

(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
3. November 2005 (03.11.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/102950 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **C03C 3/06**, 4/00, H01J 61/30 (74) **Anwalt:** STAUDT, Armin; Auf der Mauer 8, 63674 Al-
tenstadt (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/003549 (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
(22) Internationales Anmeldedatum: 5. April 2005 (05.04.2005) AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
(25) Einreichungssprache: Deutsch FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA,
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM,
PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU,
(30) Angaben zur Priorität: 10 2004 018 887.4 15. April 2004 (15.04.2004) DE ZA, ZM, ZW.
- (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): HERAEUS QUARZGLAS GMBH & CO. KG
[DE/DE]; Quarzstrasse 8, 63450 Hanau (DE).
- (71) **Anmelder** (nur für JP, KR): SHIN-ETSU QUARTZ
PRODUCTS CO., LTD. [JP/JP]; 22-2, Nishi-Shinjuku
1-chome, Shinjuku-ku, Tokyo 160-0023 (JP).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): SCHREIBER, An-
dreas [DE/DE]; Büdinger Strasse 14a, 63633 Birstein
(DE). KÜHN, Bodo [DE/DE]; Am Ballplatz 10, 63450
Hanau (DE). SCHILLING, Franz-Josef [DE/DE];
Sandweg 2a, 63579 Freigericht (DE). ARNOLD, Erich
[DE/DE]; Wedekindstrasse 50, 55127 Mainz (DE).
WITZKE, Hans-Dieter [DE/DE]; Vidosteig 21, 12524
Berlin (DE).
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,
PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title:** QUARTZ GLASS COMPONENT FOR A UV RADIATION SOURCE AND METHOD FOR PRODUCING AND
TESTING THE APTITUDE OF SUCH A QUARTZ GLASS COMPONENT

(54) **Bezeichnung:** BAUTEIL AUS QUARZGLAS FÜR EINE UV-STRAHLENQUELLE SOWIE VERFAHREN FÜR DIE HER-
STELLUNG UND FÜR DIE EIGNUNGSDIAGNOSE EINES DERARTIGEN QUARZGLAS-BAUTEILS

(57) **Abstract:** A conventional method for producing a quartz glass component for a UV radiation source includes melting SiO₂
containing grains. The aim of the invention is to provide an improved and inexpensive method which allows for the production of
a quartz glass component that is characterized by high radiation resistance. For this purpose, synthetically produced quartz crystals
are smelted to give an initial product that consists of quartz glass, and contains hydroxyl groups in a number greater than the number
of SiH groups. In order to remove the SiH groups, the initial product is subjected to a tempering step at a temperature of at least 850
°C, thereby obtaining the quartz glass component. The inventive quartz glass component is characterized in that the quartz glass is
smelted from synthetically produced quartz crystals and has an SiH group content of less than 5 x 10¹⁷ molecules/cm³.

(57) **Zusammenfassung:** Bei einem bekannten Verfahren erfolgt die Herstellung eines Quarzglas-Bauteils für eine für eine
UV-Strahlenquelle durch Erschmelzen von SiO₂-haltiger Körnung. Um hiervon ausgehend ein kostengünstiges Verfahren
anzugeben, mittels dem ein Quarzglas-Bauteil erhalten wird, das sich durch hohe Strahlenbeständigkeit auszeichnet, wird
erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass synthetisch erzeugte Quarzkristalle zu einem Vorprodukt erschmolzen werden, das aus
Quarzglas besteht, das Hydroxylgruppen in einer Anzahl enthält, die größer ist als die Anzahl an SiH-Gruppen, und dass zur
Beseitigung von SiH-Gruppen das Vorprodukt einer Temperbehandlung bei einer Temperatur von mindestens 850 °C unterzogen
und dabei das Quarzglas-Bauteil erhalten wird. Bei dem erfindungsgemäßen Quarzglas-Bauteil ist das Quarzglas aus synthetisch
erzeugten Quarzkristallen erschmolzen, und es weist einen Gehalt an SiH-Gruppen von weniger als 5 x 10¹⁷ Molekülen/cm³ auf.

WO 2005/102950 A2

**Bauteil aus Quarzglas für eine UV-Strahlenquelle sowie
Verfahren für die Herstellung und für die Eignungsdiagnose
eines derartigen Quarzglas-Bauteils**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Bauteil aus Quarzglas für eine UV-Strahlenquelle.

Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Quarzglas-Bauteils für eine UV-Strahlenquelle, umfassend das Erschmelzen von SiO₂-haltiger Körnung.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Diagnoseverfahren für die Eignung eines Quarzglas-Bauteils für den Einsatz mit einer UV-Strahlenquelle.

UV-Strahlenquellen werden beispielsweise zum Härten, Modifizieren, Beschichten und Reinigen von Oberflächen, zur Entkeimung von Gasen, Flüssigkeiten, Oberflächen und Verpackungen, für die UV-Messtechnik, die industrielle Photochemie, die Trocknung und Härtung von Druckfarben, Lacken, Klebstoffen und Vergussmassen, die Lacktrocknung und die Analysetechnik eingesetzt.

UV-Strahlenquellen weisen einen Entladungsraum auf, der beispielsweise von einem Hüllkörper in Form eines Rohres oder Kolbens begrenzt ist. Neben den seit langem bekannten Niederdruck- und Mitteldruckgasentladungslampen kommen zunehmend UV-Excimerstrahler zum Einsatz. Ein derartiger UV-Excimerstrahler ist in der EP 0 254 111 A1 beschrieben. Der Entladungsraum ist mit einem Edelgas oder mit einem Gasgemisch gefüllt und von einem Quarzglasrohr begrenzt, in dem eine stille elektrische Entladung erzeugt wird. Hochleistungs-Excimerstrahler geben eine fast monochromatische, inkohärente Strahlung ab. Typische Arbeitswellenlängen sind 172 nm (Xe-Lampen), 222 nm (KrCl-Lampen), 282 nm (XeBr-Lampen) und 308 nm (XeCl-Lampen).

Um eine hohe Strahlungsintensität zu erzielen, ist ein Hüllkörper mit hoher UV-Durchlässigkeit erforderlich. Quarzglas sowohl aus natürlichen als auch aus

synthetischen Rohstoffen ist aufgrund seiner UV-Durchlässigkeit grundsätzlich für diesen Zweck geeignet. Ein besonderes Augenmerk liegt jedoch auf der Konstanz der abgegebenen UV-Leistung während des Einsatzes der UV-Lampe - insbesondere für bei Anwendungen in der UV-Mess- und Analysetechnik. Es hat sich gezeigt, dass die hohe Photonenenergie der UV-Strahlung im Quarzglas des Hüllkörpers Defekte in der Glasstruktur erzeugt (sogenannte „Farbzentren“), die Absorptionen in bestimmten Wellenlängenbereichen und damit Transmissionsänderungen bewirken. Derartige Defekte der Glasstruktur können auch mechanische Spannungen im Quarzglas-Hüllkörper bewirken, die bis zum Bruch des Hüllrohres führen können. Problematisch hinsichtlich der Defekterzeugung sind die besonders energiereichen Photonen des 172nm-Xe-Excimerstrahlers.

Die verschiedenen Quarzglasqualitäten unterscheiden sich in ihrer Strahlenresistenz. Im Allgemeinen zeigt synthetisch erzeugtes Quarzglas gegenüber energiereicher UV-Strahlung eine höhere Strahlenresistenz als Quarzglas aus natürlichen Rohstoffen. Synthetisches Quarzglas wird für anspruchsvolle Anwendungen als Hüllmaterial für UV-Lampen und für Abdeckplatten eingesetzt. Allerdings ist die Herstellung von hochreinem, synthetischem Quarzglas aufwändig und das Quarzglas dementsprechend teuer.

Die UV-Strahlenbeständigkeit eines Quarzglases wird bisher anhand von Bestrahlungsversuchen ermittelt. Hierzu werden Proben aus dem Quarzglas präpariert und der UV-Strahlung mit der entsprechenden Arbeitswellenlänge ausgesetzt. Die für die Ermittlung der Strahlenresistenz erforderlichen Bestrahlungsdauern können dabei je nach konkreten Bestrahlungsbedingungen (Energiedichte, Wellenlänge usw.) im Bereich mehrerer Monate liegen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Quarzglas-Bauteil aus hoch transparentem, aber vergleichsweise kostengünstigem Quarzglas für eine UV-Strahlenquelle bereitzustellen, das sich durch hohe Strahlenbeständigkeit auszeichnet.

Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein kostengünstiges Verfahren zur Herstellung eines derartigen Quarzglas-Bauteils anzugeben.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Diagnoseverfahren bereitzustellen, mittels dem die Eignung eines beliebigen Quarzglases für die Anwendung mit energiereicher UV-Strahlung auf einfache Art und Weise zuverlässig und kostengünstig ermittelt werden kann.

Hinsichtlich des Quarzglas-Bauteils wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Quarzglas aus synthetisch erzeugten Quarzkristallen erschmolzen ist und einen Gehalt an SiH-Gruppen von weniger als 5×10^{17} Molekülen/cm³ aufweist.

Die Strahlenbeständigkeit von Quarzglas wird durch extrinsische und intrinsische Defekte beeinträchtigt.

Zu den extrinsischen Defekten gehören Verunreinigungen. Diese werden über den Rohstoff und über das Herstellungsverfahren - beispielsweise durch Tiegel- und Ofenmaterialien - in das Quarzglas eingetragen.

Intrinsische Defekte sind Strukturfehler des Quarzglasnetzwerkes, die thermisch beeinflusst während des Herstellprozesses erzeugt werden. Viele dieser Strukturfehler, wirken als optische Absorptions- oder Farbzentren im UV- und im tiefen UV-Spektralbereich oder sie bilden „Vorläuferdefekte“ (Precursor), aus denen durch Bestrahlung mit kurzwelliger UV-Strahlung andere strukturelle Defekte entstehen können. Die im Folgenden näher erläuterten Defekte oder Vorläuferdefekte zeigen Absorptionsbanden im kurzwelligen UV-Spektralbereich und sind besonders zu beachten:

- ein Sauerstoffüberschuss-Defekt, bei dem ein nicht brückenbildendes Sauerstoffatom vorliegt (ein sogenanntes NBOH-Zentrum); mit einer relativ breiten Absorptionsbande bei einer Wellenlänge von etwa 265 nm,
- eine Fehlstelle, bei der an einem Silizium-Atom nur drei Sauerstoffatome (anstelle von vier) gebunden sind, und die als E'-Zentrum bezeichnet wird; mit einer Absorptionsbande um 215 nm,

- sowie ein als Sauerstoffdefizit-Zentrum bezeichneter Defekt, bei dem eine Silizium-Silizium-Bindung vorliegt, die eine Absorptionsbande bei 163 nm erzeugt.

Da die Ausbildung und die Konzentration der extrinsischen und intrinsischen Defekte sowohl von den Rohstoffen als auch vom Herstellungsverfahren abhängen, ist es sinnvoll, die unterschiedlichen Quarzglasqualitäten nach diesen Kriterien zu klassifizieren.

Eine geeignete Klassifikation findet sich in „R. Brückner, Silicon Dioxide; Encyclopedia of Applied Physics, Vol. 18 (1997), S. 101-131“. Demnach sind je nach eingesetzten Rohstoff und Herstellungsmethode mehrere Quarzglasstypen zu unterscheiden:

- Beim Quarzglasstyp I handelt es sich um Quarzglas aus elektrisch erschmolzenen Quarzkristallen. Dieses Quarzglas hat typischerweise einen OH-Gehalt von weniger als 5 Gew.-ppm und einen Verunreinigungsgehalt von 10 bis 100 Gew.-ppm.
- Quarzglas gemäß dem Typ II entsteht durch Erschmelzen von Quarzkristallen in der Knallgasflamme (H_2/O_2). Dieses Quarzglas weist herstellungsbedingt einen höheren OH-Gehalt zwischen 100 und 300 Gew.-ppm auf.
- Synthetisches Quarzglas wird entweder durch Flammenhydrolyse, durch plasmaunterstützte Oxidation oder durch Sol-Gel-Verfahren erzeugt (Typen III, IV und VII). Je nach der Herstellungsweise und der Art ihrer Behandlung vor dem Verglasen weisen diese Quarzglasstypen OH-Gehalte in einem weiten Bereich von weniger als 0,1 ppm bis etwa 1000 Gew.-ppm und sehr niedrige Verunreinigungsgehalte auf.
- Bei dem Quarzglasstyp Va handelt es sich um Quarzglas, das in einem elektrischen Schmelzverfahren aus pegmatitischem Quarz (Quarz in Verbindung mit anderen Mineralien) in einem Tiegel unter einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre erschmolzen wird. Das so erhaltene Quarzglas hat typischerweise einen OH-Gehalt von 100 Gew.-ppm und enthält in der Regel Verunreinigungen bis zu einigen hundert Gew.-ppm. Durch

Ausgasen bei hoher Temperatur (10 Stunden bei 1080 °C) kann der OH-Gehalt jedoch auf einen Bereich von <1 ppm bis 15 ppm reduziert werden, wobei der Quarzglas typ Vb erhalten wird.

- Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung ist ein weiterer Quarzglas typ von Interesse, der durch Erschmelzen von Quarzkristallen in einer Plasmaflamme entsteht. Dieses Quarzglas weist herstellungsbedingt einen deutlich niedrigeren OH-Gehalt als das Quarzglas des Typs II auf und wird im Folgenden als Quarzglas des Typs VIII bezeichnet.

Quarzglas der Typs III und IIIa ist synthetisch hergestelltes Quarzglas, das zwar für UV-Anwendungen in der Regel gut geeignet, jedoch auch teuer und daher nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist. Für Standardanwendungen im Bereich der Lampenoptik wird üblicherweise das Quarzglas vom Typ V verwendet, das in großen Mengen von mehreren Tonnen aus natürlichem, pegmatitischem Quarz erschmolzen wird. Im Gegensatz hierzu werden Quarzgläser des Typs I und II in kleineren Mengen erzeugt und für die Halbleiterindustrie, für die chemische Industrie und auch für Lampen eingesetzt.

Gemäß der Erfindung wird ein Quarzglas-Bauteil vorgeschlagen, bei dem das Quarzglas aus synthetisch erzeugten Quarzkristallen hergestellt ist. Hierbei handelt es sich um eine Abwandlung der oben genannten Quarzglas typen I, II und VIII, insoweit als die eingesetzten Quarzkristalle als synthetisch erzeugte Quarzkristalle spezifiziert sind (im Folgenden auch als „Zuchtkristalle“ bezeichnet). Bei Quarz-Zuchtkristallen handelt es sich Ausgangsmaterialien mit einer gegenüber natürlichem Quarz höheren Reinheit. Derartige synthetische Quarzkristalle werden üblicherweise in einem sogenannten „Hydrothermalverfahren“ hergestellt, das weiter unten noch näher erläutert wird. Das aus Quarz-Zuchtkristallen erschmolzene Quarzglas ist im Vergleich zu synthetischem Quarzglas deutlich kostengünstiger.

Wesentlich ist weiterhin, dass das Quarzglas des erfindungsgemäßen Quarzglas-Bauteils einen möglichst geringen Gehalt an SiH-Gruppen aufweist. SiH-Gruppen in Quarzglas absorbieren zwar im relevanten UV-Wellenlängenbereich selbst nicht; die Bindungen sind jedoch relativ schwach und können bei Bestrahlung mit

kurzwelligem UV- Licht leicht (in einem sogenannten "Ein-Photonen-Prozess") unter Bildung absorbierender E'-Zentren aufbrechen. E'-Zentren bewirken eine erhöhte Absorption bei einer Wellenlänge von 215 nm und machen sich auch im angrenzenden UV-Wellenlängenbereich ungünstig bemerkbar. Sie wirken sich deshalb auf die Strahlenbeständigkeit der Quarzglas-Bauteils ungünstig aus. SiH-Gruppen können in Quarzglas vermehrt auftreten, wenn dieses einen hohen Wasserstoffgehalt aufweist. Der hier eingesetzte Rohstoff – nämlich synthetische Quarzkristalle – kann herstellungsbedingt geringe Mengen an Wasserstoff enthalten, wobei zusätzlicher Wasserstoff über das Herstellungsverfahren in das Quarzglas eingebracht werden kann, wie dies weiter unten anhand des erfindungsgemäßen Verfahrens noch näher erörtert wird.

Im Hinblick hierauf ist der Gehalt an SiH-Gruppen im Quarzglas so gering wie möglich. Im Idealfall liegt der Gehalt an SiH-Gruppen bei weniger als 5×10^{12} Molekülen/cm³, was in etwa der derzeitigen Nachweisgrenze mit der weiter unten genannten Messmethode entspricht.

Es hat sich als vorteilhaft erweisen, wenn das Quarzglas einen Gehalt an Hydroxylgruppen von mindestens 25 Gew.-ppm, vorzugsweise mindestens 100 Gew.-ppm, aufweist.

Ein gewisser Gehalt an Hydroxylgruppen wirkt sich bekanntermaßen auf die Strahlenbeständigkeit von Quarzglas vorteilhaft aus.

Als besonders günstig hat es sich erwiesen, wenn das Quarzglas durch Erschmelzen synthetischer Quarzkristalle mittels einer Brennerflamme erzeugt ist.

Hierbei handelt es sich um eine Abwandlung des oben erläuterten Quarzglastyps II nach Brückner. Durch den Einsatz einer Brennerflamme – und damit einhergehend einem wasserstoffhaltigen Brennstoff, der mit Sauerstoff zu Wasser reagiert, werden in das so geschmolzene Quarzglas in verstärktem Maße OH-Gruppen eingebaut, die anhand einer Temperbehandlung für eine Reduzierung der ebenfalls vorhandenen SiH-Gruppen verwendet werden können, wie dies weiter unten anhand des erfindungsgemäßen Verfahrens noch näher erläutert wird.

Das erfindungsgemäße Quarzglas-Bauteil liegt beispielsweise als Scheibe, Rohr oder als Kolben vor. Eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Quarzglas-Bauteils, bei dem dieses als Hüllkörper mit einer Wandstärke im Bereich zwischen 0,4 mm und 8 mm ausgebildet ist, hat sich besonders bewährt.

Die vergleichsweise dünne Wandstärke bewirkt eine kurze Diffusionsstrecke, welche sich für die Beseitigung von SiH-Gruppen aus dem Quarzglas mittels einer Temperbehandlung, die weiter unten anhand des erfindungsgemäßen Verfahrens noch näher erläutert wird, erleichtert.

Hinsichtlich des Verfahrens wird die oben genannten Aufgabe ausgehend von einem Verfahren mit den eingangs genannten Merkmalen erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass synthetisch erzeugte Quarzkristalle zu einem Vorprodukt erschmolzen werden, das aus Quarzglas besteht, das Hydroxylgruppen in einer Anzahl enthält, die größer ist als die Anzahl an SiH-Gruppen, und dass zur Beseitigung von SiH-Gruppen das Vorprodukt einer Temperbehandlung bei einer Temperatur von mindestens 850 °C unterzogen und dabei das Quarzglas-Bauteil erhalten wird.

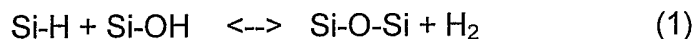
Erfindungsgemäß wird zunächst unter Einsatz eines Rohstoffes in Form synthetisch erzeugter Quarzkristalle ein Vorprodukt für das eigentlich herzustellende Quarzglas-Bauteil hergestellt.

Bei synthetischen Quarzkristallen handelt es sich Ausgangsmaterialien mit einer gegenüber natürlichem Quarz höheren Reinheit, die zum Beispiel mittels des „Hydrothermalverfahrens“ herstellbar sind. Das aus synthetischen Quarzkristallen erschmolzene Quarzglas ist im Vergleich zu Quarzglas, das durch Flammenhydrolyse oder durch Plasmaverfahren erzeugt wird, kostengünstig.

Das Vorprodukt weist in der Regel bereits die Form und die Abmessungen des eigentlichen Quarzglas-Bauteils auf. Wesentlich ist, dass das Vorprodukt aus Quarzglas besteht, das SiH-Gruppen in einer Anzahl enthält, die geringer ist als die Anzahl an Hydroxylgruppen, wie im Folgenden näher erläutert wird.

Das Vorprodukt wird einer Temperbehandlung zur Beseitigung von SiH-Gruppen unterzogen. SiH-Gruppen sind mit dem Glasnetzwerk fest verbunden und

diffundieren nicht oder kaum. Sie können daher nur reaktiv aus dem Quarzglas des Vorproduktes entfernt werden. Geeignete Reaktionspartner sind Hydroxylgruppen (OH-Gruppen), die mit den SiH-Gruppen bei hohen Temperaturen unter Bildung von Wasserstoff reagieren, der aus dem Quarzglas des Vorproduktes ausdiffundieren kann. Bei dieser Reaktion bildet sich gemäß der Reaktionsgleichung



aus je einer SiH-Gruppe und einer SiOH-Gruppe ein Wasserstoffmolekül. Eine wesentliche Voraussetzung für die Wirksamkeit der Temperbehandlung ist somit, dass die Anzahl der Hydroxylgruppen in dem Quarzglas des Vorprodukts mindestens so groß ist wie die Anzahl der SiH-Gruppen. Auf die Einhaltung dieser Bedingung kann insbesondere beim Erschmelzen der synthetischen Quarzkristalle Einfluss genommen werden. Der Gehalt an Hydroxylgruppen in Quarzglas wird häufig in der Einheit „Gew.-ppm“ angegeben. Der Umrechnung von dieser Konzentrationseinheit in die Anzahl an Hydroxylgruppen pro cm^3 im Quarzglas erfolgt mittels des Faktors: $7,8 \times 10^{16} \text{ cm}^3/\text{Gew.-ppm}$.

In der an den Schmelzprozess anschließenden Temperbehandlung werden die SiH-Gruppen aus dem Quarzglas des Vorproduktes so weit wie möglich entfernt, indem sie mit einem Teil der im Überschuss vorhandenen OH-Gruppen zu Reaktionsprodukten reagieren, die aus dem Quarzglas heraus diffundieren. Einerseits ist nicht zu erwarten, dass die im Quarzglas vorhandenen Hydroxylgruppen mit den SiH-Gruppen 1:1 in kurzer Zeit reagieren, so dass für eine rasche und weitgehende Eliminierung der SiH-Gruppen ein deutlicher Überschuss an Hydroxylgruppen hilfreich ist, und andererseits ist es im Hinblick auf die Strahlenbeständigkeit des Quarzglases vorteilhaft, wenn auch nach der Reaktion der OH-Gruppen mit den SiH-Gruppen ein Rest an Hydroxylgruppen im Quarzglas enthalten ist.

Daher wird bevorzugt ein Vorprodukt erschmolzen, das aus Quarzglas besteht, das Hydroxylgruppen in einer Anzahl enthält, die mindestens doppelt so groß ist wie die Anzahl an SiH-Gruppen.

Als besonders günstig hat es sich erweisen, wenn die Temperbehandlung bei einer Temperatur im Bereich zwischen 900 °C und 1200 °C erfolgt.

Bei Temperaturen unterhalb von 900 °C findet nur eine geringe Umsetzung von SiH-Gruppen und Hydroxylgruppen statt, und bei Temperaturen oberhalb von 1200 °C kann es zu Entglasungen kommen. Außerdem verschiebt sich das chemische Gleichgewicht der obigen Reaktion (1) bei hohen Temperaturen in Richtung der linken Seite, so dass die Bildung von H₂ verlangsamt wird und dementsprechend das Entfernen der SiH-Gruppen länger dauert.

Besonders wirksam gestaltet sich die Beseitigung der SiH-Gruppen, wenn die Temperbehandlung eine Behandlung unter Vakuum umfasst.

Das Vakuum bewirkt eine rasche Abfuhr der Reaktionsprodukte von der Oberfläche des Vorprodukts, verhindert so eine erneute Reaktion und beschleunigt dadurch die Beseitigung der SiH-Gruppen aus dem Quarzglas. Das Vakuum wird mindestens zeitweise während der Temperbehandlung angelegt. Ergänzend oder alternativ dazu hat es sich auch als günstig erwiesen, wenn die Temperbehandlung eine Behandlung unter einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre umfasst.

Durch den in der Temper-Atmosphäre vorhandenen Sauerstoff können im Quarzglas vorhandene Sauerstoffdefizit-Defekte abgesättigt werden.

Vorzugsweise wird der Hydroxylgruppengehalt des Quarzglases auf mindestens 25 Gew.-ppm, vorzugsweise mindestens 100 Gew.-ppm, eingestellt.

Wie bereits oben anhand der Beschreibung des erfindungsgemäßen Quarzglas-Bauteils bereits erwähnt, wirkt sich ein gewisser Gehalt an Hydroxylgruppen auf die Strahlenbeständigkeit von Quarzglas günstig aus. Der angegeben Mindest-Hydroxylgruppengehalt sollte daher auch noch nach der Temperbehandlung und der Reaktion mit den SiH-Gruppen im fertigen Quarzglas-Bauteil vorliegen.

Vorzugsweise wird das Quarzglas-Bauteil als Hüllkörper für die UV-Strahlenquelle mit einer Wandstärke im Bereich zwischen 0,4 mm und 8 mm ausgebildet, wobei

die Temperbehandlung in Abhängigkeit von der Wandstärke zwischen 4 Stunden und 80 Stunden andauert.

Je größer die Wandstärke des Vorproduktes während der Temperbehandlung ist, umso länger dauert der Diffusionsprozess für die vollständige oder weitgehende Beseitigung der SiH-Gruppen. Aus wirtschaftlichen Gründen ist eine dünne Wandstärke des Vorprodukts daher zu bevorzugen. Bei dem Hüllkörper handelt es sich beispielsweise um einen Rohr, einen Kolben oder um ein die UV-Strahlenquelle abschirmendes Bauteil, wie etwa eine Scheibe.

Hinsichtlich des Diagnoseverfahrens wird die oben genannte Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Quarzglas-Bauteil einer Anregungsstrahlung ausgesetzt und die infolge der Anregungsstrahlung erzeugte Fluoreszenzstrahlung des Quarzglases im Wellenlängenbereich von 350 bis 430 nm erfasst wird.

Es hat sich überraschend gezeigt, dass Quarzglas gegen UV-Strahlung wenig resistent ist, das infolge einer UV-Anregungsstrahlung eine wahrnehmbare Fluoreszenz im sichtbaren, blauen Wellenlängenbereich von 350 bis 430 nm (zum Beispiel bei einer Wellenlänge von 390 nm) aufweist. Aus dieser Erkenntnis, die an verschiedenen Quarzglasqualitäten überprüft und bestätigt wurde, ergibt sich erfindungsgemäß eine Diagnosemethode, mittels der die Eignung des betreffenden Quarzglases für eine Anwendung mit energiereicher UV-Strahlung einfach und zuverlässig ermittelt werden kann.

Es hat sich als günstig erwiesen, wenn die Anregungsstrahlung eine Wellenlänge um 248 nm hat, und wenn die Fluoreszenzstrahlung des Quarzglas-Bauteils in einer Richtung ermittelt wird, die im Wesentlichen senkrecht zur Hauptausbreitungsrichtung der Anregungsstrahlung steht.

Dadurch wird die Messung der Fluoreszenzstrahlung von der Anregungsstrahlung nicht merklich beeinflusst.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und einer Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen

Figur 1 UV-Transmissionsspektren verschiedener Quarzglasqualitäten und unterschiedlich behandelter Proben im Vergleich, und

Figur 2 Fluoreszenzspektren verschiedener Quarzglasqualitäten und unterschiedlich behandelter Proben im Vergleich.

Herstellung von Quarzglas-Zuchtkristallen

Die Zuchtkristalle für die Herstellung der Quarzglasqualitäten gemäß den Typen II und VIII (siehe Figur 1) wurden nach dem sogenannten „Hydrothermalverfahren“ hergestellt. In einem senkrecht orientierten Autoklaven wird ein Druck von 120 bar und ein Temperaturgradient zwischen 350 °C (oberer Bereich) und 400 °C (unterer Bereich) erzeugt. Im unteren Bereich sind gebrochene Quarzstücke in einer leicht alkalischen Lösung aufgelöst. Im oberen Bereich des Autoklaven sind orientiert geschnittene Quarzplatten – als Keime – angeordnet. Infolge des Temperaturgefälles von unten nach oben kondensiert der im unteren Bereich gelöste Quarz an den Quarzplatten unter Bildung eines synthetischen Quarz-Zuchtkristalls aus. Derartige Zuchtkristalle zeichnen sich durch eine gegenüber natürlichen Quarzkristallen höhere Reinheit aus.

An Zuchtkristallen werden folgende typischen Verunreinigungsgehalte gemessen (Angaben in Klammern in Gew.-ppb): Li (550), Na (30), K (<20) Mg (<20), Ca (<30), Fe (100), Cu (<50), Ti (<10) und Al (8230).

Probenherstellung und -charakterisierung

Es wurden Quarzglasproben aus verschiedenen Quarzglasqualitäten hergestellt. Quarzglas des Typs II und des Typs VIII (siehe Figur 1) wurden jeweils unter Einsatz von Zuchtkristallen erzeugt, wobei die Zuchtkristalle beim Quarzglas des Typs II unter Einsatz einer Brenngasflamme (Knallgasflamme) und das Quarzglas des Typs VIII unter Einsatz einer wasserstofffreien Plasmaflamme erschmolzen wurden. Das Quarzglas des Typs IIIa ist synthetisch erzeugtes Quarzglas, das mittels Flammenhydrolyse von SiCl_4 nach dem sogenannten Sootverfahren erhalten wurde. Bei dem Quarzglas des Typs Vc handelt es sich um Quarzglas,

das aus synthetisch erzeugter Quarzglaskörnung erschmolzen wurde, und das einen Hydroxylgruppengehalt von weniger als 25 Gew.-ppm aufwies.

Vor und nach einer thermischen Vorbehandlung, die weiter unten beschrieben wird, wurden die Quarzglas-Proben durch Messen ihrer UV-Transmission im Wellenlängenbereich von 150 bis 240 nm und ihrem SiH- und Hydroxylgruppengehalt charakterisiert.

Der Hydroxylgruppengehalt (OH-Gehalt) ergibt sich durch Messung der IR-Absorption nach der Methode von D. M. Dodd et al. („Optical Determinations of OH in Fused Silica“, (1966), S. 3911).

Der Gehalt an SiH-Gruppen wird mittels Raman-Spektroskopie ermittelt, wobei eine Kalibrierung anhand einer chemischen Reaktion erfolgt: $\text{Si-O-Si} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Si-H} + \text{Si-OH}$, wie in Shelby „Reaction of hydrogen with hydroxyl-free vitreous silica“ (J. Appl. Phys., Vol. 51, No. 5 (Mai 1980), S. 2589-2593) beschrieben.

Thermische Vorbehandlung

Jeweils eine Probe jedes Probenpaares wurde vor der weiter unten näher erläuterten UV-Bestrahlung thermisch vorbehandelt. Hierzu wurde die Probe bei einer Temperatur von 1050 °C und während einer Dauer von 40 Stunden unter Vakuum (10^{-2} mbar) geglüht.

Die Gehalte an Hydroxylgruppen und SiH-Gruppen vor und nach der Temperbehandlung (und vor der UV-Bestrahlung) sind in Tabelle 1 im Einzelnen angegeben:

Tabelle 1

Typ	ΔT	OH-Gehalt [Gew.-ppm]	OH-Gehalt [1/cm ³]	SiH-Gehalt [1/cm ³]
II	Nein	172	$1,2 \times 10^{19}$	$3,0 \times 10^{18}$
II	Ja	136		$< 5,0 \times 10^{16}$
IIIa	Nein	201	$2,2 \times 10^{19}$	$< 5,0 \times 10^{16}$
IIIa	Ja	192		$< 5,0 \times 10^{16}$
Vc	Nein	10,4	$8,1 \times 10^{17}$	$5,0 \times 10^{17}$
Vc	Ja	4,3		$1,0 \times 10^{17}$
VIII	Nein	4,8	$3,7 \times 10^{17}$	$1,0 \times 10^{18}$
VIII	Ja	2,2		$8,0 \times 10^{17}$

ΔT = Temperbehandlung

Umrechnungsfaktor für die Angaben der OH-Gehalte

zwischen Spalte 3 und 4: $7,8 \times 10^{16}$ [Anzahl/cm³]

UV-Bestrahlungsversuche

Für die UV-Bestrahlungsversuche wurden jeweils zwei scheibenförmige Proben von jedem Material mit einer Wandstärke zwischen 1 und 2 mm geschnitten und optisch poliert und anschließend mit einer Xenon-Excimer-Lampe (Excimer-Lampe 172/330 Z der Firma Heraeus Noblelight, Hanau) bestrahlt. Dieser Excimerstrahler gibt inkohärente Strahlung mit einem Maximum der Emissionswellenlänge um 172 nm ab (die halbe Bandweite der Emissionsbande beträgt etwa 15 nm). Zur Bestrahlung wurden die Proben direkt auf das Lampen-Hüllrohr aufgelegt. Die Bestrahlungsintensität im Bereich der Proben wurde mit ca. 160 mW/cm² abgeschätzt.

Die Bestrahlungsdauer betrug 950 Stunden für die Quarzglas Typen II, IIIa und VIII und 1590 Stunden für den Quarzglas Typ Vc.

Messung der Fluoreszenz

Zusätzlich wurden an allen Proben die Fluoreszenzspektren bei Bestrahlung mit einem Excimer-Laser einer Wellenlänge von 248 nm und einer Pulsweite von 20 ns sowie einer Energiedichte von 200 mJ/cm² ermittelt.

Die Fluoreszenzstrahlung wurde in einer Richtung senkrecht zur Hauptausbreitungsrichtung der Anregungsstrahlung ermittelt, wobei sich die in Figur 2 dargestellten Spektren durch Integration über einen Zeitraum von 50 µs, beginnend 10 µs nach dem Einschalten der Anregungsstrahlung, ergaben.

Ergebnisse

Figur 1 zeigt die Transmissionsspektren der verschiedenen – getemperten und nicht getemperten – Quarzglasproben vor und nach der UV-Bestrahlung im Wellenlängenbereich zwischen 150 nm und 240 nm. Der „Brückner-Typ“ der Quarzglasproben II, IIIa, Vc, und VIII, deren Herstellung oben näher erläutert ist, ist in dem Diagramm mit römischen Ziffern angegeben.

In Figur 1 zeigen die Diagramme in der rechten Spalte jeweils die Transmissionsspektren der bestrahlten Proben und die Diagramme auf der linken Seite die der nicht bestrahlten Proben. In den Diagrammen sind jeweils zwei Messkurven eingetragen, wovon die eine, bei welcher die Messpunkte als Kreise dargestellt sind, den Verlauf der Transmission bei thermisch vorbehandelten Proben zeigt, und die andere, die als durchgezogene Linie dargestellt ist, thermisch nicht vorbehandelte Proben symbolisiert.

Aus den Spektren ist grundsätzlich zu entnehmen, dass alle nicht bestrahlten Proben eine mittlere bis gute UV-Transmission aufweisen, wobei jedoch Absorptionsbanden im Bereich von 150 und 160 nm auftreten. Mit Ausnahme des synthetisch hergestellten Quarzglases (IIIa) zeigen alle Proben eine Absorptionsbande bei ungefähr 163 nm, die für Sauerstoffdefektzentren typisch ist. Diese Absorptionsbande ist im nicht thermisch behandelten Quarzglas des Typs II relativ schwach ausgebildet.

Durch die thermische Behandlung der Proben ändert sich die Transmission, insbesondere wird in allen Fällen die 163 nm-Bande verringert. Dieser Effekt ist besonders ausgeprägt bei den Quarzgläsern der Typen II und VIII, die aus Zuchtkristallen erzeugt wurden. Die Transmission des thermisch vorbehandelten Quarzglases des Typs II ist nahe dem theoretisch zu erwartenden Maximum, insbesondere auch bis zu niedrigen Wellenlängen um 150 nm.

Die Diagramme auf der rechten Seite von Figur 1 zeigen die Transmissionsspektren nach Bestrahlung mit 172 nm-UV-Strahlung. Die Bestrahlung mit der UV-Excimer-Lampe führt bei allen Proben zu einer Verringerung der Transmission (rechte Spalte), besonders ausgeprägt bei den Quarzglástypen II und VIII, und kaum erkennbar bei dem Quarzglástyp IIIa.

Das Quarzglas vom Typ IIIa ist im Wesentlichen beständig gegenüber derartiger Strahlung und zeigt sowohl in der getemperten als auch der nicht getemperten Qualität keine Unterschiede in der Transmission.

Bei den nicht getemperten Quarzglástypen II, Vc und VIII (durchgezogene Linien) wird die Absorption bei 163 nm durch Bestrahlung verstärkt und es bildet sich eine auf E'-Zentren zurückzuführende Absorptionsbande bei 215 nm aus. Je länger die Bestrahlungsdauer ist, umso stärker sind die Absorptionsbanden bei 163 nm bzw. 215 nm. Darüber hinaus zeigen sich nach einer Bestrahlungsdauer von ca. 1.000 Stunden beim Quarzglástyp Vc und nach etwa 1.500 Stunden bei dem Typ VIII feine Risse in den Proben.

Die Temperbehandlung bewirkt zwar auch bei den Quarzglástypen Vc und VIII eine verbesserte Transmission und insbesondere eine verbesserte UV-Strahlenbeständigkeit. Die Strahlenbeständigkeit des Quarzglases VIII ist jedoch deutlich geringer als die des Quarzglases des Typs II. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass das Quarzglas vom Typ VIII durch wasserfreies Plasmaschmelzen von Zuchtkristallen erhalten wurde, und demgemäß bereits vor dem Tempervorgang einen geringen Hydroxylgruppengehalt aufweist. Wie Tabelle 1 zeigt, ist die Anzahl an Hydroxylgruppen vor der Temperbehandlung geringer als die Anzahl an SiH-Gruppen, so dass bei diesem Quarzglas der Effekt der

Temperbehandlung im Hinblick auf die Beseitigung von SiH-Gruppen vermindert ist.

Bei dem Quarzglas vom Typ Vc liegt die Anzahl der Hydroxylgruppengehalt des Vorproduktes vor der Temperbehandlung zwar etwas höher als die Anzahl der SiH-Gruppen; jedoch genügt dies nicht für eine vollständige Eliminierung, wie der noch messbare Gehalt von $1,0 \times 10^{17}$ nach der Temperbehandlung zeigt. Die Strahlenbeständigkeit dieses Quarzglases ist daher zwar etwas besser als diejenige des Quarzglases vom Typ VIII, jedoch deutlich schlechter als diejenige des Typs II nach der Temperbehandlung.

Die Verbesserung der Transmission und der Strahlenbeständigkeit ist besonders ausgeprägt bei dem Quarzglas Typ II. Obwohl die nicht getemperte Quarzglasprobe vom Typ II durch UV-Bestrahlung ähnlich degeneriert wird wie die Quarzglasqualitäten Vc und VIII, ist die getemperte Quarzglasprobe II beständig gegenüber UV-Strahlung und zeigt keine Absorptionsbande bei 163 nm und 215 nm. Dieses Quarzglas zeigt auch nach einer Bestrahlungsdauer von 2.000 Stunden keinerlei Rissbildung.

Dies ist dadurch zu erklären, dass das Quarzglas des Typs II eine geringe Anzahl intrinsischer und extrinsischer Defekte aufweist. Zum einen ist aus einem vergleichsweise reinen Ausgangsmaterial hergestellt, nämlich aus Quarz-Zuchtkristallen, so dass es wenig Verunreinigungen enthält. Zum anderen führt die Herstellung des Quarzglases mittels Flamm-schmelzen zu einem vergleichsweise hohen Hydroxylgruppengehalt (im Vergleich zum Plasmaschmelzen), was wiederum in der nachfolgenden Temperbehandlung eine Reduzierung der herstellungsbedingt eingebrachten SiH-Gruppen auf einen Wert unterhalb der Nachweisgrenze ermöglicht.

Überprüfung der Strahlenbeständigkeit

Figur 2 zeigt Fluoreszenzspektren für die Quarzglas Typen II, IIIa, Vc und VIII im Wellenlängenbereich zwischen 300 und 700 nm vor und nach der Bestrahlung mit 172-nm-UV-Excimer-Strahlung. Hierzu ist die Fluoreszenz „PL“ in relativen

Einheiten über der Wellenlänge im Bereich zwischen 300 und 700 nm aufgetragen.

Daraus ist ersichtlich, dass mit Ausnahme des Quarzglases des Typs IIIa alle Proben vor der thermischen Behandlung eine blaue Fluoreszenzbande bei einer Wellenlänge von etwa 390 nm zeigen (durchgezogene Linie). Die thermische Behandlung der Quarzglastypen Vc und VIII verändert diese blaue Fluoreszenz nur wenig (Linie mit Messpunkten in Form von Kreisen).

Im Gegensatz dazu wird jedoch die Fluoreszenzbande bei dem flammengeschmolzenen Quarzglas des Typs II durch die thermische Behandlung ausgelöscht. Stattdessen erscheint eine Fluoreszenzbande im grünen Wellenlängenbereich (ungefähr bei einer Wellenlänge von 510 nm). Diese Änderung der Fluoreszenzspektren beim Quarzglas Typ II ist ein Anzeichen für eine signifikante Änderung der SiO₂-Netzwerkstruktur und sie korreliert mit der oben beschriebenen Verbesserung der UV-Strahlenbeständigkeit dieses Quarzglases.

Das Quarzglas des Typs IIIa zeigt eine schwache Fluoreszenzbande im grünen Bereich im Wesentlichen unabhängig von einer thermischen Vorbehandlung dieses Quarzglases.

Dieses Ergebnis lässt den Schluss zu, dass eine Quarzglasprobe, die eine blaue Fluoreszenzbande bei 390 nm zeigt, bei Bestrahlung mit UV-Excimerstrahlung einer Wellenlänge von 172 nm Sauerstoffdefizit-Zentren und E'-Defektzentren bildet, und dadurch die Transmission in diesem Wellenlängenbereich beträchtlich abnimmt (innerhalb der ersten 100 Stunden). Wenn hingegen die blaue Fluoreszenzbande durch Tempern beseitigt werden kann, wird das Quarzglas durch das Tempern strahlenbeständig gegenüber der 172 nm-Strahlung und die Bildung von Sauerstoffdefektstellen oder E'-Defektzentren wird nicht mehr beobachtet. Wenn blaue Fluoreszenz nicht beobachtet wird (wie beim Typ IIIa) ist das betreffende Quarzglasmaterial unabhängig von einer thermischen Vorbehandlung beständig gegenüber UV-Bestrahlung.

Patentansprüche

1. Bauteil aus Quarzglas für eine UV-Strahlenquelle, dadurch gekennzeichnet, dass das Quarzglas aus synthetisch erzeugten Quarzkristallen erschmolzen ist und einen Gehalt an SiH-Gruppen von weniger als 5×10^{17} Molekülen/cm³ aufweist.
2. Quarzglas-Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Quarzglas einen Gehalt an Hydroxylgruppen von mindestens 25 Gew.-ppm, vorzugsweise mindestens 100 Gew.-ppm, aufweist.
3. Quarzglas-Bauteil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Quarzglas einen Gehalt an SiH-Gruppen von weniger als 5×10^{16} Molekülen/cm³ aufweist.
4. Quarzglas-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Quarzglas durch Erschmelzen synthetischer Quarzkristalle mittels einer Brennerflamme erzeugt ist.
5. Quarzglas-Bauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass er als Hüllkörper mit einer Wandstärke im Bereich zwischen 0,4 mm und 8 mm ausgebildet ist.
6. Verfahren zur Herstellung eines Quarzglas-Bauteils für eine für eine UV-Strahlenquelle, umfassend das Erschmelzen von SiO₂-haltiger Körnung, dadurch gekennzeichnet, dass synthetisch erzeugte Quarzkristalle zu einem Vorprodukt erschmolzen werden, das aus Quarzglas besteht, das Hydroxylgruppen in einer Anzahl enthält, die größer ist als die Anzahl an SiH-Gruppen, und dass zur Beseitigung von SiH-Gruppen das Vorprodukt einer Temperbehandlung bei einer Temperatur von mindestens 850 °C unterzogen und dabei das Quarzglas-Bauteil erhalten wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6 dadurch gekennzeichnet, dass ein Vorprodukt erschmolzen wird, das aus Quarzglas besteht, das Hydroxylgruppen in einer Anzahl enthält, die mindestens doppelt so groß ist wie die Anzahl an SiH-Gruppen.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7 dadurch gekennzeichnet, dass die Temperbehandlung bei einer Temperatur im Bereich zwischen 900 °C und 1200 °C erfolgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperbehandlung eine Behandlung unter Vakuum umfasst.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperbehandlung eine Behandlung unter einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre umfasst.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Hydroxylgruppengehalt des Quarzglases auf mindestens 25 Gew.-ppm, vorzugsweise mindestens 100 Gew.-ppm, eingestellt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, der Quarzglas-Bauteil als Hüllkörper für die UV-Strahlenquelle mit einer Wandstärke im Bereich zwischen 0,4 mm und 8 mm ausgebildet wird, und dass die Temperbehandlung in Abhängigkeit von der Wandstärke zwischen 4 Stunden und 80 Stunden andauert.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass infolge der Temperbehandlung in dem Quarzglas ein Gehalt an SiH-Gruppen von weniger als 5×10^{17} Molekülen/cm³, vorzugsweise von weniger als 5×10^{16} Molekülen/cm³, eingestellt wird.

14. Diagnoseverfahren für die Eignung eines Quarzglas-Bauteils für den Einsatz mit einer UV-Strahlenquelle, indem das Quarzglas-Bauteil einer Anregungsstrahlung ausgesetzt und die infolge der Anregungsstrahlung erzeugte Fluoreszenzstrahlung des Quarzglases im Wellenlängenbereich von 350 nm bis 430 nm erfasst wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Anregungsstrahlung eine Wellenlänge um 248 nm hat.
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluoreszenzstrahlung des Quarzglas-Bauteils in einer Richtung ermittelt wird, die im Wesentlichen senkrecht zur Hauptausbreitungsrichtung der Anregungsstrahlung steht.

1/2

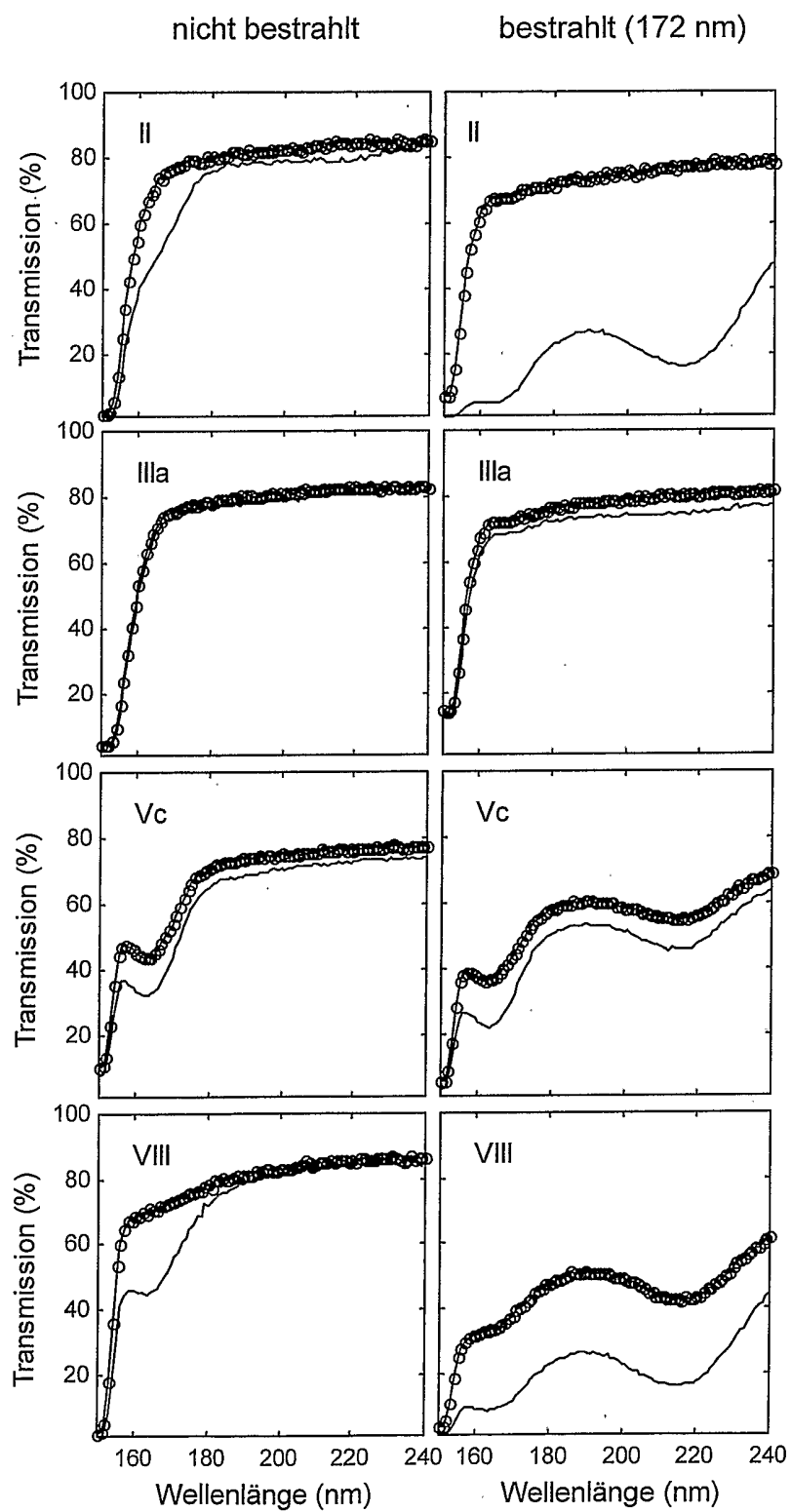


Fig. 1

2/2

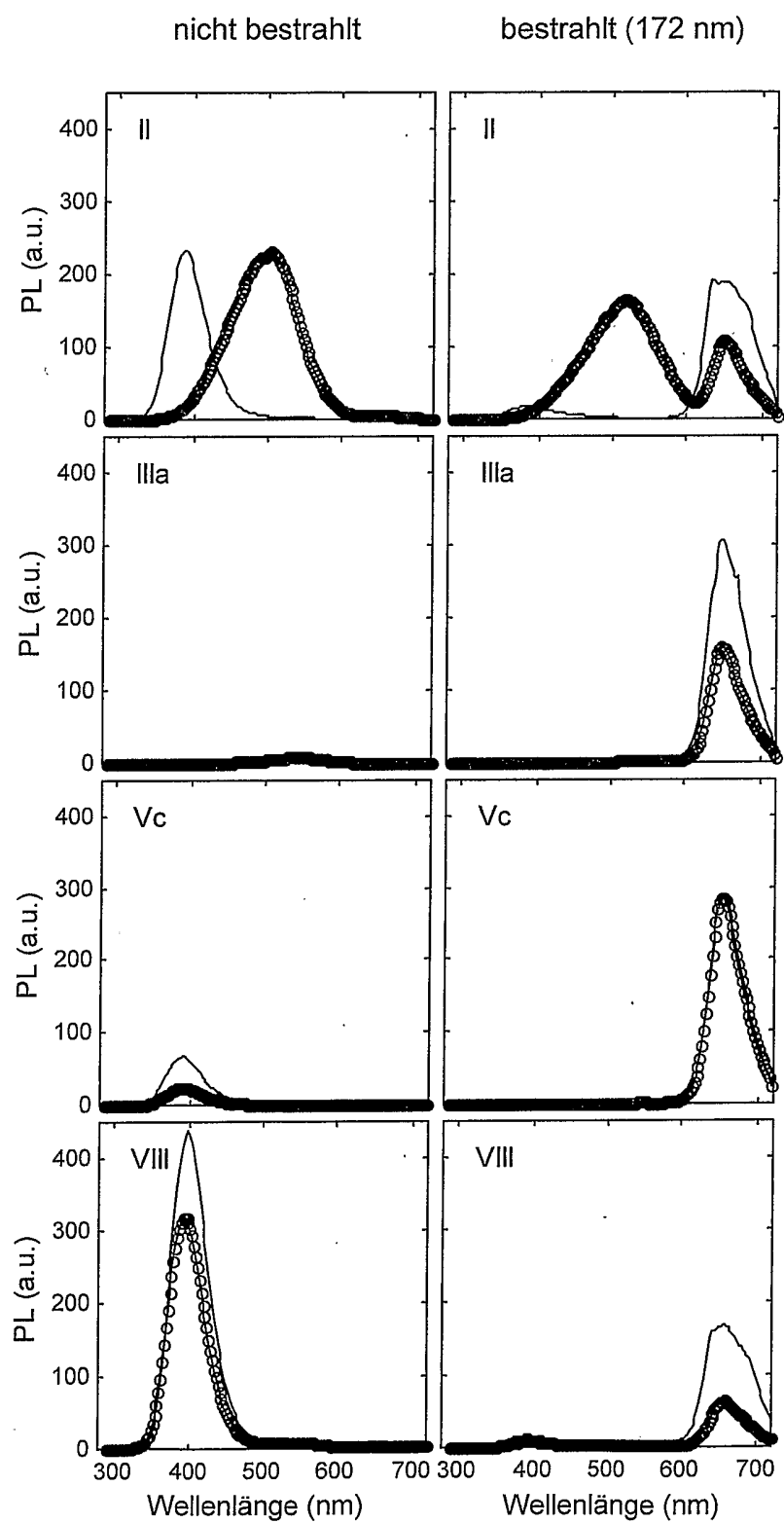


Fig. 2