



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 0 930 104 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
21.07.1999 Patentblatt 1999/29

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B05D 3/06**

(21) Anmeldenummer: 98123022.0

(22) Anmeldetag: 07.12.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder: **Zaher, Maximilian**  
26125 Oldenburg (DE)

(74) Vertreter:  
**von Hellfeld, Axel, Dr. Dipl.-Phys.**  
**Wuesthoff & Wuesthoff**  
**Patent- und Rechtsanwälte**  
**Schweigerstrasse 2**  
**81541 München (DE)**

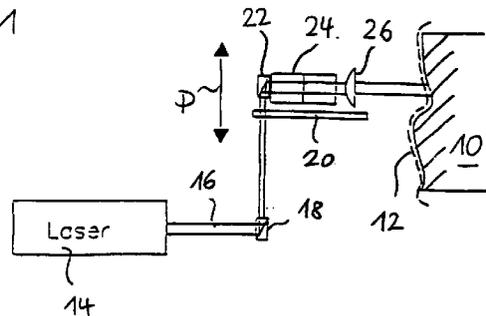
(30) Priorität: 09.12.1997 DE 19754633

(71) Anmelder: **Bush Industries, Inc.**  
**Jamestown, N.Y. 14702-0460 (US)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Vernetzen und Härten von Lack**

(57) Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Vernetzen und Härten einer Lackschicht (12) auf einem Substrat (10) sieht einen Excimerlaser (14) als Quelle für UV-Strahlung vor.

Fig. 1



EP 0 930 104 A2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Vernetzen und Härten von Lack auf einem Substrat.

[0002] Die UV-Vernetzung (Härtung) von Lacken ist Stand der Technik. Als Quelle für UV-Strahlung werden im Stand der Technik breitbandige UV-Strahler eingesetzt, d. h. es wird ein breites Spektrum von Wellenlängen auf das mit Lack beschichtete Substrat gerichtet. Im Lack sind sog. Photoinitiatoren (PI) beigemischt. Die Photoinitiatoren absorbieren die UV-Strahlung und bewirken die Vernetzung. Entsprechend der breitbandig eingestrahlten UV-Strahlung wurden im Stand der Technik verschiedene Photoinitiatoren in einem Lack eingesetzt, so daß über den gesamten Wellenlängenbereich der eingestrahlten Strahlung eine hinreichende Absorption erfolgt. Photoinitiatoren sind teuer. Werden Photoinitiatoren beim Vernetzen nicht aktiviert, besteht eine Vergilbungsgefahr für den Lack. Die im Stand der Technik verwendeten herkömmlichen UV-Strahler weisen eine sehr hohe Betriebstemperatur auf (z. B. mehr als 1000° C). Diese hohen Betriebstemperaturen der UV-Leuchten machen den Einsatz von Kühlluft oder anderen Kühlmitteln erforderlich. Diese Kühlung ist aufwendig und Kühlluft bedingt auch technische Probleme hinsichtlich Staub, Temperaturgradienten und Luftwirbel.

[0003] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß der Einsatz einer monochromatischen Quelle für UV-Strahlung erhebliche Vorteile mit sich bringt. Der Begriff "monochromatisch" bedeutet hier einen relativ engen Wellenlängenbereich der UV-Strahlung, wie er beispielsweise von einem Excimerlaser erzeugt wird, der keine besonderen Mittel für die Wellenlängenselektion (sei es im Resonator oder außerhalb des Resonators) aufweist. Die Bandbreite eines Excimerlasers ist in diesem Sinne als "monochromatisch" zu verstehen. Wird eine in diesem Sinne monochromatische UV-Strahlungsquelle verwendet, so braucht der Lack vor-  
 teilhafterweise nur einen ganz bestimmten Photoinitiatortyp zu enthalten, der beim Aushärten vollständig umgesetzt wird, so daß keine "unverbrauchten" Photoinitiatoren verbleiben, die die oben angesprochene Vergilbungsgefahr bringen.

[0004] Die Verwendung von farbigem Licht anstelle von weißem Licht bei einem Trockenverfahren, das beispielsweise auch dem Trocknen eines Lackanstrichs dienen kann, ist aus der DE 162 696 bekannt. Zur Erzielung des farbigen Lichts wird ein Lichtfilter verwendet. Dieser gewährleistet nicht eine derart enge Bandbreite, daß dieses Licht als monochromatisch im Sinne der obigen Definition zu verstehen ist.

[0005] Die Verwendung von monochromatischem UV-Licht zum Härten eines Lacks ist aus dem Artikel "Mattieren ohne Mattierungsmittel-Möglichkeiten der Excimer-UV-Bestrahlung" von Dr. A. Roth, Coating 8/97, S. 305, bekannt. Diese ergibt sich in natürlicher Weise aus

der Verwendung eines Excimerlasers. Als Vorteil wird hervorgehoben, daß aufgrund der fehlenden niederwelligen spektralen Anteile sowohl das Substratmaterial als auch dessen Beschichtung nicht geschädigt wird. Eine verbesserte Härtung des Lacks wird nicht erwähnt.

[0006] Ähnlich wird in einem Verfahren, das in der DE 41 23 915 A1 vorgestellt wird, monochromatisches UV-Licht verwendet, um die Möglichkeit der Schädigung einer unter der Lackschicht liegenden thermoempfindlichen Schicht stark zu reduzieren.

[0007] Der Erfindung liegt dagegen die weitere Erkenntnis zugrunde, daß die Vorteile des Einsatzes einer monochromatischen Quelle für UV-Strahlung dadurch verstärkt werden, daß wesentliche Parameter, die bei der Härtung eine Rolle spielen, aufeinander abgestimmt werden.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Vernetzen (Härten) von Lack sind deshalb durch eine in diesem Sinne im wesentlichen monochromatische UV-Strahlungsquelle gekennzeichnet, insbesondere durch die Verwendung eines Excimerlasers, und die Wellenlänge der UV-Strahlung, die Absorptionscharakteristik der Photoinitiatoren im Lack und die Leistungsdichte der Strahlung werden so aufeinander abgestimmt, daß die UV-Strahlung über die gesamte gewünschte Dicke der zu härten-  
 den Lackschicht absorbiert wird.

[0009] Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0010] So ist bevorzugt vorgesehen, daß die Wellenlänge der UV-Strahlung im Bereich von 190 bis 250 nm, insbesondere bei etwa 248 nm liegt.

[0011] Die Erfindung ermöglicht die homogene Vernetzung und Verhärtung von Lackschichten mit Stärken von 50µm und mehr.

[0012] Wird ein Laser für die Lackhärtung verwendet, so hat dies weiterhin den Vorteil, daß die Laserstrahlung dreidimensional mit optischen Mitteln in einfacher Weise geführt werden kann, und zwar mit relativ großem Abstand zum Objekt (Substrat). Auch ist der Winkel steuerbar, unter dem die Strahlung auf die Objekt-  
 oberfläche auftrifft.

[0013] Die Verwendung eines Lasers als UV-Strahlungsquelle, insbesondere eines Excimerlasers, hat weiterhin den Vorteil, daß beim Stand der Technik noch zu verzeichnende technische Probleme hinsichtlich der Dimensionsstabilität des Substrates (beschichteten Objektes) weitgehend überwunden sind. Die Aushärtung mit Laserstrahlung ermöglicht eine gezielte lokale Absorption, ohne daß das darunterliegende Substrat (Objekt) stark erhitzt wird. Bei Verwendung von Excimerlasern werden Verbiegungen, mikroskopische Risse des Substrates, Feuchtigkeitsaustritt und andere Phänomene, die die Qualität der Lackschicht und insbesondere deren Haftung am Substrat, vermieden.

[0014] Durch die Parallelität der Laserstrahlung über weite Strecken ist weiterhin gewährleistet, daß der Einstrahlwinkel, unter dem die Strahlung auf die Substrat-

oberfläche auftrifft, genau und reproduzierbar steuerbar ist. Es hat sich gezeigt, daß hierdurch ebenfalls die Qualität der ausgehärteten Lackschicht verbessert werden kann. Der Abstand zwischen der Strahlungsquelle (dem Laser) und dem Substrat ist nicht entscheidend für das Vernetzungsergebnis, so daß bei der Steuerung einer Relativbewegung zwischen Laserstrahlung und Objekt nicht auf den Abstand geachtet zu werden braucht.

**[0015]** Auch ermöglicht die Aushärtung mit Laserstrahlung sehr gute Ergebnisse bei Objekten mit scharfen Kanten. Die Vernetzung erfolgt auch auf den Kanten ohne wesentlichen Unterschied zur Vernetzung auf den Flächen.

**[0016]** Es wird eine gleichmäßige Aushärtung über die gesamte Schichtdicke und eine sehr gute Untergrundhaftung des Lackes erreicht.

**[0017]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben. Es zeigt:

Figuren 1 und 2 schematisch ein Ausführungsbeispiel für eine Anordnung zum Lenken von Excimer-Laserstrahlung auf eine Lackschicht, die auf ein dreidimensional geformtes Substrat aufgetragen ist; und

Figuren 3 und 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine Anordnung zum Lenken von Laserstrahlung auf eine Lackschicht, die auf ein dreidimensionales Objekt aufgetragen ist.

**[0018]** Die Figur 1 zeigt eine Seitenansicht des optischen Systems und Figur 2 eine Draufsicht.

**[0019]** Ein Substrat (Objekt) 10 soll mit einer Lackschicht versehen werden. Das Substrat 10 besteht beim dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem Holzwerkstoff. Andererseits kann das Substrat beispielsweise auch aus einem Kunststoff, Metall oder einem Verbundwerkstoff bestehen.

**[0020]** Die Lackschicht 12 hat eine Stärke von 50µm.

**[0021]** Als Quelle für UV-Strahlung dient ein Excimerlaser 14 (Typ EMG 50 von LAMDA PHYSIK) mit KrF-Gas. Der Laser 14 emittiert bei einer Wellenlänge von etwa 248 nm. Besondere Einrichtungen zur Reduzierung der Bandbreite der emittierten Strahlung 16 weist der Laser 14 nicht auf (also z. B. kein Gitter im Resonator).

**[0022]** Der Excimerlaser 14 wird gepulst betrieben. Die Repetitionsrate der Pulse und die Energie der einzelnen Pulse ist einstellbar.

**[0023]** Mit UV-Strahlung vernetzt - und aushärtbare Lacke werden am Markt mit unterschiedlichen Absorptionscharakteristiken geliefert. Es sind Lacke erhältlich, die bei 248 nm sehr stark absorbieren und Lacke, die bei 248 nm weniger stark absorbieren, also z. B. ein

Absorptionsmaximum bei 270 nm aufweisen. Es wurden unterschiedliche Lacke getestet und es hat sich dabei gezeigt, daß es nicht unbedingt erforderlich, ja sogar vorteilhaft ist, einen Lack zu verwenden, der sein Absorptionsmaximum nicht genau bei 248 nm, also der verwendeten Wellenlänge der UV-Strahlungsquelle hat. Wichtig ist, daß die Absorptionscharakteristik der im Lack enthaltenen Photoinitiatoren, die Leistungsdichte der Laserstrahlung und deren Wellenlänge so aufeinander abgestimmt sind, daß die UV-Strahlung über die gesamte gewünschte Dicke der zu härtenden Lackschicht möglichst gleichmäßig absorbiert wird, beim beschriebenen Ausführungsbeispiel also über die gesamte Dicke von 50µm. Diese Optimierung muß experimentell mit dem gegebenen Lasersystem, den gegebenen Lacken und den gewünschten Lackstärken durchgeführt werden. Wird z. B. die Abstimmung zwischen der Absorptionscharakteristik der Photoinitiatoren im Lack und der Wellenlänge der UV-Strahlung nicht in der beschriebenen Weise durchgeführt, kann die UV-Strahlung bereits in den oberen Lagen der Lackschicht vollständig absorbiert werden, so daß die unteren Lagen der Lackschicht direkt über dem Substrat nur mangelhaft ausgehärtet werden. Ist umgekehrt die Leistungsdichte der Laserstrahlung, die Wellenlänge der Strahlung und die Absorptionscharakteristik der Photoinitiatoren so aufeinander abgestimmt, daß ein Großteil der UV-Strahlung nicht absorbiert durch die Lackschicht durchtritt, erfolgt eine zu starke Aufheizung des Substrates mit den oben beschriebenen nachteiligen Folgen hinsichtlich der Dimensionsstabilität, Ribbildung etc.

**[0024]** Die Figuren 1 und 2 zeigen das optische System zum Lenken der Strahlung des Excimerlasers 14 auf das mit der Lackschicht 12 versehene Substrat 10. Eine Bühne 20 ist gemäß Figur 1 vertikal auf- und abwärtsbewegbar. Über ein Prisma 18 gelangt der Laserstrahl 16 zu einem weiteren Prisma 22 und in ein Doppelprisma 24. Die Anordnung bewirkt eine Aufteilung des Laserstrahls 16 in drei Strahlteile, die jeweils über Linsen 26a, 26b und 26c (Figur 2) auf die Lackschicht 12 gelangen. Ein Strahlenteil wird vom Doppelprisma 24 geradlinig durchgelassen und über die Linse 26b abgebildet, ein Strahlenteil wird vom Doppelprisma 24 nach oben auf einen Spiegel 28 abgelenkt, von wo er über die Linse 26a auf die Lackschicht 12 gelangt und ein dritter Strahlenteil wird vom Doppelprisma 24 auf einen Spiegel 30 gelenkt, von wo der Strahlenteil über die Linse 26c auf die Lackschicht 12 gerichtet wird.

**[0025]** Durch Verschieben der Bühne 20 gemäß dem Pfeil P (Figur 1) wird die Laserstrahlung über die Lackschicht 12 geführt. Es ist vorteilhaft, das Substrat 10 stationär zu halten und den Laserstrahl zu bewegen. Die Anordnung gemäß den Figuren 1 und 2 bewirkt eine Strahlaufweitung mittels einer Zerstreuungslinse und hat zur Folge, daß die Laserstrahlung aus unterschiedlichen Richtungen aber genau reproduzierbar auf die Lackschicht und das Substrat 10 gelenkt wird. Es erfolgt

mit dieser Anordnung eine weitestgehend homogene Aushärtung der Lackschicht.

[0026] Die Figuren 3 und 4 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel für optische Einrichtungen zum Lenken der UV-Laserstrahlung. In den Figuren sind aneinander entsprechende oder funktionsähnliche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0027] Auf einer Bühne 20' ist eine in Bezug auf die Bühne 20' bewegbare Platte 34 angeordnet, die ein Prisma 32 und eine Linse 26 abstützt. Figur 3 zeigt eine Seitenansicht des optischen Systems und Figur 4 eine Draufsicht (von oben). Die Bühne 20' ist entsprechend dem Pfeil P<sub>2</sub> vertikal auf- und abwärts verschiebbar. Die Platte 34 ist um eine Achse A entsprechend dem Pfeil P<sub>1</sub> drehbar (in Bezug auf die Bühne 20'). Durch Drehung der Platte 34 um die Achse A wird gemäß Figur 4 die über die Linse 26 auf die Lackschicht und das Substrat 10 gerichtete Laserstrahlung entsprechend dem Pfeil P<sub>3</sub> verschwenkt. Auch diese Anordnung ermöglicht eine homogene Aushärtung der Lackschicht 12 auf dem Substrat 10.

[0028] Bei Verwendung eines Lackes, der zwar bei 248 nm absorbiert, aber bei 285 nm eine Spitze in der Absorptionskurve aufweist, wurden optimale Ergebnisse mit folgenden Einstellungen des Lasers erzielt: Es wurde mit Laserpulsen mit einer Energie von 45mJ/Puls und mit einer Frequenz von 1 Hz gearbeitet. Der Beginn der Vernetzung ist nach 10 Pulsen erkennbar. Der Lack ist dann sofort vollständig durchvernetzt und besitzt eine sehr gute Untergrundhaftung. Dies bedeutet, daß für eine Fläche von 10 x 20 mm<sup>2</sup> und eine Schichtdicke von 50µm nach 10 Pulsen mit einer Energie von 45 mJ eine vollständige Vernetzung der Lackschicht erreicht ist, ohne daß zuviel überschüssige Energie vom Substrat absorbiert wird. Dies ergibt eine Energiedichte von 250 mJ/cm<sup>2</sup>, was mit kommerziellen Excimerlasern bei einer Vorschubgeschwindigkeit zwischen Strahl und Substrat von 6 m/min erreichbar ist.

[0029] Eine Gitterschnitt-Prüfung ergab einen sehr guten Gitterschnitt-Kennwert im Bereich zwischen Gt1 und Gt2. Eine Abriebprüfung mit Stahlwolle zeigte eine hohe mechanische Widerstandsfähigkeit der Lackschicht.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Vernetzen und Härten von Lack auf einem Substrat (10) mit im wesentlichen monochromatischer UV-Strahlung, wobei der Lack Photoinitiatoren enthält, dadurch gekennzeichnet, daß
  - die Wellenlänge der UV-Strahlung, die Absorptionscharakteristik der Photoinitiatoren im Lack und die Leistungsdichte der Strahlung so aufeinander abgestimmt werden, daß die UV-Strahlung über die gesamte gewünschte Dicke der zu härtenden Lackschicht (12) absorbiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die UV-Strahlung von einem Excimerlaser erzeugt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Lack nur einen Photoinitiatortyp enthält, dadurch gekennzeichnet, daß das Absorptionsmaximum des Photoinitiatortyps bei einer anderen Frequenz als der der UV-Strahlung liegt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellenlänge der UV-Strahlung bei 190 bis 250 nm, insbesondere bei etwa 248 nm liegt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicke der ausgehärteten Lackschicht (12) 50µm oder mehr beträgt.
6. Vorrichtung zum Vernetzen und Härten von Lack auf einem Substrat (10), wobei der Lack Photoinitiatoren aufweist, gekennzeichnet durch eine im wesentlichen monochromatische UV-Strahlungsquelle (14) und dadurch, daß die Wellenlänge der UV-Strahlung, die Absorptionscharakteristik der Photoinitiatoren im Lack und die Leistungsdichte der Strahlung so aufeinander abgestimmt werden, daß die UV-Strahlung über die gesamte gewünschte Dicke der zu härtenden Lackschicht (12) absorbiert wird.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Excimerlaser als UV-Strahlungsquelle vorgesehen ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellenlänge der UV-Strahlung bei 190 bis 250 nm, insbesondere bei etwa 248 nm, liegt.

Fig. 1

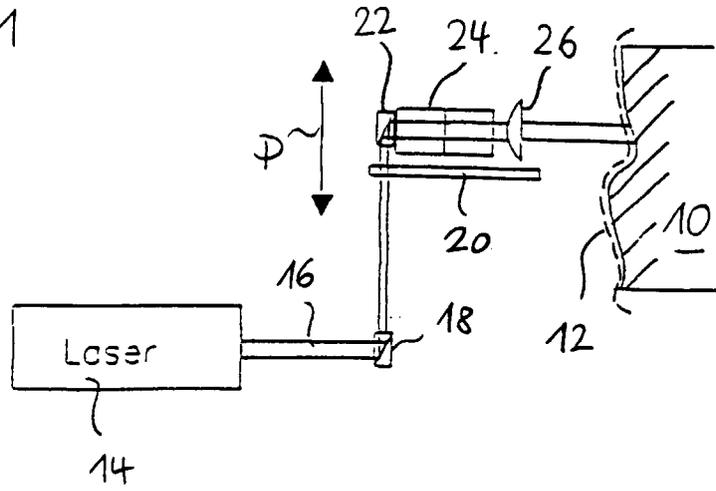


Fig. 2

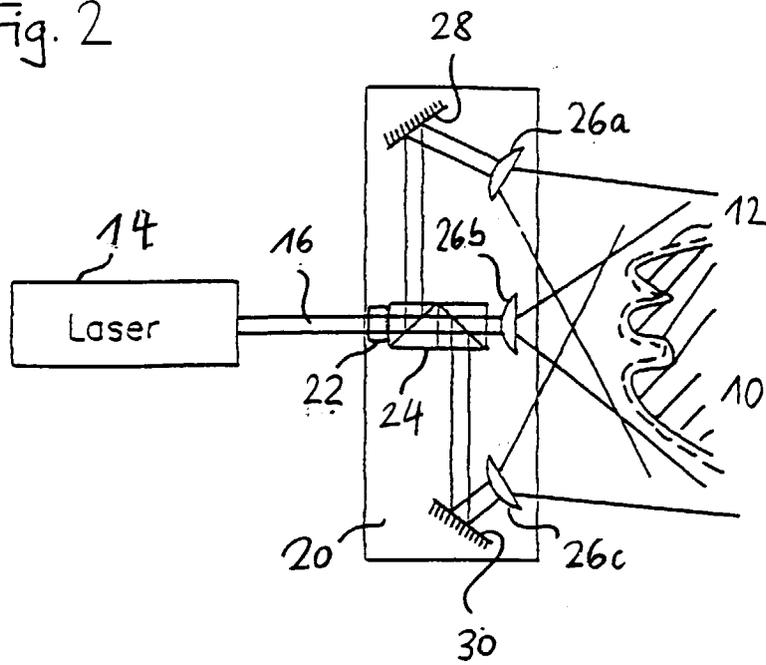


Fig. 3

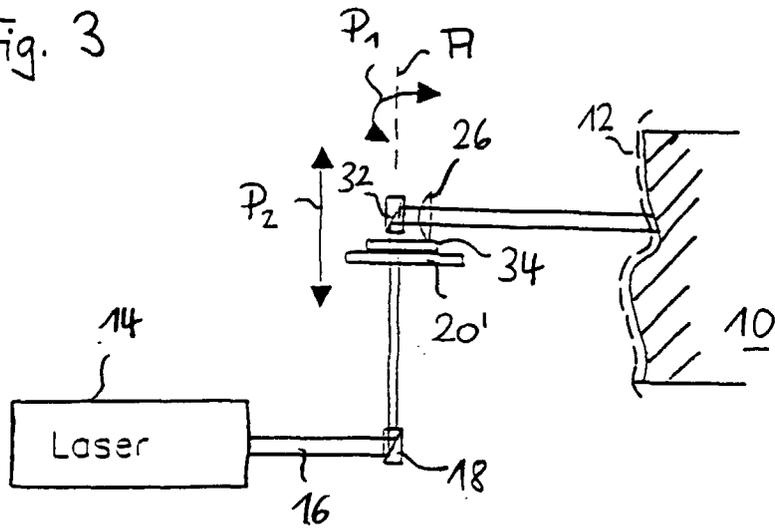


Fig. 4

