



(10) **DE 10 2013 206 486 B4** 2014.11.06

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 206 486.1**
(22) Anmeldetag: **11.04.2013**
(43) Offenlegungstag: **16.10.2014**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **06.11.2014**

(51) Int Cl.: **G21K 5/00** (2006.01)
H01L 21/677 (2006.01)
H01L 21/324 (2006.01)
H01L 21/268 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
VON ARDENNE GmbH, 01324 Dresden, DE

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Lippert, Stachow & Partner, 01309
Dresden, DE**

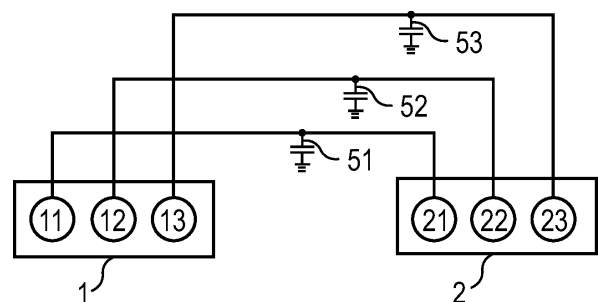
(72) Erfinder:
Grübel, Sören, 01307 Dresden, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 20 2011 106 953 U1
US 2008 / 0 150 443 A1
WO 2009/ 111 340 A2
JP 2005- 332 656 A

(54) Bezeichnung: **Blitzlampenanordnung und Verfahren zum Zünden derselben**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Blitzlampenanordnung zur Belichtung eines Substrats sowie ein Verfahren zum Zünden der Blitzlampenanordnung, umfassend mehrere langgestreckte Blitzlampen, die parallel in einem Lampenfeld angeordnet sind, wobei das Substrat quer zur Längsrichtung der Blitzlampen relativ zu den Blitzlampen transportierbar ist. Um eine Vergrößerung der Belichtungsfläche der Blitzlampen zu erzielen, ist das erfindungsgemäße Lampenfeld entlang der Transportrichtung des Substrats in zumindest zwei Lampenteilfelder unterteilt, die zeitlich unabhängig voneinander zündbar sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Blitzlampenanordnung und ein Verfahren zum Zünden der Blitzlampenanordnung zur Belichtung eines Substrats mit mehreren langgestreckten Blitzlampen, die parallel in einem Lampenfeld angeordnet sind, wobei das Substrat quer zur Längsrichtung der Blitzlampen relativ zu den Blitzlampen transportiert wird.

[0002] Zur Belichtung großflächiger Substrate werden oft mehrere Blitzlampen verwendet. Die WO 2009/111340 A2 offenbart eine Vorrichtung zur thermischen Behandlung von großflächigen Dünnschichten. Diese Vorrichtung umfasst eine Vielzahl von parallel angeordneten Blitzlampen mit einem über den Blitzlampen angeordneten elliptischen Reflektor, mit dem das Licht auf die Substrate gelangen kann.

[0003] Weiterhin offenbart die JP 2005-332 656 A eine Blitzlampenvorrichtung, in der mehrere parallel angeordnete Blitzlampen in einem Reflektor angeordnet sind. Dabei ist an jeder Blitzlampe ein Zünddraht zur externen Zündung der Blitzlampe angeordnet.

[0004] Die US 2008/0 150 443 A1 offenbart ein System mit zwei Blitzlampen, die parallel mit einem Energiespeicher verbunden sind. Dabei sind die Blitzlampen jeweils mit einer Zündeflektrode versehen, wobei die Zündeflektroden separat mit einem Impulsgenerator verbunden sind. Die Blitzlampen werden zum Bestrahlen einer Fläche in einem Lampenfeld angeordnet und wechselweise gezündet.

[0005] Die DE 20 2011 106 953 U1 offenbart eine Blitzlampenanordnung mit mehreren Blitzlampen, die quer zur Transportrichtung eines Substrats in einem Lampenfeld angeordnet sind. Dabei sind mindestens zwei Entladungsgefäße in einem Flow-Tube versetzt angeordnet.

[0006] Die Blitzlampen, die beispielsweise in einer Reihe in einem Reflektor angeordnet sind, werden zur Belichtung von Substraten gleichzeitig gezündet. In **Fig. 5A** und **Fig. 5B** wird eine Blitzlampenanordnung nach dem Stand der Technik dargestellt. In einem Lampenfeld **100** sind mehrere Blitzlampen **11** bis **16** angeordnet. Dabei ist jeder Blitzlampe **11** bis **16** ein Kondensator **51** bis **56** zugeordnet, in dem die von der Blitzlampe **11** bis **16** benötigte Energie zwischengespeichert wird. Die Taktfrequenz des Lampenfelds **100** beträgt beispielsweise 1 Hz, d. h. ein Blitz pro Sekunde vom Lampenfeld **100**. Da alle Blitzlampen **11** bis **16** gleichzeitig gezündet werden, beträgt die Blitzfrequenz einer einzelnen Blitzlampe **11** bis **16** ebenso 1 Hz. **Fig. 5A** zeigt eine Belichtung eines Substrats **9** in der ersten Sekunde und **Fig. 5B** in der zweiten

Sekunden. Das belichtete Teilstück ist im Bereich **10** zu sehen.

[0007] Bei einer solchen Blitzlampenanordnung ist eine Vergrößerung bzw. eine Verbreiterung eines Lampenfelds mit sehr hohen Kosten verbunden, aufgrund der zunehmenden Anzahl von Blitzlampen und Kondensatoren. Da die Baugröße der Kondensatoren mit der Kapazität zunimmt und dafür viel Platz benötigt wird, ist eine Blitzlampenanordnung mit sehr vielen Kondensatoren nicht erwünscht.

[0008] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Blitzlampenanordnung zur Belichtung eines Substrats und ein Verfahren zum Zünden der Blitzlampenanordnung bereitzustellen, mit denen eine Vergrößerung der Belichtungsfläche der Blitzlampen auf konstruktiv günstige Weise erzielt werden kann.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Blitzlampenanordnung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0010] Die erfindungsgemäße Blitzlampenanordnung zur Belichtung eines Substrats umfasst mehrere Blitzlampen, die jeweils aus einem langgestreckten gasgefüllten Entladungsrohr mit zwei in dem Entladungsrohr angeordneten Hauptelektroden bestehen. Der Abstand zwischen den zwei Hauptelektroden beträgt vorzugsweise von 400 mm bis zu 4000 mm. Die Blitzlampen sind auf gleicher Höhe relativ zu dem Substrat parallel in einem Lampenfeld angeordnet. Die Belichtungsfläche der Blitzlampen wird durch die Länge und die Breite des Lampenfelds definiert. Die erfindungsgemäße Blitzlampenanordnung wird in einer Durchlaufanlage verwendet. Dabei wird das zu behandelnde Substrat quer zur Längsrichtung der Blitzlampen relativ zu den Blitzlampen transportiert. Somit ist die Breitenrichtung des Lampenfelds parallel zu der Transportrichtung des Substrats. Das erfindungsgemäße Lampenfeld ist entlang der Transportrichtung des Substrats bzw. entlang seiner Breitenrichtung in zumindest zwei Lampenteilfelder, bevorzugt zumindest zwei gleiche Lampenteilfelder in einer Reihe auf gleicher Höhe relativ zu dem Substrat, unterteilt. Die Unterteilung des Lampenfelds kann beispielsweise durch die Zuordnung der Blitzlampen in zumindest zwei Reflektoren oder Lampengehäusen erreicht werden. Die Lampenteilfelder oder die Blitzlampen in den unterschiedlichen Lampenteilfeldern werden zeitlich unabhängig voneinander gezündet und betrieben, d. h. die Lampenteilfelder werden zeitlich versetzt gezündet und betrieben.

[0011] Es ist vorteilhaft, dass ein Kondensator zumindest zwei Blitzlampen, die in den verschiedenen

Lampenteilfeldern angeordnet sind, zugeordnet ist, d. h. mit ihnen zum Zwecke der Entladung bzw. als Energiespeicher elektrisch verbunden wird. Somit kann die Breite des Lampenfelds bzw. die Belichtungsfläche der Blitzlampen erhöht werden, ohne einen Mehraufwand bezüglich der Anzahl der Kondensatoren. Aufgrund der vergrößerten Belichtungsfläche wird die erforderliche Blitzfrequenz der Blitzlampen verringert. Dies führt zu einer Reduzierung des Kühlbedarfs einer einzelnen Blitzlampe, da die mittlere eingebrachte Energie der einzelnen Blitzlampe durch die verringerte Blitzfrequenz gesenkt wird.

[0012] In einer einfachen Ausgestaltung der Erfindung wird ein Kondensator mit einer Blitzlampe aus einem ersten Lampenteilfeld und mit einer Blitzlampe aus einem zweiten Lampenteilfeld elektrisch verbunden.

[0013] In einer Ausgestaltung der Erfindung sind die Lampenteilfelder in einer Reihe mit einem räumlichen Abstand zueinander angeordnet. Vorzugsweise wird zwischen zwei benachbarten Lampenteilfeldern ein Abstand gehalten, der gleich der Breite eines Lampenteilfelds ist.

[0014] In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung wird das Lampenfeld in zumindest vier Lampenteilfelder unterteilt, die in einer Reihe ohne räumlichen Abstand zueinander angeordnet sind. Alternativ können die vier Lampenteilfelder in einer Reihe mit einem räumlichen Abstand zueinander angeordnet sein.

[0015] Um Doppel- oder Fehlbelichtung bei der Verwendung einer solchen Blitzlampenanordnung zu vermeiden, müssen die Lampenteilfelder bzw. die Blitzlampen in den unterschiedlichen Lampenteilfeldern mit einer entsprechenden Steuerung gezündet werden.

[0016] Die Anzahl von Lampenteilfeldern soll gerade sein. Beispielsweise kann ein Lampenfeld in zwei oder vier Lampenteilfelder unterteilt werden.

[0017] Weiterhin soll die Anzahl von Blitzlampen in den verschiedenen Lampenteilfeldern gleich sein. Beispielsweise können die Lampenteilfelder jeweils eine oder mehrere Blitzlampen enthalten.

[0018] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Lampenfeld entlang der Transportrichtung des Substrats in zumindest zwei Lampenteilfelder unterteilt, sodass die Lampenteilfelder bzw. die Blitzlampen in den unterschiedlichen Lampenteilfeldern zeitlich unabhängig voneinander gezündet und betrieben werden.

[0019] Die Blitzlampen in einem einzelnen Lampenteilfeld sollen gleichzeitig gezündet und in den un-

terschiedlichen Lampenteilfeldern mit einem Zeitabstand gezündet werden.

[0020] Somit ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren die Verwendung eines Kondensators für mehrere Blitzlampen, die in den verschiedenen Lampenteilfeldern angeordnet sind. So kann beispielsweise ein Kondensator eine erste Blitzlampe aus dem ersten Lampenteilfeld versorgen und nach einem erneuten Aufladen schließlich eine erste Blitzlampe aus dem zweiten Lampenteilfeld. Die Blitzfrequenz der Blitzlampe soll dabei so gewählt werden, dass sie die zum Aufladen eines Kondensators benötigte Zeit gestatten kann.

[0021] Es ist vorteilhaft, dass die Lampenteilfelder wechselweise gezündet werden. Beispielsweise kann ein Lampenfeld in zwei Lampenteilfelder, die mit einem Abstand zueinander angeordnet sind, unterteilt werden. Dabei kann die Zündung nach jedem Blitz zwischen den zwei Lampenteilfeldern wechseln.

[0022] In einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird das Lampenfeld in zumindest vier Lampenteilfelder unterteilt, die wechselweise und paarweise gezündet werden. Beispielsweise kann ein Lampenfeld in vier Lampenteilfelder unterteilt werden. Alle Blitzlampen eines einzelnen Lampenteilfelds werden gleichzeitig gezündet. Die Blitzlampen in dem ersten und dem dritten Lampenteilfeld werden ebenso gleichzeitig gezündet, sowie die Blitzlampen in dem zweiten und dem vierten, d. h. die Lampenteilfelder werden paarweise gezündet. Die Zündung wechselt nach jedem Blitz zwischen den zwei Paaren.

[0023] Die Blitzlampen werden mit einer Zündhilfe extern gezündet. Beispielsweise kann eine Blitzlampe durch Anlegen einer Zündspannung an eine Zündelektrode gezündet werden. Die Zündelektrode ist außen an der Blitzlampe angeordnet und kann in verschiedenen Arten gestaltet werden, beispielsweise als eine Zündleiste oder ein Teil eines Reflektors. Nach der Zündung wird ein Plasmafaden zwischen den beiden Hauptelektroden durch einen geladenen Kondensator erzeugt. Aufgrund des entstehenden Plasmas, sinkt der ohmsche Widerstand der Blitzlampe signifikant, sodass es zur Entladung des Kondensators kommt.

[0024] Erfindungsgemäß soll die benötigte Taktfrequenz des Lampenteilfelds durch die Transportgeschwindigkeit des Substrats und die Breite des Lampenfelds eingestellt werden. Vorzugsweise ergibt sich die Taktfrequenz des Lampenteilfelds aus Division von Transportgeschwindigkeit des Substrats durch die Breite des Lampenfelds.

[0025] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

[0026] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Blitzlampenordnung nach einem ersten Ausführungsbeispiel,

[0027] Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Blitzlampenordnung nach einem zweiten Ausführungsbeispiel,

[0028] Fig. 3A bis Fig. 3C schematische Darstellungen eines zeitlichen Verlaufs von Belichtungen eines Substrats mit der Blitzlampenordnung gemäß der Fig. 1,

[0029] Fig. 4 eine schematische Darstellung eines zeitlichen Verlaufs von Belichtungen eines Substrats mit der Blitzlampenordnung gemäß der Fig. 2, und

[0030] Fig. 5A und Fig. 5B eine Blitzlampenordnung nach dem Stand der Technik.

[0031] Fig. 1 zeigt zwei geteilte Lampenteilfelder 1 und 2 nach einem ersten Ausführungsbeispiel. Das Lampenteilfeld 1 enthält drei Blitzlampen 11, 12, 13 und das Lampenteilfeld 2 drei Blitzlampen 21, 22, 23. Der Kondensator 51 ist mit der Blitzlampe 11 aus dem Lampenteilfeld 1 und der Blitzlampe 21 aus dem Lampenteilfeld 2 elektrisch verbunden. Die entsprechenden elektrischen Verbindungen gelten für die anderen Blitzlampen mit den anderen Kondensatoren. Der Abstand zwischen den zwei Lampenteilfeldern 1, 2 ist der Breite eines Lampenteilfelds gleich.

[0032] Fig. 2 zeigt vier geteilte Lampenteilfelder 1, 2, 3, 4 nach einem zweiten Ausführungsbeispiel. Das Lampenteilfeld 1 enthält zwei Blitzlampen 11, 12 und die anderen Lampenteilfelder auch jeweils zwei Blitzlampen. Der Kondensator 51 ist mit der Blitzlampe 11 aus dem Lampenteilfeld 1 und der Blitzlampe 21 aus dem Lampenteilfeld 2 elektrisch verbunden. Der Kondensator 61 ist mit der Blitzlampe 31 aus dem Lampenteilfeld 3 und der Blitzlampe 41 aus dem Lampenteilfeld 4 elektrisch verbunden. Die entsprechenden elektrischen Verbindungen gelten für die anderen Kondensatoren 52, 62. Die Lampenteilfelder 1, 2, 3, 4 sind ohne Abstand zueinander in einer Reihe angeordnet.

[0033] Fig. 3A bis Fig. 3C zeigen einen zeitlichen Verlauf von Belichtungen eines Substrats 9 mit der Blitzlampenordnung gemäß der Fig. 1. Beispielsweise wird ein Glassubstrat 9 mit einer Länge von 6 m verwendet. Solche Glassubstrate werden in einer Glasbeschichtungsanlage beschichtet und danach mit den Blitzlampen belichtet. Die Lücken zwischen den Glassubstraten werden nahezu geschlossen. Somit können die Glassubstrate als Glasband

dargestellt werden. Die Breite des Lampenfelds beträgt 0,8 m und die Breite eines Lampenteilfelds 0,4 m. Das von Blitzlampen emittierte Blitzlicht wird als Pfeil 7 in Fig. 3A bis Fig. 3C dargestellt. Das Substrat 9 wird entlang der Längsrichtung der Blitzlampen transportiert. Die Transportrichtung des Substrats 9 wird als Pfeil 8 dargestellt. Das behandelte oder belichtete Teilstück des Substrats 9 ist in dem Bereich 10 zu sehen.

[0034] Der zeitliche Verlauf von Belichtungen wird nur in den ersten drei Sekunden dargestellt. In Fig. 3A wird das Lampenteilfeld 1 bzw. die Blitzlampen 11, 12, 13 in der ersten Sekunde gezündet und betrieben, in Fig. 3B das Lampenteilfeld 2 in der zweiten Sekunde und in Fig. 3C wieder das Lampenteilfeld 1 in der dritten Sekunde. Die Transportgeschwindigkeit des Substrats beträgt 0,4 m/s. Die Taktfrequenz beträgt insgesamt 1 Hz, d. h. ein Blitz pro Sekunde von den gesamten Lampenteilfeldern 1 und 2. Somit beträgt die Taktfrequenz eines einzelnen Lampenteilfelds 1 oder 2 bzw. die Blitzfrequenz einer einzelnen Blitzlampe 11 nur 0,5 Hz. Dies führt zu einer Reduzierung des Kühlbedarfs einer einzelnen Blitzlampe 11, aufgrund ihrer reduzierten Blitzfrequenz.

[0035] Fig. 4 zeigt einen zeitlichen Verlauf von Belichtungen eines Substrats mit der Blitzlampenordnung gemäß der Fig. 2 in den ersten zehn Sekunden. Die Breite des gesamten Lampenfelds beträgt 0,8 m und die Breite eines Lampenteilfelds 0,2 m. Die Kondensatoren sowie die elektrischen Verbindungen der Blitzlampen mit den Kondensatoren sind hier nicht dargestellt. Die Blitzlampenordnung ist nur in der ersten Sekunde dargestellt und in den folgenden Sekunden nur das zu behandelnde Substrat 9. Die Lampenteilfelder 1, 2, 3, 4 werden paarweise gezündet, d. h. die Lampenteilfelder 1 mit 3 und die Lampenteilfelder 2 mit 4. Die Zündung wechselt nach jedem Blitz, d. h. in der ersten Sekunde werden die Lampenteilfelder 1 und 3 gezündet, in der zweiten Sekunde die Lampenteilfelder 2 und 4, und in den folgenden Sekunden wieder wechselweise. Die Taktfrequenz beträgt insgesamt 1 Hz und die Taktfrequenz eines einzelnen Lampenteilfelds nur 0,5 Hz. Die Transportgeschwindigkeit des Substrats beträgt 0,4 m/s. Durch diese Steuerung wird die gesamte Substratoberfläche ohne Doppel- oder Fehlbelichtung gleichmäßig belichtet.

Bezugszeichenliste

1	Lampenteilfeld
2	Lampenteilfeld
3	Lampenteilfeld
4	Lampenteilfeld
51–56	Kondensator
61, 62	Kondensator
7	Blitzlicht
8	Transportrichtung des Substrats

9	Substrat
10	belichtetes Teilstück
11–16	Blitzlampe
21–23	Blitzlampe
31, 32	Blitzlampe
41, 42	Blitzlampe
110	Lampenfeld

Patentansprüche

1. Blitzlampenanordnung zur Belichtung eines Substrats (**9**), umfassend mehrere langgestreckte Blitzlampen (**11, 12, 13**), die parallel in einem Lampenfeld (**100**) angeordnet sind, wobei das Substrat (**9**) quer zur Längsrichtung der Blitzlampen (**11, 12, 13**) relativ zu den Blitzlampen (**11, 12, 13**) transportierbar ist, und das Lampenfeld (**100**) entlang der Transportrichtung (**8**) des Substrats (**9**) in zumindest zwei Lampenteilfelder (**1, 2**) unterteilt ist, die zeitlich unabhängig voneinander zündbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Kondensator (**51**) zumindest zwei Blitzlampen (**11, 21**), die in den unterschiedlichen Lampenteilfeldern (**1, 2**) angeordnet sind, zugeordnet ist.

2. Blitzlampenanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lampenteilfelder (**1, 2**) in einer Reihe mit einem Abstand zueinander angeordnet sind.

3. Blitzlampenanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lampenfeld (**100**) in zumindest vier Lampenteilfelder (**1, 2, 3, 4**) unterteilt ist, die in einer Reihe ohne Abstand zueinander angeordnet sind.

4. Blitzlampenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl von Lampenteilfeldern (**1, 2, 3, 4**) gerade ist.

5. Blitzlampenanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl von Blitzlampen (**11, 12, 13, 21, 22, 23**) in den unterschiedlichen Lampenteilfeldern (**1, 2**) gleich ist.

6. Verfahren zum Zünden einer Blitzlampenanordnung zur Belichtung eines Substrats (**9**) mit mehreren langgestreckten Blitzlampen (**11, 12, 13**), die parallel in einem Lampenfeld (**100**) angeordnet sind, wobei das Substrat (**9**) quer zur Längsrichtung der Blitzlampen (**11, 12, 13**) relativ zu den Blitzlampen (**11, 12, 13**) transportiert wird, und das Lampenfeld (**100**) entlang der Transportrichtung (**8**) des Substrats (**9**) in zumindest zwei Lampenteilfelder (**1, 2**) unterteilt wird, die zeitlich unabhängig voneinander gezündet werden **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei Blitzlampen (**11, 21**), die in den unterschiedlichen Lampenteilfeldern (**1, 2**) angeordnet sind, mit

ein und demselben Kondensator (**51**) gezündet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blitzlampen (**11, 12, 21, 22**) in jedem einzelnen Lampenteilfeld (**1, 2**) gleichzeitig gezündet und in den unterschiedlichen Lampenteilfeldern (**1, 2**) mit einem Zeitabstand gezündet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zeitabstand durch die Entladezeit des Kondensators (**51**) eingestellt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lampenteilfelder (**1, 2, 3, 4**) wechselweise gezündet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lampenfeld (**100**) in zumindest vier Lampenteilfelder (**1, 2, 3, 4**) unterteilt wird, die wechselweise und paarweise gezündet werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blitzlampen (**11, 12**) mit einer Zündhilfe extern gezündet werden.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Taktfrequenz des Lampenteilfelds (**1, 2**) durch die Transportgeschwindigkeit des Substrats (**9**) und die Breite des Lampenfelds (**100**) eingestellt wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

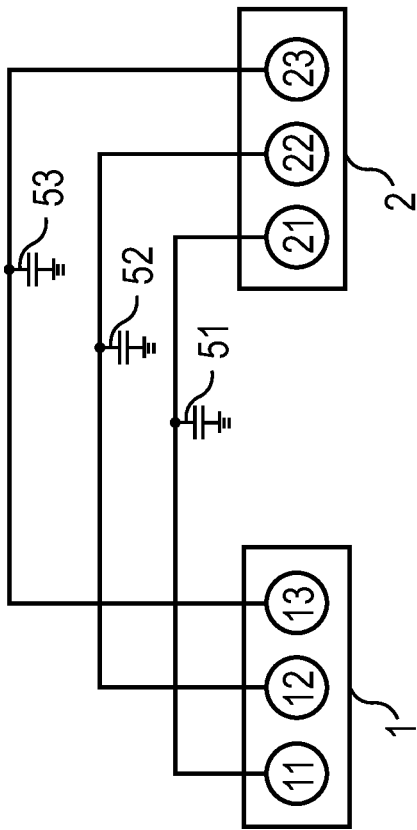


Fig. 1

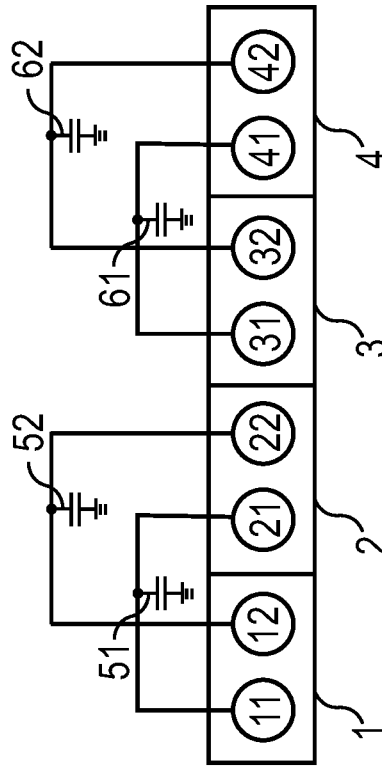
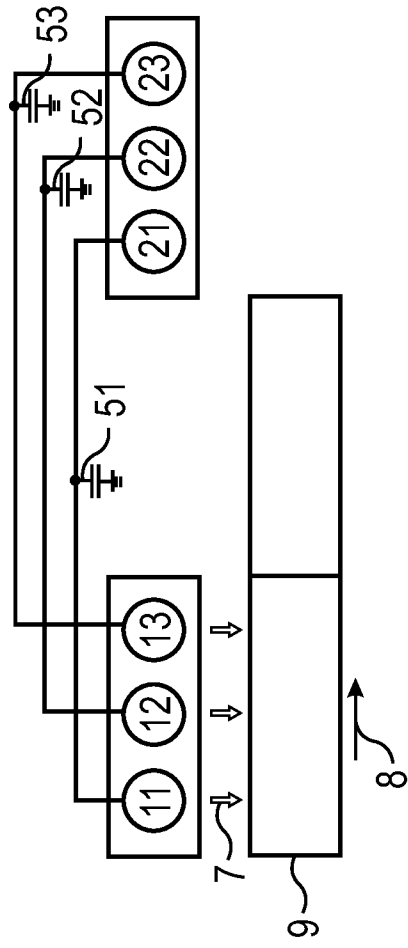
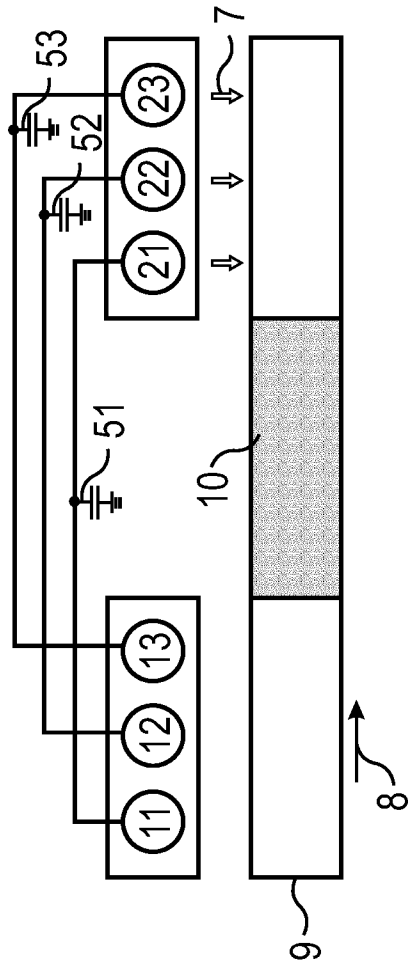


Fig. 2



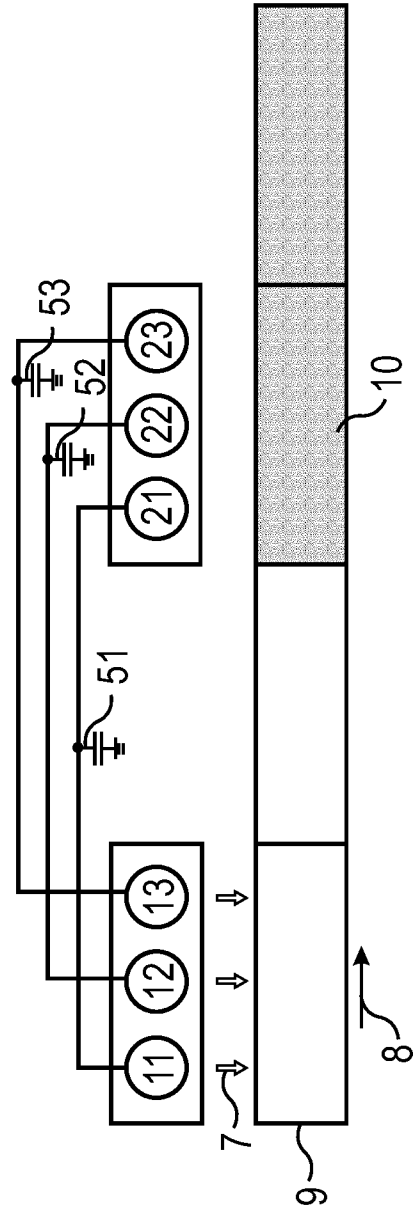
Zeit = 1s

Fig. 3A



Zeit = 2s

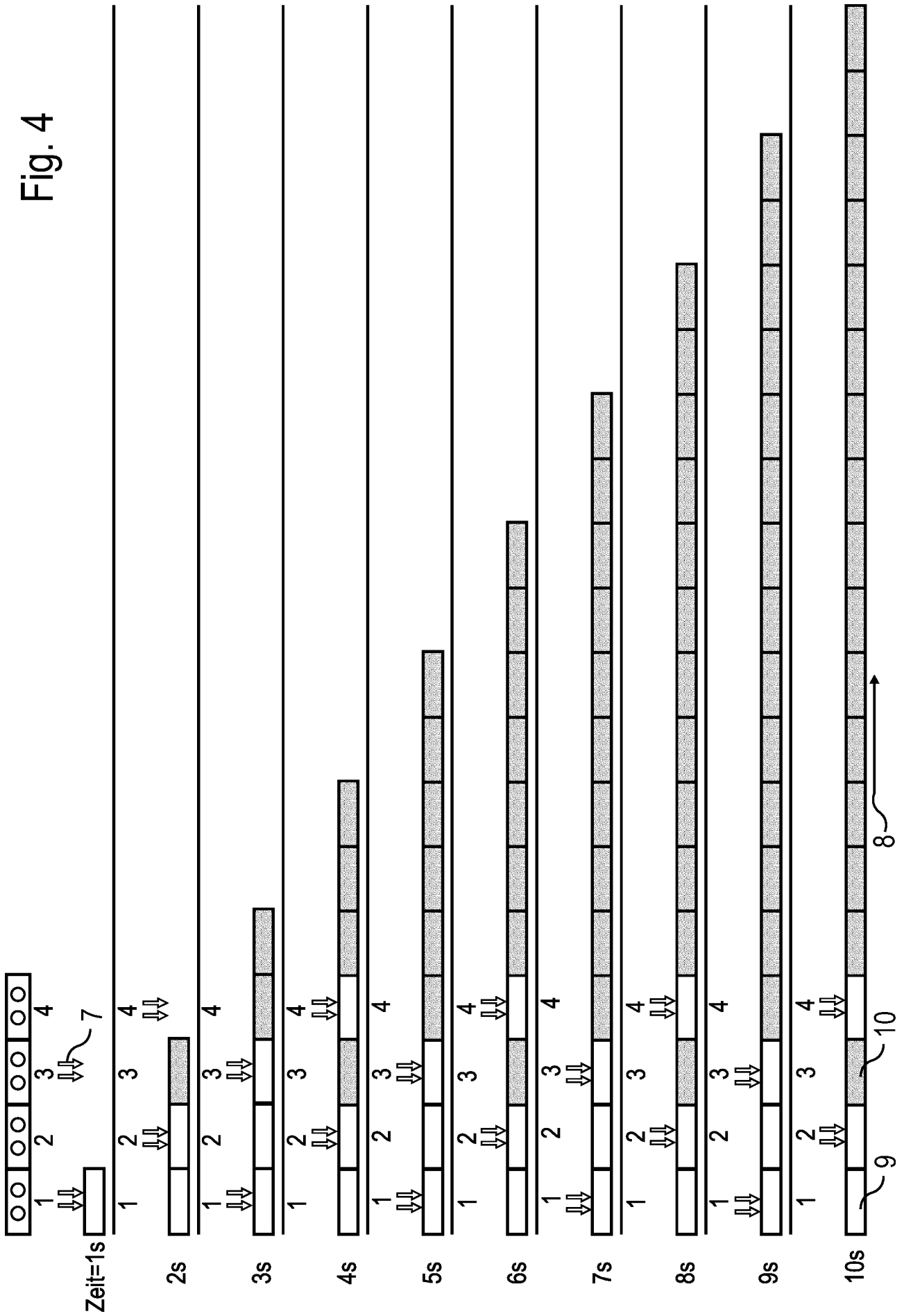
Fig. 3B



Zeit = 3s

Fig. 3C

Fig. 4



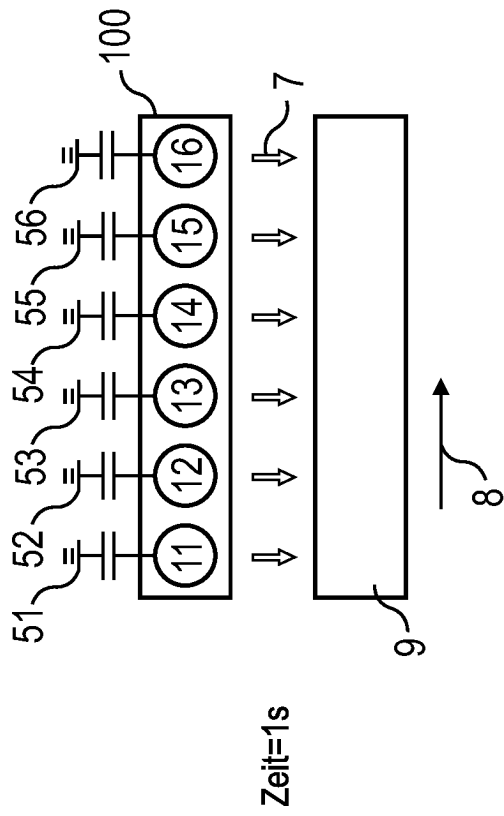


Fig. 5A
(Stand der Technik)

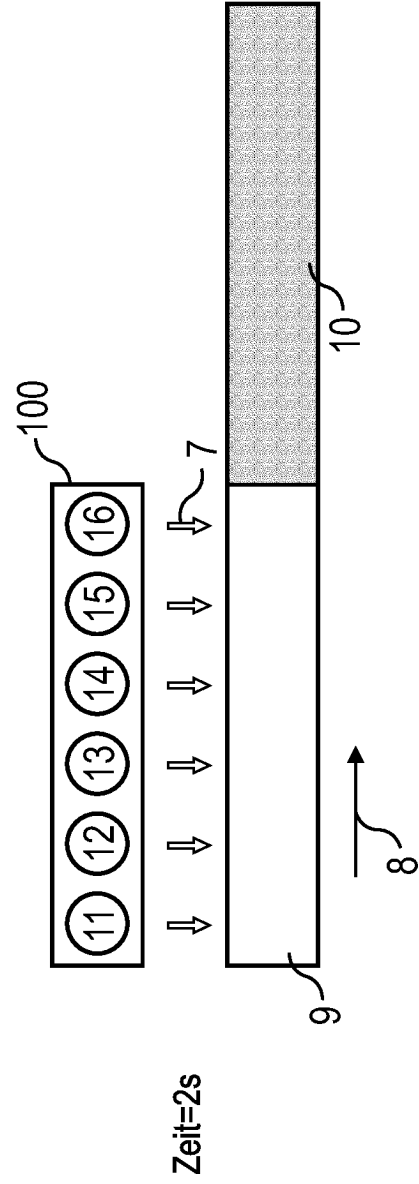


Fig. 5B
(Stand der Technik)