

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Anmeldenummer: GM 379/2015 (51) Int. Cl.: **G02B 5/02** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 22.12.2015 **F21V 5/00** (2018.01)
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.04.2020 **B23K 26/359** (2014.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2020

(30) Priorität:
15.10.2015 DE 102015220074.4 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
US 2006138102 A1
JP 2010269435 A

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
Zumtobel Lighting GmbH
6850 Dornbirn (AT)

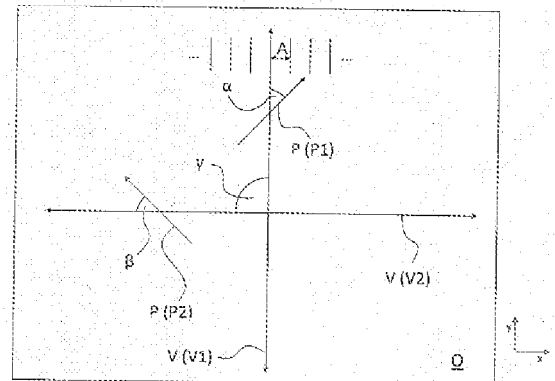
(74) Vertreter:
Jäger Andreas Ing., Eckbauer Verena Dipl.Ing.
(FH)
6850 Dornbirn (AT)

(54) **Verfahren zur Herstellung einer Streuoptik sowie Streuoptik und Leuchte mit Streuoptik**

(57) Diese Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Streuoptik (SO) mit Streustruktur (S) für Leuchten, aufweisend die folgenden Schritte:

Bereitstellen eines Optikelements (O), bearbeiten des Optikelements (O) zur Bildung der Streustruktur (S) mittels Laser in wenigstens zwei Bearbeitungsschritten, wobei bei dem ersten Bearbeitungsschritt der Laser das Optikelement (O) entlang einer ersten Verfahrrichtung (V1) relativ zum Optikelement (O) abfährt, welche in einem definierten Winkel α zur Polarisationsrichtung (P, P1) des Lasers steht, und bei dem zweiten Bearbeitungsschritt der Laser das Optikelement (O) entlang einer zweiten Verfahrrichtung (V2) relativ zum Optikelement (O) abfährt, welche in einem definierten Winkel β zur Polarisationsrichtung (P, P2) des Lasers und in einem Winkel $\gamma > 0^\circ$ relativ zur ersten Verfahrrichtung (V1) bzgl. des Optikelements (O) steht.

Fig. 13



Beschreibung

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER STREUOPTIK SOWIE STREUOPTIK UND LEUCHE MIT STREUOPTIK

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Streuoptik mit Streustruktur für Leuchten. Ebenso betrifft die vorliegende Erfindung eine entsprechende Streuoptik sowie eine Leuchte aufweisend die Streuoptik und ein Leuchtmittel, welches zur Lichtabgabe optisch mit der Streuoptik zusammenwirkt.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind grundsätzlich Leuchten und insbesondere LED-Leuchten bekannt. Je nach Aufbau und Einsatzzweck einer LED-Leuchte ist es notwendig, das von der einzelnen LED abgestrahlte Licht diffus zu streuen. Primär sollen damit Farbbränder eliminiert werden. Zum Beispiel bei „tuneable-white“ Lösungen, bei denen verschiedenfarbige LEDs mit unterschiedlicher Intensität betrieben werden können, dient eine solche Diffusoroptik außerdem der Farbmischung und verhindert das Entstehen farbiger Schatten.

[0003] Es ist zudem aus dem Stand der Technik bekannt, dass Oberflächen mittels Laser bearbeitet werden können, um der Oberfläche eine mehr oder weniger definierte Struktur zu verleihen. Als Beispiel seien hier Nanostrukturen auf der Oberfläche von Solarkollektoren zur breitbandigen Entspiegelung derselben genannt.

[0004] Mittels entsprechender Laserbearbeitung lassen sich leicht wellenförmige oder kuppelartige Mikrostrukturen auf der Oberfläche erzeugen, die bei Verwendung mit Leuchten ähnlich einem Beugungsgitter oder Mikrolinsenarray das Licht beugen und zu einer der geometrischen Verteilung der Mikrostrukturen konformen räumlichen Lichtverteilung führen. Verwendet man einen Nanosekundenlaser (ns-Laser) zur Ablation, erhalten diese Mikrostrukturen eine durch unregelmäßige Aufschmelzung und Spannungsrisse bedingte Oberflächenrauigkeit, wie dies in Figur 1 dargestellt ist, und das Licht wird bei entsprechend eingebrachten Mikrostrukturen zusätzlich diffus gestreut. Das entstandene Beugungsbild wird insgesamt weicher und gleichmäßiger, es zeichnet sich jedoch das Beugungsbild der Streugeometrie noch immer merklich sichtbar ab, so dass keine ausreichend homogene Lichtverteilung erreicht werden kann.

[0005] In weiteren Versuchen wurden zur Ablation ein Pikosekundenlaser (ps-Laser) und auch ein Femtosekundenlaser (fs-Laser) verwendet. Bei Verwendung dieser Laser entstehen bei den eingesetzten Materialien an der Oberfläche Strukturen mit einer Dimension von einigen hundert Nanometern - also Nanostrukturen - welche in der Literatur auch als Ripple oder LIPSS (Laser Induced Periodic Surface Structures; Laser-induzierte periodische Oberflächenstruktur) bezeichnet werden. Die Längsachsen dieser Ripple sind bei Materialien wie Metallen und Halbleitern größtenteils quer zur Polarisationsrichtung eines linear polarisierten Lasers orientiert. Bewegt sich der Schreibstrahl des Lasers nun parallel zur Polarisationsrichtung, so entsteht ein streifenförmiges Ripple-Muster, wie beispielsweise in Figur 2 dargestellt (Laser linear polarisiert in Y-Richtung; Scanrichtung in Y-Richtung). Bei dem streifenförmigen Ripple-Muster sind die einzelnen Ripple-Bahnen klar gegeneinander abgegrenzt. Wird der Schreibstrahl quer bzw. senkrecht zur Polarisationsrichtung, also parallel zur Ripple-Richtung, geführt, so bildet sich ein mehr zusammenhängendes Gittermuster aus, wie dies beispielhaft in Figur 3 dargestellt ist (Laser linear polarisiert in Y-Richtung; Scanrichtung in X-Richtung). Die Gitterkonstante der so erzeugten LIPSS liegt bei ca. 800 nm für einen 1040 nm Laser und deutlich darunter für einen 520 nm Laser.

[0006] Bei Materialien, welche insbesondere für Leuchtenoptiken verwendet werden - wie insbesondere Glas - verhält es sich mit der Ausrichtung der Längsachsen der durch Laserbeeinflussung entstehenden Ripple zur Polarisationsrichtung eines linear polarisierten Lasers genau anders herum. Bewegt sich der Schreibstrahl des Lasers also parallel zur Polarisationsrichtung, so entsteht ein mehr zusammenhängendes Gittermuster. Dies ist beispielhaft in den Figuren 5 und 6 gezeigt, welche eine Glasoberfläche zeigen, die mit linear in X-Richtung polarisiertem Laser bei Scanrichtung ebenfalls in X-Richtung bearbeitet wurde. Bewegt sich der

Schreibstrahl quer zur Polarisationsrichtung, so entsteht ein streifenförmiges Ripple-Muster. Dies ist beispielhaft in Figur 7 dargestellt, welche eine Glasoberfläche zeigt, die mit linear in X-Richtung polarisiertem Laser bei Scanrichtung in Y-Richtung bearbeitet wurde.

[0007] Aus dem Stand der Technik ist es bisher nicht bekannt, die vorbezeichneten Mikro- und Nanostrukturen für Optiken für Leuchten und insbesondere als breitbandiges Streumittel für Beleuchtungszwecke zu verwenden.

[0008] Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Streuoptik mit mittels Lasern gebildeter Streustruktur (Mikro- und Nanostrukturen) für Leuchten optimiert auszubilden bzw. bereitzustellen.

[0009] Die Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Die abhängigen Ansprüche bilden den zentralen Gedanken der Erfindung in besonders vorteilhafter Weise weiter.

[0010] Gemäß einem ersten Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Streuoptik mit Streustruktur für Leuchten. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf: Bereitstellen eines Optikelements, und Bearbeiten des Optikelements zur Bildung der Streustruktur mittels Laser in wenigstens zwei Bearbeitungsschritten. Bei dem ersten Bearbeitungsschritt fährt der Laser das Optikelement entlang einer ersten Verfahrrichtung relativ zum Optikelement ab, wobei die Verfahrrichtung in einem definierten Winkel α zur Polarisationsrichtung des Lasers steht. Unter der Verfahrrichtung „relativ“ zum Optikelement wird grundsätzlich eine Relativbewegung zwischen Laser bzw. Laserstrahl und Optikelement verstanden, wobei es unerheblich ist, ob nur der Laser bewegt wird, nur das Optikelement bewegt wird, oder beide relativ zueinander bewegt werden. Bei dem zweiten Bearbeitungsschritt fährt der Laser das Optikelement entlang einer zweiten Verfahrrichtung relativ zum Optikelement ab, wobei die Verfahrrichtung in einem definierten Winkel β zur Polarisationsrichtung des Lasers und in einem Winkel $\gamma > 0^\circ$ relativ zur ersten Verfahrrichtung bezüglich des Optikelements steht.

[0011] Erfindungsgemäß werden somit mehrere Bearbeitungsschritte bzw. Scanschritte mit dem Laser durchgeführt, wobei sich die jeweiligen Verfahrrichtungen bzw. -ausrichtungen kreuzen; also die Scanrichtung als auch bevorzugt die Polarisationsrichtung relativ zum Werkstück geändert werden. Anstelle der zuvor beschriebenen und aus dem Stand der Technik bekannten Gitterstruktur bilden sich in diesem Fall wenige hundert Nanometer große Noppen aus, wie sie beispielsweise in Figur 4 gezeigt sind. Figur 4 zeigt hierbei ein (Glas-)Optikelement, welches durch zweimaliges Scannen mit dazwischen (leicht) geänderter Polarisationsrichtung und Scanrichtung bearbeitet wurde. Durch das sich kreuzende Abfahren bzw. Scannen des Lasers kann eine sich in gewissen Grenzen beeinflussbare Regelmäßigkeit der Oberflächenstruktur - also der Mikro- und Nanostruktur - erzielt werden. Die so erzeugte Streustruktur mit sich überlagernder Mikro- und Nanostruktur führt zu einer Streuoptik mit homogener Lichtverteilung, bei der sich das Beugungsbild der Streugeometrie nicht oder nicht mehr merklich sichtbar abbildet.

[0012] Vorzugsweise ändert sich die Ausrichtung der Polarisationsrichtung relativ zu den jeweiligen Verfahrrichtungen des Lasers nicht. Die Polarisationsrichtungen der jeweiligen Verfahrrichtungen stehen somit ebenfalls in einem Winkel γ zueinander, so dass entsprechend gezielt definierte Mikro- und Nanostrukturen für die Streustruktur erzielt werden können.

[0013] In einer bevorzugten Ausgestaltungsform beträgt der Winkel α zwischen 40° und 50° und vorzugsweise 45° . Ebenso kann der Winkel β zwischen 40° und 50° und vorzugsweise 45° betragen. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltungsform ist der Winkel α gleich dem Winkel β und diese betragen höchst vorzugsweise 45° . Auf diese Weise kann eine besonders bevorzugte, weitestgehend definierte Mikro- und Nanostruktur erzielt werden, welche im Wesentlichen gleichmäßig ausgebildete Noppenstrukturen bildet, auf der die durch die Erstreckung der LIPSS gebildete Nanostruktur bevorzugt definiert ausgerichtet und ausgebildet ist, um eine besonders homogene Lichtverteilung zu erzeugen.

[0014] Der Winkel γ kann bevorzugt größer als 45° und besonders bevorzugt 90° betragen. Insbesondere im Zusammenhang mit entsprechend definierten Winkeln α und β kann somit die

Streustruktur in gewünschter Weise definiert ausgebildet werden, um eine besonders homogene Lichtverteilung zu erzeugen.

[0015] Figur 8 zeigt hierzu eine Streuoptik ausgehend von einem (Glas-)Optikelement, dessen Oberfläche bei einer Scanrichtung in X-Richtung im ersten Bearbeitungsschritt und in Y-Richtung im zweiten Bearbeitungsschritt bei konstant linear in X-Richtung polarisiertem Laser bearbeitet wurde; also $\gamma = 90^\circ$ (hier bei ungefähr $\alpha = 0^\circ$ und $\beta = 90^\circ$).

[0016] Figuren 9 und 10 zeigen eine besonders bevorzugt hergestellte Streuoptik ausgehend von einem (Glas-)Optikelement, dessen Oberfläche bei einer Scanrichtung in X-Richtung im ersten Bearbeitungsschritt und linear im 45° -Winkel (also $\alpha = 45^\circ$) zur X-Richtung polarisiertem Laser sowie bei einer Scanrichtung in Y-Richtung im zweiten Bearbeitungsschritt und linear im 45° -Winkel (also $\beta = 45^\circ$) zur X-Richtung polarisiertem Laser bearbeitet wurde (siehe auch schematische Darstellung der Figur 13). Zwischen den beiden Bearbeitungsschritten werden also Optikelement und Laser relativ zueinander um 90° gedreht und die Verfahrrichtungen stehen ebenfalls im 90° Winkel zueinander. Hierbei entsteht eine besonders bevorzugte Nanostruktur auf einer kuppelartigen Mikrostruktur, welche im Weiteren noch näher beschrieben ist.

[0017] Es versteht sich, dass das erfindungsgemäße Verfahren auch mehr als zwei entsprechende Bearbeitungsschritte aufweist, wobei wenigstens zwei dieser Bearbeitungsschritte erfindungsgemäß durchgeführt werden sollen. Sollten mehr als zwei Bearbeitungsschritte vorgesehen sein, so ergibt sich für die weiteren bevorzugt eine Definition vergleichbar der des zweiten Bearbeitungsschrittes angewandt auf wenigstens einen, mehrere oder alle anderen vorhergehenden Bearbeitungsschritte.

[0018] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltungsform werden zwischen den (beiden) Bearbeitungsschritten das Optikelement und/oder der Laser, also dessen Polarisationsrichtung, und/oder die Verfahrrichtung des Lasers gedreht - also insbesondere eine Relativedrehung zueinander durchgeführt - um die vorgegebenen Winkel α , β und γ zu erzielen.

[0019] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltungsform kreuzen sich die durch den Laserinduzierten periodischen Oberflächenstrukturen (LIPSS) der unterschiedlichen Bearbeitungsschritte einander, so dass eine bevorzugte Kuppelstruktur erzielt werden kann.

[0020] Je Verfahrrichtung können die durch den Laser induzierten periodischen Oberflächenstrukturen (LIPSS) eine Gitterkonstante von $\Lambda \leq 800$ nm aufweisen.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltungsform fährt der Laser das Optikelement je Verfahrrichtung mehrfach mit parallelem Versatz der jeweiligen Verfahrwege ab. Es werden also je Bearbeitungsschritt mehrere parallel zueinander ausgerichtete Verfahrwege bzw. Scanwege durchgeführt. Auf diese Weise wird es ermöglicht, die Streustruktur auf einem definierten Bereich des Optikelements zu bilden. Insbesondere bevorzugt wird die Streustruktur auf diese Weise auf der gesamten Oberfläche des Optikelements ausgebildet. Bevorzugt ist der parallele Versatz der einzelnen Verfahrwege (wenigstens je Bearbeitungsschritt) identisch, wobei er jedoch auch unterschiedlich sein kann. Der Versatz liegt bevorzugt im Nanometerbereich. Der parallele Versatz der Verfahrwege je Bearbeitungsschritt kann konstant sein oder sie können voneinander abweichend gewählt sein, wobei vorzugsweise der Versatz des ersten Bearbeitungsschrittes gleich dem Versatz des zweiten Bearbeitungsschrittes gewählt ist oder diese auch voneinander abweichen. Das gleiche gilt auch für eventuell weitere Bearbeitungsschritte.

[0022] Bevorzugt wird als Laser ein Pikosekundenlaser oder ein Femtosekundelaser verwendet, um insbesondere die bevorzugten Nanostrukturen definierte auszubilden.

[0023] Die Verfahrgeschwindigkeit des Lasers während der Bearbeitungsschritte, insbesondere der einzelnen bevorzugten linearen Verfahrwege, ist vorzugsweise konstant, kann jedoch herstellungsbedingt auch in anderer Weise optimiert ausgelegt sein; bspw. kann sie einem vordefinierten oder gesteuerten Verfahrprofil folgen.

[0024] Der Laser hat bevorzugt einen Strahldurchmesser von 10-20 μm , wodurch eine bevorzugte Mikrostruktur bei gleichzeitig bevorzugt überlagerter Nanostruktur (LIPSS) gebildet wer-

den kann.

[0025] Die Polarisierung des Lasers bzw. des Laserstrahls ist vorzugsweise linear. Es wird also ein linear polarisierter Laser verwendet, um eine definierte Polarisationsrichtung bereitzustellen.

[0026] Wie bereits erwähnt, können durch die zwei Bearbeitungsschritte rippen- und besonders bevorzugt kuppelartige Streustrukturen auf der Oberfläche der Streuoptik gebildet werden. Diese Mikrostrukturen überlagern sich verfahrensbedingt mit entsprechenden Nanostrukturen (insbesondere LIPSS) und bilden somit eine gewünschte Streustruktur (Mikro- und Nanostruktur) zur besonders homogenen Lichtverteilung. Die Mikrostrukturen weisen bevorzugt eine gleichbleibende oder veränderte (also in Richtung des jeweiligen Versatzes der Verfahrrichtungen gesehen unterschiedliche) Gitterkonstante auf. Letztere kann beispielsweise aus einer Primzahlkaskade zum Laser gebildet werden und ein definiertes Gitter der Mikrostruktur erzeugen, wie in Figur 12 gezeigt.

[0027] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltungsform sind bei den erzeugten kuppelartigen Streustrukturen die Laser-induzierten periodischen Oberflächenstrukturen (LIPSS) - also die Nanostrukturen - je Kuppel über den Umfang der Kuppel gesehen im Wesentlichen vom Tal der Kuppel zur Spitze der Kuppel ausgerichtet bzw. verlaufen entsprechend. Die einzelnen kuppelartigen Mikrostrukturen weisen folglich bevorzugt eine Art „Zitronenpressenstruktur“ auf, welche durch die Nanostrukturen auf der Mikrostruktur gebildet sind.

[0028] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ferner eine Streuoptik, welche nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist.

[0029] Insbesondere ist gemäß einem weiteren Aspekt die Erfindung auf eine Streuoptik gerichtet, welche eine mittels Laser aufgebrachte kuppelartige Streustruktur auf ihrer Oberfläche aufweist, bei der die Laser-induzierten periodischen Oberflächenstrukturen (LIPSS) je Kuppel über den Umfang der Kuppel gesehen im Wesentlichen vom Teil der Kuppel zur Spitze der Kuppel verlaufen bzw. ausgerichtet sind. Auf diese Weise wird die bereits vorbezeichnete „Zitronenpressenstruktur“ erreicht, welche eine besonders homogene Lichtverteilung der Streuoptik zur Folge hat.

[0030] Die Streuoptik ist bevorzugt aus Glas hergestellt, wobei grundsätzlich auch andere für Streuoptiken insbesondere für Leuchten verwendete Materialien, welche entsprechend mit Laser bearbeitbar sind, denkbar sind.

[0031] Die Strukturen der Streuoptik können im Durchlicht als Streuscheiben dienen und verspiegelt als Streurefektoren eingesetzt werden. Hierzu weist die Streuoptik an der die Streustruktur gegenüberliegenden Oberfläche eine separat vorgesehene oder auf die Oberfläche aufgebrachte Verspiegelung auf. Mit anderen Worten kann an der der Streustruktur gegenüberliegenden Oberfläche der Streuoptik eine Verspiegelung vorgesehen sein bzw. an der der Streustruktur gegenüberliegenden Oberfläche ein Reflektor angeordnet bzw. vorgesehen sein.

[0032] Um einen entsprechenden Streureflektor mit möglichst wenigen Reflektionsverlusten am Spiegel bereitzustellen, bietet sich insbesondere, wie sich herausgestellt hat, eine körnige Struktur mit zufälliger Verteilung unterschiedlicher Korngrößen an, wie sie beispielsweise in Figur 11 dargestellt ist.

[0033] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft somit die Erfindung ferner ein Verfahren zur Herstellung einer Streuoptik mit Streustruktur für Leuchten, aufweisend die Schritte des Bereitstellens eines Optikelements sowie des Bearbeitens des Optikelements zur Bildung der Streustruktur mittels Laser. Für diese Bearbeitung fährt der Laser das Optikelement entlang eines Verfahrwegs mit vorzugsweise durch Rotation wechselnder Verfahrrichtung und/oder Polarisationsrichtung relativ zum Optikelement ab (also bevorzugt rotierende Polarisierung und rotierende Scanrichtung) Wie zuvor bereits beschrieben, handelt es sich hierbei um eine Relativbewegung, die durch beliebige Bewegung der involvierten Elemente erzeugt werden kann.

[0034] Die vorbezeichneten Wechsel können kontinuierlich oder diskontinuierlich durchgeführt werden, um eine entsprechende körnige Struktur mit zufälliger Verteilung unterschiedlicher

Korngröße, wie in Figur 11 dargestellt, zu erzielen.

[0035] Zusätzlich oder alternativ fährt der Laser zur Bearbeitung des Optikelements das Optikelement entlang eines Verfahrwegs relativ zum Optikelement ab, wobei die Gitterkonstante während der Relativbewegung zwischen Laser und Optikelement verändert wird.

[0036] Die Veränderung der Gitterkonstante kann beispielsweise durch eine Primzahlkaskade zum Laser erzielt werden, um beispielsweise eine Struktur wie in Figur 12 dargestellt zu erhalten. Bei der Streuoptik gemäß Figur 12 wurden Merkmale der ersten und dritten Ausführungsform derart kombiniert, dass mehrere (zwei) Bearbeitungsschritte gemäß der ersten Ausführungsform basierend auf der Durchführung gemäß der dritten Ausführungsform mit (hier bei $\gamma = 90^\circ$) sich kreuzenden Verfahrrichtungen umgesetzt werden. Die Streuoptik wird somit ausgehend von einem (Glas-)Optikelement, dessen Oberfläche bei einer Scanrichtung in X-Richtung im ersten Bearbeitungsschritt und in Y-Richtung im zweiten Bearbeitungsschritt bei konstant linear in Y-Richtung polarisiertem Laser und einer Gitterkonstante variabel nach Primzahlkaskade bearbeitet wurde, hergestellt.

[0037] Zusätzlich zu den vorbezeichneten Bearbeitungsschritten kann der Laser ein Laser mit zirkular oder elektrisch polarisiertem Licht sein, um somit die Form der Ripple zu beeinflussen. Insbesondere kann eine beliebige Kombination der vorbezeichneten Bearbeitungsschritte während eines Scans oder bei jeweils aufeinanderfolgenden Scans durchgeführt werden. Insbesondere ist auch eine Kombination des hier bezeichneten Verfahrens mit entsprechenden hierauf anzuwendenden Verfahrensschritten gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung in beliebiger Weise kombinierbar und somit ebenfalls von der Erfindung mit umfasst. Lediglich zur Vermeidung von Wiederholungen wird diesbezüglich auf vorhergehende Ausführungen verwiesen.

[0038] Insbesondere kann beispielsweise an der der Streustruktur gegenüberliegenden Oberfläche der Streuoptik eine Verspiegelung vorgesehen werden bzw. an der der Streustruktur gegenüberliegenden Oberfläche der Streuoptik ein Reflektor vorgesehen werden, um hierdurch einen Streureflektor zu bilden, welcher möglichst wenig Reflektionsverluste am Spiegel aufweist.

[0039] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ferner eine Leuchte aufweisend eine Streuoptik gemäß der vorliegenden Erfindung, welche ferner ein Leuchtmittel aufweist, welches zur Lichtabgabe optisch mit der Streuoptik zusammenwirkt; also diese bevorzugt durchleuchtet.

[0040] Einige Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind in den bereits zuvor beschriebenen Figuren beispielhaft dargestellt. Es zeigen:

[0041] Figur 1: die Oberfläche eines Elements bei Ablation mit Nanosekundenlaser,

[0042] Figur 2: die Oberfläche eines mit einem linear polarisierten Laser in Y-Richtung sowie einer Verfahr- bzw. Scanrichtung ebenfalls in Y-Richtung bearbeiteten Metall- bzw. Halbleiterelements zum Erhalten eines streifenförmigen Ripple-Musters,

[0043] Figur 3: die Oberfläche eines mit einem linear polarisierten Laser in Y-Richtung sowie einer Verfahr- bzw. Scanrichtung des Lasers in X-Richtung bearbeiteten Metall- bzw. Halbleiterelements zur Erzielung eines im Wesentlichen zusammenhängenden Gittermusters,

[0044] Figur 4: eine erfindungsgemäß bearbeitete bzw. hergestellte Oberfläche einer (Glas-)Streuoptik nach zweimaligem Scannen der Oberfläche mittels Laser mit dazwischen leicht geänderter Polarisationsrichtung und Scan- bzw. Verfahrrichtung,

[0045] Figur 5: eine Streuoptik aus Glas, deren Oberfläche mittels Laser mit Polarisationsrichtung in X-Richtung und Scan- bzw. Verfahrrichtung ebenfalls in X-Richtung bearbeitet wurde,

- [0046]** Figur 6: eine vergrößerte Darstellung der in Figur 5 gezeigten Oberfläche,
- [0047]** Figur 7: eine Streuoptik aus Glas, deren Oberfläche mittels Laser mit einer Polarisationsrichtung in X-Richtung sowie einer Scan- bzw. Verfahrrichtung in Y-Richtung bearbeitet wurde,
- [0048]** Figur 8: eine bevorzugte Ausführungsform einer (Glas-)Streuoptik gemäß der vorliegenden Erfindung, deren Oberfläche mittels Laser mit Polarisationsrichtung in X-Richtung sowie einer Scan- bzw. Verfahrrichtung in X-Richtung in einem ersten Bearbeitungsschritt und in Y-Richtung in einem zweiten Bearbeitungsschritt bearbeitet wurde,
- [0049]** Figur 9: eine besonders bevorzugte Ausführungsform einer (Glas-)Streuoptik gemäß der vorliegenden Erfindung, deren Oberfläche bei einer Scanrichtung in X-Richtung im ersten Bearbeitungsschritt und linear im 45°-Winkel zur X-Richtung polarisiertem Laser sowie bei einer Scanrichtung in Y-Richtung im zweiten Bearbeitungsschritt und linear im 45°-Winkel zur X-Richtung polarisiertem Laser bearbeitet wurde,
- [0050]** Figur 10: eine vergrößerte Darstellung der Oberflächenstruktur aus Figur 9 zur Darstellung der kuppelartigen Struktur mit „zitronenpressenartiger“ Ausrichtung der LIPSS,
- [0051]** Figur 11: (Glas-)Streuoptik gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, deren Oberfläche mittels Laser mit rotierender Polarisation sowie rotierender Scan- bzw. Verfahrrichtung hergestellt wurde,
- [0052]** Figur 12: (Glas-)Streuoptik gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, deren Streustruktur mittels Laser mit Polarisation in Y-Richtung sowie Scan- bzw. Verfahrrichtung in X-Richtung einerseits und Y-Richtung andererseits - also mit kreuzenden Verfahrrichtungen - hergestellt wurde, wobei die Gitterkonstante variable nach Primzahlkaskade eingestellt bzw. verändert wurde, und
- [0053]** Figur 13: eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Streuoptik mit einer Oberfläche gemäß Figuren 9 und 10.

[0054] Die erfindungsgemäßen Verfahren, Streuoptiken SO und Leuchten sind zuvor bereits dargestellt worden. Figur 13 zeigt hierzu beispielhaft und schematisch eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung erfindungsgemäßer Streuoptiken SO mit Streustruktur S für Leuchten, insbesondere einer Streuoptik SO gemäß den Figuren 9 und 10. Das erfindungsgemäße Verfahren weist hierzu folgende Schritte auf:

[0055] Zunächst wird ein entsprechendes Optikelement O bereitgestellt, welches bevorzugt aus Glas oder auch einem anderen für eine Leuchtenoptik geeigneten Material hergestellt ist. Das Optikelements O wird zur Bildung der Streustruktur S mittels Laser in wenigstens zwei Bearbeitungsschritten bearbeitet.

[0056] Bei dem ersten Bearbeitungsschritt fährt der Laser - vorzugsweise ein Piko- oder Femtosekundenlaser - das Optikelement O entlang einer ersten Verfahrrichtung V1 relativ zum Optikelement O ab (hier in Y-Richtung). Die erste Verfahrrichtung V1 steht hierzu in einem definierten Winkel α zur Polarisationsrichtung P (P1) des Lasers. Der Winkel α liegt bevorzugt zwischen 40° und 50° und beträgt besonders bevorzugt $\alpha = 45^\circ$, wie in Figur 13 dargestellt.

[0057] Bei dem zweiten Bearbeitungsschritt fährt der Laser das Optikelement O entlang einer zweiten Verfahrrichtung V2 relativ zum Optikelement O ab (hier in X-Richtung). Die zweite Verfahrrichtung V2 steht dabei in einem definierten Winkel β zur Polarisationsrichtung P (P2) des Lasers und in einem Winkel $\gamma > 0^\circ$ relativ zur ersten Verfahrrichtung V1 bzgl. des Optikelements O. Der Winkel β liegt bevorzugt zwischen 40° und 50° und beträgt besonders bevorzugt $\beta = 45^\circ$, wie in Figur 13 dargestellt. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltungsform ist der Winkel α dabei gleich dem Winkel β und besonders bevorzugt $\alpha = \beta = 45^\circ$. Die Ausrichtung der

Polarisationsrichtung P (P1, P2) relativ zu den jeweiligen Verfahrrichtungen V1, V2 des Lasers ändert sich bevorzugt nicht. Der Winkel γ ist bevorzugt größer als 45° und beträgt höchst bevorzugt $\gamma = 90^\circ$.

[0058] Der Laser weist bevorzugt einen Strahldurchmesser von 10 bis 20 μm auf. Die Polarisation(-srichtung) des Lasers bzw. des Laserstrahls ist bevorzugt linear.

[0059] Zwischen den beiden Bearbeitungsschritten wird/werden das Optikelement O und/oder der Laser, also dessen Polarisationsrichtung P, und/oder die Verfahrrichtung V des Lasers gedreht werden, um die vorgegebenen Winkel α , β , γ zu erzielen. Wie die Relativbewegung zustande kommt und welche Elemente hierzu bewegt/gedreht werden müssen, ist dabei unerheblich.

[0060] Der Laser scannt bzw. fährt das Optikelement O je Verfahrrichtung V1, V2 mehrfach mit parallelem Versatz A der jeweiligen Fahrwege ab, um die Streustruktur auf einem definierten Bereich, vorzugsweise der gesamten Oberfläche des Optikelements O, zu bilden. In Figur 13 sind der Übersichtlichkeit halber die einzelnen Fahrwege in Verfahrrichtung V1 des ersten Bearbeitungsschrittes lediglich schematisch angedeutet und beispielhaft zwischen zwei der Versatz A dargestellt. Der Versatz ist bevorzugt konstant gewählt, kann jedoch auch variieren. Dasselbe gilt im Übrigen auch für den zweiten Bearbeitungsschritt (und auch jeden möglichen weiteren), wobei der Versatz A gleich dem Versatz A des ersten Bearbeitungsschrittes gewählt werden oder auch von diesem abweichen kann.

[0061] Die Verfahrgeschwindigkeit des Lasers während der Bearbeitungsschritte, insbesondere der einzelnen bevorzugt linearen Fahrwege, ist bevorzugt vordefiniert festgelegt. Die Verfahrgeschwindigkeit wird dabei während des gesamten Verfahrens bevorzugt konstant gewählt, sie kann jedoch auch einem vordefinierten oder gesteuerten Fahrprofil folgen.

[0062] Durch die zwei Bearbeitungsschritte werden bevorzugt rippen- oder kuppelartige Streustrukturen S auf der Oberfläche der Streuoptik gebildet werden.

[0063] Die durch den Laser induzierten periodischen Oberflächenstrukturen (LIPSS) der unterschiedlichen Bearbeitungsschritte kreuzen sich bevorzugt einander und bilden so eine definierte Nanostruktur auf der entstehenden (rippen- oder kuppelartigen) Streustrukturen S bzw. Mikrostruktur (vgl. bspw. Figuren 4, 8-10 und 12). Bevorzugt weisen die durch den Laser induzierten periodischen Oberflächenstrukturen (LIPSS) eine Gitterkonstante von $\Lambda \leq 800\text{nm}$ auf.

[0064] Bei den kuppelartigen Streustrukturen S sind die Laser-induzierten periodischen Oberflächenstrukturen (LIPSS) je Kuppel K bevorzugt über den Umfang der Kuppel K gesehen im Wesentlichen vom Tal T der Kuppel K zur Spitze Z der Kuppel K ausgerichtet bzw. verlaufen entsprechend und bilden somit eine Art „Zitronenpressenstruktur auf der Makrostruktur aus. Dies ist in den Figuren 9 und 10 gut erkennbar.

[0065] Gemäß einer alternativen Ausführungsform eines Verfahrens zur Herstellung einer Streuoptik mit Streustruktur für Leuchten wird in einem ersten Schritt, wie bei dem vorbeschriebenen Verfahren, zunächst ein entsprechendes Optikelement O bereitgestellt. Sofern nicht anders angegeben, gilt für die einzelnen Merkmale und Schritte dasselbe wie bei dem zuvor beschriebenen Verfahren. Das Bearbeiten des Optikelements O zur Bildung der Streustruktur S mittels Laser wird wie folgt durchgeführt:

[0066] Der Laser fährt das Optikelement O entlang eines Fahrwegs mit wechselnder Fahrrichtung und/oder wechselnder Polarisationsrichtung relativ zum Optikelement O ab. Der Wechsel wird dabei bevorzugt durch (relative) Rotation bewirkt, wobei der Wechsel kontinuierlich oder diskontinuierlich durchgeführt werden kann. Hierdurch kann eine Oberflächenstruktur gemäß Figur 11 mit körniger Struktur erreicht werden.

[0067] Alternativ oder zusätzlich fährt der Laser das Optikelement O entlang eines Fahrwegs relativ zum Optikelement O ab, wobei die Gitterkonstante während der Relativbewegung zwischen Laser und Optikelement O verändert wird. Die Veränderung der Gitterkonstante wird dabei bevorzugt durch eine Primzahlkaskade zum Laser erzielt. Durch die alleinige Anwendung

dieses Verfahrensprinzips kann eine Oberflächenstruktur gemäß Figur 12 mit körniger Struktur erreicht werden. Hierbei können, wie zum ersten Ausführungsbeispiel ausgeführt, zwei Bearbeitungsschritte mit sich kreuzenden Verfahrrichtungen V (bevorzugt $\gamma = 90^\circ$) ausgeführt werden, um die gezeigte Gitterstruktur zu erzielen.

[0068] Für die vorbezeichneten Verfahrensvarianten kann ein Laser mit zirkular oder elliptisch polarisiertem Licht verwendet werden.

[0069] An der der Streustruktur S gegenüberliegenden Oberfläche der Streuoptik SO kann eine Verspiegelung vorgesehen werden bzw. an der der Streustruktur S gegenüberliegenden Oberfläche der Streuoptik SO eine Reflektor vorgesehen werden, um einen Streureflektor zu bilden.

[0070] Unter Anwendung der erfindungsgemäßen Verfahren ergibt sich somit eine damit hergestellte Streuoptik SO. Bevorzugt umfasst die Erfindung dabei eine Streuoptik SO mit einer mittels Laser aufgetragenen kuppelartigen Streustruktur S auf ihrer Oberfläche, bei der die Laserinduzierten periodischen Oberflächenstrukturen (LIPSS) je Kuppel K über den Umfang der Kuppel K gesehen im Wesentlichen vom Tal T der Kuppel K zur Spitze Z der Kuppel K verlaufen bzw. ausgerichtet sind (vgl. Figuren 9 und 10). Die Streuoptik SO ist bevorzugt aus Glas hergestellt. Die Streuoptik SO kann vorzugsweise an der der Streustruktur S gegenüberliegenden Oberfläche eine Verspiegelung aufweisen bzw. kann an der der Streustruktur S gegenüberliegenden Oberfläche einen Reflektor angeordnet sein, um die Streuoptik SO als Streureflektor auszubilden.

[0071] Die Erfindung umfasst ferner eine Leuchte mit einer erfindungsgemäßen Streuoptik SO. Die Leuchte weist ferner ein Leuchtmittel auf, welches zur Lichtabgabe optisch mit der Streuoptik SO zusammenwirkt; also insbesondere die Streuoptik SO zur Lichtabgabe durchleuchtet.

[0072] Die Erfindung ist nicht auf die vorbezeichneten und in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt, sofern sie vom Gegenstand der beigefügten Ansprüche umfasst ist. Insbesondere können die Merkmale der Ausführungsbeispiele beliebig miteinander kombiniert werden, solange sie vom Gegenstand der Erfindung umfasst sind.

Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Streuoptik (SO) mit Streustruktur (S) für Leuchten, aufweisend die folgenden Schritte:
 - Bereitstellen eines Optikelements (O),
 - Bearbeiten des Optikelements (O) zur Bildung der Streustruktur (S) mittels Laser in wenigstens zwei Bearbeitungsschritten, wobei
 - Bei dem ersten Bearbeitungsschritt der Laser das Optikelement (O) entlang einer ersten Verfahrriichtung (V1) relativ zum Optikelement (O) abfährt, welche in einem definierten Winkel α zur Polarisationsrichtung (P, P1) des Lasers steht, und
 - Bei dem zweiten Bearbeitungsschritt der Laser das Optikelement (O) entlang einer zweiten Verfahrriichtung (V2) relativ zum Optikelement (O) abfährt, welche in einem definierten Winkel β zur Polarisationsrichtung (P, P2) des Lasers und in einem Winkel $\gamma > 0^\circ$ relativ zur ersten Verfahrriichtung (V1) bzgl. des Optikelements (O) steht.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei sich die Ausrichtung der Polarisationsrichtung (P) relativ zu den jeweiligen Verfahrriichtungen (V) des Lasers nicht ändert.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der Winkel α zwischen 40° und 50° liegt, vorzugsweise $\alpha = 45^\circ$ ist.
4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Winkel β zwischen 40° und 50° liegt, vorzugsweise $\beta = 45^\circ$ ist.
5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Winkel α gleich dem Winkel β ist, vorzugsweise $\alpha = \beta = 45^\circ$.
6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Winkel $\gamma > 45^\circ$ und bevorzugt $\gamma = 90^\circ$ ist.
7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen den beiden Bearbeitungsschritten das Optikelement (O) und/oder der Laser, also dessen Polarisationsrichtung (P), und/oder die Verfahrriichtung (V) des Lasers gedreht werden, um die vorgegebenen Winkel α , β , γ zu erzielen.
8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich die durch den Laser induzierten periodischen Oberflächenstrukturen (LIPSS) der unterschiedlichen Bearbeitungsschritte einander kreuzen.
9. Streuoptik (SO) hergestellt nach einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche.
10. Leuchte aufweisend eine Streuoptik (SO) gemäß Anspruch 9 sowie ein Leuchtmittel, welches zur Lichtabgabe optisch mit der Streuoptik (SO) zusammenwirkt.

Hierzu 7 Blatt Zeichnungen

117

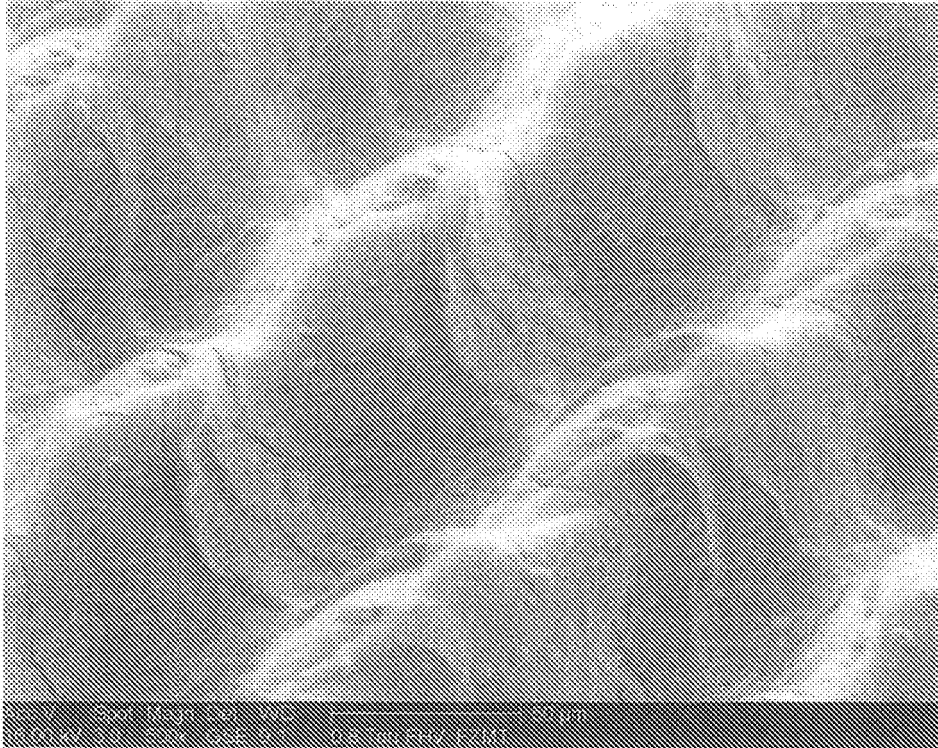


Fig. 1

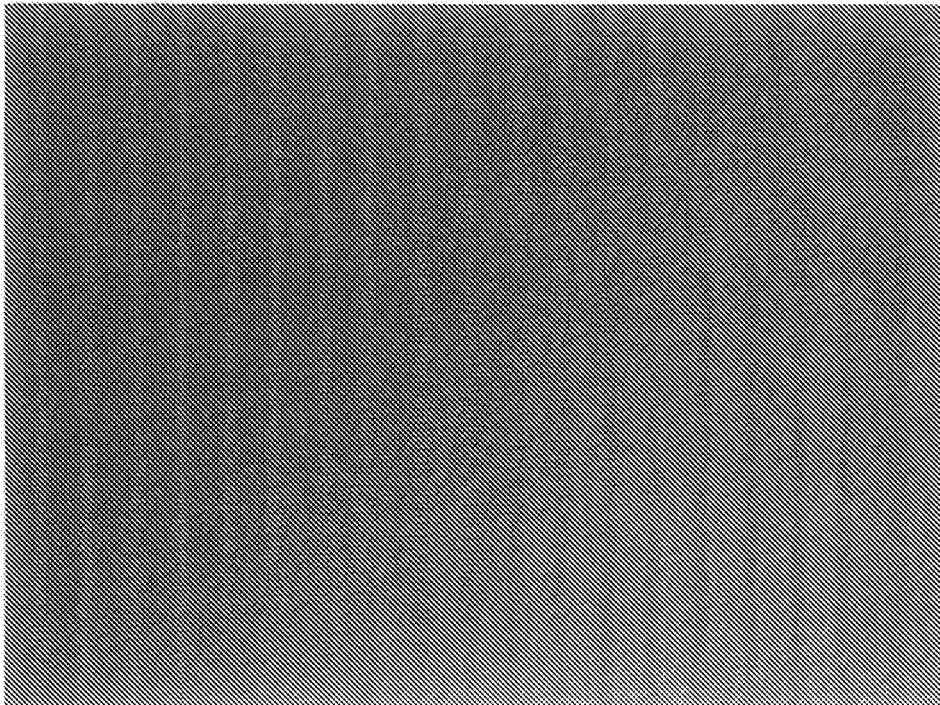


Fig. 2



2/7

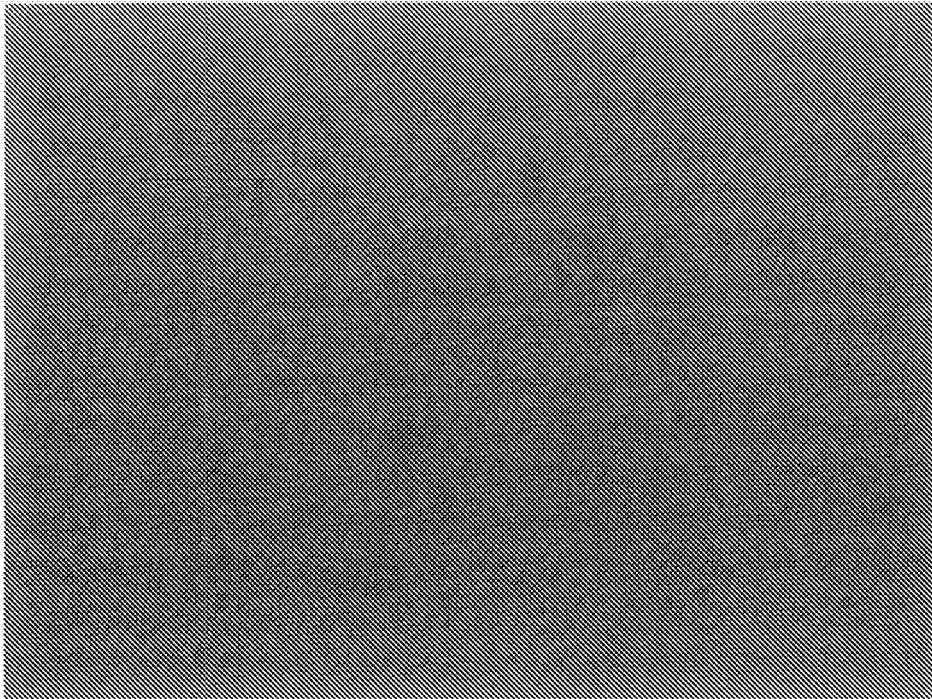


Fig. 3

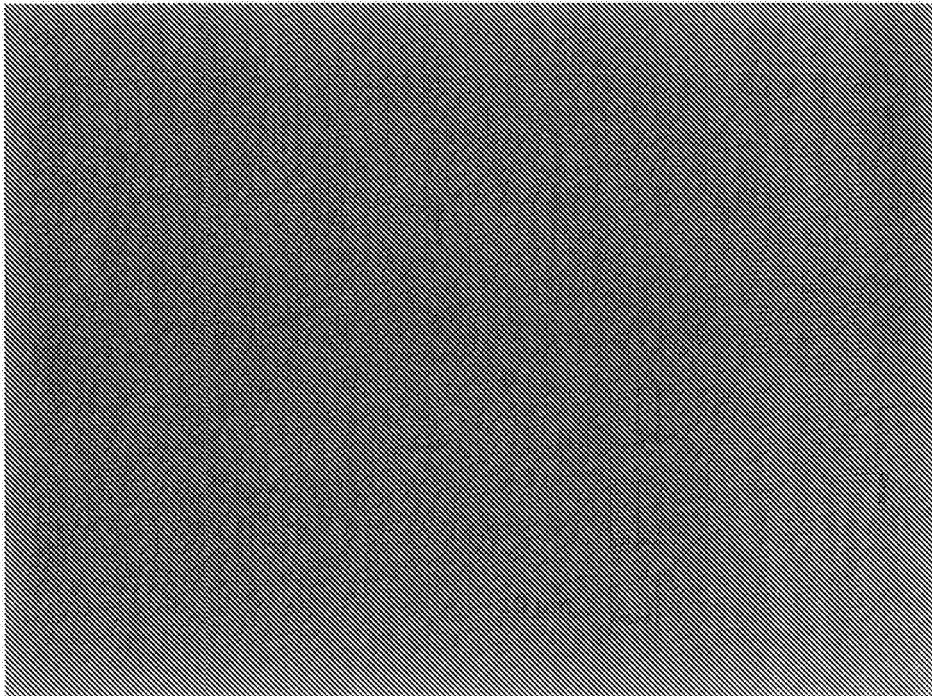
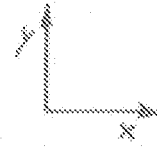


Fig. 4

50

5



317

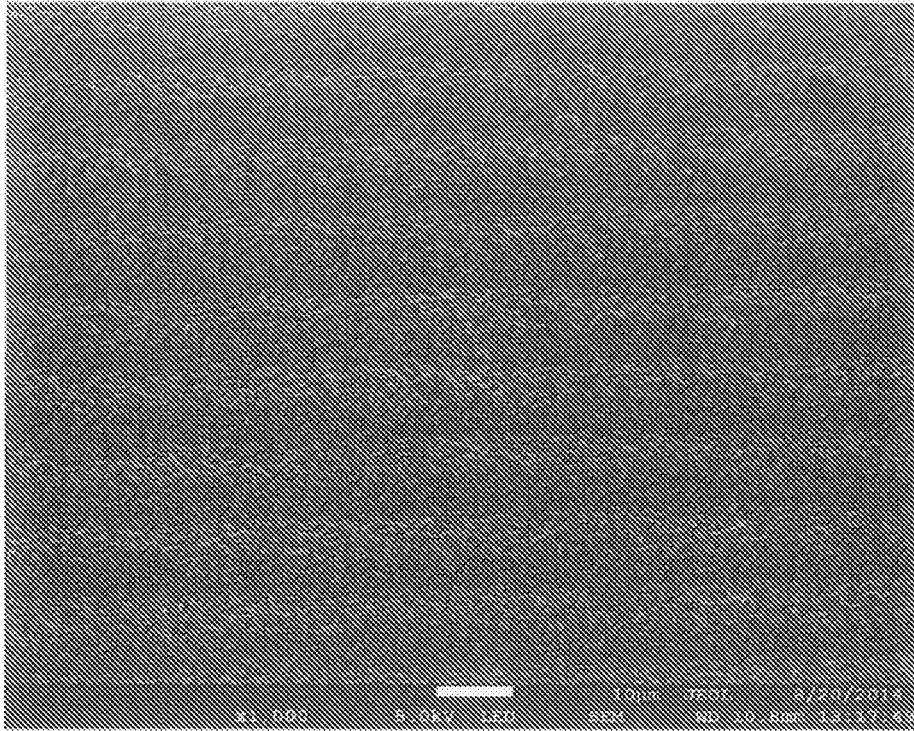


Fig. 5



LIPSS

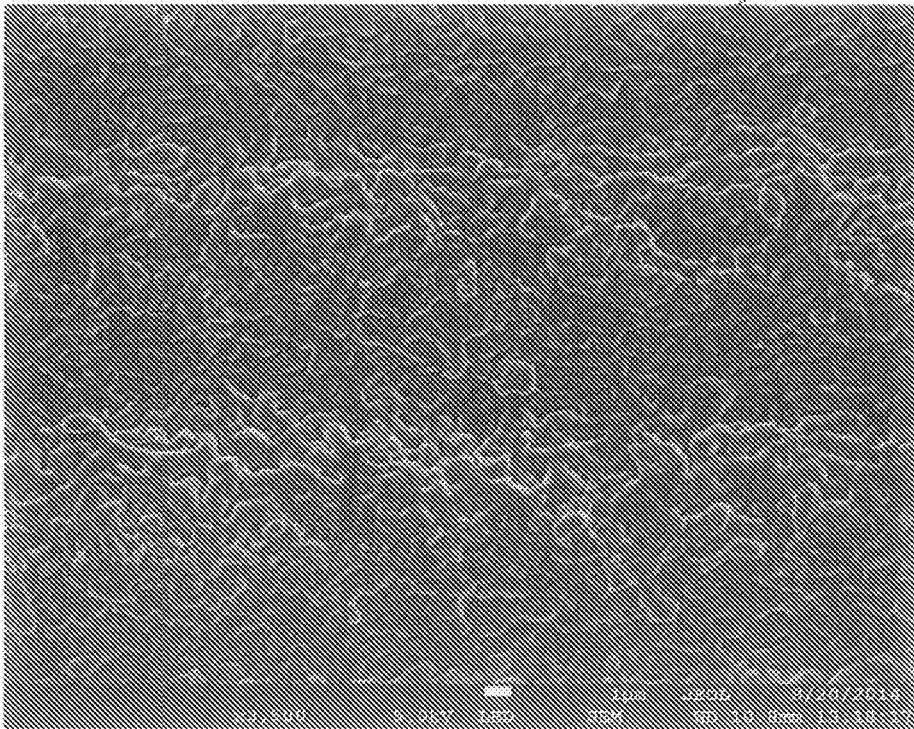


Fig. 6



4/7

LIPSS

Fig. 7

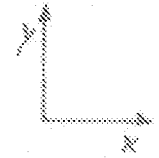
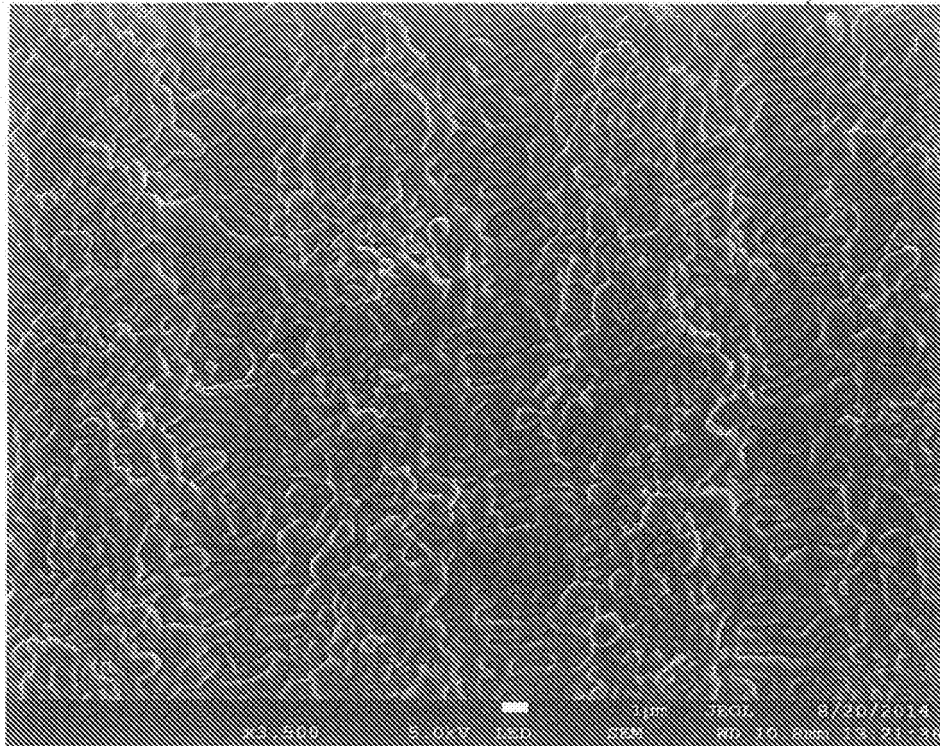
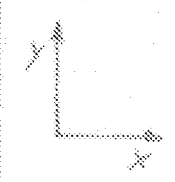
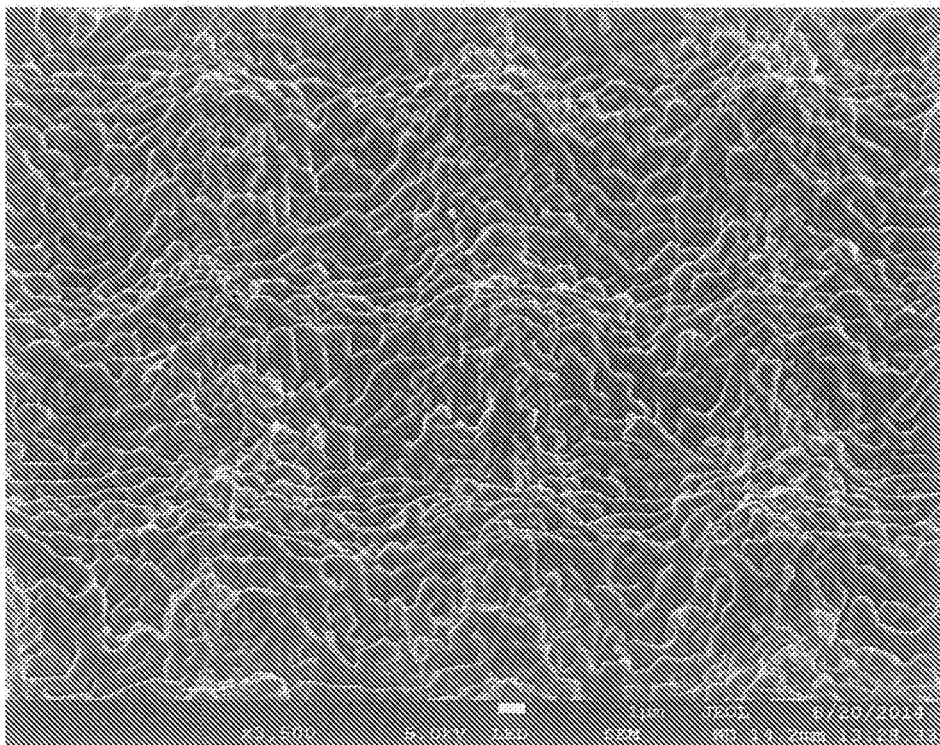


Fig. 8



5/7

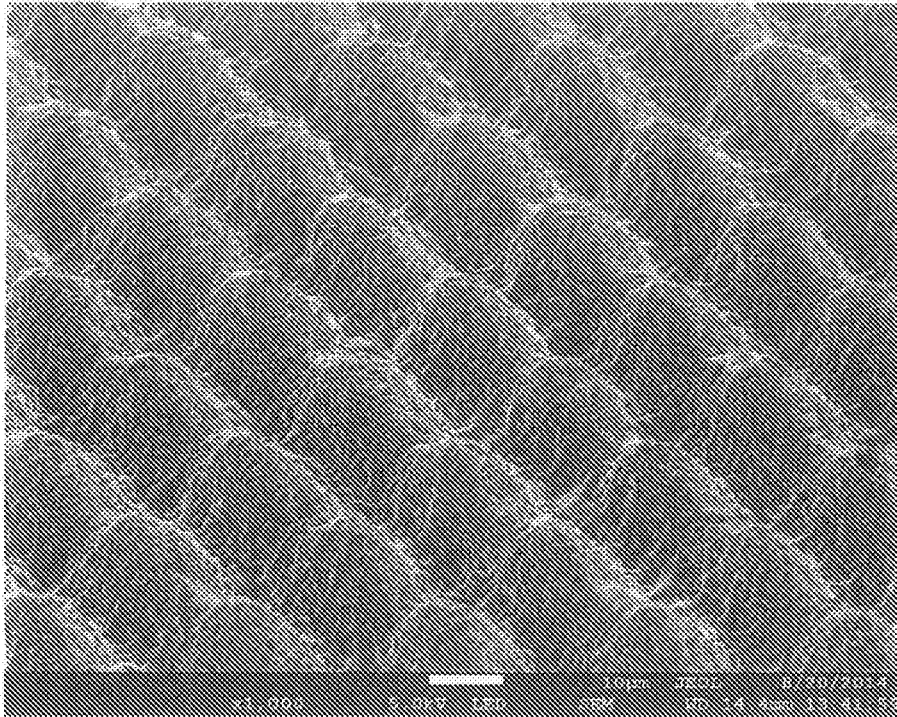


Fig. 9

K
S
SO

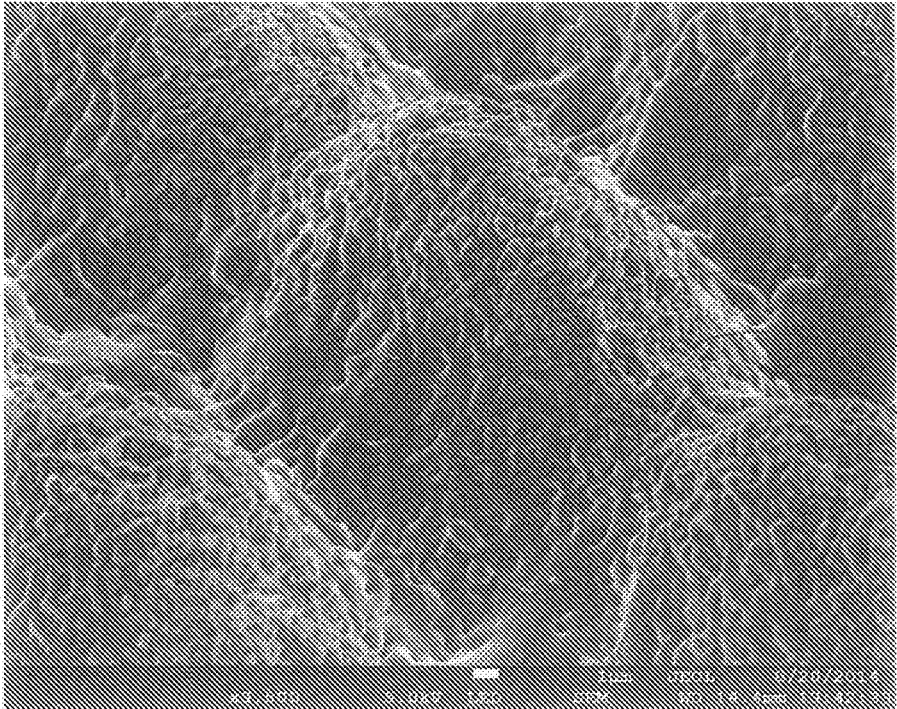


Fig. 10

K
LASS
S
SO

6/7

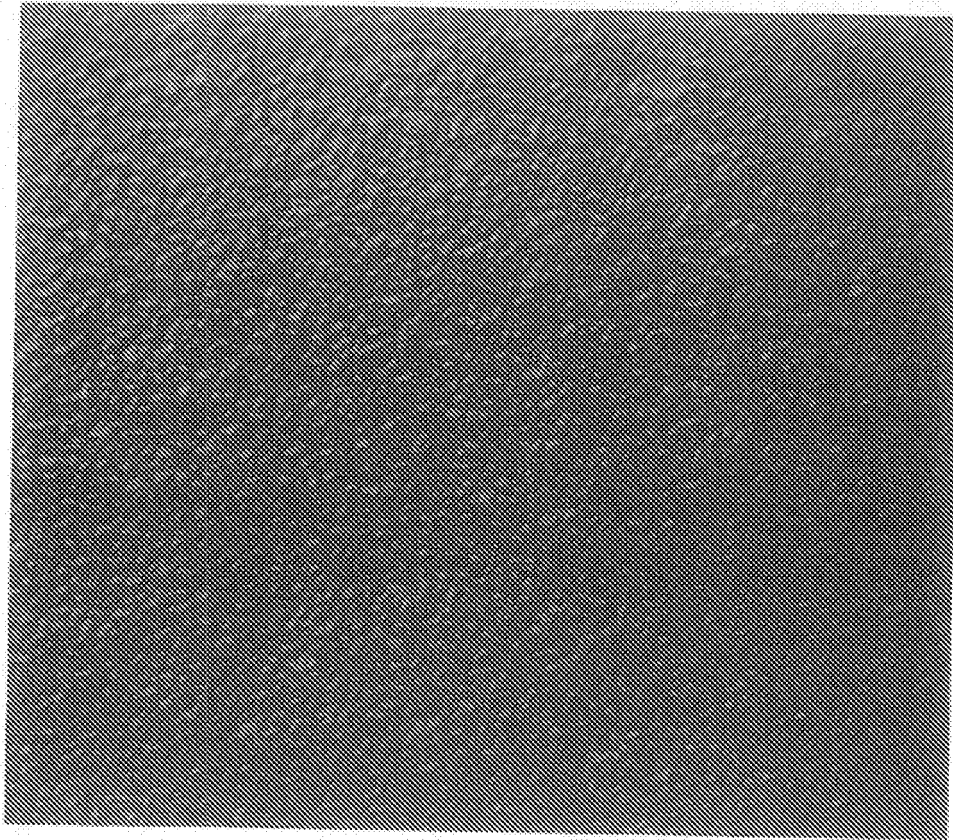


Fig. 11

50

5

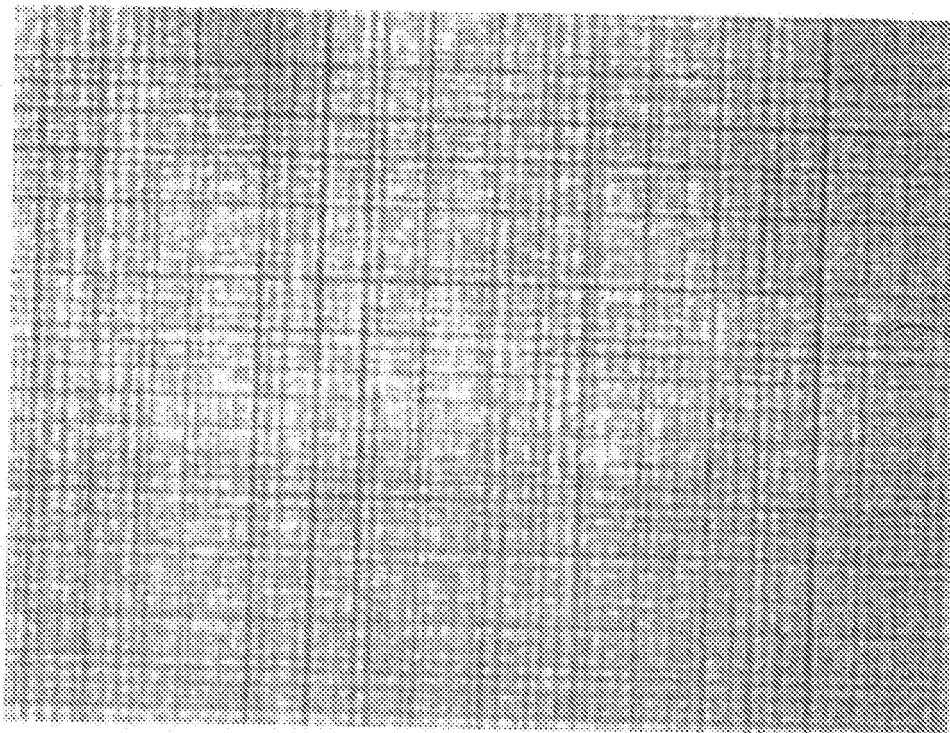


Fig. 12

50

5



7/7

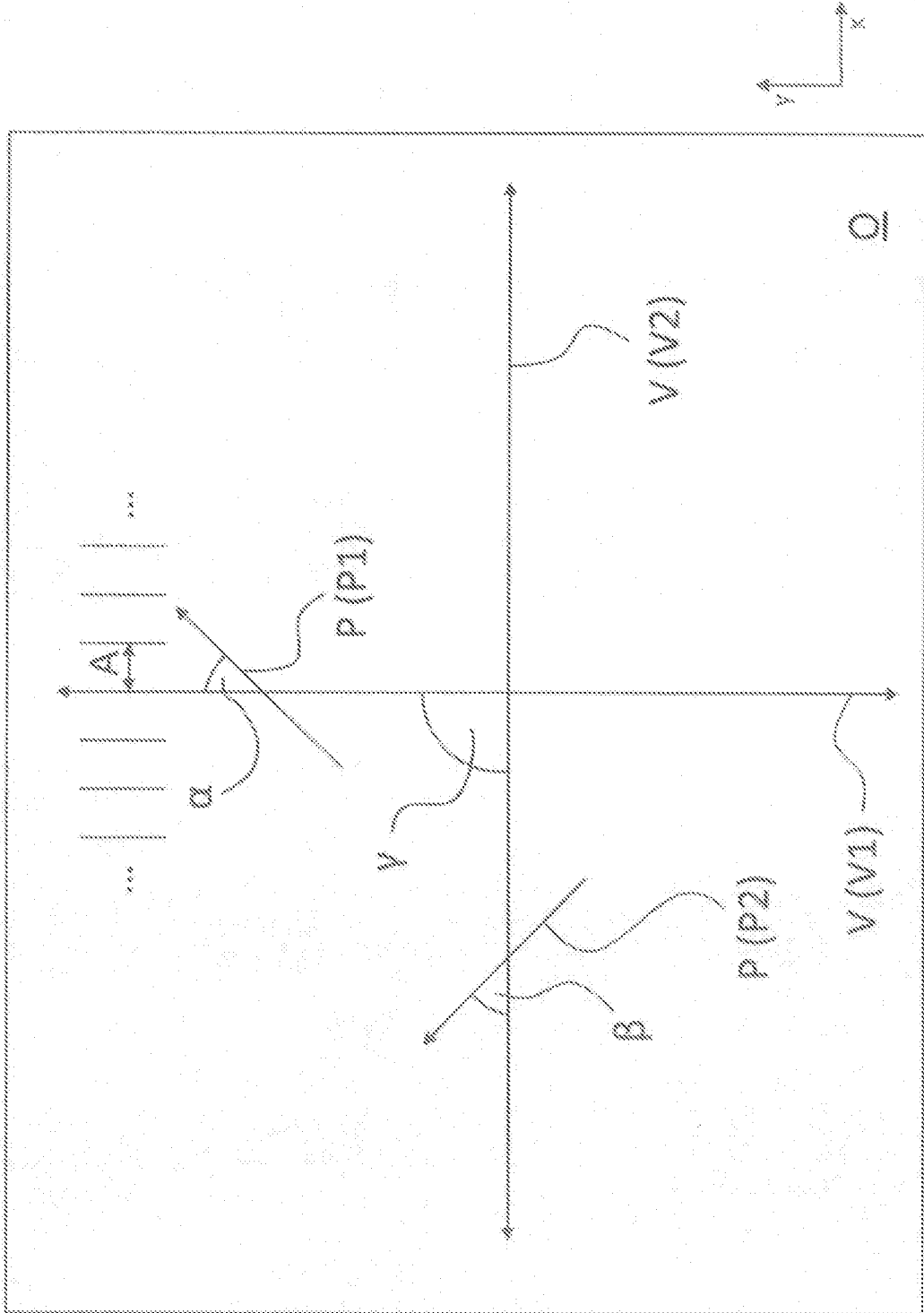


Fig. 13

Recherchenbericht zu GM 379/2015

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: G02B 5/02 (2006.01); F21V 5/00 (2018.01); B23K 26/359 (2014.01)		
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: G02B 5/0268 (2013.01); F21V 5/002 (2018.02); B23K 26/359 (2015.10)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): G02B, F21V, B23K		
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, EPODOC, Volltextdatenbanken		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 22.12.2015 eingereichten Ansprüchen 1-10 erstellt.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 2006138102 A1 (SAWADA ET AL) 29. Juni 2006 (29.06.2006) Fig. 9(a), 9(b), 10	1, 2, 6-10
A		3-5
X	JP 2010269435 A (HITACHI LTD) 02. Dezember 2010 (02.12.2010) Fig. 15A, 15B; Anspruch 2	1, 3-10
A		2
Datum der Beendigung der Recherche: 23.08.2019		Seite 1 von 1
		Prüfer(in): RAUMAUF Hannes
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente:		
X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.		A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert.
Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.		P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde.
		E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „ älteres Recht “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
		& Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.