



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **242 760 A1**4(51) **B 08 B 7/00****AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP B 08 B / 282 995 1	(22)	19.11.85	(44)	11.02.87
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71) Akademie der Wissenschaften der DDR, 1080 Berlin, Otto-Nuschke-Straße 22/23, DD

(72) Reetz, Roland, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Bohmeyer, Werner, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Francke, Klaus-Peter, Dipl.-Phys.; Rudolph, Rolf, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys., DD

(54) Verfahren zur Prüfung der Reinheit von Substratoberflächen und zur Reinigung derselben

(57) Das erfindungsgemäße Verfahren bietet die Möglichkeit, das Vorhandensein von Verunreinigungen, wie Staubpartikeln, lokalen Störungen oder/und unerwünschten Absorptionsschichten mit bestimmten optischen Eigenschaften festzustellen und zu beseitigen. Aufgabe der Erfindung ist es, Verfahren zur Prüfung der Reinheit und zur Reinigung derselben anzugeben, wobei sich die zu prüfenden Substratoberflächen unter beliebigen Umgebungsbedingungen befinden können. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß Prüfung der Reinheit und Reinigung in einem in-situ Verfahrensschritt durchgeführt werden, wozu der zur Prüfung vorgesehene Ausschnitt einer Substratoberfläche der Strahlung eines Lasers mit dem Substratmaterial angepaßten Parametern ausgesetzt wird. Die Lichtemission der verdampften Verunreinigungen wird mittels Empfänger registriert und mit einem einstellbaren Maximalwert, der einer geforderten Reinheit der Substratoberfläche entspricht, verglichen. Je nach Ergebnis des Vergleiches wird die Substratoberfläche nicht mehr oder bis zum Erreichen bzw. Unterschreiten des einstellbaren Maximalwertes der Laserstrahlung erneut ausgesetzt.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur Prüfung der Reinheit von Substratoberflächen und Reinigung derselben, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Prüfung der Reinheit von Substratoberflächen und die Reinigung derselben in einem in-situ Verfahrensschritt erfolgt und der zur Prüfung vorgesehene Ausschnitt einer Substratoberfläche der Strahlung eines Lasers mit dem Substratmaterial angepaßten Parametern ausgesetzt wird, daß die Lichtemission der verdampften Verunreinigungen mittels Strahlungsempfänger registriert wird, daß die gemessene Strahlung als Maß der Art und der Konzentration der Verunreinigungen der Substratoberfläche verwendet wird, daß die gemessene Strahlung mit einem einstellbaren Maximalwert der Lichtemission, der einer geforderten Reinheit der Substratoberfläche entspricht, verglichen wird, daß bei Unterschreiten bzw. Erreichen des einstellbaren Maximalwertes der Lichtemission die Bestrahlung des zur Prüfung vorgesehenen Ausschnitts der Substratoberflächen mittels Laser beendet werden und bei Überschreiten des einstellbaren Maximalwertes der Lichtemission die Bestrahlung der Substratoberflächen mittels Laser so lange weitergeführt wird, bis der einstellbare Maximalwert erreicht ist.
2. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß als dem Substratmaterial angepaßte Parameter des Laserstrahls solche eingestellt werden, die für die Substrate zu keiner Schädigung der Oberfläche führen.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß Substrat und Strahlungsempfänger gemeinsam in einer abgeschlossenen Apparatur angeordnet werden, in die die Laserstrahlung über ein für diese transparentes Fenster eingekoppelt wird, oder daß das Substrat innerhalb der Apparatur und der Strahlungsempfänger außerhalb einer über ein für den nachzuweisenden Spektralbereich transparentes Fenster verfügenden Apparatur angeordnet werden.
Verfahren zur Prüfung der Reinheit von Substratoberflächen und zur Reinigung derselben.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren kann zur Prüfung der Reinheit von Substratoberflächen und zur Reinigung derselben angewendet werden. Der Einsatz des Verfahrens erfolgt zweckmäßigerweise in Verbindung mit Substratreinigungs- oder -beschichtungsanlagen insbesondere in der Mikro- und Optoelektronik. Es bietet die Möglichkeit, das Vorhandensein von Verunreinigungen wie Staubpartikeln, lokalen Störungen oder/und unerwünschten Absorptionsschichten mit bestimmten optischen Eigenschaften festzustellen und zu beseitigen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannte technische Lösungen nutzen zur Prüfung des Reinheitsgrades von Substratoberflächen die Streuung von geeignet eingekoppeltem Licht an Partikeln auf den zu untersuchenden Substratflächen. Im technisch einfachsten Fall erfolgt die Bewertung des Reinheitsgrades der Substratoberflächen nach visueller Beurteilung des gestreuten Lichtes. Die Bewertung kann durch Intensitätsmessung des Streulichtes oder durch aufwendiges mikroskopisches Auszählen der Streudefekte objektiviert werden. Eine Unterscheidung zwischen Substratfehlern (z. B. Rissen oder Löchern in Glassubstraten) und Fremdpartikeln ist bei diesen Verfahren nicht möglich, eine Trennung der Information nach Dichte und Größe der Streuzentren schwierig, wenn größere Substratflächen inspiziert werden.

Bei Notwendigkeit einer Nachreinigung haben die konventionellen Reinigungsverfahren, bestehend aus kombinierten Wasch- und Spülvorgängen mit chemischen Reagenzien bzw. Lösungsmitteln den Nachteil, daß sie die Überführung der Oberflächen in gesonderte Reinigungsanlagen erfordern.

Eine bessere Kompatibilität zu Beschichtungsverfahren wird bei Reinigung mit Ätzgasen (beschrieben in DE-OS 3037160) und besonders durch Ionenbeschuß (z. B. DE-OS 2406294) erreicht. Diesen Verfahren haftet der Nachteil an, daß sie zur Beseitigung von Partikeln ungeeignet sind.

Für die Reinigung von Schiffskörpern und Gebäuden werden in der Literatur lasergestützte Verfahren vorgeschlagen (beschrieben z. B. in IAN SSSR, 47, 81519 [1983] und WO 83/01400). Hierbei handelt es sich um großflächige Objekte, bei denen umfangreiche Schmutzschichten entfernt werden müssen und das Resultat sofort sichtbar ist.

In Applied Optics, Vol. 23, No. 21, 1. November 1984, 3782-3795 wird ein Konditionieren von Glasoberflächen mittels Laser beschrieben. Die so behandelten Gläser sind für den Einsatz in Hochleistungslaseroptiken vorgesehen. Die Kontrolle der „verfestigten“ Oberfläche erfolgt dabei anschließend durch den durch die Optik gehenden Laserstrahl, hat aber mit einer Reinigungskontrolle im eigentlichen Sinne nicht zu tun.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung sind reine Substratoberflächen, die eine hohe Qualität der nachfolgenden Technologieprozesse garantieren.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Verfahren zur Prüfung der Reinheit von Substratoberflächen und zur Reinigung derselben anzugeben, wobei sich die zu prüfenden Substratoberflächen unter beliebigen Umgebungsbedingungen befinden können. Prüfung und Reinigung der Substratoberflächen sollen sich gut in den Gesamtherstellungsprozeß von Bauelementen einpassen lassen, und die Reinigung soll einen geringen apparativen Aufwand erfordern.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Prüfung der Reinheit von Substratoberflächen und die Reinigung derselben in einem in-situ Technologieschritt durchgeführt werden. Dazu wird der zur Prüfung vorgesehene Ausschnitt einer Substratoberfläche der Strahlung eines Lasers mit dem Substratmaterial angepaßten Parametern ausgesetzt, so daß Verunreinigungen (z. B. Staub- und Schmutzpartikel bzw. leicht flüchtige Ablagerungen) verdampfen, ohne daß dabei die

Substratoberfläche beschädigt wird. In Abhängigkeit vom Substratmaterial und den zu entfernenden Verunreinigungen auf der Substratoberfläche entsteht beim Verdampfen dieser Verunreinigungen mittels Laserstrahl ein Plasma, daß im sichtbaren und nahen UV-Bereich des Spektrums intensive Strahlung aussendet. Die Lichtemission der verdampften Verunreinigungen wird mittels Empfänger registriert, die gemessene Strahlung als Maß der Art und der Konzentration der Verunreinigungen der Substratoberfläche verwendet und mit einem einstellbaren Maximalwert der Lichtemission, der einer geforderten Reinheit der Substratoberfläche entspricht, verglichen. Je nach Ergebnis des Vergleiches wird die Substratoberfläche nicht mehr oder bis zum Erreichen bzw. Unterschreiten des einstellbaren Maximalwertes der Laserstrahlung erneut ausgesetzt. Der zur weiteren Reinigung vorgesehene Ausschnitt der Substratoberfläche wird dabei durch eine Laserstrahl-Substrat-Bewegung vollständig erfaßt.

In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die optischen Eigenschaften der Verunreinigungen zur selektiven Einkopplung der Energie des Laserstrahls in der Weise genutzt, daß für ein gegebenes Substrat ein Laser mit einer solchen Wellenlänge eingesetzt wird, für den das Substrat transparent und die Verunreinigungen der Oberfläche absorbierend sind.

In einer anderen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden Laserstrahlen eingesetzt, für die das Substrat nicht transparent sein muß. Dabei werden die Intensität des Laserstrahls und die Strahldauer so eingestellt, daß Staubpartikel bzw. leicht flüchtige Beläge verdampft werden, ohne daß die Substratoberfläche angegriffen bzw. zerstört wird.

In einer erfindungsgemäßen Ausgestaltungsform werden Substrat und Strahlungsempfänger in einer abgeschlossenen Apparatur angeordnet. Die Apparatur verfügt über ein für die Laserstrahlung transparentes Fenster, über das die Strahlung eingekoppelt werden kann.

Eine andere Möglichkeit ist die Anordnung des Substrates innerhalb einer Apparatur, der Strahlungsempfänger hingegen wird außerhalb der Apparatur angeordnet, die über ein für den nachzuweisenden Spektralbereich transparentes Fenster verfügt. Zur Registrierung der Lichtemission der Verunreinigungen muß der Strahlungsempfänger das auftreffende Licht eindeutig einer Verunreinigung zuordnen können. Dazu muß entweder die spektrale Empfindlichkeit des Empfängers auf die Laserwellenlänge gering sein oder das von der Substratoberfläche reflektierte oder gestreute Laserlicht durch geeignete Maßnahmen (Filter o. ä.) vom Strahlungsempfänger ferngehalten werden.

Das erfindungsgemäße Prüf- und Reinigungsverfahren von Substratoberflächen stellt ein automatisierbares in-situ Verfahren für beliebige Umgebungsbedingungen dar, das sich gut in die verschiedenen Herstellungsverfahren von Bauelementen einpassen läßt. Durch Analyse des Emissionsspektrums der verdampften Verunreinigungen auf das Vorhandensein ausgewählter Banden ist es möglich, qualitative Informationen über chemische Bestandteile, die im Bereich der Oberflächenstörung vorhanden sind, zu erhalten und eine Unterscheidung zwischen Substratfehlern und Fremdpartikeln (z. B. Reinigungsrückstände vorangegangener naßchemischer Reinigungsverfahren) zu ermöglichen. Die Prüfung und Reinigung von Substratoberflächen ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren in einem Arbeitsschritt möglich, wobei auf eine naßchemische Reinigung vollständig verzichtet werden kann.

Ausführungsbeispiel

Das erfindungsgemäße Verfahren wird in folgendem Ausführungsbeispiel zur Vorbereitung von Glassubstraten zur Herstellung von Dünnschicht-Elektrolumineszenzdisplays angewendet, die extreme Anforderungen an die Reinheit der Glasoberfläche für die nachfolgende Beschichtung stellen. Partikel und Absorptionsschichten verändern die Keimdichte für die nachfolgende Bedampfung und führen zu Schichtinhomogenitäten und damit zu elektrischen Instabilitäten des Displays.

Die Glassubstrate werden mit einem CO₂-TEA-Impulslaser hoher Folgefrequenz bestrahlt. Die (von der Glasart abhängige) Intensität liegt bei 1 MW/cm² bei einer Impulsdauer von 1 µs. Die Folgefrequenz wird proportional zur Geschwindigkeit eines x-y-Tisches gewählt, so daß die Einzelimpulse auf der Glasoberfläche nur wenig überlappen (bestrahlte Fläche pro Impuls ca. 1 cm²). Eine Fotodiode, die nur auf Lichtschwankungen reagiert, registriert das Licht der leuchtenden Verdampfungswolke und steuert damit einen x-y-Tisch (bzw. den Laserstrahl) solange um eine definierte Stelle der Substratoberfläche bzw. über das gesamte Glassubstrat, bis die Leuchtintensität einen vorgewählten Wert unterschreitet.