

(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
9. August 2012 (09.08.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/103879 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
G03B 15/00 (2006.01) *H04N 5/33* (2006.01)
G03B 15/03 (2006.01) *G01S 7/487* (2006.01)
G01S 7/481 (2006.01) *G01C 11/02* (2006.01)
G02B 13/14 (2006.01) *F41G 1/36* (2006.01)
G02B 17/08 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/DE2012/000094
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
2. Februar 2012 (02.02.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2011 010 334.1
4. Februar 2011 (04.02.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** EADS DEUTSCHLAND GMBH [DE/DE]; Willy-Messerschmitt-Strasse, 85521 Ottobrunn (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** HIEBL, Manfred [DE/DE]; Tegernseer Landstr. 6, 82054 Sauerlach (DE). PONGRATZ, Hans, Wolfgang [DE/DE]; Egerländerstr. 3, 82024 Taufkirchen (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** CAMERA SYSTEM AND METHOD FOR OBSERVING OBJECTS AT GREAT DISTANCES, IN PARTICULAR FOR MONITORING TARGET OBJECTS AT NIGHT, IN MIST, DUST OR RAIN

(54) **Bezeichnung :** KAMERASYSTEM UND VERFAHREN ZUR BEOBACHTUNG VON OBJEKTEN IN GROSSER ENTFERNUNG, INSBESONDERE ZUR ÜBERWACHUNG VON ZIELOBJekten BEI NACHT, DUNST, STAUB ODER REGEN

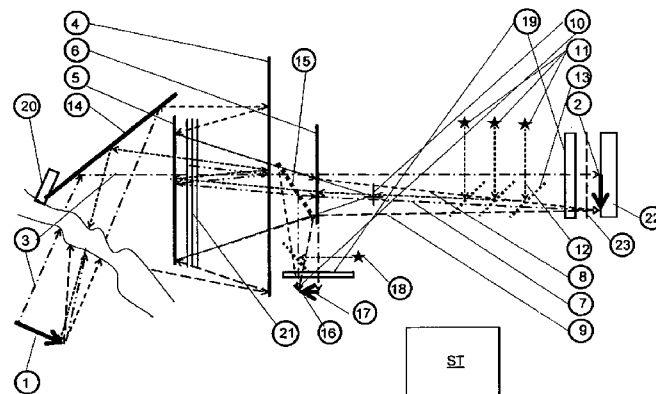


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a camera system and a method for observing objects at great distances, in particular for monitoring target objects (1) at night, in mist, dust or rain from an observation distance of for example 30 to 40 km. The camera system optionally comprises a pivotable target tracking mirror (14), a concave primary mirror (4) comprising a long focal length and a convex secondary mirror (5), said mirrors forming together a mirror telescope (4, 5, 6), optionally a Barlow lens system (6), an IR-sensitive image sensor (22) located on the image plane (2) of the mirror telescope, a controllable high-speed shutter system (23) for the image sensor (22), controllable IR-illumination means (11) for illuminating the object (1) to be observed by IR-illumination pulses (12) of several different colours, and a control device (ST) for the co-ordinated control of the IR-illumination means (11) and the high-speed shutter system (23), in order to record multi-spectral images by means of the image sensor (22), said images being captured according to gated view technology.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/103879 A1



MD, 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, 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)

Die Erfindung betrifft ein Kamerasystem und ein Verfahren zur Beobachtung von Objekten in großer Entfernung, insbesondere zur Überwachung von Zielobjekten (1) bei Nacht, Dunst, Staub oder Regen aus einer Beobachtungsdistanz von z. B. 30 bis 40 km. Das Kamerasystem umfasst optional einen verschwenkbaren Zielverfolgungsspiegel (14), einen konkaven Primärspiegel (4) mit langer Brennweite und einen konvexen Sekundärspiegel (5), die zusammen ein Spiegelteleskop (4, 5, 6) ausbilden, optional ein Barlowlinsensystem (6), einen in der Bildebene (2) des Spiegelteleskopes angeordneten IR-empfindlichen Bildsensor (22), ein steuerbares Hochgeschwindigkeitsverschlussystem (23) für den Bildsensor (22), steuerbare IR-Beleuchtungsmittel (11) zur Beleuchtung des zur beobachtenden Objektes (1) durch IR-Beleuchtungspulse (12) mehrerer verschiedener Farben, und eine Steuereinrichtung (ST) zur koordinierten Ansteuerung der IR-Beleuchtungsmittel (11) und des Hochgeschwindigkeitsverschlussystems (23), um mittels des Bildsensors (22) multispektrale, gemäß einer "Gated-View"-Technik aufgenommene Bilder zu erfassen.

Kamerasystem und Verfahren zur Beobachtung von Objekten in großer Entfernung, insbesondere zur Überwachung von Zielobjekten bei Nacht, Dunst, Staub oder Regen

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kamerasystem sowie ein Verfahren zur Beobachtung von Objekten in großer Entfernung, insbesondere zur Überwachung von Zielobjekten bei Nacht, Dunst, Staub oder Regen. Eine "große Entfernung" bezeichnet hierbei jede Entfernung von mehr als 5 km.
- 10 Im Bereich der militärischen Aufklärung beispielsweise werden mittels Multispektralsensoren Szenarien insbesondere in einem Gelände erfasst, die nach dem Vorhandensein von Einrichtungen, Personen, Fahrzeugen, Infrastruktur-
- 15 Merkmalen und dergleichen untersucht werden sollen. Hierzu werden mittels Multispektralüberwachungskameras eine große Anzahl von Bildern zur Verfügung gestellt, welche unter vorbestimmten Zeitbedingungen zu bewerten sind. Die zu
- erkennenden Objekte haben beliebige Abmessungen und können eine die Objekte charakterisierende Struktur mit einer mehr oder weniger großen Komplexität auf-
- weisen. Mit bekannten Systemen ist eine Boden-Aufklärung und -Entdeckung und anhaltende Boden-Überwachung großer Areale (z. B. 100 km bis 1.000 km
- 20 Grenzgebiet mit einigen km Tiefe) aus der Luft von Personen-, Tragtier-, und Fahrzeug- Zielobjekten möglich. Hierzu werden üblicherweise Multispektralkameras verwendet, welche an Fluggeräten montiert die Daten im Flug aufzeichnen.

25 Diese bekannten Kameras können aber nur bei ausreichender natürlicher Beleuchtung und ausreichend guten Sichtbedingungen, d.h. wenig Dunst, Staub, Regen etc. in der Luft eingesetzt werden.

Die Daten werden nach dem Flug am Boden ausgewertet, was im allgemeinen Stunden bis Tage dauert, bis die Aufklärungs- und Entdeckungsergebnisse vorlie-

gen. Eine Echtzeitüberwachung 24 h rund um die Uhr ist damit nicht möglich und wird oft durch schlechte Sichtbedingungen verhindert.

5 Andererseits werden Videokameras, teilweise auch mit Entdeckungshilfen ausgestattet, zur permanenten Überwachung kleinerer Areale aus der Luft eingesetzt, wobei die Zielsuche und Lagebeurteilung dem Beobachter überlassen bleibt, und die Daten einfach für spätere Nachbearbeitung aufgezeichnet werden. Zur Überwachung großer Areale ist dieses Verfahren nicht geeignet wegen des extrem hohen Aufwandes dafür und wegen der Abhängigkeit von guten Sichtbedingungen.

10

Aus DE 10 2005 009 626 A1 ist eine Kamera zum Verfolgen von Objekten bekannt. Bei dieser Kamera werden Zielobjekte durch Vergleich des aufgenommenen Bildes mit einer Datenbank identifiziert. Ein ähnliches Verfahren zur Zielerkennung ist aus DE 199 55 919 C1 bekannt.

15

Diese bekannten Verfahren haben den Nachteil, dass die Erkennung von Zielen sehr langsam und nur bei guter Sicht und Beleuchtung vor sich geht.

20

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei einer Beobachtung der eingangs genannten Art die Abhängigkeit der Beobachtungsqualität von den aktuellen natürlichen Sicht- bzw. Beleuchtungsbedingungen zu verringern, um insbesondere auch bei ungünstigen Sicht- bzw. Wetterbedingungen eine hohe Beobachtungsqualität zu erzielen, beispielsweise für eine militärische Aufklärung aus der Luft über größere Entfernungen (z. B. mehr als 10 km).

25

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Infrarot-Kamerasystem nach Anspruch 1 bzw. ein Infrarot-Beobachtungsverfahren unter Verwendung eines derartigen Kamerasystems nach Anspruch 6 gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

Das erfindungsgemäße Kamerasystem umfasst:

- 5 - optional einen oder mehrere verschwenkbare Zielverfolgungsspiegel zur Einstellung einer Sichtlinie des Kamerasystems,
- einen konkaven Primärspiegel mit einer Brennweite von mehr als 1 m und einen konvexen Sekundärspiegel, die zusammen ein Spiegelteleskop ausbilden,
- 10 - optional ein Barlowlinsensystem für das Spiegelteleskop,
- einen in der Bildebene des Spiegelteleskopes angeordneten IR-empfindlichen elektronischen Bildsensor,
- 15 - ein steuerbares Hochgeschwindigkeitsverschlussystem für den Bildsensor,
- steuerbare IR-Beleuchtungsmittel zur Beleuchtung des zur beobachtenden Objektes durch schmalbandige IR-Beleuchtungspulse mehrerer verschiedener Farben, und
- 20 - eine Steuereinrichtung, ausgebildet zur koordinierten Ansteuerung der IR-Beleuchtungsmittel und des Hochgeschwindigkeitsverschlussystems, um mittels des Bildsensors multispektrale, gemäß einer "Gated-View"-Technik aufgenommene Bilder zu erfassen.

25

Die Grundidee der Erfindung besteht darin, zur Beobachtung ein qualitativ hochwertiges Spiegelteleskop zur Erfassung von IR (Infrarot)-Strahlung mit aktiv steuerbaren IR-Beleuchtungsmitteln und mit einem steuerbaren Hochgeschwindig-

keitsverschlussystem zu kombinieren, um damit mehrfach (verschiedenfarbig) belichtete Bilder gemäß einer so genannten "Gated-View"-Technik aufzunehmen.

Der Begriff "Gated-View-Technik" soll im Rahmen der Erfindung jedwede koordinierte Ansteuerung der IR-Beleuchtungsmittel und des Hochgeschwindigkeitsverschlusssystems bezeichnen, bei welcher sowohl die aktive Beleuchtung (durch die IR-Beleuchtungsmittel) als auch die Aufnahme (durch den Bildsensor; gesteuert durch das Verschlussystem) diskontinuierlich erfolgen und diese Diskontinuität zu einer Störlichtunterdrückung führt. Die Störlichtunterdrückung basiert auf dem Umstand, dass hauptsächlich oder sogar ausschließlich in denjenigen Zeitspannen eine Aufnahme (Verschluss geöffnet) erfolgt, in denen vom Objekt (bzw. Zielgebiet) rückreflektierte IR-Beleuchtungspulsintensität am Ort des Kamerasystems zu erwarten ist.

Bei der Gated-View-Technik können z. B. sehr kurze IR-Lichtpulse mit einer Pulsdauer im Bereich von z. B. 1 bis 30 μs zur Beleuchtung verwendet werden. Bevorzugt wird der Kameraverschluss jeweils nur so lange geöffnet, bis der betreffende Echoimpuls den im Kamerasystem integrierten Verschluss passiert hat. Die Pulsdauer kann von einer Steuereinrichtung z. B. in Abhängigkeit von einer bekannten bzw. zuvor ermittelten Beobachtungsdistanz festgelegt und bei Änderung der Beobachtungsdistanz entsprechend angepasst werden.

Vorteilhaft kann mit der Erfindung somit eine Beeinträchtigung der Beobachtung durch Störlichtquellen wie auch eine Beeinträchtigung durch Rückreflexionen der IR-Beleuchtungsstrahlung noch bevor diese das zu beobachtende Objekt erreicht hat (z. B. durch Nebel, Staub etc.) ausgeschaltet werden. Derartige Störlichtquellen bzw. unbeabsichtigte Rückreflexionen würden herkömmliche Kameras blenden. Bei dem erfindungsgemäßen Kamerasystem kann demgegenüber insbesondere bei schlechter Sicht die "Sichtweite" der Beobachtung um das 5- bis 10-fache

verbessert werden. Das erfindungsgemäße Kamerasystem ist von natürlicher Beleuchtung unabhängig, was den Einsatz bei Nacht und in tiefem Schatten oder unter dichten Wolken ermöglicht.

- 5 Mit der Erfindung kann somit insbesondere eine Multispektralaufklärungskamera zur Überwachung von Zielobjekten in militärischen Anwendungen bereitgestellt werden. Insbesondere in derartigen Anwendungen ist die Verwendung von IR-Strahlung gegenüber dem sichtbaren Wellenlängenbereich auch insofern vorteilhaft, als die aktive Beleuchtung vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen
- 10 wird und die Zielbeobachtung somit unbemerkt vor sich gehen kann. Insbesondere bei Einsatz von relativ schmalbandigen IR-Beleuchtungspulsen sind diese vorteilhaft auch mit normalen Nachtsichtgeräten nicht sichtbar.

- Vorteilhaft ermöglicht die vorliegende Erfindung insbesondere eine militärische
- 15 Überwachung von Zielobjekten in großer Entfernung von z. B. bis zu 40 km mit einer Multispektralaufklärungskamera für den nahen Infrarotbereich zum Einsatz bei schlechten Sichtbedingungen, z. B. bei Nacht, Dunst, Staub oder Regen. Eine künstliche Beleuchtung, z. B. multispektrales Laserbeleuchtungssystem, implementiert in Zusammenarbeit mit der Kamera eine "Gated-View"-Technik zur Unterdrückung von Störlicht. Damit können multispektrale Bilder (einschließlich
- 20 Bildsequenzen) des Zielgebietes aufgenommen und z. B. sogleich an eine nachfolgende automatische rechnergestützte multispektrale Bildauswertung weitergegeben werden.

- 25 Das erfindungsgemäße Kamerasystem kann insbesondere an Bord eines Fluggerätes (bemannt oder unbemannt), mit einer bordeigenen künstlichen Beleuchtung (z. B. Laserbeleuchtungsteleskop) mit Gated-View Technik betrieben werden.

Durch den großen möglichen Zielabstand von z. B. 10 km bis 40 km kann z. B. ein Trägerflugzeug der Aufklärungskamera einerseits völlig unbemerkt vom Zielobjekt operieren und kann andererseits mit dem erfindungsgemäßen Kamerasystem bei ausreichender Sicht und ausreichender Flughöhe (12 km bis 14 km) ein großes
5 Gebiet (z. B. 80 km x 80 km) simultan überwachen ohne große Flugstrecken (mit hohem Treibstoffverbrauch und damit geringer Standzeit) zurücklegen zu müssen. Damit kann bei geeigneter Auslegung ein System mit Solarantrieb mit beliebig hoher Standzeit und niedrigen Betriebskosten realisiert werden (z. B. Aufklärungsdrohne).

10

Das Problem der Abhängigkeit von guter Sicht und Beleuchtungsbedingungen bei einer Aufklärung aus der Luft über größere Entfernungen kann insbesondere mit einer NIR-Multispektralaufklärungskamera gelöst werden, welche folgende Komponenten umfasst:

15

- einen (oder mehrere aufeinanderfolgend angeordnete) Zielverfolgungs- und Bildstabilisierungsspiegel,

20

- einen goldbeschichteten Infrarot-Primärspiegel mit langer Brennweite (z. B. mehr als 2 m, z. B. etwa 2,54 m),

25

- ein IR-Barlowlinsensystem, z. B. "Fluorite – Flatfield – Converter" (Fa. Baader) oder dergleichen, bevorzugt mit 4 bis 9 facher Brennweitenverlängerung (Brennweite z. B. mehr als 10 m, z. B. etwa 22,8 m),

- eine hochempfindliche Infrarot-CCD-Kamera für den Bereich von 0,8 μm bis 1,7 μm ,

- ein elektronisches Hochgeschwindigkeitsverschlussystem, das Mehrfachbelichtungen mit einer Gated-View-Technik erlaubt, und

5 - eine über einen schaltbaren Spiegel anwählbare zweite CCD-Kamera mit Verschluss- und Beleuchtungssystem bei dem Fokus (z. B. 2,54 m-Fokus) des Primärspiegels.

Die einzelnen Komponenten des erfindungsgemäßen Kamerasystems wirken in synergistischer Weise zur Ermöglichung einer sehr reichweitigen Beobachtung
10 auch unter ungünstigen Sichtverhältnissen zusammen. Nachfolgend werden besonders vorteilhafte und somit bevorzugte Ausgestaltungen dieser Komponenten näher beschrieben.

Ein oder mehrere (hintereinander angeordnete) Zielverfolgungsspiegel, etwa
15 durch die ohnehin vorhandene Steuereinrichtung angesteuert, ermöglichen in einfacher Weise eine Ausrichtung der Sichtlinie des Kamerasystems auf das zu beobachtende Zielobjekt bzw. den zu beobachtenden Bereich. Dies spielt vor allem bei Verwendung des Kamerasystems an Bord eines Fahrzeuges, insbesondere Luftfahrzeuges eine große Rolle.

20 In einer Ausführungsform ist der Zielverfolgungsspiegel mit einem Drehwinkelsensor verbunden, um durch Verschwenkungen des Spiegels bedingte Veränderungen der Sichtlinie erfassen und im Systembetrieb berücksichtigen zu können. Der Drehwinkelsensor kann z. B. einen oder mehrere Beschleunigungssensoren umfassen, welche für Verschwenkungen repräsentative Beschleunigungen messen. Bei Einsatz an Bord eines Flugzeuges können damit
25 auch vorteilhaft Vibrationen des betreffenden Spiegels (gegenüber dem "Inertialsystem") detektiert und für die Ansteuerung einer im nachfolgenden Strahlengang

des Kamerasystems angeordneten Bildstabilisierungs- und/oder Derotationseinheit genutzt werden.

Das aus Primärspiegel ("Hauptspiegel") und Sekundärspiegel ("Fangspiegel")
5 ausgebildete Spiegelteleskop ist bevorzugt ein "Cassegrain-Teleskop" im weitesten Sinne. Besonderes günstig ist z. B. ein elliptischer Primärspiegel in Kombination mit einem sphärischen Sekundärspiegel. Im Hinblick auf eine hohe Reflektivität im IR-Bereich ist z. B. eine Goldbeschichtung wenigstens eines der beiden Teleskopspiegel zweckmäßig. Für eine gute optische Justagestabilität ist es günstig,
10 wenn Primärspiegel und Sekundärspiegel coaxial zueinander angeordnet sind und die vom Sekundärspiegel reflektierte Strahlung durch eine mittige Apertur des Primärspiegels zum Bildsensor gelangt. Die Brennweite des Primärspiegels kann z. B. mehr als 1,5 m, insbesondere mehr als 2 m betragen.

15 Mit einem Barlowlinsensystem lässt sich vorteilhaft die Brennweite des Spiegelteleskops und somit die Vergrößerung erhöhen. Insbesondere bei Einsatz eines elliptischen Primärspiegels in Kombination mit einem sphärischen Sekundärspiegel sollte im Strahlengang des Kamerasystems ferner eine Flachfeldoptik (zur Verflachung einer ansonsten gekrümmten Bildebene) vorgesehen sein, beispielsweise
20 als integraler Bestandteil des Barlowlinsenssystems.

Die Farben der IR-Beleuchtungspulse liegen bevorzugt im NIR (Nahes Infrarot)-Bereich, also im Bereich von etwa 0,78 μm bis etwa 3 μm . Ausgehend von der Festlegung der IR-Farben können die betreffenden weiteren optischen Systemkomponenten entsprechend ausgelegt werden (z. B. Spiegelbeschichtung(en),
25 Linsenbeschichtung(en), Linsenmaterialien, Bildsensortechnologie etc.). In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Kamerasystem mit NIR-Beleuchtungspulsen im Bereich von 0,8 bis 1,7 μm betrieben.

Aus der Patentliteratur und dem sonstigen Schrifttum sind keine Anwendungen bekannt, die multispektrale Aufnahmen insbesondere im nahen Infrarot (NIR) mit künstlicher Beleuchtung über größere Entfernungen (über 5 km) verwenden. Diese Kombination bringt aber gerade im nahen Infrarot besonders große Vorteile, da die Transmission durch Gebiete mit schlechter Sicht im nahen Infrarot um das doppelte besser ist als bei sichtbarem Licht, und sich dadurch die Vorteile der Gated-View Technik beim Ausblenden von Störlicht viel stärker auswirken.

Als elektronische Bildsensor im nahen Infrarot kann vorteilhaft z. B. ein ungekühlter Halbleiter-Sensorchip, vorzugsweise aus dem Halbleitermaterial Indium – Gallium – Arsenid, eingesetzt werden, der für eine sehr hohe NIR-Empfindlichkeit verglichen mit anderen Wellenlängenbereichen ausgelegt ist. Insbesondere eignet sich z. B. eine entsprechend ausgelegte CCD-Kamera, deren gelieferte Bildinformation auch in einfacher Weise einer unmittelbaren Bildauswertung zugeführt werden kann. Auch eine dazu passende NIR-Beleuchtungseinheit kann z. B. aus existierenden und lieferbaren Diodenlasern aufgebaut werden.

Schließlich ist bei Hintergrund- und Zielobjektmaterialien bei der Multispektralbildauswertung im nahen Infrarot ein viel höherer Farbkontrast auswertbar als im mittleren oder langen Infrarot. Daraus resultiert wiederum ein im Allgemeinen besseres Suchergebnis der Bildauswertung.

Das steuerbare Hochgeschwindigkeitsverschlussystem sollte den Strahlungseinfall auf den Bildsensor binnen einer Schaltzeit von weniger als 10 μ s, bevorzugt weniger als 1 μ s blockieren bzw. freigeben können. Für die konkrete Ausgestaltung eines solchen Verschlussystems kann im Rahmen der Erfindung auf hierfür geeignete elektronische Verschlussysteme nach dem Stand der Technik zurückgegriffen werden. Derartige Verschlussysteme können z. B. nach dem Prinzip

von akustooptischen oder elektrooptischen Modulatoren oder dergleichen arbeiten.

Die steuerbaren IR-Beleuchtungsmittel stellen schmalbandige IR-
5 Beleuchtungspulse bereit, worunter im Rahmen der Erfindung insbesondere eine wellenlängenmäßige Bandbreite von weniger als 10 % einer "Mittenwellenlänge" (bei welcher ein Strahlungsintensitätsmaximum liegt) verstanden wird, und/oder die Bandbreite kleiner als 0,1 μm , insbesondere kleiner als 0,05 μm ist und/oder die Spektralverteilungen der verschiedenfarbigen Spektralbänder wellenlängen-
10 mäßig einander nicht überlappen.

In einer diesbezüglich vorteilhaften Ausführungsform umfassen die IR-
Beleuchtungsmittel ein multispektrales Lasersystem, beispielsweise eine Anord-
nung jeweils einer oder bevorzugt mehrerer Laser, insbesondere z. B. einer oder
15 mehrerer Laserdioden, pro Beleuchtungspulsfarbe.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die IR-Beleuchtungsmittel baulich der-
art mit dem Spiegelteleskop zusammengefasst, dass die davon abgegebenen IR-
Beleuchtungspulse durch wenigstens einen Teil der optischen Systemkomponen-
20 ten auf das zu beobachtende Objekt gerichtet werden (wobei die IR-
Beleuchtungspulse hierbei das Spiegelteleskop in "umgekehrter Richtung" durch-
laufen).

Für jede Beleuchtungspulsfarbe kann z. B. eine Anordnung von mindestens fünf
25 oder mindestens zehn Laserdioden vorgesehen sein, wobei jede Laserdiode mit
einer elektrischen Leistung von mindestens 5 W oder mindestens 10 W betrieben
wird. Vorzugsweise werden Laserdioden mit der technisch verfügbaren Leistung
von 20 bis 30 W verwendet.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfassen die IR-Beleuchtungsmittel für jede der verschiedenen Farben jeweils eine flächig ausgedehnte IR-Quelle, welche mittels des Spiegelteleskops auf das zu beobachtende Objekt abgebildet wird.

- 5 Eine flächig ausgedehnte IR-Quelle besitzt zunächst den Vorteil einer gewissen räumlichen Verteilung einer etwaig problematischen Wärmeentwicklung (je nach IR-Erzeugungsprinzip). Darüber hinaus erhöht eine flächig ausgedehnte Beleuchtungsquelle tendenziell die optische Justage-Unempfindlichkeit, was eine gewünschte Abbildung der Beleuchtungsquelle auf das zu beobachtende Objekt an-
- 10 belangt.

- In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird eine von der Fläche her im Wesentlichen der IR-empfindlichen Aufnahme­fläche des elektronischen Bildsensors (z. B. CCD-Kamera) entsprechende IR-Quelle verwendet und über
- 15 einen im Strahlengang des Spiegelteleskops bzw. Kamerasystems angeordneten Einkoppelspiegel (z. B. halbdurchlässig oder getaktet "aktivierbar", z. B. Sektor­spiegel oder Polygonspiegel etc.) eingekoppelt, um wenigstens einen Teil der Kamerasystemkomponenten (insbesondere Primärspiegel und Sekundärspiegel, gegebenenfalls Barlowlinsensystem) in "umgekehrter Strahlungsrichtung" zu durch-
- 20 laufen. Hinsichtlich des optischen Designs bzw. der Robustheit der Abbildungs­qualität gegenüber Vibrationen, Temperaturvariationen etc. ist es besonders vor­teilhaft, wenn der Abstand zwischen Einkoppelspiegel und IR-Quelle dem Abstand zwischen dem Einkoppelspiegel und dem Bildsensor entspricht. In diesem Fall kann ein und dasselbe optische System sowohl zur (reellen) Abbildung des zu
- 25 beobachtenden Objektes auf den Bildsensor als auch (in umgekehrter Richtung) zur Abbildung der IR-Quelle auf das zu beobachtende Objekt genutzt werden.

In einer bevorzugten Weiterbildung handelt es sich bei der flächig ausgedehnten IR-Quelle um eine Anordnung mehrerer Laserdioden oder weiter bevorzugt eine

Anordnung von Enden optischer Fasern (z. B. Glasfasern), an deren anderen Enden jeweils die Strahlung einer oder mehrerer Laserdioden eingekoppelt wird. Für eine solche, z. B. rasterartige Anordnung von Laserdioden bzw. optischen Fasern wird sich in der Regel eine sehr ungleichmäßige Intensitätsverteilung der abgegebenen IR-Strahlung ergeben. Um eine daraus resultierende, entsprechend ungleichmäßige Beleuchtung des zu beobachtenden Objektes zu vermeiden, kommen insbesondere zwei Maßnahmen in Betracht, die einzeln oder kombiniert eingesetzt werden können:

- 10 Zum Einen kann z. B. ein Diffusorelement an der Oberfläche der IR-Quelle eingesetzt werden, um bereits am Ort der IR-Beleuchtungserzeugung eine Vergleichmäßigung der Strahlungsleistung über die strahlungserzeugende Fläche zu erzielen.
- 15 Alternativ oder zusätzlich kommt als besonders einfache Maßnahme in Betracht, die strahlende Fläche der IR-Quelle "unscharf" auf das zu beobachtende Objekt abzubilden, d. h. eine gewisse "Defokussierung" dieser Abbildung derart vorzusehen, das die einzelnen Intensitätsmaxima der IR-Quellenfläche jeweils über einen größeren Bereich "verschmiert" auf das Objekt abgebildet werden. Diese Defokussierung hat bevorzugt ein solches Ausmaß, dass über die Fläche des zu beobachtenden Objektes betrachtet lokal maximale Beleuchtungsintensitäten (Leistungen) erreicht werden, die allenfalls um einen Faktor 2 größer sind als die lokal minimalen Beleuchtungsintensitäten am Ort des Objektes.
- 25 In einer Ausführungsform sind die IR-Beleuchtungsmittel ein künstliches NIR-Beleuchtungssystem, bestehend für jede Beleuchtungswellenlänge aus je einer Laserbeleuchtungsgruppe aus mehreren (z. B. 10 bis 30) Laserdioden mit Kollimationsoptik, die an der Fokusposition des reellen Bildes des Zielobjektes gerade die

Bildfläche in der Größe des als Bildsensor dienenden CCD-Chips mit kollimierten Lichtbündeln voll überdecken.

Bei dem künstlichen NIR-Beleuchtungssystem können die mehreren (z. B. 3 oder
5 4) Laserbeleuchtungsgruppen mit verschiedenen Wellenlängen insbesondere über
halbdurchlässige Spiegel, die nur bei ihrer zugeordneten Laserwellenlänge reflek-
tieren, in den Strahlengang des NIR-Spiegelteleskops eingekoppelt werden.
Dadurch können mehrere Beleuchtungswellenlängen verwendet werden, ohne
die Lichtverluste zu vervielfachen. Vorteilhaft wird hierbei das NIR-Beobachtungs-
10 teleskop gewissermaßen zusätzlich auch als "NIR-Projektionsteleskop" mit langer
Brennweite mitbenutzt.

Bevorzugt im Strahlengang zwischen dem Spiegelteleskop (und gegebenenfalls
Barlowlinsensystem) und dem elektronischen Bildsensor kann eine bereits er-
15 wähnte Bildstabilisierungs- und/oder Derotationseinheit vorgesehen sein. Das
Hochgeschwindigkeitsverschlussystem befindet sich bevorzugt unmittelbar vor
dem elektronischen Bildsensor bzw. ist mit diesem baulich zusammengefasst.

In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst das Kamerasystem ferner einen
20 zweiten elektronischen Bildsensor, auf welchen das Kamerasystem umgeschaltet
werden kann, so dass die Bildaufnahme durch diesen zweiten Bildsensor erfolgt.
Die Umschaltung kann z. B. mittels eines elektronisch schaltbaren Spiegels oder
anderweitig "aktivierbaren" Spiegels erfolgen, welcher die vom Kamerasystem er-
fasste IR-Strahlung an einer bestimmten Stelle des optischen Designs auf den
25 zweiten Bildsensor umleitet. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn diese "Auskoppe-
lungsstelle" und/oder Position des zweiten Bildsensors derart gewählt ist, dass
sich die Brennweite des Kamerasystems damit verändern, d. h. umschalten lässt.
Beispielsweise kann hierbei eine Veränderung der Systembrennweite um wenig-
stes einen Faktor 2, bevorzugt wenigstens einen Faktor 5 realisiert werden. Eine in

dieser Hinsicht konstruktiv besonders einfache Realisierung besteht darin, den Auskoppelspiegel für den zweiten Bildsensor im Strahlengang des Kamerasystems zwischen einer Apertur des Primärspiegels und einem Barlowlinsensystem vorzusehen.

5

Das erfindungsgemäße Beobachtungsverfahren kann vorteilhaft z. B. bei einem Abstand zwischen Kamerasystem und damit beobachteten Objekt von mindestens 10 km, insbesondere mindestens 20 km durchgeführt werden.

10 Das Verfahren kann insbesondere bei schlechten Sichtbedingungen (z. B. kleiner als 5 km mit dem menschlichen Auge) durchgeführt werden.

Vorteilhaft ist eine Beobachtung aus einer überhöhten Beobachtungsposition, z. B. aus einer Höhe von mehr als 5 km. Beispielsweise kann die Beobachtung aus einer Höhe von z. B. 12 km bis 14 km bei einer Beobachtungsdistanz (zwischen
15 Kamerasystem und beobachtetem Objekt) von 30 bis 40 km erfolgen, um den möglichen Reichweitenvorteil aus der Gated-View-Technik voll zu realisieren.

Bevorzugt werden die IR-Beleuchtungsmittel derart angesteuert, dass die Dauer
20 der IR-Pulse jeweils kleiner als die zum Zurücklegen der Strecke vom Kamerasystem zum beobachteten Objekt und zurück benötigte Zeit ist. Diese Begrenzung der maximalen Pulsdauer trägt dem Umstand Rechnung, dass die Erfassung des zuvor am Objekt reflektierten "Pulsbeginns" durch das Kamerasystem im Falle von darin integrierten IR-Beleuchtungsmitteln in der Regel scheitern würde, wenn zu
25 diesem Zeitpunkt das "Pulsende" desselben Pulses das Kamerasystem noch nicht verlassen hat. In letzterem Falle würde der Bildsensor bereits durch sehr kleine unerwünschte Rückreflexionen bzw. Rückstreuungen der IR-Strahlungsleistung innerhalb des Kamerasystems in der Praxis geblendet bzw. übersteuert, so dass eine gleichzeitige Aufnahme der am Objekt reflektierten Strahlung vereitelt wird.

Andererseits sollte die Dauer der IR-Pulse jedoch auch nicht zu kurz bemessen werden, damit bei vorgegebener IR-Strahlungsleistung der IR-Beleuchtungsmittel möglichst viel Strahlungsenergie in jeden Beleuchtungspuls "gepackt" werden kann bzw. "Totzeiten" im Systembetrieb möglichst klein gehalten werden können. In einer Ausführungsform ist daher vorgesehen, dass die IR-Beleuchtungsmittel derart angesteuert werden, dass die Dauer der IR-Pulse jeweils größer als 40 %, insbesondere größer als 60 %, der zum Zurücklegen der Strecke vom Kamerasystem zum beobachteten Objekt und zurück benötigten Zeit ist.

10

Die IR-Beleuchtungsmittel können derart angesteuert werden, dass die verschiedenfarbigen IR-Beleuchtungspulse zyklisch alternierend ausgesendet werden.

15

Wie bereits erwähnt sollte seitens des Kamerasystems ein gleichzeitiges Aussenden von IR-Beleuchtungsstrahlung und Aufnahmen von rückreflektierter "Nutzstrahlung" vermieden werden. Daher ist ein bevorzugter Betrieb derart vorgesehen, dass immer abwechselnd, und zeitlich nicht überlappend, zunächst ein IR-Beleuchtungspuls ausgesendet wird und dann die am Objekt erfolgte Rückreflexion vom elektronischen Bildsensor aufgenommen wird. Das dem Bildsensor zugeordnete Hochgeschwindigkeitsverschlussystem wird hierbei bevorzugt so angesteuert, dass der Verschluss nur über Zeitspannen geöffnet ist, in welchen am Objekt reflektierte IR-Beleuchtungsstrahlung am Ort des Kamerasystems zu erwarten ist (Diese Zeitspannen ergeben sich in trivialer Weise anhand der vorbekannten bzw. ermittelten Distanz des Objektes vom Kamerasystem, unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit).

25

Die vom elektronischen Bildsensor aufgenommenen Bilder können z. B. sogleich einer rechnergestützten automatischen Bildauswertung zugeführt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen weiter beschrieben. Es stellen dar:

5 Fig. 1 das optische Design eines Kamerasystems gemäß eines Ausführungsbeispiels der Erfindung, und

Fig. 2 und 3 das optische Design (Fig. 2) bzw. den Aufbau (Fig. 3) von IR-Beleuchtungsmitteln des Kamerasystems von Fig. 1.

10 Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Multispektralaufklärungskamera mit eigener künstlicher Beleuchtung.

Ein ausreichend beleuchtetes Zielobjekt 1 in großer Entfernung (10 bis 40 km) wird längs einer Sichtlinie 3 von einem Teleskop 4, 5, und 6 angepeilt und erzeugt auf dem Indium-Gallium-Arsenid CCD-Chip einer CCD-Kamera 22 für das nahe Infrarot (empfindlich von 0,8 μm bis 1,7 μm , Größe 9,6 mm x 7,7 mm, Pixelgröße 30 μm , Bildgröße 320 Spalten mal 250 Zeilen) ein reelles Bild 2 des Zielobjektes 1.

20 Das Teleskop 4, 5, 6 besteht aus einem goldbeschichteten, elliptischen Primärspiegel ("Hauptspiegel") 4 mit 32 cm (12,5 Zoll)-Durchmesser und 2,54 m-Brennweite, einem goldbeschichteten, sphärischen Sekundärspiegel ("Fangspiegel") 5 in einer Cassegraine Anordnung, und einer speziellen Barlowlinse 6, hier dem "Fluorite-Flatfield-Converter" (Fa. Baader), der die Brennweite des Primärspiegels 4 einstellbar auf das 4- bis 9-fache (max. 22,86 Meter) vergrößert und
25 dabei ein flaches, voll farbkorrigiertes Infrarotbild in dem ganzen Brennweitengebiet erzeugt.

Der Strahlengang der von dem Objekt 1 in das Kamerasystem gelangenden Strahlung ist in Fig. 1 angedeutet mit oberer Randstrahl 8, unterer Randstrahl 9 und Zentralstrahl 7. Die optischen Elemente wie Primärspiegel 4, Sekundärspiegel 5 und Barlowlinse 6 sind in Fig. 1 jeweils durch ihre Hauptebene ("principal plane")
5 dargestellt.

Die Lichtstärke des Kamerasystems bzw. des Teleskopes 4, 5, 6 ist so ausgelegt, dass auf der lichtempfindlichen Fläche der CCD-Kamera 22 ausreichend rausch-
arme Bilder des Zielobjektes 1 erzeugt werden.

10

Im Betrieb des Kamerasystems werden beispielsweise 4 bis 30 IR-
Beleuchtungspulse 12 pro Aufnahme erzeugt und abgesendet (Mehrfachbelich-
tung). Die Beleuchtungspulse 12 besitzen jeweils eine Dauer von 30 μ s und eine
Lichtleistung von ungefähr 400 W.

15

Die Beleuchtungspulse 12 werden mittels Laserbeleuchtungseinheiten 11 erzeugt
und über einen halbdurchlässigen Spiegel 13 koaxial zur Sichtlinie der CCD-
Kamera 22 durch das Teleskop 6, 5, 4 auf das Zielobjekt 1 projiziert.

20

Die von der CCD-Kamera 22 durch die Rückreflexionen der IR-Strahlung am Ob-
jekt 1 aufgenommenen Bilder werden von einer Kameraelektronik ausgelesen und
als digitale Bilder an einen Auswerterechner übertragen (nicht dargestellt).

25

Die ausnutzbare Beleuchtungszeit pro Bild kann bei 40 km Entfernung auf das 30-
fache erhöht werden, indem während der Standzeit des Bildes von 10 ms jeweils
ein Beleuchtungsimpuls derselben Farbe alle 0,33 μ s abgegeben wird, dessen
Echo vor dem nächsten Beleuchtungsimpuls zurück im Kamerasystem ist, und so
eine Vielfachbelichtung jeder Aufnahme durchgeführt wird.

Eine qualitativ einwandfreie Mehrfachbelichtung setzt voraus, dass die Stabilisierung der Sichtlinie während der 10 ms so gut ist, dass keine Bildunschärfe entsteht.

5 Im Strahlengang der Beleuchtungspulse 12, hier zwischen Primärspiegel 4 und Sekundärspiegel 5, wird ein Blockierfilter 21 eingesetzt, das nur die 3 Laserlinien (Bandbreite z. B. 0,02 μm) durchlässt. Dadurch wird eine maximale Streulichtunterdrückung aus der Umgebung erreicht.

10 Die halbdurchlässigen Spiegel 13 werden so schmalbandig (0,02 μm) ausgeführt, dass sie nur den Laserimpuls ihrer Farbe reflektieren und sonst durchlässig sind. Dadurch können mehrere Laserfarben, z. B. 3, nacheinander in den Teleskopstrahlengang eingeführt werden, ohne die Lichtverluste an den halbdurchlässigen Spiegeln zu erhöhen.

15 Die Öffnungszeit eines Kameraverschlusses 23 wird derart mit einer "Taktung" der Beleuchtungspulse 12 synchronisiert, dass das Echo des jeweiligen Beleuchtungspulses gerade noch den Verschluss 23 passieren kann und alles Streulicht, das vor oder nach dem Echoimpuls das Kamerasystem erreicht, ausgeblendet
20 wird (Gated-View-Verfahren).

Eine multispektrale Beleuchtung wird so gelöst, dass auf direkt aufeinander folgende Aufnahmen (z. B. 100 Bilder pro Sekunde) jeweils Laserpulse 12 mit verschiedenen Wellenlängen abgegeben werden, deren Wellenlängen so abgestimmt
25 sind, dass sie einerseits jeweils in einem anderen gut durchlässigen atmosphärischen Fenster liegen, und andererseits von dem Zielobjektmaterial gut reflektiert werden, und einen guten Farbkontrast zwischen verschiedenen Materialien aufweisen, und bevorzugt außerdem als Laserwellenlängen lieferbar sind.

Die im dargestellten Beispiel ausgewählten Wellenlängen sind z. B. 0,98 μm , 1,48 μm , und 1,55 μm . Bei Wellenlängen von 1,5 μm ist die Transmission bei feuchter Luft mit 0,82 durch Luft mit 200 mm ausscheidbarem Wasser längs des Beobachtungspfades (ist höchster vorkommender Wert) doppelt so hoch wie bei 0,5 μm .

5

Bei Regen, Dunst und Wüstenstaub, wo die Eigenblendung durch die Beleuchtung das größte Sichthindernis darstellt, kann die Sichtweite des Kamerasystems durch das hier eingesetzte Gated-View-Verfahren bis zu 10 mal so groß werden.

10 Das Kamerasystem ist an Bord eines Fluggerätes installiert. Eine typische Einsatzsituation ist eine Flughöhe von 13 km und eine Zielentfernung von 40 km. Typische Wüstenstaubwolken sich vorzugsweise in 1 bis 4 km Höhe und ergeben im Extremfall einen staubbedingten Transmissionswert für einfachen senkrechten Durchgang (3 km) von 0,9.

15

Bei doppeltem schrägem Durchgang mit einer Pfadlänge von dann ungefähr 18 km ergibt sich also ungefähr ein Transmissionswert von 0,53. Dafür ist die Beleuchtung stark genug, aber das Echosignal würde ohne Gated-View-Technik von mehr als 5 mal so starkem Streulicht vom Hinweg des Pulses überdeckt und damit
20 unsichtbar.

Für den Einsatz von einem Fluggerät aus sollte das Teleskop mit einem Zielverfolgungs- und Bildstabilisierungsspiegelsystem 14 ausgerüstet werden. Für die Zielverfolgung wird die Sichtlinie 3 immer auf das abzubildende Zielobjekt ausge-
25 richtet.

Die Ansteuerung sämtlicher steuerbarer Komponenten des Kamerasystems, wie insbesondere des Spiegelsystems 14, der Laserbeleuchtungseinheiten 11, des

Barlowlinsensystems 6 und des Kameraverschlusses 23 erfolgt durch eine bordeigene zentrale Steuereinheit ST.

Gegen Vibrationen des Trägersystems sollte das Teleskop zusätzlich über eine
5 hochfrequente Zweiachsen-Sichtlinienstabilisierung abgesichert werden. Im dargestellten Beispiel besteht diese aus je einem Bildstabilisierungskeilprismensatz mit Derotationseinheit 19 vor jeder CCD-Kamera, die von einer gemeinsamen Sichtliniendrehbeschleunigungsmeßeinheit 20 gesteuert wird, die auf dem äußersten Zielverfolgungsspiegel 14 montiert ist und die Bewegung der Sichtlinie 3 im
10 Raum in zwei Achsen misst.

Die Multispektralaufklärungskamera kann, angesteuert mittels der Steuereinheit ST, mit zwei verschiedenen Brennweiten wahlweise betrieben werden, ohne dabei bewegliche Teile zu verwenden. Die Umschaltung erfolgt dazu über einen elektro-
15 nisch schaltbaren Spiegel 15 in einigen Sekunden. Dieser reflektiert das entlang der Sichtlinie 3 einfallende Strahlenbündel vom Primärspiegel 4 mit der Fokuslänge 10 (hier: 2,54 m) auf eine Position 16. Dort ist eine zweite NIR-CCD-Kamera 17 mit einer zweiten Beleuchtungseinheit 18 (oder mehreren solchen Beleuchtungseinheiten), angepasst an die 2,54 m-Brennweite und an 10 km-Beobachtungsdistanz mit entsprechend kleinerer Strahlungsleistung angebracht.
20

Die Fig. 2 und 3 zeigen das bei der in Fig. 1 dargestellten Multispektralaufklärungskamera eingesetzte Multispektralbeleuchtungssystem detaillierter. Hierbei zeigt Fig. 2 wieder lediglich das prinzipielle optische Design, wohingegen in Fig. 3
25 einige der optischen Komponenten als solche eingezeichnet sind.

Die Lichtquellen des IR-Beleuchtungssystems sind bei dem System drei Gruppen von jeweils 18 Diodenlasern 24 für jede der oben genannten Wellenlängen (0,98 μm ; 1,48 μm ; 1,55 μm) mit vorzugsweise je 20 bis 30 W Lichtleistung mit einer

Glasfaserauskopplung 38 mit einem Durchmesser 39 (Fig. 3) von vorzugsweise etwa 0,375 mm.

Die Austrittspupille 25 der Glasfaseranordnung bzw. Glasfaserauskopplung 38 ist
5 in der Fokusposition des reellen Objektbildes in der betreffenden Beleuchtungseinheit angeordnet. An dieser Position ist für jede Spektralfarbe jeweils eine Halterung mit den frontalen Abmessungen des CCD-Chips (9,6 x 7,7 mm) an der Stirnseite, die 18 Bohrungen 41 (siehe Teildarstellung in Fig. 3 unten) mit jeweils 1,8 mm Durchmesser aufweist, angebracht. In jeder Bohrung ist jeweils eine Auskopplungsoptik (wie in der Hauptdarstellung von Fig. 3 dargestellt) für jeweils eine der
10 Glasfasern der Glasfaseranordnung 38 (Fig. 3) eingefügt.

Aus der Austrittspupille 25 mit 0,375 mm Durchmesser tritt der Laserstrahl mit einem Divergenzwinkel 30 (Fig. 2) von $16,2^\circ$ aus. Dieser wird mit einer Linse 27
15 (Fig. 2 und Fig. 3) in einen kollimierten Parallelstrahl 31 (Fig. 2 und Fig. 3) mit einem Durchmesser 32 (Fig. 2 und Fig. 3) von 1,7 mm umgesetzt. Die Glasfaserkollimationsoptik besitzt einen Aperturdurchmesser 40 (Fig. 3).

Dieser Parallelstrahl wird von einer weiteren Linse 28 (Fig. 2 und Fig. 3) auf den
20 Primärspiegel 4 (Durchmesser 32 cm bzw. 12,5 Zoll), siehe auch den Ort 26 in Fig. 2 und Fig. 3, als Austrittspupille 26 (Fig. 2) in einer Fokusdistanz 33 (Fig. 2 und Fig. 3) von 22,86 m abgebildet. Dadurch wird ein so genanntes kritisches Beleuchtungssystem implementiert, das die Beleuchtungsenergie multipler Lichtquellen theoretisch (keine Transmissionsverluste) ohne Verluste auf das Zielobjekt
25 projiziert. Im Beleuchtungsstrahlengang ist ein Barlowlinsensystem (bzw. "Fluorite-Flatfield-Converter") 37 (Fig. 2) angeordnet.

Eine Fokusslänge 36 (Fig. 2) der Linse 27 (Fig. 2 und Fig. 3) beträgt dabei 5,98 mm. Eine dem nahezu entsprechende Montagedistanz 36 (Fig. 3) beträgt 5,96

mm. Eine Montagedistanz 35 (Fig. 2 und Fig. 3) der zweiten Linse 28 kann in gewissen Grenzen frei gewählt werden.

Bezugszeichenliste

1	Zielobjekt
2	reelles Bild (des Zielobjektes)
5	3 Sichtlinie
	4 Primärspiegel
	5 Sekundärspiegel
	6 Barlowlinsensystem bzw. Fluorite-Flatfield-Converter
	7 Zentralstrahl
10	8 oberer Randstrahl
	9 unterer Randstrahl
	10 Fokuslänge
	11 Laserbeleuchtungseinheiten
	12 Beleuchtungspulse
15	13 halbdurchlässiger Spiegel
	14 Zielverfolgungsspiegel
	15 elektronisch schaltbarer Spiegel
	16 Position
	17 zweite CCD-Kamera
20	18 zweite Beleuchtungseinheit(en)
	19 Bildstabilisierungs- und Derotationseinheit
	20 Drehbeschleunigungsmesseinheit
	21 Blockierfilter
	22 CCD-Kamera
25	23 Hochgeschwindigkeitsverschlussystem
	ST elektronische Steuereinheit
	24 Laserdioden
	25 Glasfaser-Austrittspupille
	26 Primärspiegel-Austrittspupille

	27	erste Sammellinse
	28	zweite Sammellinse
	29	Ort des Primärspiegels
	30	Divergenzwinkel
5	31	kollimierter Parallelstrahl
	32	Durchmesser des Parallelstrahls
	33	Fokusbildung
	34	optische Achse
	35	Montagedistanz
10	36	Fokusbildung (der ersten Sammellinse)
	37	Barlowlinsensystem bzw. Fluorite-Flatfield-Converter
	38	Glasfaseranordnung
	39	Durchmesser bzw. Querausdehnung
	40	Aperturdurchmesser der Glasfaserkollimationsoptik
15	41	Glasfaserenden

Patentansprüche

1. Kamerasystem zur Beobachtung von Objekten (1) in mehr als 5 km Entfernung, insbesondere bei Nacht, Dunst, Staub oder Regen, umfassend:

5

- optional einen oder mehrere verschwenkbare Zielverfolgungsspiegel (14) zur Einstellung einer Sichtlinie (3) des Kamerasystems,

10

- einen konkaven Primärspiegel (4) mit einer Brennweite von mehr als 1 m und einen konvexen Sekundärspiegel (5), die zusammen ein Spiegelteleskop (4, 5, 6) ausbilden,

15

- einen in der Bildebene des Spiegelteleskopes (4, 5, 6) angeordneten IR-empfindlichen elektronischen Bildsensor (22),

- ein steuerbares Hochgeschwindigkeitsverschlussystem (23) für den Bildsensor (22),

20

- steuerbare IR-Beleuchtungsmittel (11) zur Beleuchtung des zur beobachtenden Objektes (1) durch schmalbandige IR-Beleuchtungspulse (12) mehrerer verschiedener Farben, und

25

- eine Steuereinrichtung (ST), ausgebildet zur koordinierten Ansteuerung der IR-Beleuchtungsmittel (11) und des Hochgeschwindigkeitsverschlussystems (23), um mittels des Bildsensors (22) multispektrale, gemäß einer "Gated-View"-Technik aufgenommene Bilder zu erfassen.

2. Kamerasystem nach Anspruch 1, wobei die Farben der IR-Beleuchtungspulse (12) im NIR-Bereich liegen.
3. Kamerasystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Primärspiegel (4) elliptisch gewölbt und der Sekundärspiegel (5) sphärisch gewölbt ist.
4. Kamerasystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die IR-Beleuchtungsmittel (11) ein multispektrales Lasersystem umfassen.
5. Kamerasystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die IR-Beleuchtungsmittel (11) für jede der verschiedenen Farben jeweils eine flächig ausgedehnte IR-Quelle (25) umfassen, welche mittels des Spiegelteleskops (4, 5, 6) auf das zu beobachtende Objekt (1) abgebildet wird.
6. Verfahren zur Beobachtung von Objekten (1) in mehr als 5 km Entfernung, insbesondere bei Nacht, Dunst, Staub oder Regen, mittels eines Kamerasystems umfassend
 - optional einen oder mehrere verschwenkbare Zielverfolgungsspiegel (14) zur Einstellung einer Sichtlinie (3) des Kamerasystems,
 - einen konkaven Primärspiegel (4) mit einer Brennweite von mehr als 1 m und einen konvexen Sekundärspiegel (5), die zusammen ein Spiegelteleskop (4, 5, 6) ausbilden,
 - optional ein Barlowlinsensystem (6) für das Spiegelteleskop (4, 5, 6),

- einen in der Bildebene des Spiegelteleskopes (4, 5, 6) angeordneten IR-empfindlichen elektronischen Bildsensor (22),
 - ein steuerbares Hochgeschwindigkeitsverschlussystem (23) für den
5 Bildsensor (22), und
 - steuerbare IR-Beleuchtungsmittel (11) zur Beleuchtung des zur beobachtenden Objektes (1) durch schmalbandige IR-Beleuchtungspulse (12) mehrerer verschiedener Farben,
10 durch eine koordinierte Ansteuerung der IR-Beleuchtungsmittel (11) und des Hochgeschwindigkeitsverschlussystems (23), um mittels des Bildsensors (22) multispektrale, gemäß einer "Gated-View"-Technik aufgenommene Bilder zu erfassen.
- 15
7. Verfahren nach Anspruch 6, durchgeführt bei einem Abstand zwischen Kamerasystem und damit beobachteten Objekt (1) von mindestens 10 km, insbesondere mindestens 20 km.
 - 20 8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei die IR-Beleuchtungsmittel (11) derart angesteuert werden, dass die Dauer der IR-Beleuchtungspulse (12) jeweils kleiner als die zum Zurücklegen der Strecke vom Kamerasystem zum beobachteten Objekt (1) und zurück benötigte Zeit ist.
 - 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei die IR-Beleuchtungsmittel (11) derart angesteuert werden, dass die Dauer der IR-Beleuchtungspulse (12) jeweils größer als 40 %, insbesondere größer als 60 %, der zum Zurücklegen der Strecke vom Kamerasystem zum beobachteten Objekt (1) und zurück benötigten Zeit ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei die IR-Beleuchtungsmittel (11) derart angesteuert werden, dass die verschiedenfarbigen IR-Beleuchtungspulse zyklisch alternierend ausgesendet werden.

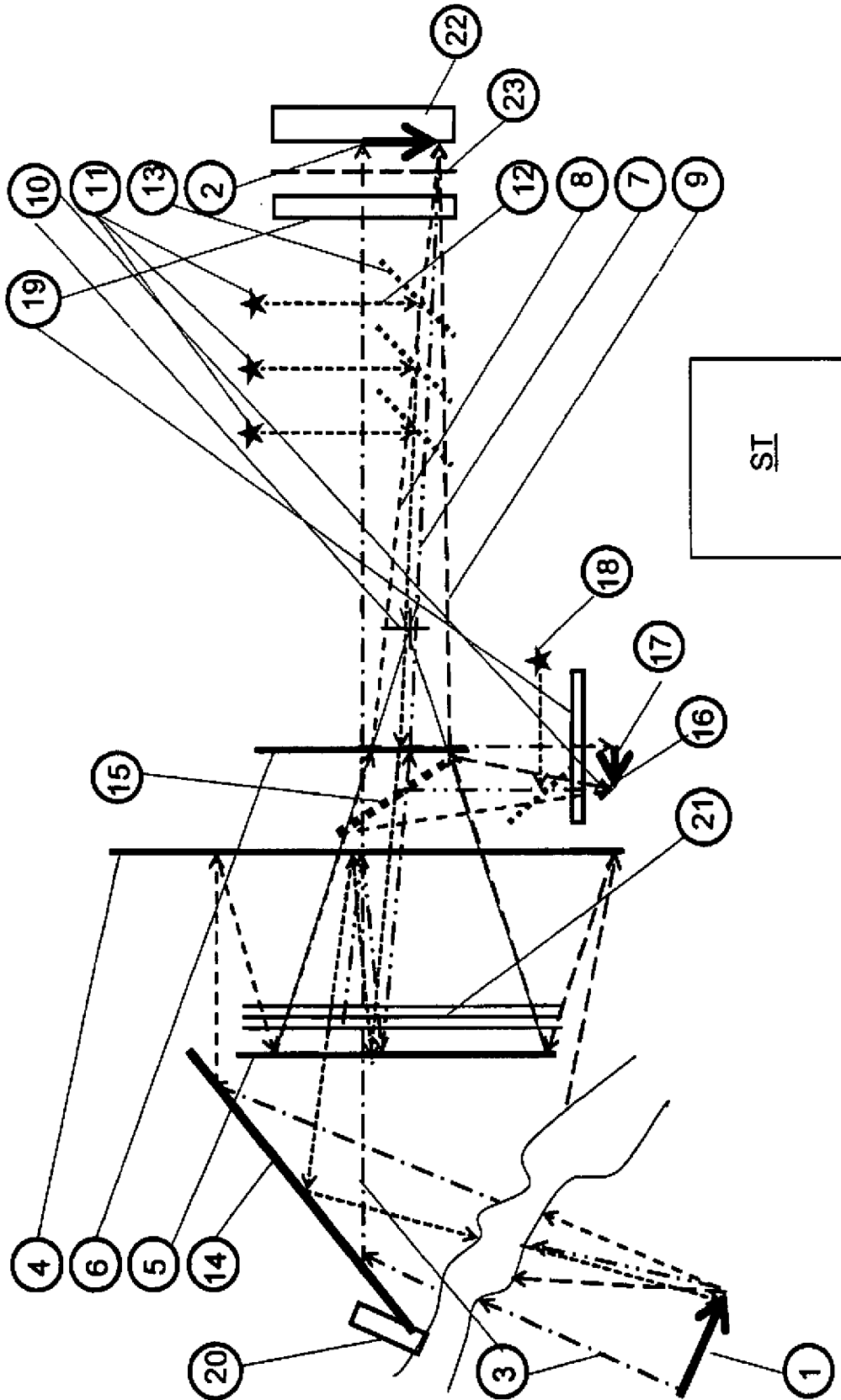


Fig. 1

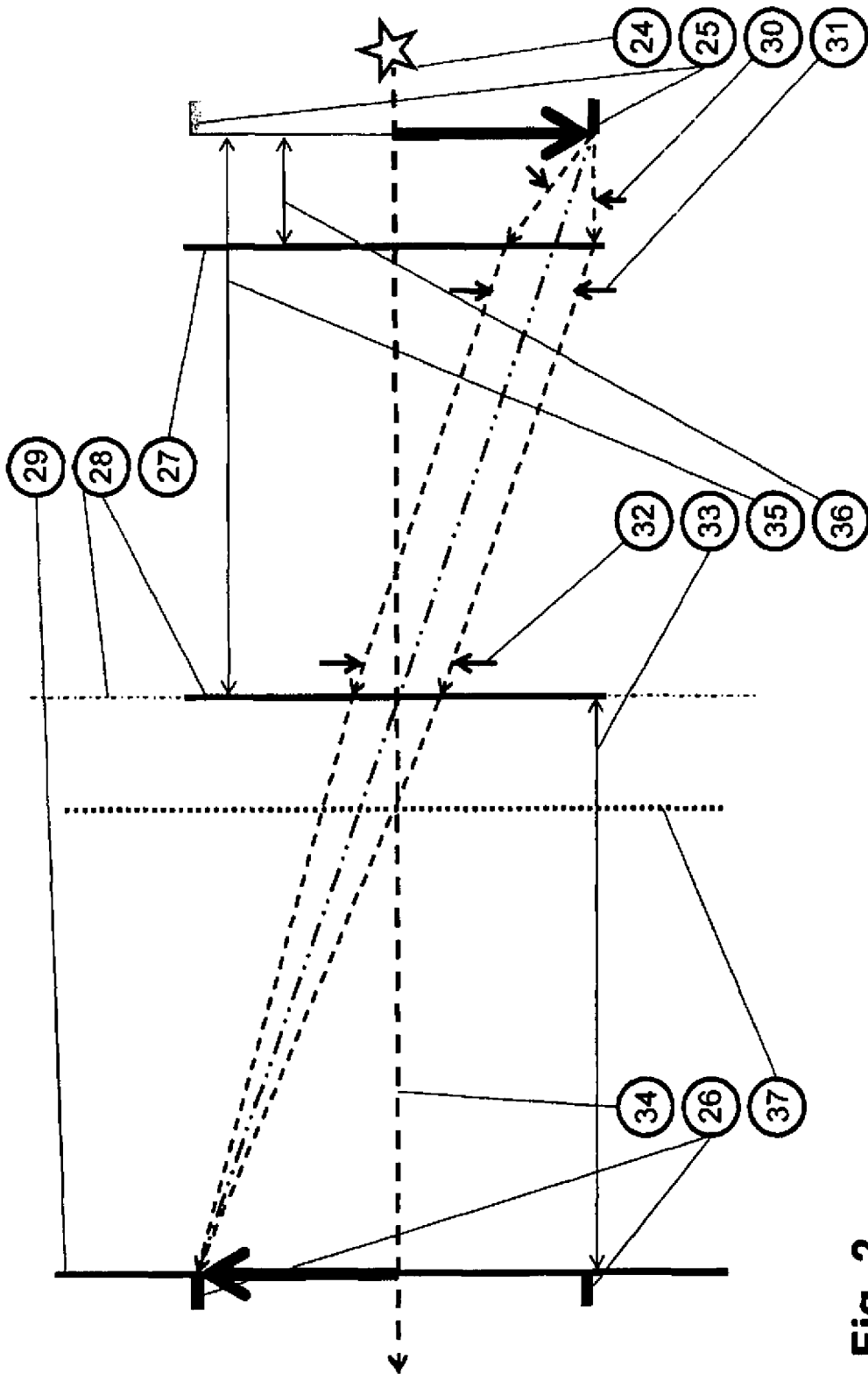


Fig. 2

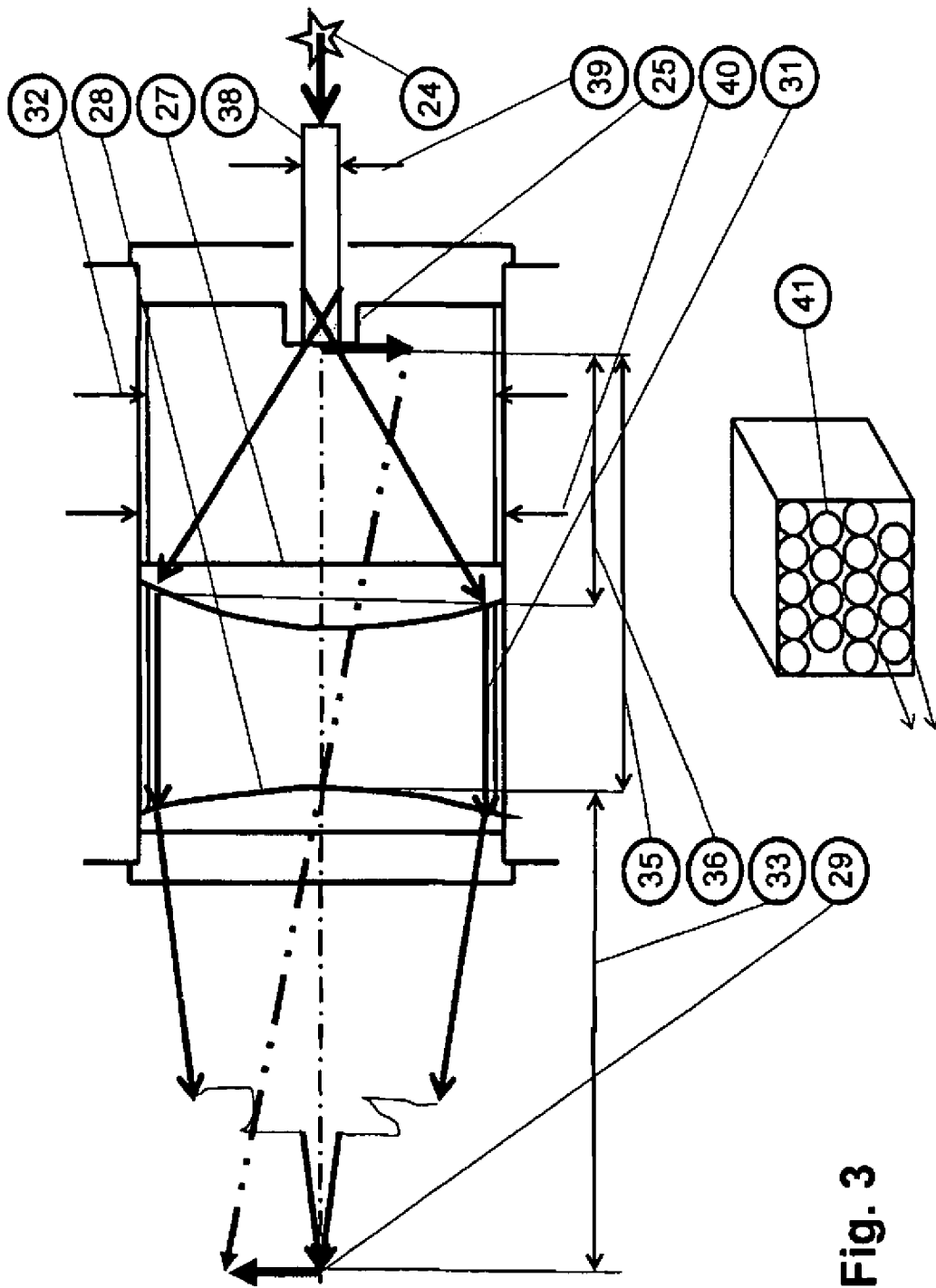


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2012/000094

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G03B15/00 G03B15/03 G01S7/481 G02B13/14 G02B17/08
 H04N5/33 G01S7/487 G01C11/02 F41G1/36
 ADD.
 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)
 G03B G01S G02B H04N G01C F41G

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/119020 A1 (BODKIN ANDREW [US]) 24 June 2004 (2004-06-24) pages 1-2, paragraph 50; figure 6 -----	1-9
A	US 6 091 905 A (YAHAV GIORA [IL] ET AL) 18 July 2000 (2000-07-18) columns 3-4 -----	1-9
A	WO 2008/154736 A1 (LEDDARTECH INC [CA]; MIMEAULT YVAN [CA]; CANTIN DANIEL [CA]) 24 December 2008 (2008-12-24) page 12, lines 12-23 -----	1-9
A	EP 1 122 791 A2 (ASTRIUM GMBH [DE] EADS ASTRIUM GMBH [DE]) 8 August 2001 (2001-08-08) paragraph [0033] -----	1-9
	-/--	

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	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"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
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 5 July 2012	Date of mailing of the international search report 18/07/2012
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Rückerl, Ralph
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2012/000094

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 646 799 B1 (KORNISKI RONALD JAMES [US] ET AL) 11 November 2003 (2003-11-11) column 8, line 62 - column 9, line 1 columns 3-5 -----	1-9
A	WO 2006/083349 A2 (SCIENCE & ENGINEERING SERVICES [US]; LEE HYO SANG [US]; HWANG IN HEON) 10 August 2006 (2006-08-10) page 12, lines 8-9 page 11, lines 8-17 -----	1-9
A	US 2010/208244 A1 (EARHART RONALD P [US] ET AL) 19 August 2010 (2010-08-19) paragraphs [0029] - [0042], [0085], [0086] -----	1-9
A	US 2004/004707 A1 (DEFLUMERE MICHAEL E [US]) 8 January 2004 (2004-01-08) paragraphs [0033] - [0037]; figure 5 -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2012/000094

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004119020	A1	24-06-2004	US 2004119020 A1 24-06-2004
			US 2006208193 A1 21-09-2006

US 6091905	A	18-07-2000	AU 6135996 A 22-01-1997
			AU 6136096 A 22-01-1997
			CN 1194056 A 23-09-1998
			CN 1253636 A 17-05-2000
			CN 1437063 A 20-08-2003
			DE 69635858 T2 30-11-2006
			DE 69635891 T2 14-12-2006
			EP 0835460 A2 15-04-1998
			EP 0886790 A2 30-12-1998
			JP 3869005 B2 17-01-2007
			JP 4808684 B2 02-11-2011
			JP H11508359 A 21-07-1999
			JP H11508371 A 21-07-1999
			JP 2007333746 A 27-12-2007
			JP 2008003099 A 10-01-2008
			JP 2008014955 A 24-01-2008
			JP 2008047925 A 28-02-2008
			JP 2009122119 A 04-06-2009
			JP 2011039076 A 24-02-2011
			US 6057909 A 02-05-2000
			US 6091905 A 18-07-2000
			WO 9701111 A2 09-01-1997
			WO 9701112 A2 09-01-1997

WO 2008154736	A1	24-12-2008	CA 2691138 A1 24-12-2008
			EP 2160629 A1 10-03-2010
			JP 2010529932 A 02-09-2010
			US 2010191418 A1 29-07-2010
			WO 2008154736 A1 24-12-2008

EP 1122791	A2	08-08-2001	AT 369627 T 15-08-2007
			DE 10004891 A1 30-08-2001
			EP 1122791 A2 08-08-2001
			JP 2001284567 A 12-10-2001
			US 2001020671 A1 13-09-2001

US 6646799	B1	11-11-2003	US 6646799 B1 11-11-2003
			US 2003218801 A1 27-11-2003
			US 2005205784 A1 22-09-2005

WO 2006083349	A2	10-08-2006	US 2006231771 A1 19-10-2006
			WO 2006083349 A2 10-08-2006

US 2010208244	A1	19-08-2010	EP 2429858 A1 21-03-2012
			US 2010208244 A1 19-08-2010
			WO 2010132238 A1 18-11-2010

US 2004004707	A1	08-01-2004	AU 2003304362 A1 04-02-2005
			EP 1595109 A2 16-11-2005
			US 2004004707 A1 08-01-2004
			WO 2005008197 A2 27-01-2005

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2012/000094

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES					
INV.	G03B15/00	G03B15/03	G01S7/481	G02B13/14	G02B17/08
	H04N5/33	G01S7/487	G01C11/02	F41G1/36	
ADD.					
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC					

B. RECHERCHIERTER GEBIETE
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G03B G01S G02B H04N G01C F41G

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2004/119020 A1 (BODKIN ANDREW [US]) 24. Juni 2004 (2004-06-24) Seiten 1-2, Absatz 50; Abbildung 6 -----	1-9
A	US 6 091 905 A (YAHAV GIORA [IL] ET AL) 18. Juli 2000 (2000-07-18) Spalten 3-4 -----	1-9
A	WO 2008/154736 A1 (LEDDARTECH INC [CA]; MIMEAULT YVAN [CA]; CANTIN DANIEL [CA]) 24. Dezember 2008 (2008-12-24) Seite 12, Zeilen 12-23 -----	1-9
A	EP 1 122 791 A2 (ASTRIUM GMBH [DE] EADS ASTRIUM GMBH [DE]) 8. August 2001 (2001-08-08) Absatz [0033] ----- -/--	1-9

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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
5. Juli 2012	18/07/2012

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 Rückerl, Ralph
--	---

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 646 799 B1 (KORNISKI RONALD JAMES [US] ET AL) 11. November 2003 (2003-11-11) Spalte 8, Zeile 62 - Spalte 9, Zeile 1 Spalten 3-5	1-9
A	----- WO 2006/083349 A2 (SCIENCE & ENGINEERING SERVICES [US]; LEE HYO SANG [US]; HWANG IN HEON) 10. August 2006 (2006-08-10) Seite 12, Zeilen 8-9 Seite 11, Zeilen 8-17	1-9
A	----- US 2010/208244 A1 (EARHART RONALD P [US] ET AL) 19. August 2010 (2010-08-19) Absätze [0029] - [0042], [0085], [0086]	1-9
A	----- US 2004/004707 A1 (DEFLUMERE MICHAEL E [US]) 8. Januar 2004 (2004-01-08) Absätze [0033] - [0037]; Abbildung 5	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2012/000094

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004119020 A1	24-06-2004	US 2004119020 A1 US 2006208193 A1	24-06-2004 21-09-2006
US 6091905 A	18-07-2000	AU 6135996 A AU 6136096 A CN 1194056 A CN 1253636 A CN 1437063 A DE 69635858 T2 DE 69635891 T2 EP 0835460 A2 EP 0886790 A2 JP 3869005 B2 JP 4808684 B2 JP H11508359 A JP H11508371 A JP 2007333746 A JP 2008003099 A JP 2008014955 A JP 2008047925 A JP 2009122119 A JP 2011039076 A US 6057909 A US 6091905 A WO 9701111 A2 WO 9701112 A2	22-01-1997 22-01-1997 23-09-1998 17-05-2000 20-08-2003 30-11-2006 14-12-2006 15-04-1998 30-12-1998 17-01-2007 02-11-2011 21-07-1999 21-07-1999 27-12-2007 10-01-2008 24-01-2008 28-02-2008 04-06-2009 24-02-2011 02-05-2000 18-07-2000 09-01-1997 09-01-1997
WO 2008154736 A1	24-12-2008	CA 2691138 A1 EP 2160629 A1 JP 2010529932 A US 2010191418 A1 WO 2008154736 A1	24-12-2008 10-03-2010 02-09-2010 29-07-2010 24-12-2008
EP 1122791 A2	08-08-2001	AT 369627 T DE 10004891 A1 EP 1122791 A2 JP 2001284567 A US 2001020671 A1	15-08-2007 30-08-2001 08-08-2001 12-10-2001 13-09-2001
US 6646799 B1	11-11-2003	US 6646799 B1 US 2003218801 A1 US 2005205784 A1	11-11-2003 27-11-2003 22-09-2005
WO 2006083349 A2	10-08-2006	US 2006231771 A1 WO 2006083349 A2	19-10-2006 10-08-2006
US 2010208244 A1	19-08-2010	EP 2429858 A1 US 2010208244 A1 WO 2010132238 A1	21-03-2012 19-08-2010 18-11-2010
US 2004004707 A1	08-01-2004	AU 2003304362 A1 EP 1595109 A2 US 2004004707 A1 WO 2005008197 A2	04-02-2005 16-11-2005 08-01-2004 27-01-2005