



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101994900365543
Data Deposito	06/05/1994
Data Pubblicazione	06/11/1995

Priorità	P4316626.1
Nazione Priorità	DE
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	02	C		

Titolo

PROCEDIMENTO E DISPOSITIVO PER LA FRANTUMAZIONE DI MATERIALE
SEMICONDUTTORE

RM94 A 000285

SIB 90389

PML/Dr.St sp-1214-94

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:
"PROCEDIMENTO E DISPOSITIVO PER LA FRANTUMAZIONE DI
MATERIALE SEMICONDUCTTORE"

della ditta tedesca WACKER-CHEMITRONIC GESELLSCHAFT

FÜR ELEKTRONIK-GRUNDSTOFFE mbH

con sede in BURGHAUSEN (GERMANIA R.F.)

DESCRIZIONE

La invenzione riguarda un procedimento per la frantumazione esente da contaminazione di materiale semiconduttore. Inoltre l'invenzione riguarda un dispositivo per la esecuzione del procedimento.

All'inizio della produzione di molti prodotti semiconduttori sta la necessità di approntare materiale semiconduttore in forma colabile. Nella massima parte dei casi il materiale semiconduttore viene per questo scopo fuso in crogioli oppure simili. Dalla massa fusa vengono poi secondo procedimenti noti colati corpi modellati oppure tirati cristalli. Questi formano il materiale di base per prodotti, come ad esempio celle solari, strutture di memoria oppure microprocessori. Se il

materiale semiconduttore da fondere è presente in forma di corpi massicci, di grande volume, come ad esempio in forma di barra dopo una separazione della fase gas, esso deve venire frantumato per il procedimento di fusione nel crogiolo. Soltanto così è possibile utilizzare in maniera efficace il volume del crogiolo e, attraverso la grande superficie della merce fusa introdotta in piccoli grani, raggiungere tempi di fusione brevi e che risparmino energia.

Nella frantumazione bisogna prestare accurata attenzione che le superfici dei frammenti non vengano contaminate con sostanze estranee. In modo particolare la contaminazione per mezzo di atomi di metalli è da vedere come critica poichè questa può alterare in maniera dannosa le caratteristiche elettriche del materiale semiconduttore. Se il materiale semiconduttore da frantumare, come finora preminentemente usuale, viene frantumato con utensili meccanici, come ad esempio frantoi di acciaio, i frammenti prima della fusione devono venire sottoposti ad una pulitura superficiale complicata e dispendiosa.

Secondo la domanda di brevetto tedesco esposta DE-3811091 A1 e il suo corrispondente brevetto US-

4871117, è possibile decompattare corpi di silicio massicci, di grande volume, in maniera tale che la frantumazione meccanica riesca già con utensili le cui superfici di lavoro siano costituite da materiali non contaminanti oppure soltanto poco contaminanti, come silicio, ceramiche di nitruro oppure di carburo. La decompattazione viene ottenuta con il fatto che per l'azione di calore dall'esterno nel pezzo di silicio da frantumare viene prodotto un gradiente di temperatura e viene impostata una temperatura superficiale di 400 fino a 1400°C, e questa viene abbassata rapidamente intorno ad un valore di almeno 300°, così che il gradiente di temperatura si inverte almeno in parte. Per la produzione del gradiente di temperatura, la merce massiccia deve venire portata in un forno e riscaldata. Questo procedimento ha però lo svantaggio che durante la fase di riscaldamento viene avviata e, oppure accelerata la diffusione di sostanze estranee adsorbite sulla superficie del materiale semiconduttore. In questo modo le sostanze estranee pervengono dalla superficie nella struttura cristallina del materiale semiconduttore e si sottraggono con ciò ai provvedimenti di pulitura, i quali possono

allontanare impurezze soltanto nella vicinanza della superficie. Inoltre, nel caso del procedimento nominato, non si può evitare in pratica una contaminazione del materiale semiconduttore da parte di sostanze estranee cedute dal materiale del forno durante il riscaldamento.

Il compito della invenzione esisteva perciò nel fatto di indicare un procedimento, con il quale materiale semiconduttore potesse venire frantumato in assenza di contaminazione e rinunciando a temperature elevate e ad utensili di rottura meccanici. Inoltre il compito esisteva nel fatto di sviluppare un dispositivo, con il quale il procedimento potesse venire eseguito.

Il compito viene risolto mediante un procedimento per la frantumazione esente da contaminazione di materiale semiconduttore, il quale è caratterizzato dal fatto che viene prodotto almeno un getto di liquido, con ciò che un liquido viene alimentato a pressione e spinto a pressione attraverso un ugello, il getto di liquido viene diretto contro il materiale semiconduttore e colpisce la sua superficie con elevata velocità. Inoltre il compito viene risolto per mezzo di un dispositivo secondo la rivendicazione 10.

Il procedimento viene preferibilmente utilizzato per frantumare materiale semiconduttore fragile duro come silicio, germanio oppure arseniuro di gallio. In tal caso non ha alcuna importanza se devono venire ulteriormente frantumati già frammenti oppure se devono venire frantumati corpi modellati come blocchi oppure barre di semiconduttori. Poichè il mezzo che frantuma il materiale semiconduttore è un getto di liquido, il rischio di contaminare il materiale semiconduttore con sostanze estranee durante il procedimento di frantumazione, può venire fortemente ridotto mediante la scelta di liquidi opportuni e particolarmente puri. In modo particolarmente preferito viene impiegata acqua pura. Non è però anche escluso di impiegare soluzioni acquose, ad esempio quelle che contengono additivi che puliscono la superficie del materiale semiconduttore dalle sostanze estranee oppure che possiedono una azione che corrode la superficie. Altrettanto è possibile l'impiego di un solvente organico oppure di un miscuglio di solventi, preferibilmente di un solvente oppure miscuglio di solventi il cui punto di ebollizione è basso, in modo tale che l'essiccamento del materiale

semiconduttore frantumato è possibile con dispendio di energia proporzionalmente basso. La energia necessaria per la frantumazione del materiale semiconduttore viene applicata con il fatto che il liquido viene alimentato a pressione e viene spinto a pressione attraverso un ugello, nel qual caso il getto di liquido lascia l'ugello con elevata velocità.

Il getto di liquido viene in tal caso diretto contro il materiale semiconduttore in modo tale che esso colpisca la superficie del materiale semiconduttore in un angolo di $30-90^\circ$, preferibilmente $60-90^\circ$, in modo particolarmente preferito verticalmente.

La sezione sulla punta dell'ugello e con ciò la sezione del getto di liquido che lascia l'ugello è opportunamente rotonda, rettangolare, quadrata oppure poligonale, essa può presentare però anche un'altra forma. La superficie di sezione del getto di liquido che lascia l'ugello ammonta sulla punta dell'ugello preferibilmente a $0,005$ fino a 20 mm^2 , in maniera particolarmente preferita a $0,05$ fino a 3 mm^2 .

Si è rilevato che l'ugello può venire diretto contro il materiale semiconduttore in maniera tale

che la punta dell'ugello tocchi già la superficie del materiale semiconduttore purchè si faccia attenzione al fatto che la punta dell'ugello sia costituita da un materiale resistente all'abrasione, che non contamina il materiale semiconduttore, ad esempio zaffiro. Per escludere contaminazioni dell'ugello per mezzo del materiale e nel caso in cui il materiale semiconduttore durante il procedimento venga sottoposto a movimenti di avanzamento, è anche più vantaggioso il fatto che la punta dell'ugello sia distanziata nei riguardi della superficie del materiale semiconduttore. La distanza preferita della punta dell'ugello orientata contro il materiale semiconduttore dalla superficie del materiale semiconduttore ammonta a 0 fino a 150 mm, preferibilmente a 10 fino a 20 mm.

La pressione con la quale il liquido deve venire alimentato affinché possa venire prodotto un getto di liquido con la energia di moto sufficiente per la frantumazione del materiale semiconduttore, dovrebbe ammontare a 500 fino a 5000 bar. preferibilmente a 1000 fino a 4000 bar. Fondamentalmente si può procedere in maniera tale che venga prodotta una corrente di liquido

costante. Di regola è però anche sufficiente interrompere il getto di liquido non appena è avvenuta la desiderata rottura del materiale, oppure interrompere il getto del liquido periodicamente e ripartirlo con ciò in una successione di impulsi di getti di liquido. Infine è anche possibile dirigere contro il materiale semiconduttore un getto di liquido periodicamente interrotto non in continuo ma con interruzioni nel tempo. Il tempo durante il quale il getto di liquido viene mantenuto, prima che esso venga interrotto (durata di impulso) si orienta nella configurazione del dispositivo predeterminata, in primo luogo secondo lo spessore e la compattezza del materiale semiconduttore. Di regola sono sufficienti durate di impulsi di 0,5 fino a 5 secondi, per provocare ad esempio la rottura di una barra di silicio del diametro di 120 mm in due oppure in più pezzi.

Corpi di semiconduttori più grandi possono venire frantumati con il fatto che un getto di liquido, in continuo oppure a distanze oppure un getto di liquido periodicamente interrotto (di seguito per questa variante viene impiegato soltanto ancora il concetto getto di liquido) viene

orientato contro differenti posizioni del materiale semiconduttore. L'ugello può in tal caso rimanere fissato ad esempio in una posizione prescelta, mentre il materiale semiconduttore viene fatto avanzare. Un perfezionamento del procedimento prevede di automatizzare questo passaggio. E' ovviamente anche possibile orientare l'ugello in continuo oppure a distanze contro un nuovo bersaglio, ad esempio contro un'altra posizione della superficie del corpo di semiconduttore da frantumare oppure contro un frammento.

Per l'innalzamento della capacità di prestazione del procedimento può venire anche previsto che più getti di liquido, preferibilmente 2 fino a 5, colpiscano contemporaneamente oppure spostati nel tempo, differenti posizioni nel materiale semiconduttore. In questo caso si è rivelato come vantaggioso procedere in maniera tale che la distanza di due getti di liquido nell'urto sul materiale semiconduttore ammonti ad almeno 20 mm e ad al massimo 120 mm. In questo modo possono venire preminentemente prodotti frammenti i quali presentano una estensione in lunghezza massima di 60 fino a 120 mm, così che essi sono particolarmente idonei per il riempimento di

crogioli per massa fusa. Pur tuttavia non è però escluso scegliere distanze dei getti di liquido (quando vengono impiegati contemporaneamente più getti di liquido) più strette oppure più ampie, oppure distanze più strette oppure più ampie tra due punti bersaglio sulla superficie del materiale semiconduttore (quando viene impiegato soltanto un getto di liquido), così che possono venire ottenuti preminentemente frammenti con estensioni in lunghezza massime più corte oppure più lunghe.

Materiale semiconduttore in forma di barre con diametri di 60 fino a 250 mm viene preferibilmente frantumato in maniera tale che almeno un getto di liquido venga diretto contro la superficie frontale della barra oppure almeno un getto di liquido radialmente contro la superficie curva della barra. In modo particolarmente preferito un getto di liquido viene diretto contemporaneamente oppure successivamente contro la superficie frontale e un getto di liquido contro la superficie curva della barra. Il procedimento prevede inoltre preferibilmente di variare la posizione della barra di semiconduttore in continuo oppure a distanze. Per portare la barra di semiconduttore in una nuova posizione di lavorazione, questa viene mossa

assialmente di un tratto di percorso prescelto. Eventualmente sono previsti anche mezzi per far ruotare intorno al suo asse longitudinale la barra di semiconduttore, ad esempio nel caso che dopo l'urto del getto di liquido sulla superficie curva della barra, l'azione di frantumazione sia rimasta incompleta e ancora pezzi di cristallo siano saldamente uniti alla barra. Di regola questi pezzi di cristallo possono venire colpiti efficacemente dal getto di liquido soltanto ancora quando la barra viene ruotata. Un'altra variante di procedimento consiste nel fatto di far ruotare la barra di semiconduttore in continuo intorno al suo asse longitudinale e fare avanzare la barra in direzione assiale, mentre un getto di liquido oppure più getti di liquido da direzioni differenti contemporaneamente oppure in successione vengono diretti contro la barra.

Di tanto in tanto può comparire che il materiale semiconduttore certamente è stato frantumato per mezzo del getto di liquido, i frammenti però si sono agganciati oppure incastrati, l'uno nell'altro, così che sembra che tra di loro vi sia ancora una salda unione. Poichè in questo caso le forze da applicare per superare

la coesione dei frammenti sono limitate, i singoli frammenti possono venire separati l'uno dall'altro con un utensile che lavora meccanicamente, il quale ha una superficie di lavoro costituita da un materiale non contaminante, ad esempio materia plastica, ceramica oppure il materiale semiconduttore stesso. Naturalmente per questo compito può venire di nuovo impiegato un getto di liquido.

Con il procedimento precedentemente descritto può venire frantumato materiale semiconduttore esente da contaminazione in frammenti, la cui grossezza media può venire predeterminata mediante la opportuna scelta dei parametri di procedimento. Inoltre il procedimento presentato si distingue per il fatto che nella frantumazione si forma soltanto una limitata aliquota di frammento fino oppure polvere. Il procedimento di frantumazione ne esce senza l'aggiunta di materiale che agisce da abrasivo. La pulitura del materiale frantumato non è più forzatamente necessaria, e se ciò nonostante essa deve venire eseguita, per questo necessita sostanzialmente meno detergente.

Di seguito, sulla scorta della figura, viene descritto un dispositivo con il quale può venire

eseguito il procedimento secondo l'invenzione. Il dispositivo illustrato è da intendere come esempio di realizzazione. Sono rappresentate soltanto le caratteristiche del dispositivo necessarie per la migliore comprensione dell'invenzione.

Al dispositivo appartiene un recipiente 1 per l'accoglimento del materiale semiconduttore frantumato ed almeno un ugello 2 (nella figura è mostrato soltanto un ugello, possono però venire impiegati anche più ugelli), attraverso il quale il getto di liquido 3 viene diretto contro il materiale semiconduttore 4 da frantumare. Il recipiente 1 durante l'esercizio è opportunamente riempito almeno parzialmente con il liquido, così che il getto di liquido non colpisce eventualmente in maniera diretta il fondo del recipiente. Nella figura il materiale semiconduttore 4 è rappresentato come barra di semiconduttore piegata in forma di U. Possono però ovviamente venire frantumati con il dispositivo rappresentato, corpi di semiconduttore formati diversamente a piacere. L'esempio di realizzazione mostra che l'ugello 2 può venire realizzato mobile e può venire posizionato, attraverso il comando 5, in maniera manuale oppure automatica, nelle tre direzioni

spaziali, mentre il materiale semiconduttore 4 poggia fisso su una superficie di appoggio 6 che sta sopra il recipiente 1. La superficie di appoggio 6 è costituita da un materiale che non contamina il materiale semiconduttore ed è preferibilmente conformata a forma di grata, così che i frammenti separati dalla polvere per mezzo del getto di liquido possono cadere nel recipiente 1 attraverso gli spazi intermedi della grata. Per il posizionamento dell'ugello (degli ugelli) può ad esempio venire impiegato un comando NC (comando a controllo numerico). Ovviamente il dispositivo può venir collocato anche in maniera tale che vengano preparati mezzi aggiuntivi per l'avanzamento del materiale semiconduttore. In questo caso l'ugello può essere installato anche fisso. Il recipiente 1 è munito di un dispositivo di trasporto 7, il quale consente di trasportar via il maniera continua oppure a porzioni il materiale semiconduttore frantumato. Opportunamente il frammento fine che si forma nella frantumazione già nel recipiente 1 viene separato dal frammento restante, ad esempio con il fatto che il liquido che si trova nel recipiente 1 viene pompato continuamente in ciclo e la corrente con ciò prodotta estrae il frammento

fine. Nell'esempio di esecuzione il dispositivo di trasporto 7 è costituito da un nastro trasportatore ad elementi articolati di materia plastica oppure da gusci fissati agli elementi di materia plastica, i quali possono essere costituiti da materia plastica oppure dal materiale semiconduttore. E' però ad esempio anche possibile prevedere nel recipiente 1 cesti di raccolta (nella figura non rappresentati), i quali sono fabbricati da materia plastica oppure dal materiale semiconduttore e nel caso di bisogno portano fuori dal recipiente questi. Nella figura è inoltre mostrato un cesto 8 aggiuntivo, il quale serve per la raccolta di punte di barra contaminate, nel caso che nel materiale semiconduttore si tratti di barre le cui punte durante la preparazione della barra erano collegate ad elettrodi costituiti da un materiale estraneo. All'inizio del procedimento di frantumazione, la barra di semiconduttore viene posta sulla superficie di appoggio 6 in maniera tale che le punte della barra vengono a stare al di sopra del cesto aggiuntivo 8. Con l'aiuto del getto di liquido le punte della barra vengono frantumate e separate, e i frammenti possono cadere nel cesto aggiuntivo 8. Nella figura non è mostrata una unità

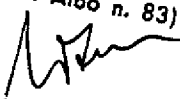
di approvvigionamento per l'ugello 2 con liquido, una pompa per la produzione nella necessaria pressione di esercizio nel liquido e mezzi per il rilascio e la interruzione del getto di liquido. Inoltre può venire preparato un utensile meccanismo per la decompattazione di pezzi di semiconduttori già frantumati, però ancora presenti nella unione, e il dispositivo di frantumazione complessivamente può venire sistemato in un alloggiamento insonorizzato.

Successivamente, sulla scorta di un esempio, viene descritta la frantumazione di materiale semiconduttore secondo il procedimento conformemente alla invenzione:

Esempio

Con l'impiego di un dispositivo secondo la figura, è stata frantumata una barra di silicio con una lunghezza di un metro, con un diametro di 120 mm e con un peso di 26 kg. Come liquido è stata impiegata acqua purissima, la quale è stata alimentata con una pressione di 3600 bar. Per la produzione di un getto d'acqua, l'acqua è stata spinta a pressione attraverso un ugello di zaffiro con punta di ugello rotonda. La superficie di sezione del getto d'acqua che lascia la punta

dell'ugello ammontava a circa $0,05 \text{ mm}^2$. Contro la superficie curva della barra di silicio sono stati emanati singoli impulsi di getti d'acqua della durata di un secondo. L'ugello è stato posizionato in maniera tale che il getto d'acqua fosse diretto radialmente contro la superficie curva della barra. La distanza della punta dell'ugello riguardo alla superficie della barra ammontava a 10 mm. Dopo ogni impulso di getto d'acqua, che era stato diretto contro la barra di silicio, l'ugello è stato spostato di 50 mm parallelamente all'asse longitudinale della barra. I frammenti di silicio ottenuti avevano preminentemente una estensione in lunghezza massima di 40-120 mm.

Giulberto Tonon
(iscr. Albo n. 83)




11/03/83
11/03/83
11/03/83

RIVENDICAZIONE

RM 94 A 000285

1. Procedimento per la purificazione esente da contaminazione di materiale semiconduttore, caratterizzato dal fatto che viene prodotto almeno un getto di liquido, con ciò che un liquido viene alimentato a pressione e viene spinto a pressione attraverso un ugello, il getto di liquido viene diretto contro il materiale semiconduttore e colpisce la sua superficie con elevata velocità.
2. Procedimento secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che il liquido viene alimentato con una pressione di 500 fino a 5000 bar, preferibilmente 1000 fino a 4000 bar.
3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 oppure 2, caratterizzato dal fatto che il getto di liquido viene diretto contro il materiale semiconduttore in maniera tale che esso colpisca la sua superficie in un angolo di 30° fino a 90°.
4. Procedimento secondo una delle rivendicazioni 1 fino a 3, caratterizzato dal fatto che la superficie della sezione del getto di liquido all'uscita dell'ugello ammonta a 0,005 fino a 20 mm².
5. Procedimento secondo una delle rivendicazioni 1 fino a 4, caratterizzato dal fatto che il getto

di liquido viene periodicamente interrotto e la durata, durante la quale esso viene mantenuto, ammonta a 0,5 fino a 5 secondi.

6. Procedimento secondo una delle rivendicazioni 1 fino a 5, caratterizzato dal fatto che il getto di liquido viene diretto contro il materiale semiconduttore da una posizione, la quale è distanziata dal materiale semiconduttore di tanto che la estensione in lunghezza del getto di liquide non ammonti a più di 150 mm.

7. Procedimento secondo una delle rivendicazioni 1 fino a 6, caratterizzato dal fatto che il getto di liquido è costituito da acqua, da una soluzione acquosa che deterge oppure che corrode, oppure da un solvente organico oppure da un miscuglio di solventi.

8. Procedimento secondo una delle rivendicazioni 1 fino a 7, caratterizzato dal fatto che 2 fino a 5 getti di liquido vengono diretti contro il materiale semiconduttore da direzioni differenti.

9. Procedimento secondo una delle rivendicazioni 1 fino a 8, caratterizzato dal fatto che viene frantumato materiale semiconduttore in forma di barra oppure materiale semiconduttore in forma di frammenti oppure blocchi.

10. Dispositivo per la frantumazione esente da contaminazione di materiale semiconduttore, caratterizzato da un recipiente (1) per l'accoglimento del materiale semiconduttore frantumato, da almeno un ugello (2), attraverso il quale un getto di liquido (3) viene diretto con elevata velocità contro il materiale semiconduttore da frantumare (4), un dispositivo di trasporto (7) per trasportare via dal recipiente (1) il materiale semiconduttore frantumato, mezzi per il rilascio e la interruzione del getto di liquido come pure mezzi per il posizionamento dell'ugello (2) e, oppure per l'avanzamento del materiale semiconduttore (4).

11. Dispositivo secondo la rivendicazione 11, caratterizzato da un utensile meccanico, con il quale il materiale semiconduttore già frantumato, che è presente come unione di pezzi di semiconduttore frantumati, può venire separato in singoli frammenti.

12. Dispositivo secondo la rivendicazione 10 oppure 11, caratterizzato da un cesto aggiuntivo (8) per l'accoglimento di punte frantumate di materiale semiconduttore in forma di polvere.

13. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni

10' fino a 13, caratterizzato da un nastro trasportatore ad elementi articolati per trasportare via dal recipiente (1) il materiale semiconduttore frantumato.

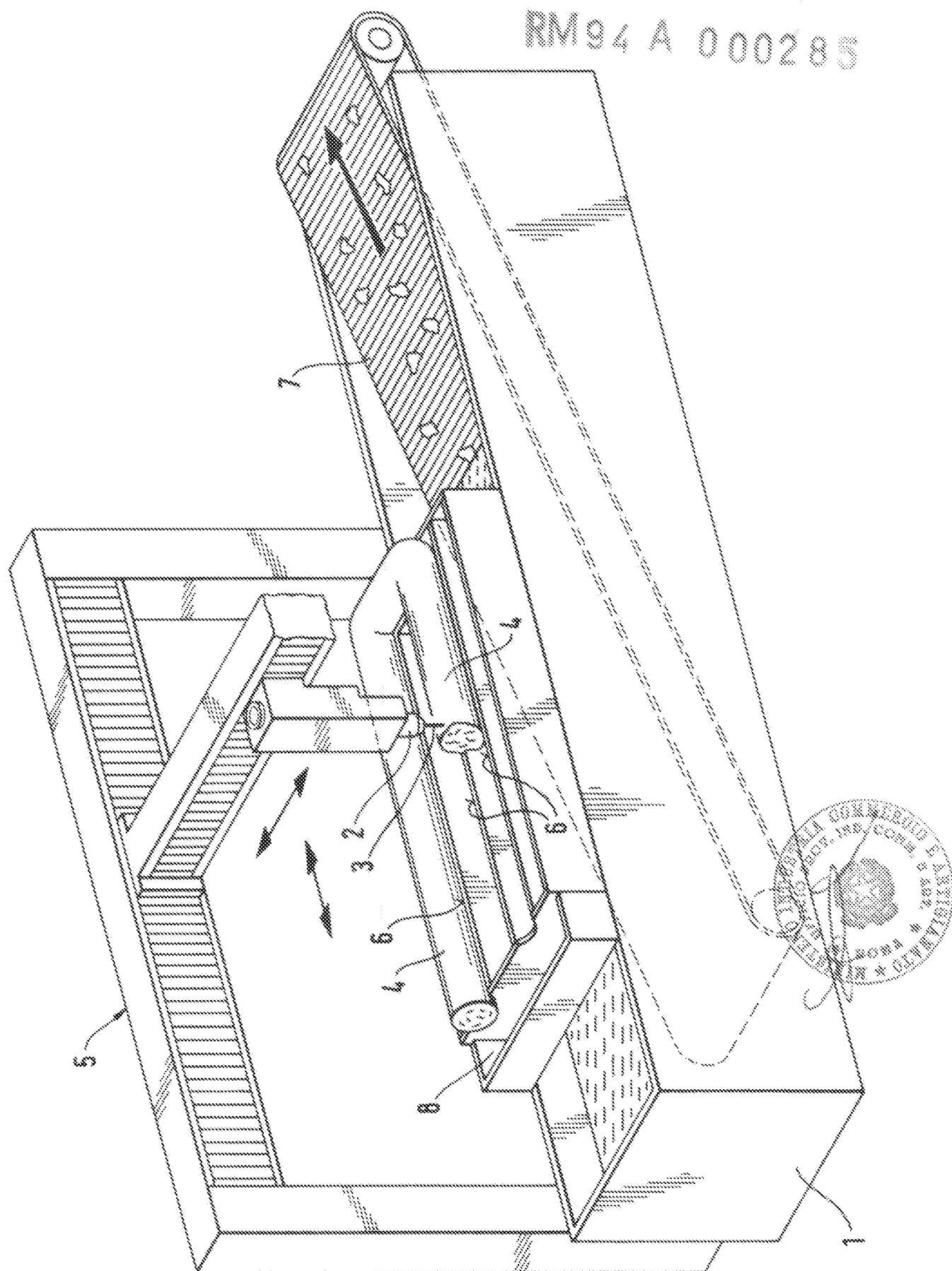
p.p. WACKER-CHEMITRONIC GESELLSCHAFT FÜR
ELEKTRONIK-GRUNDSTOFFE mbH

Gilberto Tonon
(Reg. Albo n. 83)



SLB

RM94 A 000285



p.p. WACKER-CHEMITRONIC GESELLSCHAFT FÜR ELEKTRONIK-GRUNDSTOFFE mbH

Gilberto Tonon
(scr. Albo n. 83)