durch ein Lichtleitelement lichtleitend mit einer Detektorfläche des Photodetektorelements verbunden. Hierdurch ist eine weitere Materialeinsparung möglich, indem der Messtrahl mittelbar oder bevorzugt unmittelbar auf ein Lichtleitelement trifft, mittels dessen der Messtrahl zu der Detektorfläche
20 des Photodetektorelementes geleitet wird. In dieser Ausführungsform trifft der Lichtstrahl somit auf eine durch das Lichtleitelement oder ein weiteres vorgeschaltetes optisches Element ausgebildete Detektorfläche auf und wird zu der Detektorfläche des Photodetektorelementes weitergeleitet.

25 Das Lichtleitelement kann als ein an sich bekanntes optisches Element ausgebildet sein wie beispielsweise eine Linse. Bevorzugt ist das Lichtleitelement jedoch als ein optisches Bauteil ausgebildet, mittels dessen durch Reflexion an der Grenzfläche des Lichtleiters, insbesondere mittels Totalreflexion, ein Weiterleiten des Messtrahls erfolgt. Es liegt die Verwendung von Glasfasern als
30 Lichtleitelement im Rahmen der Erfindung. Besonders vorteilhaft ist die Ausbildung des Lichtleitelementes als Fluoreszenzkollektor. Ein Fluoreszenzkollektor kann als Plexiglasplatte mit einem Farbstoff ausgebildet sein. Der Aufbau eines Fluoreszenzkollektors ist beispielsweise in Goetzberger, Greubel. Appl. Phys. 14, 123--139 (1977) beschrieben.

Bei Weiterleiten des Messstrahls von der Detektorfläche des Detektorelementes mittels eines Lichtleitelementes zu der Detektorfläche des Photodetektorelementes ist bevorzugt die Detektorfläche des Detektorelementes größer, bevorzugt um zumindest einen Faktor 5, weiter bevorzugt um zumindest einen Faktor 10 größer als die Detektorfläche des Photodetektorelements, um die vorangehend beschriebene Materialeinsparung zu gewährleisten.

Für die vorliegende Erfindung ist es zur genauen Ortsdetektion vorteilhaft, wenn sich der Messstrahl nicht oder nur geringfügig aufweitet. Insbesondere ist eine Aufweitung des Messstrahls um weniger als 1 mm auf eine Strahllänge von 1 m vorteilhaft. Ebenso ist es zur Bündelung der Tilgungsenergie eine Aufweitung des Tilgungsstrahls um weniger als 1 mm auf eine Strahllänge von 1 m bevorzugt von 3 m vorteilhaft.

Laser bieten eine hohe Energiedichte, eine geringe Strahlaufweitung und schnelle Schaltzeiten.

Vorteilhafterweise ist die Messstrahlquelle als Laser ausgebildet, insbesondere bevorzugt als Diodenlaser, da dieser einen kostengünstigen und robusten Aufbau bietet.

Alternativ und insbesondere bevorzugt zusätzlich ist vorteilhafterweise die Tilgungsstrahlquelle als Laser, bevorzugt als Diodenlaser, ausgebildet, des Weiteren sind Nd:YAG Laser oder ähnliche verwendbar.

Bei der vorliegenden Erfindung erfolgt die Detektion des Fluginsekts mittels des Messstrahls und die Tilgung mittels des Tilgungsstrahls. Der Messstrahl kann daher bevorzugt gegenüber dem Tilgungsstrahl eine geringere Energiedichte aufweisen, sodass keine oder allenfalls eine sehr geringfügige Gefährdung durch den Messstrahl besteht und darüber hinaus ein geringerer Energieverbrauch erzielt wird.

Um einerseits einen Messstrahl mit einer geringen Intensität zu verwenden und andererseits eine gute Signalstärke des Messstrahl-Detektors zu erzielen, wird der Messstrahl in einer bevorzugten Ausführungsform moduliert, insbesondere bevorzugt mit einer Trägerfrequenz, bevorzugt mit einer Trägerfrequenz größer

50 MHz. Vorteilhafterweise weist die Auswerteeinheit einen elektronischen Filter auf, welcher selektiv auf die Modulation des Messstrahls abgestimmt ist.

Der Tilgungsstrahl-Impuls ist bevorzugt kurz gewählt, sodass während des Tilgungsstrahl-Impulses keine oder nur eine geringfügige Ablenkung des Tilgungsstrahls erfolgt.

Vorteilhafterweise weist der Tilgungsstrahl-Impuls eine Zeitdauer kleiner $1\ \mu\text{s}$, insbesondere kleiner $0,1\ \mu\text{s}$ auf. Es liegt im Rahmen der Erfindung, als Tilgungsstrahlquelle einen Pulslaser zu verwenden, insbesondere vorteilhafterweise als Tilgungsstrahl-Impuls lediglich einen Puls des Pulslasers auszusenden und weiter bevorzugt zwischen weiteren Pulsen eine Totzeit, bevorzugt im Bereich $0,5\ \text{s}$ bis $5\ \text{s}$, insbesondere $0,5\ \text{s}$ bis $2\ \text{s}$, bevorzugt $1\ \text{s}$, vorzusehen. Nach aussenden eines Tilgungsstrahl-Impulses kann in dieser vorteilhaften Ausführungsform somit erst nach Ablauf der Totzeit der nächste Tilgungsstrahl-Impuls ausgesandt werden.

Hierdurch verringert sich das Risiko, dass durch ein fehlerhaftes Absenden eines Tilgungsstrahl-Impulses oder einen fehlerhaften Strahlverlauf der Tilgungsstrahl-Impuls auf ein Auge eines Menschen auftrifft.

In einer vorteilhaften Ausführungsform weist die Vorrichtung eine Einheitsstrahlquelle auf, welche sowohl Messstrahlquelle, als auch Tilgungsstrahlquelle ist. In dieser vorteilhaften Ausführungsform wird somit eine weitere Kostenreduzierung und Ausfallsicherheit reduziert, indem lediglich eine Strahlungsquelle bereitgestellt werden muss. Vorteilhafterweise weist die Vorrichtung eine Strahlintensitäts-Steuereinheit für die Einheitsstrahlquelle auf, welche mit der Auswerteeinheit verbunden ist, um abhängig von Steuersignalen der Auswerteeinheit einen Messstrahl mit einer Messstrahlintensität oder einen Tilgungsstrahl mit einer gegenüber der Messstrahlintensität erhöhten Tilgungsstrahlintensität, insbesondere einen Tilgungsstrahl-Impuls, mittels der Einheitsstrahlquelle zu erzeugen.

Die Leistungsdichten des Messstrahls liegen bevorzugt im Bereich $10\ \text{mW}/\text{cm}^2$ bis $300\ \text{mW}/\text{cm}^2$. Die Energiedichten des Tilgungsstrahl-Impulses liegen bevorzugt im Bereich $0,1\ \text{mJ}/\text{cm}^2$ bis $100\ \text{mJ}/\text{cm}^2$, insbesondere von $0,1\ \text{mJ}/\text{cm}^2$ bis $1\ \text{mJ}/\text{cm}^2$ für ultraviolettes und sichtbares Licht unterhalb roten Lichts und/oder

bevorzugt im Bereich von 10 mJ/cm² bis 100 mJ/cm² für rotes und infrarotes Licht. Bevorzugt liegen die Energiedichten des Tilgungsstrahl-Impulses im Bereich von 0,1 mJ/cm² bis 1 mJ/cm² für Wellenlängen im Bereich (250 nm bis unterhalb 700 nm) und/oder bevorzugt im Bereich von 10 mJ/cm² bis 100 mJ/cm² für Wellenlängen im Bereich (700 nm bis 1500 nm).

Die Wellenlänge des Messstrahls liegt bevorzugt im Bereich 300 nm bis 800 nm. Die Wellenlänge des Tilgungsstrahls liegt bevorzugt im Bereich 250 nm bis 1500 nm, insbesondere im Bereich 250 nm bis 700 nm (ultraviolettes und sichtbares Licht bis zum roten Lichtbereich) und im Bereich von 700 nm bis 1500 nm (rotes und infrarotes Licht).

Vorteilhafterweise ist im Strahlengang des Messstrahls und des Tilgungsstrahls zwischen Ablenkeinheit und Messstrahl-Detektor zumindest ein ortsfestes Spiegelement, bevorzugt ein gekrümmtes, insbesondere bogenförmiges Spiegelement angeordnet. Hierdurch kann der von dem Messstrahl überstrichene Bereich, innerhalb dessen ein Fluginsekt detektiert werden kann, einer gewünschten Geometrie angepasst werden. So kann über eine geeignete Anordnung und Ausbildung von Spiegelementen zwischen Ablenkeinheit und Messstrahl-Detektor eine Fläche überstrichen werden, welche der Oberfläche eines Halbzylinders oder vier oder fünf aneinandergrenzenden Flächen eines Quaders entspricht, sodass ein Schutz vor Fluginsekten nach Art der räumlichen Ausgestaltung eines Moskitonetzes verwirklicht werden kann.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren überstreicht der Messstrahl die Detektorfläche bevorzugt auf einer Länge von zumindest 10 cm, bevorzugt zumindest 0,5 m, insbesondere zumindest 1 m, um die vorgenannten Vorteile zu erzielen.

In einer bevorzugten Weiterbildung der zuvor beschriebenen bevorzugten Ausführungsform mit einem beweglichen Spiegelement befindet sich zum Zeitpunkt der Detektion einer Abschwächung des Messstrahls, welche zu einer Abgabe eines Tilgungsstrahl-Impulses führen soll, ein Spiegel des Spiegelements in einer Orientierung relativ zur Messstrahlquelle, bei welcher der Messstrahl auf das Fluginsekt trifft. Der Tilgungsstrahl-Impuls wird in dieser bevorzugten Ausführungsform abgegeben, sobald sich ein Spiegel des Spiegele-

ments in derselben zuvor beschriebenen Orientierung befindet. Dies ist insbesondere der Fall, wenn das Spiegelement nach Detektion des Fluginsekts eine 360°-Rotation um die Drehachse des Spiegelements durchgeführt hat.

- 5 In einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist vorgesehen, dass eine Drehpositionsbestimmeinheit der Vorrichtung die Orientierung des Spiegelements relativ zur Messstrahlquelle bestimmt, vorzugsweise in Abhängigkeit von Paramen-
ten wie beispielsweise einer Drehgeschwindigkeit des Spiegelements, einer Drehzeitdauer des Spiegelements, einer zurückgelegten Drehstrecke des
10 Spiegelements oder einer Kombination dieser Parameter. Die Drehpositionsbestimmeinheit ist mit der Auswerteeinheit verbunden und zusammenwirkend ausgebildet, um die Tilgungsstrahlquelle derart zu steuern, dass – wie zuvor beschrieben – ein Tilgungsstrahl-Impuls abgegeben wird, sobald sich ein Spiegel des Spiegelements in derselben zuvor beschriebenen Orientierung befin-
15 det, insbesondere, sobald das Spiegelement nach Detektion des Fluginsekts eine 360°-Rotation um die Drehachse des Spiegelements durchgeführt hat.

Wie zuvor beschrieben, werden Messstrahl und Tilgungsstrahl bevorzugt mittels des Ablenkelementes abgelenkt.

20

Im Sinne der vorliegenden Anmeldung beschreibt die Unterbrechung des Messstrahls durch das Fluginsekt auch solche Fälle, in welchen die Intensität des Messstrahls durch die Unterbrechung nicht vollständig reduziert wird, sondern lediglich teilweise abgeschwächt wird.

25

- Die vorliegende Erfindung weist somit die Vorteile auf, dass Abbildungsfehler in einem optischen System (beispielsweise bei Verwendung einer Kamera) sowie Verzögerungen bei der Detektion bei Verwendung von komplexen optischen Detektoren und Aufnahme eines orts aufgelösten Bildes vermieden werden, indem
30 bevorzugt mittels eines sich örtlich verändernden, mittels der Ablenkeinheit abgelenkten Laserstrahls, eine Detektion in Transmission des Messstrahls und nicht aufgrund einer Reflexion des Messstrahls erfolgt. Hierdurch kann eine zeitlich erheblich genauere und unaufwendigere Ortung erfolgen.

- 35 Hierdurch können Sicherheitsanforderungen für den Betrieb der Tilgungsstrahlquelle erheblich verringert werden, sodass beispielsweise ein Einsatz im Inne-

ren von Gebäuden möglich wird. Die Verwendung eines Perowskit-Photodetektorelementes, das heißt eines Photodetektorelementes, welches auf Perowskit basiert.

- 5 Die Auswerteeinheit weist vorteilhafterweise einen Hochpass auf, um Signaländerungen, welche kürzer als eine vorgegebene Obergrenze für eine Abschwächungs-Zeitdauer sind, zu ermitteln. Ein solcher Hochpass ist ebenfalls kostenunaufwendig und robust ausbildbar.
- 10 Vorteilhafterweise weist die Vorrichtung ein Totzeitelement auf, welches der Tilgungsstrahlquelle vorgeschaltet ist und eine Mindestpausendauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tilgungsstrahl-Impulsen vorgibt. Alternativ oder bevorzugt zusätzlich ist das Totzeitelement darüber hinaus ausgebildet, die Zeitdauer des Tilgungsstrahl-Impulses auf eine maximale Zeitdauer zu begrenzen. Insbeson-
- 15 dere wird die Tilgungsstrahlquelle bevorzugt betrieben über ein vorgeschaltetes Ladeelement als Totzeitelement, bevorzugterweise ein Widerstands-Kondensator-Element, um ein unbeabsichtigtes mehrmaliges und/oder längeres Tilgungssignal zu vermeiden.
- 20 Bevorzugt ist das Totzeitelement ausgebildet für eine Mindestpausendauer im Bereich 0,1 s bis 10 s zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tilgungsstrahl-Impulsen ausgebildet. Alternativ oder bevorzugt zusätzlich ist das Totzeitelement für eine maximale Zeitdauer eines Tilgungsstrahl-Impulses im Bereich 0,5 s bis 2 s ausgebildet.

25

Weitere vorteilhafte Merkmale und Ausführungsformen werden im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen und Figuren erläutert. Dabei zeigt:

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

30

Figur 1a eine Detailvergrößerung aus Figur 1;

Figur 1b eine alternative Ausgestaltung der Detailvergrößerung gemäß Figur 1a;

35

Figuren

2 und 3 zwei Ausführungsbeispiele von Messstrahl-Detektoren;

Figur 4 ein Ausführungsbeispiel eines Perowskit-Photodetektorelements und

5 Figur 5 ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

10 In den Figuren sind schematische, nicht maßstabsgetreue Darstellungen gezeigt. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche oder gleichwirkende Elemente.

Das in Figur 1 dargestellte erste Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Be-
aufschlagung eines Fluginsekts, vorliegend ein Moskito M, mit Tilgungsstrahlung
weist eine Messstrahlquelle 1 und eine Tilgungsstrahlquelle 2 auf. Bei diesem
15 Ausführungsbeispiel ist eine Einheitsstrahlquelle 3 vorgesehen, welche somit
sowohl als Messstrahlquelle 1 als auch als Tilgungsstrahlquelle 2 verwendet
wird. Die Vorrichtung weist eine Auswerteeinheit 4, welche gleichzeitig als
Steuereinheit für die Einheitsstrahlquelle 3 ausgebildet ist.

20 Ein Messstrahl-Detektor 5 der Vorrichtung weist zwei als Perowskit-
Photodetektorelemente 6 und 7 ausgebildete Photodetektorelemente auf.

Die Vorrichtung weist weiterhin eine Ablenkeinheit 8 auf. Die Ablenkeinheit 8
weist ein bewegliches Spiegelement auf, welches als Polyhedron-
25 Spiegelement 9 ausgebildet ist. Senkrecht zu einer Drehachse 9a des Poly-
hedron-Spiegelementes weist dieses somit die Querschnittsfläche eines
gleichförmigen Achtecks auf. An den Außenseiten des Polyhedron-
Spiegelementes 9 sind somit acht Spiegelflächen ausgebildet. Die Ablenkein-
heit 8 weist weiterhin einen Motor, vorliegend einen Elektromotor, auf, um das
30 Polyhedron-Spiegelement 9 um die Drehachse 9a in der mittels eines Pfeils
dargestellten Drehrichtung zu drehen.

Die Perowskit-Photodetektorelemente 6 und 7 sind in einem rechten Winkel zu-
einander angeordnet und weisen jeweils entlang der längeren Seite, welche der
35 Ablenkeinheit 8 zugewandt ist, eine Detektorfläche auf. Die Detektorflächen ste-
hen somit senkrecht zur Zeichenebene in Figur 1. Das Perowskit-

Photodetektorelement 6 weist eine Länge L_1 von 1 m auf und das Perowskit-Element 7 eine Länge L_2 von 2 m. Die Breite der Detektorflächen der Perowskit-Photodetektorelemente 6 und 7 (somit senkrecht zur Zeichenebene in Figur 1) beträgt 1 cm.

5

In diesem Ausführungsbeispiel bilden somit die beiden Detektorflächen der Perowskit-Photodetektorelemente 6 und 7 die Detektorfläche des Messstrahl-Detektors.

10 Mittels der Auswerteeinheit 4 wird nun die Einheitsstrahlquelle 3 derart gesteuert, dass sie einen Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 532 nm und einer Lichtintensität von 100 mW/cm^2 kontinuierlich aussendet und somit als Messstrahlquelle 1 dient.

15 Der hierdurch erzeugte Messstrahl 1a wird durch das Polyhedron-Spiegelement 9 an der Ablenkeinheit 8 reflektiert und überstreicht somit sowohl die Detektorfläche des Perowskit-Photodetektorelementes 6 als auch des Perowskit-Photodetektorelementes 7. Bei kontinuierlicher des Polyhedron-Spiegelement 9 um die Drehachse 9a in der dargestellten Drehrichtung erfolgt
20 somit ein kontinuierliches Überstreichen der Detektorflächen in der Darstellung gemäß Figur 1 ausgehend von rechts unten nach rechts oben und von rechts oben nach links oben, bevor sich dieser Vorgang mit der nachfolgenden Spiegelfläche des Polyhedron-Spiegelementes 9 wiederholt.

25 Beispielhaft ist die Änderung des Strahlverlaufs des Messstrahls 1a durch einen Messstrahl 1a' zu einem späteren Zeitpunkt dargestellt.

Das Polyhedron-Spiegelement 9 rotiert mit einer konstanten Drehungsgeschwindigkeit, sodass sich für den Messstrahl 1a zwischen Polyhedron-Spiegelement 9 und Messstrahl-Detektorflächen eine Winkelgeschwindigkeit
30 von 1571 rad s^{-1} ergibt. Befindet sich nun ein Moskito M (stark vergrößert dargestellt) in dem Bereich, welcher sich von dem Messstrahl 1a zwischen Ablenkeinheit 8 und Detektorfläche des Messstrahl-Detektors befindet, so unterbricht der Moskito M den Messstrahl 1a oder verringert zumindest dessen Intensität.
35 Aufgrund der hohen Winkelgeschwindigkeit bedingt durch die hohe Drehungsgeschwindigkeit des Polyhedron-Spiegelementes 9 beträgt die Zeitdauer die-

ser Unterbrechung des Messstrahls 1a durch den Moskito M vorliegend lediglich einen Wert im Bereich von 6 μ s bis 0,2 μ s, abhängig vom Abstand des Moskitos 1 zu dem Polyhedron-Spiegelement 9.

- 5 Die Signalausgänge der Perowskit-Photodetektorelemente 6 und 7 sind parallelgeschaltet und mit der Auswerteeinheit 4 signalleitend verbunden. Eine Unterbrechung des Messstrahls 1a durch den Moskito M führt somit zu einem Signaleinbruch zwischen einem Zeitpunkt T1 und T2, wie schematisch im unteren Bereich von Figur 1 dargestellt.

10

- Die Auswerteeinheit 4 ist ausgebildet, um solch einen Signaleinbruch und somit solch eine Abschwächung des Messstrahls 1a zwischen Ablenkeinheit 8 und Detektorfläche des Messstrahl-Detektors 5 zu ermitteln. Die Auswerteeinheit 4 weist weiterhin einen Bandpassfilter auf, um Messstrahlunterbrechungen im Bereich 8 μ s bis 0,1 μ s zu filtern. Liegt eine Messstrahlunterbrechung mit einer Dauer in diesem Bereich vor, so steuert die Auswerteeinheit 4 die Einheitsstrahlquelle 3 derart, dass ein Laserstrahlimpuls mit einer Länge von 1 μ s, einer Wellenlänge von 1064 nm und einer Lichtintensität von 30 mJ/cm² mittels der Einheitsstrahlquelle 3 ausgesandt wird. In diesem Modus dient die Einheitsstrahlquelle 3 somit als Tilgungsstrahlquelle 2 zur Aussendung eines Tilgungsstrahl-Impulses.

20

Der Tilgungsstrahl-Impuls dient zur Tilgung des Moskitos M.

- 25 Bei Detektion des Moskitos M mittels des Messstrahls 1a befindet sich das Polyhedron-Spiegelement 9 in einer Orientierung relativ zur Messstrahlquelle 1, in welcher Orientierung der Messstrahl 1a in einem ersten Winkel auf eine Spiegelfläche des Polyhedron-Spiegelementes 9 auftrifft.

- 30 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird der Tilgungsstrahl-Impuls abgegeben, wenn sich eine Spiegelfläche des Polyhedron-Spiegelementes 9, erneut in dieser Orientierung befindet.

- Dies ist insbesondere der Fall, wenn das Polyhedron-Spiegelementes 9 nach der Detektion des Moskitos M eine 360°-Rotation um die Drehachse 9a durchgeführt hat. Im Falle eines Polyhedron-Spiegelementes 9 mit einer regelmäßigen

35

n-eckigen Querschnittsfläche erfolgt die gewünschte Orientierung auch nach Rotation um einen Winkel 360° -geteilt durch n oder ganzzahligen Vielfachen desselben. Bei einem Polyhedron-Spiegelement 9 mit achteckigem Querschnitt ist diese Bedingung erfüllt für den Fall einer 45° -Rotation des Polyhedron-Spiegelements 9 um die Drehachse 9a, oder für ganzzahlige Vielfache dieser 45° -Rotation.

Vorteilhafterweise werden, wie schon zuvor erwähnt, Messstrahl 1a und Tilgungsstrahl-Impuls von der Einheitsstrahlquelle 3 erzeugt, sodass der Tilgungsstrahl-Impuls abgegeben wird, sobald sich eine Spiegelfläche des Polyhedron-Spiegelementes 9 in einer Orientierung relativ zu der Einheitsstrahlquelle 3 befindet, in welcher die Detektion des Moskitos M mittels des Messstrahls erfolgte.

Die relative Orientierung des Polyhedron-Spiegelement 9 zur Messstrahlquelle 1 wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel über eine Drehpositionsbestimmeinheit bestimmt. Die Drehpositionsbestimmeinheit bestimmt die Orientierung in Abhängigkeit von Paramenten wie beispielsweise einer Drehgeschwindigkeit des Polyhedron-Spiegelementes 9, einer Drehzeitdauer des Polyhedron-Spiegelementes 9, einer zurückgelegten Drehstrecke des Polyhedron-Spiegelementes 9 oder Kombinationen dieser Parameter.

In Figur 1 ist zur besseren Übersichtlichkeit der Strahlverlauf zwischen Einheitsstrahlquelle 3 und Ablenkeinheit 8 lediglich schematisch und ohne Details von optischen Komponenten dargestellt. Figur 1a zeigt daher einen Detailausschnitt zur detaillierteren Darstellung dieses Teilbereichs:

Die Ablenkeinheit 8 umfasst zusätzlich zu dem Polyhedron-Spiegelement 9 zwei Spiegelemente 19 und 20. Das Spiegelement 19 ist als halbdurchlässiges Spiegelement ausgebildet, d. h. etwa 50% der Strahlintensität eines aus der Einheitsstrahlquelle 3 austretenden Lichtstrahls folgt einem Strahlengang gemäß Teilstrahl 21, wird an der Spiegelfläche 9c (durchgezogene Linie) des Polyhedron-Spiegelementes 9 gemäß Teilstrahl 24 reflektiert. Weitere etwa 50% der Lichtintensität folgen nach zusätzlicher Ablenkung durch Spiegel 20 dem Strahlengang des Teilstrahls 22 und werden entsprechend gemäß Teilstrahl 23 reflektiert.

In diesem Ausführungsbeispiel werden somit zwei Teilmessstrahlen des mittels der Einheitsstrahlquelle 3 erzeugten Messstrahls 1a ausgesandt, wobei ein erster Teilmessstrahl entlang des Strahlengangs 24 mit etwa 50% Intensität des Ausgangsstrahls und ein zweiter Messstrahl entlang des Strahlengangs 23, ebenfalls mit etwa 50% der Intensität des Ausgangsstrahls ausgesandt wird. Aufgrund der hohen Drehgeschwindigkeit des Polyhedron-Spiegelementes 9 ist zur Detektion des Moskito M jedoch lediglich der erste Teilstrahl gemäß Strahlengang 24 relevant: Es ist nahezu ausgeschlossen, dass ein Moskito M erst nach Durchgang des Messstrahls gemäß Strahlengang 24 in den Detektionsbereich eintritt und somit ausschließlich durch den zweiten Teilstrahl des Messstrahls gemäß Strahlengang 23 detektiert wird. Für die relevanten Fälle erfolgt somit typischerweise ein Überstreichen des Moskito M und somit eine Unterbrechung sowohl des Messteilstrahls gemäß Strahlengang 24, als auch (nach weiterer Drehung des Polyhedron-Spiegelementes 9), des zweiten Teilmessstrahls, welcher abhängig von der zwischenzeitlich erfolgten Drehung einen etwas veränderten Strahlverlauf verglichen mit dem Strahlverlauf 23 gemäß Figur 1a aufweist.

Es ist somit möglich, dass aufgrund der zwei Teilstrahlen bei Detektion des Moskito M abhängig von der Entfernung des Moskito M zu dem Polyhedron-Spiegelement 9 zwei Signaleinbrüche (ein erster Signaleinbruch durch Unterbrechung des ersten Messteilstrahls und ein zweiter Signaleinbruch durch Unterbrechen des zweiten Messteilstrahls) erfolgen können. Eine ausreichende Funktionalität ist jedoch bereits gegeben, indem lediglich jeweils der erste Signaleinbruch detektiert wird und wie zuvor beschrieben anschließend ein Tilgungsstrahl-Impuls erzeugt wird. Nach Erzeugen des Tilgungsstrahl-Impulses ist eine ausreichend lange Zeitspanne überschritten, so dass auch der zweite Messteilstrahl nicht mehr durch den Moskito M unterbrochen wird und somit auch keine zweite Auslösung eines Tilgungsstrahl-Impulses aufgrund der Unterbrechung durch den zweiten Messteilstrahl erfolgt:

Nachdem der Signaleinbruch durch Unterbrechen des ersten Messteilstrahls gemäß Strahlverlauf 24 detektiert wurde, wird mittels der Einheitsstrahlquelle 3 ein Tilgungsstrahl-Impuls ausgesandt. Auch der Tilgungsstrahl-Impuls teilt sich am halbdurchlässigen Spiegel 19 in zwei Teilstrahlen auf, welche einerseits den

Strahlverlauf 21 und andererseits nach Reflektion am Spiegelement 20 den Strahlverlauf 22 aufweisen. Zum Zeitpunkt des Aussendens des Tilgungsstrahl-Impulses hat sich das Polyhedron-Spiegelement 9 bereits weitergedreht. In Figur 1a ist schematisch durch die gestrichelte Linie 9b die gedrehte Stellung der Spiegelfläche 9c des Polyhedron-Spiegelementes 9 zum Zeitpunkt des Aussendens des Tilgungsstrahl-Impulses dargestellt. Polyhedron-Spiegelement 9 sowie die Spiegel 19 und 20 sind nun derart zusammenwirkend angeordnet, dass der Winkel α , welchen die Teilstrahlen einschließen, in etwa dem Winkel zwischen 9c und 9b entspricht, d. h. in etwa dem Winkel, um welchen sich die Spiegelfläche 9c zwischen Detektion des Moskitos M und Aussenden des Tilgungsstrahl-Impulses weiterdrehte.

Hierdurch wird erzielt, dass zum Zeitpunkt des Detektieren des Moskitos ein Strahlverlauf gemäß Teilstrahl 24 bei Reflektion an der Spiegelfläche 9c zum Zeitpunkt des Aussendens des Tilgungsstrahl-Impulses in etwa dem Strahlverlauf bei Reflektion an der nun etwas gedrehten Spiegelfläche 9b entspricht, d. h. der Tilgungsstrahlimpuls, welcher entlang Teilstrahl 22 an der Spiegelfläche 9b reflektiert wird, verläuft nach Reflektion in etwa gemäß Teilstrahl 24 in der Darstellung gemäß Figur 1a und trifft somit in etwa am gleichen Ortspunkt auf, an welchem der Moskito M detektiert wurde.

In Figur 1b ist eine alternative bevorzugte Ausführungsform an einem alternativen Ausführungsbeispiel dargestellt:

In diesem Ausführungsbeispiel werden zwei getrennte Strahlquellen, eine Messstrahlquelle 1 und eine Tilgungsstrahlquelle 2 verwendet. Diese sind derart angeordnet, dass vor Auftreffen auf das Polyhedron-Spiegelement 9 die Strahlengänge des Messstrahls 1a und des Tilgungsstrahls 2a nicht parallel sind, sondern einen Winkel α einschließen. Hierbei ergibt sich für ein Spiegelement 9c des Polyhedron-Spiegelementes 9 somit an ein Strahlverlauf 25 vor und 27 nach Reflektion an dem Spiegelement 9c sowie ein Strahlverlauf gemäß Strahl 26 vor und 28 nach Reflektion an dem Spiegelement 9c.

Auch hier ist die Anordnung von Messstrahlquelle 1 und Tilgungsstrahlquelle 2 und somit der Winkel α jedoch derart gewählt, dass durch den Winkel α ein Weiterdrehen des Polyhedron-Spiegelementes 9 zwischen Detektion des Moskitos

M und Aussenden des Tilgungsstrahl-Impulses zumindest näherungsweise kompensiert wird:

Wird beispielsweise bei der Stellung gemäß Spiegelement 9c (durchgezogene Linie) durch die Messstrahlquelle 1 und einen Messstrahl gemäß der Strahlverläufe 25 und 27 ein Moskito detektiert (welches dem Messstrahl 27 unterbricht) und anschließend ein Tilgungsstrahl-Impuls ausgesandt, so erfolgt das Aussenden des Tilgungsstrahl-Impulses zu einem Zeitpunkt, an welchem die Spiegelfläche 9c aufgrund des Weiterdrehen des Polyhedron-Spiegelementes 9 bereits verkippt ist, wie schematisch durch die gestrichelte Linie 9b in Figur 1b dargestellt. Der Tilgungsstrahlimpuls, welcher von der Tilgungsstrahlquelle 2 gemäß dem Strahlengang 26 ausgesandt wird, wird somit in etwa an einer Spiegelfläche 9b reflektiert, so dass der Strahlengang des Tilgungsstrahl-Impulses nach Reflektion in etwa ebenfalls gemäß der Strahlrichtung 27 erfolgt.

Auch in diesem Ausführungsbeispiel wird somit erreicht, dass der Tilgungsstrahl-Impuls trotz des Weiterdrehens des Polyhedron-Spiegelementes 9 zwischen Detektion und Aussenden des Tilgungsstrahl-Impulses näherungsweise am gleichen Ort auftrifft, an welchem der Moskito M detektiert wurde.

In Figur 2 ist der Aufbau der Perowskit-Photodetektorelemente 6 und 7 schematisch dargestellt: Auf einem Substrat 10 (vorliegend als Metallfolie), ist ein Photosensorelement 11, welches auf Perowskit basiert, angeordnet. Das Photosensorelement 11 ist durch eine transparente Abdeckung 12 geschützt.

In Abbildung 3 ist eine alternative Ausgestaltung für die Photodetektorelemente 6 und 7 dargestellt: Hier sind auf dem Substrat 10 zwei auf Perowskit basierende Photosensorelemente 11a und 11b angeordnet, die jeweils durch eine transparente Abdeckung 12a und 12b geschützt sind. Auf den transparenten Abdeckungen 12a und 12b befindet sich ein lichtabsorbierendes, fluoreszierendes, lichtleitendes Element 13, vorliegend Plexiglas mit Fluoreszenzfarbstoffen. Tritt nun der Messstrahl in das lichtleitende Element 13 ein, so wird Licht absorbiert, durch Fluoreszenz re-emittiert und es erfolgt mittels Totalreflexion eine Weiterleitung über die Abdeckungen 12a oder 12b zu einem der Photosensorelemente 11a oder 11b.

In diesem Ausführungsbeispiel ist die Detektorfläche des Detektorelementes somit durch ein Lichtleitelement, vorliegend das lichtleitende Material 14, lichtleitend mit den Detektorflächen der auf Perowskit basierenden Photosensorelementen 11a und 11b verbunden.

5

In Figur 4 ist ein Ausführungsbeispiel eines Perowskit-Photodetektorelementes 11 dargestellt. Figur 4 zeigt einen Querschnitt senkrecht zur Zeichenebene gemäß Figur 2 in größerer Detailtiefe. Das Photodetektorelement weist ein transparentes Substrat 15, vorliegend Glas mit einer Dicke von 2 mm eine transparente, elektrisch leitfähige Schicht 16, vorliegend fluordotiertes Zinnoxid, mit einer Dicke von 0,5 μm , eine elektronen- oder löcherselektive Schicht 17, vorliegend poröses Titandioxid, mit einer Dicke von 200 nm, eine weitere elektrisch isolierende poröse Schicht 18, vorliegend poröses Zirkonoxid, mit einer Dicke von 1 μm und eine Gegenelektrode 19 auf. Die Gegenelektrode 16, vorliegend mikronisiertes Graphit mit einer Dicke von 10 μm auf. Die Gegenelektrode 16 ist durch eine Unterbrechung 17 von der transparenten, elektrisch leitfähigen Schicht 16 getrennt. Die gestrichelte Linie P umfasst die als Perowskit-Absorber bezeichneten Elemente, welche in die poröse Schicht eingebettet sind. Ein solcher beispielhafter Aufbau sowie weitere mögliche Architekturen sind in Wagner et al., ACS Energy Letters (just accepted) DOI: 10.1021/acsenenergylett.8b00293 und Abate et al., DOI: 10.1002/chem.201704507 beschrieben.

In Figur 5 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind im Strahlengang des Messstrahls zwischen Ablenkeinheit und Messstrahl-Detektor zwei halbbogenförmige – und somit gekrümmte – Spiegelemente angeordnet. Ausgehend von einer Einheitsstrahlquelle mit Ablenkeinheit, vorliegend in Bezugszeichen 20 zusammengefasst, wird ein Messstrahl an die spiegelnde Innenseite eines ersten bogenförmigen Spiegelementes 21 geleitet. Einheitsstrahlquelle 3 und Ablenkeinheit 8 sind analog zu dem ersten Ausführungsbeispiel ausgebildet. Die Innenseite des Spiegelementes 21 weist einen 45° -Winkel zu dem Messstrahl 1a auf, sodass dieser parallel zu einer Bodenfläche 22 zu einem zweiten bogenförmigen Spiegelement 23 weitergeleitet wird. Dieses weist ebenfalls eine spiegelnde Fläche auf, welche im 45° -Winkel zu dem Messstrahl 1a steht, sodass der Messstrahl zu einem Messstrahl-Detektor 24 geleitet wird und dort auf die Messstrahl-Detektorfläche auftrifft und diese überstreicht.

Der Messstrahl 1a überstreicht somit eine Fläche, welche der Mantel-, Boden- und Deckelfläche eines liegenden, halben Zylinders entspricht. Hierdurch kann somit nach Art eines Moskitonetzes ein Raumbereich vor Fluginsekten geschützt werden.

5

Ansprüche

1. Vorrichtung zur Beaufschlagung eines Fluginsekts mit Tilgungsstrahlung,
5 mit einer Einheitsstrahlquelle (1) zum Erzeugen eines Messstrahls, einer Ab-
lenkeinheit (8) zum Ablenken des Messstrahls, einer Tilgungsstrahlquelle (2)
zum Erzeugen eines Tilgungsstrahls und einem Messtrahl-Detektor,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Messtrahl-Detektor ein Photodetektorelement (6, 7) aufweist,
10 dass Ablenkeinheit (8) und Messtrahl-Detektor derart angeordnet und zu-
sammenwirkend ausgebildet sind, so dass der Messstrahl (1a) die Detektor-
fläche des Messtrahl-Detektors überstreicht,
dass die Vorrichtung eine Auswerteeinheit (4) umfasst, welche mit dem
Messtrahl-Detektor und der Tilgungslichtquelle verbunden ist, um eine Ab-
15 schwächungs-Zeitdauer einer Abschwächung des Messstrahls zwischen Ab-
lenkeinheit (8) und Detektorfläche zu ermitteln und abhängig von der Ab-
schwächungs-Zeitdauer die Tilgungslichtquelle zur Abgabe eines Tilgungs-
strahl-Impulses anzusteuern.
- 20 2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Photodetektorelement (6,7) ein Perowskit-Photodetektorelement
ist.
- 25 3. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Detektorfläche des Messtrahl-Detektors eine Länge von zumindest
10 cm, bevorzugt zumindest 0,5 m, insbesondere von zumindest 1 m auf-
weist.
- 30 4. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass mittels der Auswerteeinheit (4) eine Obergrenze für die Abschwä-
chungs-Zeitdauer im Bereich 0,5 μ s bis 20 μ s vorgebbbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass Tilgungsstrahlquelle (2) und Ablenkeinheit (8) derart zusammenwirkend
angeordnet sind, dass der Tilgungsstrahl mittels der Ablenkeinheit (8) ab-
lenkbar ist.
6. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ablenkeinheit (8) ein bewegliches Spiegelement, bevorzugt ein ro-
tierendes Spiegelement, insbesondere ein Polyhedron-Spiegelement (9)
aufweist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass Messstrahl und Tilgungsstrahl nicht parallel, bevorzugt in einem vorge-
gebenen Winkel auf das bewegliche Spiegelement auftreffen.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem beweglichen Spiegelement der Strahlenverlauf des Tilgungs-
strahls nicht parallel zu dem Strahlenverlauf des Messstrahls verläuft, bevor-
zugt ist vor dem beweglichen Spiegelement der Strahlenverlauf des Til-
gungsstrahl zu dem Strahlenverlauf des Messstrahls um einen vorgegebenen
Winkel in Drehrichtung des beweglichen Spiegelementes gedreht,
insbesondere,
dass der vorgegebene Winkel gewählt ist, um eine Drehung des beweglichen
Spiegelementes während einer vorgegebenen Zeitspanne zu kompensie-
ren.
9. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Detektorfläche des Detektorelementes durch eine Detektorfläche
des Perowskit-Photodetektorelements gebildet wird.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Detektorfläche des Detektorelements durch ein Lichtleitelement lichtleitend mit einer Detektorfläche des Perowskit-Photodetektorelements verbunden ist, insbesondere dass die Detektorfläche größer, bevorzugt um zumindest einen Faktor 5, weiter bevorzugt um zumindest einen Faktor 10 größer ist als die Detektorfläche des Perowskit-Photodetektorelements.

11. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass die Vorrichtung eine Einheitsstrahlquelle (3) aufweist, welche sowohl Einheitsstrahlquelle (1), als auch Tilgungsstrahlquelle (2) ist, insbesondere, dass die Vorrichtung eine Strahlintensitäts-Steuereinheit für die Einheitsstrahlquelle (3) aufweist, welche mit der Auswerteeinheit (4) verbunden ist, um abhängig von Steuersignalen der Auswerteeinheit (4) einen Messstrahl mit einer Messstrahlintensität oder einen Tilgungsstrahl mit einer gegenüber der Messstrahlintensität erhöhten Tilgungsintensität, insbesondere einen Tilgungsimpuls, mittels der Einheitsstrahlquelle (3) zu erzeugen.

12. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass im Strahlengang des Messstrahls und des Tilgungsstrahls zwischen Ablenkeinheit (8) und Messtrahl-Detektor zumindest ein ortsfestes Spiegelement, bevorzugt ein gekrümmtes, insbesondere bogenförmiges, Spiegelement angeordnet ist, dass die Detektionsfläche mehrere Ebene Flächen umfasst, insbesondere einen Winkel im Bereich 30° bis 120° , bevorzugt 90° einschließt, und/oder dass die Detektionsfläche entlang von zumindest zwei Randflächen einer Gebäudeöffnung angeordnet ist und/oder dass die Detektionsfläche entlang von zumindest zwei Wänden eines Raumes verläuft.

13. Verfahren zur Beaufschlagung eines Fluginsekts mit Tilgungsstrahlung, mit den Verfahrensschritten

- a. Erzeugen eines Messstrahls und Ablenken des Messstrahls, so dass der Messstrahl (1a) eine Detektorfläche eines Messtrahl-Detektors mit einem Perowskit-Photodetektorelement überstreicht;

- b. Detektieren der Abschwächungs-Zeitdauer einer Abschwächung des Messstrahls mittels des Messstrahl-Detektors und
- c. Erzeugen eines Tilgungsstrahl-Impulses, wenn die Abschwächungs-Zeitdauer in einem vorgegebenen Bereich liegt.

5

14. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,

dass der Messstrahl die Detektorfläche auf einer Länge von zumindest
10 cm, bevorzugt zumindest 0,5 m, insbesondere zumindest 1 m über-
streicht.

10

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,

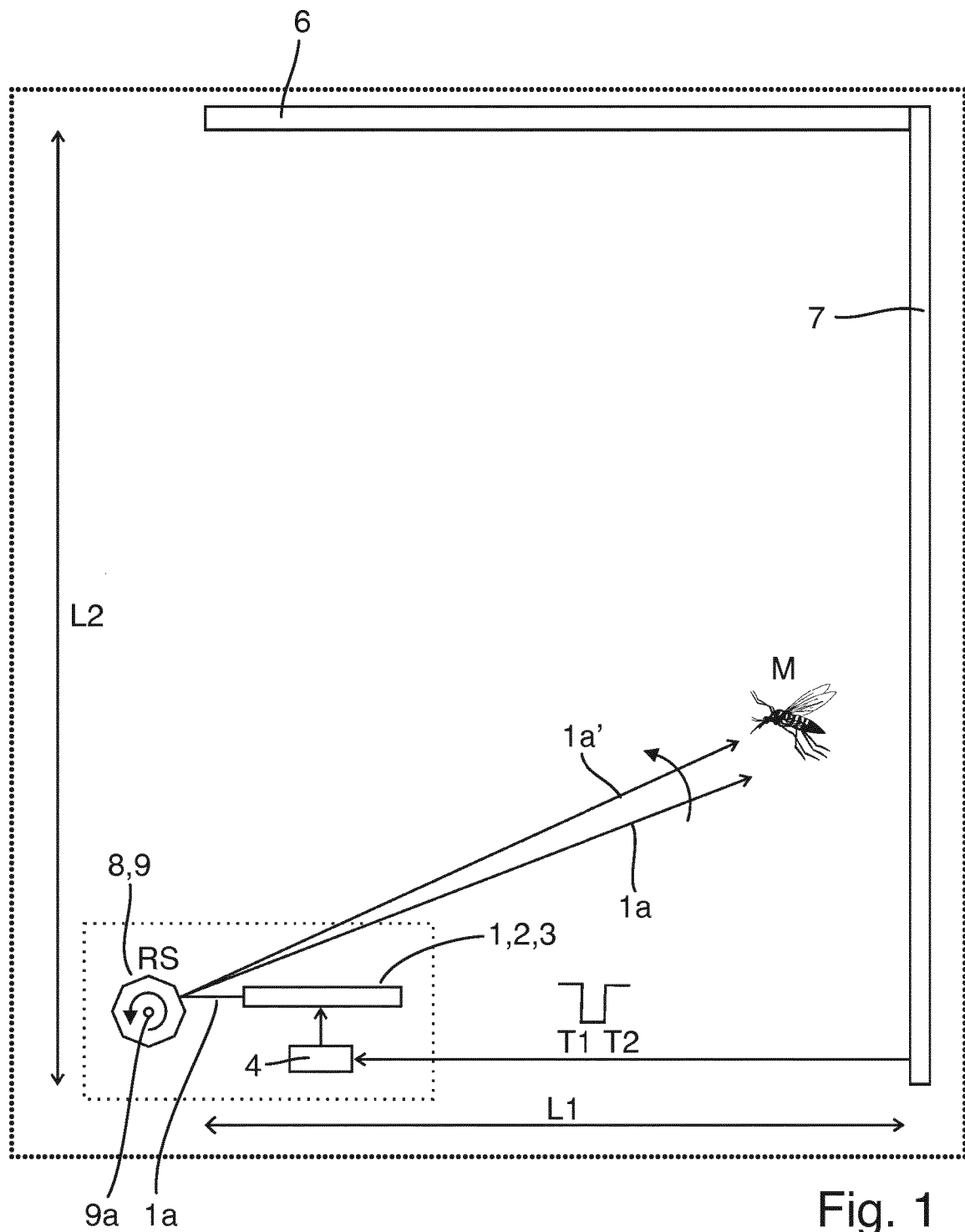
dass Messstrahl (1a) und Tilgungsstrahl mittels des Ablenkelementes abge-
lenkt werden.

15

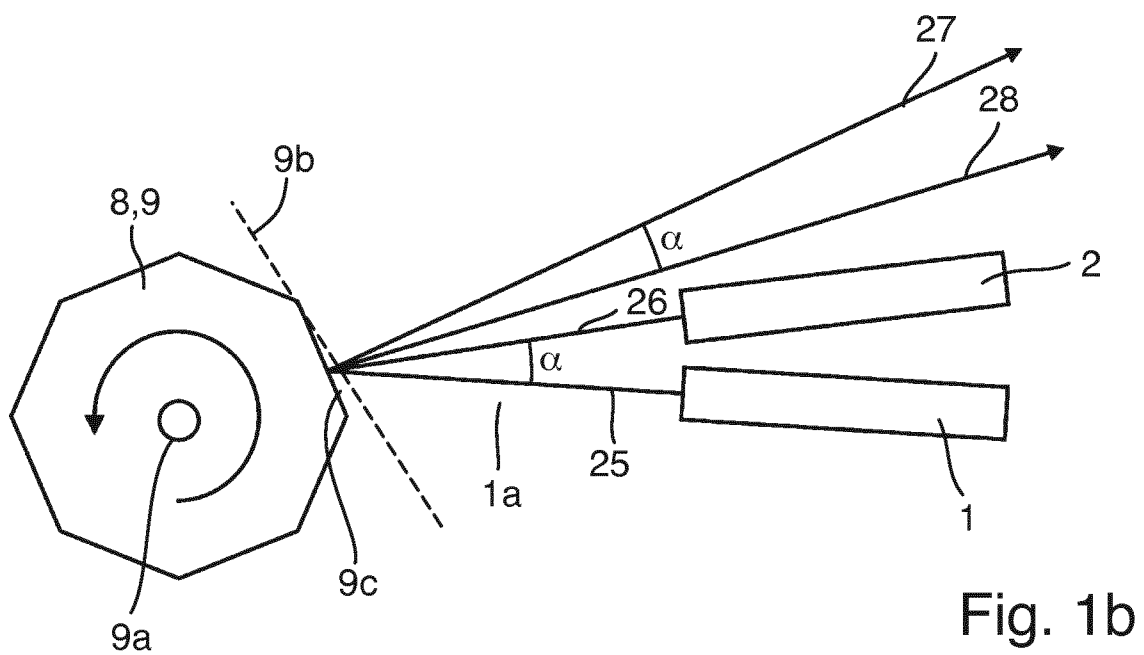
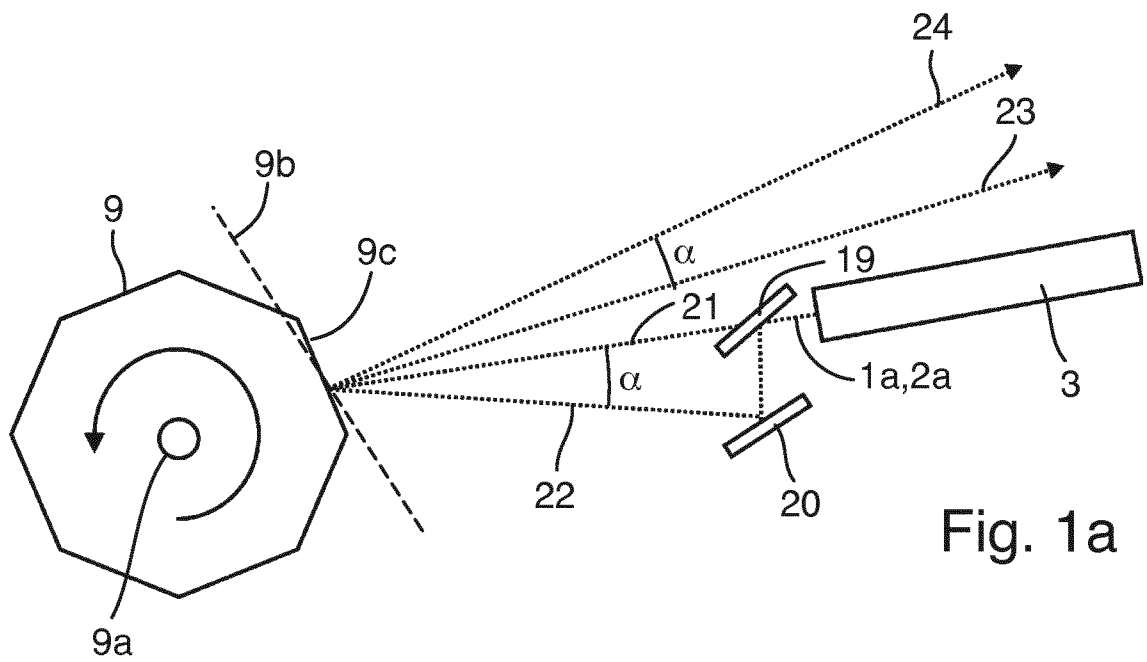
16. Verwendung eines Perowskit-Photodetektorelementes (6, 7) zur Detektion
eines Fluginsekts.

20

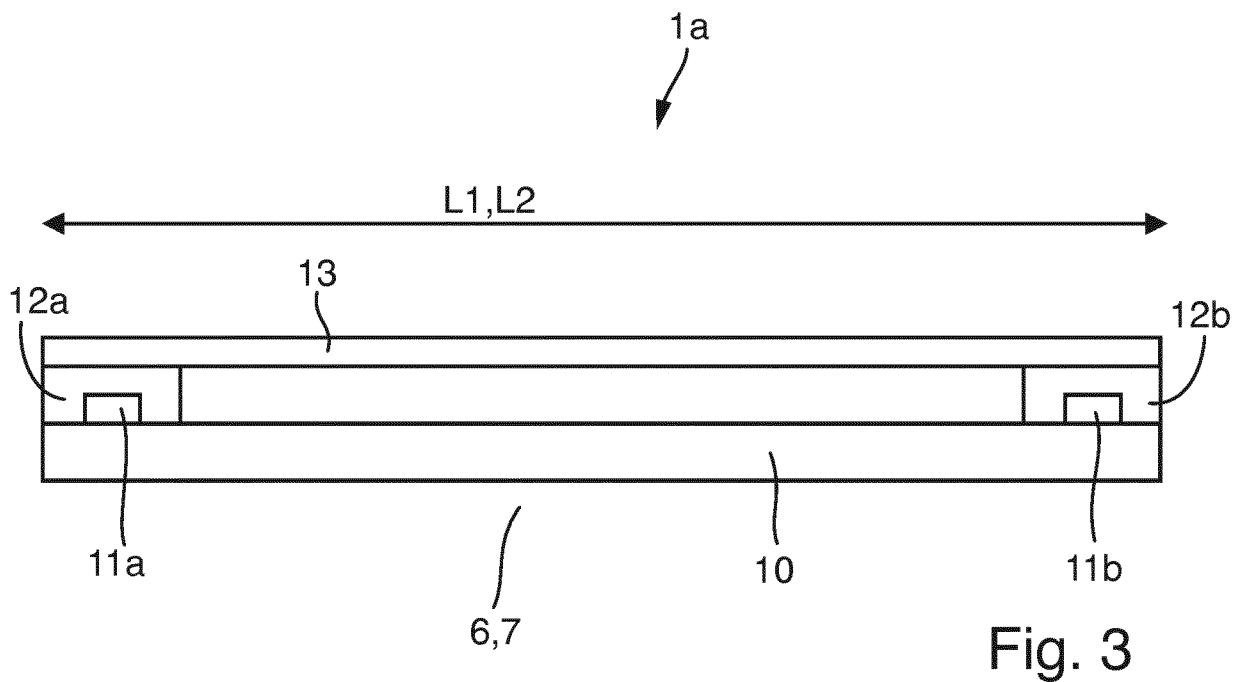
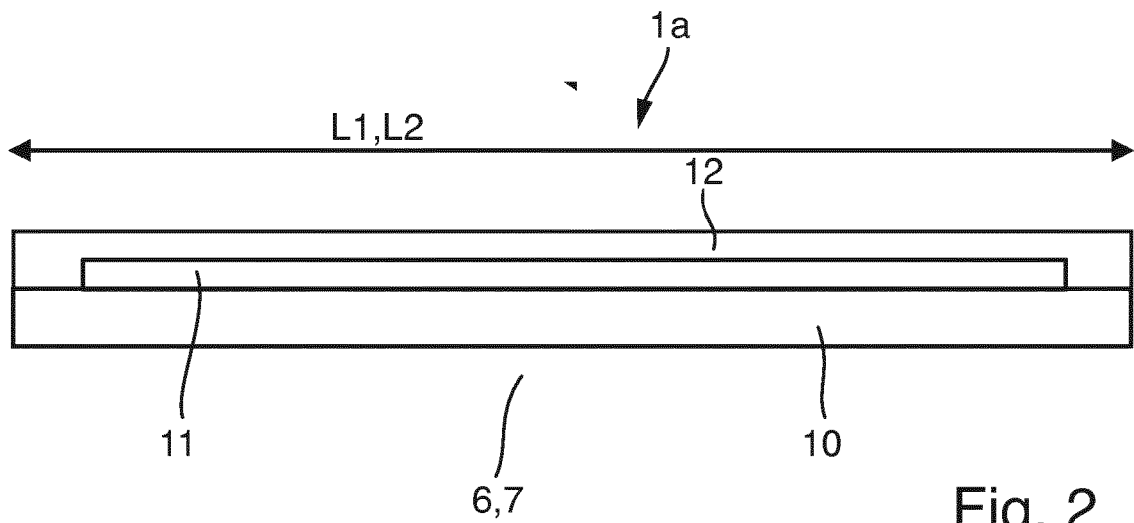
1/4



2/4



3/4



4/4

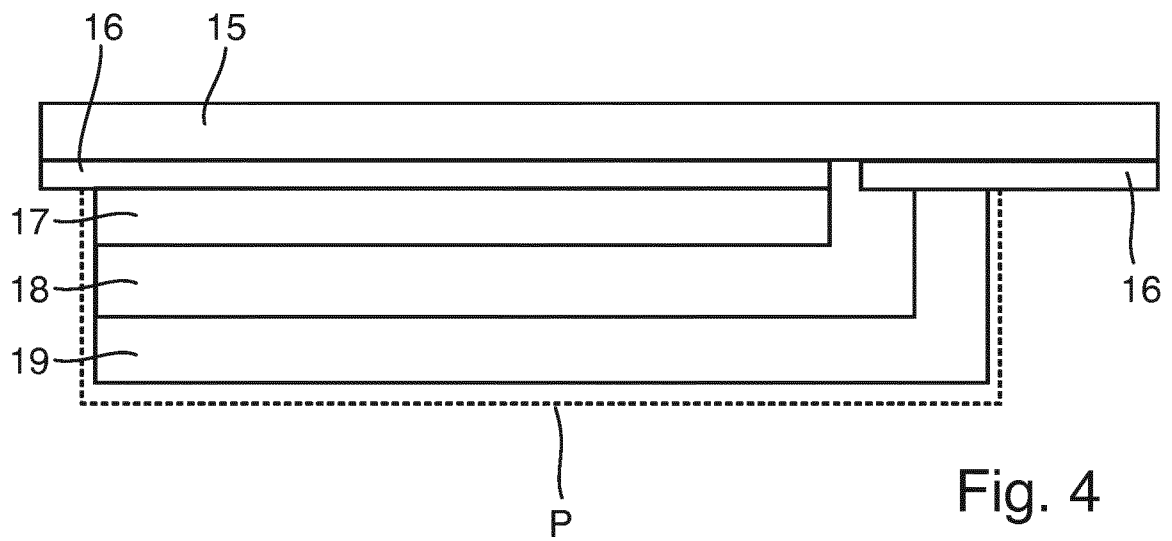


Fig. 4

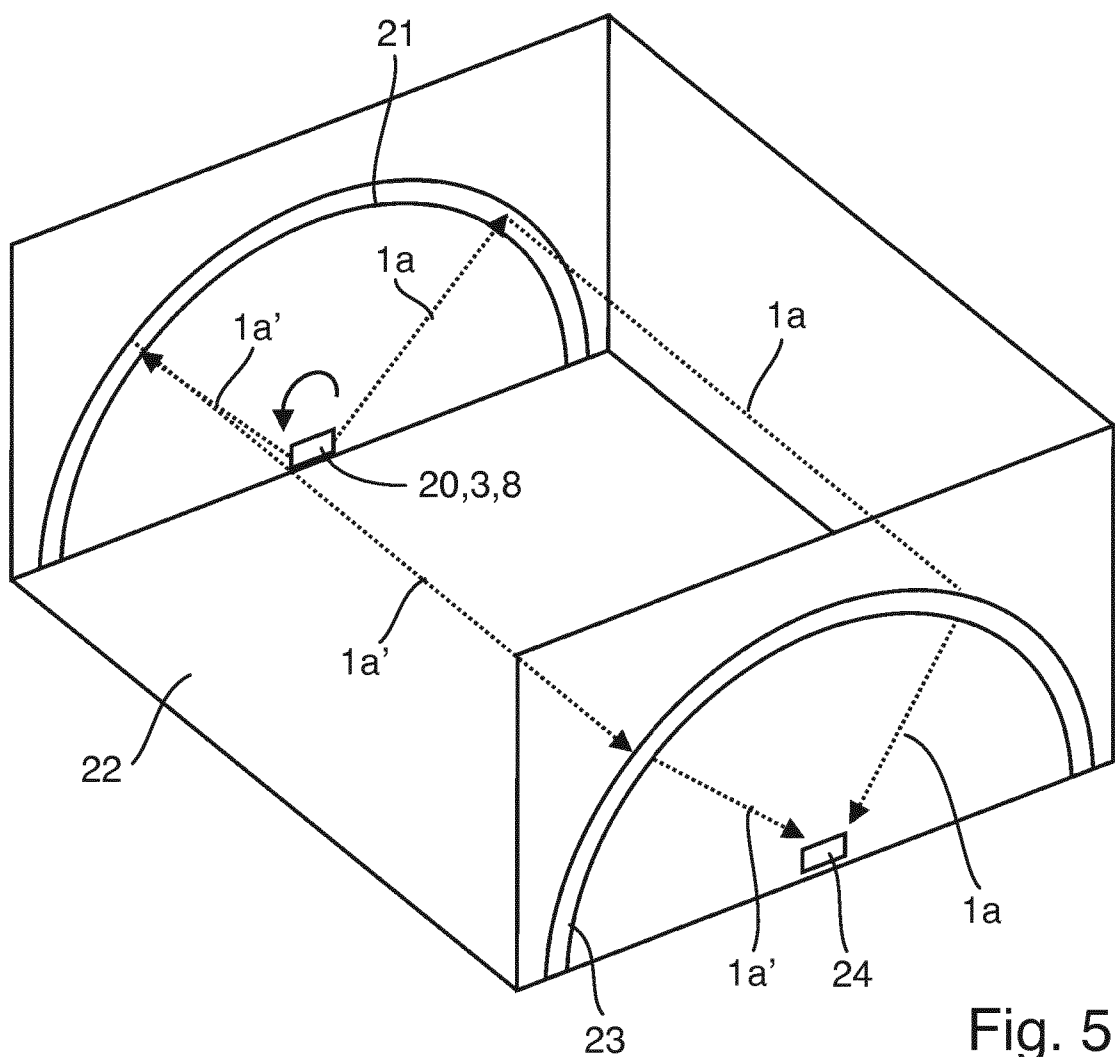


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/057635

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**A01M 1/02**(2006.01)i; **A01M 1/22**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010186284 A1 (HYDE RODERICK A [US] ET AL) 29 July 2010 (2010-07-29) cited in the application figure 1 paragraph [0025]	1-15
A	WO 2015160958 A1 (TOKITAE LLC [US]; PEGRAM NATHAN JOHN [US]) 22 October 2015 (2015-10-22) figure 1	1-15
A	WO 2013069059 A1 (FEUGIER FRANCOIS GABRIEL [JP]) 16 May 2013 (2013-05-16) figure 9	1-15
A	WO 2017152737 A1 (LEISHEN INTELLIGENT SYSTEM CO LTD [CN]) 14 September 2017 (2017-09-14) figures 1, 2	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

04 June 2019

Date of mailing of the international search report

23 August 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Holtermann, Timm

Telephone No.

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-15

Applying exterminating radiation to a flying insect

2. claim: 16

Embodiment of the photodetector element as a perovskite photodetector element

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: **1-15**

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/057635

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2010186284	A1	29 July 2010	CN	102340988	A	01 February 2012
				EP	2387307	A1	23 November 2011
				US	2010186284	A1	29 July 2010
				WO	2010083053	A1	22 July 2010
WO	2015160958	A1	22 October 2015	AU	2015247666	A1	24 November 2016
				AU	2018253554	A1	22 November 2018
				CA	2946052	A1	22 October 2015
				CN	106793768	A	31 May 2017
				EP	3131390	A1	22 February 2017
				WO	2015160958	A1	22 October 2015
WO	2013069059	A1	16 May 2013	EP	2775827	A1	17 September 2014
				US	2014311014	A1	23 October 2014
				WO	2013069059	A1	16 May 2013
WO	2017152737	A1	14 September 2017	CN	106719524	A	31 May 2017
				CN	206542832	U	10 October 2017
				WO	2017152737	A1	14 September 2017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. A01M1/02 A01M1/22
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 A01M

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2010/186284 A1 (HYDE RODERICK A [US] ET AL) 29. Juli 2010 (2010-07-29) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 1 Absatz [0025] -----	1-15
A	WO 2015/160958 A1 (TOKITAE LLC [US]; PEGRAM NATHAN JOHN [US]) 22. Oktober 2015 (2015-10-22) Abbildung 1 -----	1-15
A	WO 2013/069059 A1 (FEUGIER FRANCOIS GABRIEL [JP]) 16. Mai 2013 (2013-05-16) Abbildung 9 -----	1-15
A	WO 2017/152737 A1 (LEISHEN INTELLIGENT SYSTEM CO LTD [CN]) 14. September 2017 (2017-09-14) Abbildungen 1, 2 -----	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Juni 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/08/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Holtermann, Timm

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
1-15

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-15

Beaufschlagung eines Fluginsekts mit Tilgungsstrahlung

2. Anspruch: 16

Ausgestaltung des Photodetektorelements als
Perowskit-Photodetektorelement

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/057635

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2010186284	A1	29-07-2010	CN	102340988 A		01-02-2012
			EP	2387307 A1		23-11-2011
			US	2010186284 A1		29-07-2010
			WO	2010083053 A1		22-07-2010

WO 2015160958	A1	22-10-2015	AU	2015247666 A1		24-11-2016
			AU	2018253554 A1		22-11-2018
			CA	2946052 A1		22-10-2015
			CN	106793768 A		31-05-2017
			EP	3131390 A1		22-02-2017
			WO	2015160958 A1		22-10-2015

WO 2013069059	A1	16-05-2013	EP	2775827 A1		17-09-2014
			US	2014311014 A1		23-10-2014
			WO	2013069059 A1		16-05-2013

WO 2017152737	A1	14-09-2017	CN	106719524 A		31-05-2017
			CN	206542832 U		10-10-2017
			WO	2017152737 A1		14-09-2017
