



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

UIBM

DOMANDA NUMERO	101994900356371
Data Deposito	23/03/1994
Data Pubblicazione	23/09/1995

Priorità	P4309769.3
Nazione Priorità	DE
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	L		

Titolo

PROCEDIMENTO E DISPOSITIVO PER LA RIDUZIONE DELL'INSERIMENTO DI OSSIGENO IN UN MONOCRISTALLO DI SILICIO.

RM94 A 000160

SIB 90330

CT 9207

PML/Dr.St sp-171-94

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:
"PROCEDIMENTO E DISPOSITIVO PER LA RIDUZIONE
DELL'INSERIMENTO DI OSSIGENO IN UN MONOCRISTALLO DI
SILICIO"

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 riduzione dell'inserimento di ossigeno in un monocristallo di silicio, nel qual caso il monocristallo viene tirato da una massa fusa, che si trova in un crogiolo rivestito con quarzo. Inoltre la invenzione riguarda un dispositivo per la esecuzione del procedimento.

Questo tipo della crescita di monocristalli è divenuto noto sotto il concetto di procedimento di Czochralski. Il contenuto in ossigeno nei monocristalli di silicio, i quali sono stati prodotti secondo il procedimento di Czochralski, ha effetti sostanziali sul successivo impiego del

monocristallo come materiale fondamentale per la produzione di elementi costruttivi elettronici. Il drogaggio del reticolo cristallino con ossigeno disturba nella zona vicino alla superficie delle fette sottili, nelle quali in primo luogo viene suddiviso il monocristallo. In questa zona vengono integrate le strutture elettroniche e ciascuna contaminazione non a programma ivi introdotta può più tardi danneggiare la funzione eccellente di un elemento strutturale, oppure persino portare al guasto di interi circuiti. Ci si è perciò preoccupati, ad esempio mediante un trattamento termico della fetta, del fatto che l'ossigeno inserito nel cristallo diffondesse via dalla zona vicino alla superficie, nel qual caso si forma una zona povera di ossigeno, la quale tipicamente raggiunge nell'interno della fetta la profondità di 10 μm . Nella zona delle fette che sta al di sotto, la quale funge soltanto come supporto degli elementi strutturali, l'ossigeno inserito nel cristallo forma precipitati nel corso del trattamento delle fette, i quali come centri di germi attirano da tutte le zone della fetta e legano impurezze metalliche che particolarmente disturbano la funzione degli elementi strutturali.

Per questo scopo, noto sotto il concetto "intrinsic gettering", l'inserimento di ossigeno nel tiraggio del monocristallo è assolutamente desiderato.

Nel procedimento Czochralski è svantaggioso il fatto che l'inserimento di ossigeno nel tiraggio del monocristallo non ha luogo con un regime costante, così che lungo l'asse longitudinale del monocristallo di regola a forma di barra, vengono misurate concentrazioni di ossigeno differenti. All'inizio della crescita del cristallo, quando la parete interna del crogiolo viene ricoperta ampiamente dalla massa fusa, l'inserimento di ossigeno nel monocristallo è al massimo. Verso l'estremità della barra, la concentrazione di ossigeno nel monocristallo diminuisce. Secondo il brevetto US-A 4.545.849, mediante un corpo di diossido di silicio di forma toroidale, che durante il tiraggio del cristallo si trova sul fondo del crogiolo, l'inserimento di ossigeno nel monocristallo può venire aumentato e la suddivisione assiale dell'ossigeno nel monocristallo uniformata. In questo è svantaggioso il fatto che le fette preparate da un tale monocristallo necessitano di tempi di condizionamento per la produzione della zona vicina

alla superficie, povera di ossigeno, proporzionalmente lunghi. I produttori di elementi strutturali elettronici esigono perciò in misura crescente anche fette di silicio con concentrazioni di ossigeno più basse, tanto più che è possibile, non solo mediante l'"intrinsic gettering", ma anche mediante un trattamento denominato come "backside damage" della parte posteriore delle fette, l'allontanamento di impurezze dalle zone delle fette vicino alla superficie, nelle quali vengono integrate le strutture elettroniche. Con il procedimento descritto nell'US-A 4.545.849, sono però tirabili soltanto monocristalli con concentrazioni di ossigeno particolarmente elevate. I monocristalli a forma di barra, i quali vengono prodotti secondo l'usuale procedimento Czochralski, presentano in modo particolare all'inizio della barra concentrazioni di ossigeno così elevate che le fette preparate da questi spesso non sono più sufficienti alle esigenze dei clienti.

Esisteva perciò il compito di sviluppare un procedimento, con il quale si potevano evitare gli svantaggi nominati e fornire il monocristallo con concentrazione di ossigeno assiale uniforme, nel qual caso l'inserimento di ossigeno nei confronti

del procedimento convenzionale di Czochralski, è ridotto. Inoltre esisteva il compito di indicare in esso un dispositivo per la esecuzione del procedimento.

Il compito viene risolto mediante un procedimento per la riduzione dell'inserimento di ossigeno in un monocristallo di silicio, nel qual caso il monocristallo viene tirato da una massa fusa, che si trova in crogiolo rivestito con quarzo, il quale procedimento è caratterizzato dal fatto che nella massa fusa, almeno per un certo tempo durante il tiraggio del monocristallo, viene immerso un corpo modellato tra il monocristallo e la parete interna del crogiolo.

Inoltre il compito viene risolto per mezzo di un procedimento secondo il preambolo della rivendicazione 4, il quale è caratterizzato da un corpo modellato che viene immerso nella massa fusa almeno per un certo tempo durante il tiraggio del monocristallo, tra il monocristallo e la parete interna del crogiolo.

Sorprendentemente si riesce di ridurre l'inserimento di ossigeno nel monocristallo che cresce, quando le correnti di convezioni predominanti nella massa fusa durante il tiraggio

del monocristallo vengono disturbate dalla immersione di un corpo modellato nella massa fusa. Si è inoltre dimostrato che la massa fusa viene omogenizzata mediante il corpo modellato che si immerge, i monocristalli risultanti presentano meno difetti nei cristalli e le rese nel materiale pregevole per scopi elettronici salgono.

Il corpo modellato può essere costituito fondamentalmente da un qualsiasi materiale, il quale non viene attaccato dal silicio fuso e non cede alcuna impurezza nella massa fusa. Preferibilmente il corpo modellato è costituito da quarzo oppure ha almeno un rivestimento superficiale di quarzo. Sebbene nel caso di un corpo modellato di quarzo sia da aspettarsi il fatto che il quarzo si sciolga lentamente a contatto con la massa fusa, la azione del corpo modellato che riduce l'inserimento di ossigeno nel monocristallo rimane da questo intatta.

Ovviamente il corpo modellato deve venire realizzato così stabile da escludere che parti di questo si stacchino durante il tiraggio del monocristallo e possano disturbare la crescita dei cristalli senza spostamento. Inoltre non vi è alcuna regola particolare per quanto riguarda la

geometria del corpo modellato da scegliere. Hanno dati buoni risultati corpi modellati piani rettangolari oppure rotondi e corpi modellati di forma parallelepipedica, cubica, cilindrica oppure sferica.

Per l'azione del corpo modellato che riduce l'inserimento di ossigeno nel monocristallo è importante che il corpo modellato e la massa fusa effettuino un movimento relativo. Poichè di regola il monocristallo e il crogiolo con la massa fusa vengono fatti ruotare durante il tiraggio del monocristallo, è sufficiente in questo caso immergere nella massa fusa il corpo modellato in posizione fissa. In linea di principio è però anche possibile movimentare in qua e in là con limitata ampiezza il corpo modellato immerso nella massa fusa oppure guidarlo in un nastro concentrico intorno al monocristallo.

Il corpo modellato viene immerso nella massa fusa in una posizione tra il monocristallo e la parete interna del crogiolo, preferibilmente distanziato 15 fino a 35 mm dal limite delle tre fasi di massa fusa, monocristallo e spazio gassoso. La profondità di immersione ammonta ad almeno 5 mm, preferibilmente a 10 fino a 20 mm. In una forma di

esecuzione del procedimento, il corpo modellato viene portato già nella sua posizione prevista durante il tiraggio del monocristallo, prima che inizi il tiraggio del monocristallo. Il crogiolo riempito con silicio fuso viene poi innalzato da una posizione al di sotto del corpo modellato per tanto finchè il corpo modellato è immerso nella massa fusa e ha raggiunto la profondità di immersione prevista. Soltanto poi viene avviato il vero e proprio tiraggio del monocristallo, tirando fuori un cristallo di inoculo monocristallino attraverso un dispositivo di tiraggio in primo luogo portando a contatto con la massa fusa e successivamente controllando in direzione verticale alla massa fusa. In un'altra forma di esecuzione il corpo modellato si trova in primo luogo al di sopra della superficie della massa fusa e viene poi abbassato per tanto finchè esso viene immerso nella massa fusa nella maniera prevista. Questo può avvenire prima oppure dopo che il cristallo di inoculo è stato portato a contatto con la massa fusa.

Sebbene nella forma di esecuzione preferita il corpo modellato durante il tiraggio del monocristallo venga immerso ininterrottamente nella

massa fusa e di conseguenza ci si preoccupi per il fatto che nel caso che diminuisca il livello della massa fusa la profondità di immersione del corpo modellato rimanga costante, questo non è forzatamente prescritto. Il corpo modellato può anche venire immerso nella massa fusa per un certo tempo, ad esempio soltanto durante la fase iniziale del procedimento di tiraggio, durante la quale il regime di inserimento di ossigeno nel monocristallo è particolarmente elevato. In questo modo possono venire preparati monocristalli la cui concentrazione di ossigeno nel senso assiale è particolarmente uniforme.

La forma di esecuzione preferita di un dispositivo per la effettuazione del procedimento, accanto alle caratteristiche tipiche di un impianto per il tiraggio di monocristalli secondo il procedimento Czochralski, come un crogiolo riscaldabile per l'accoglimento della massa fusa, munito di una parete interna di quarzo, un dispositivo di tiraggio che renda possibile la estrazione del cristallo di inoculo portato al contatto con la superficie della massa fusa e un dispositivo per l'innalzamento, l'abbassamento e la rotazione del crogiolo, comprende anche il corpo

modellato da immergere nella massa fusa almeno per un certo tempo durante il tiraggio del monocristallo e un dispositivo con il quale questo può venire portato e tenuto nella posizione predeterminata tra il monocristallo e la parete interna del crogiolo. Il corpo modellato, in una forma di esecuzione particolarmente preferita, è conformato come struttura piana di quarzo rettangolare, in forma di fogli, la quale viene immersa in maniera fissa nella massa fusa, e cioè preferibilmente in maniera tale che il corpo modellato al movimento della massa fusa provocato mediante la rotazione del crogiolo contrapponga una resistenza di corrente il più possibile elevata.

Il dispositivo, con il quale il corpo modellato viene portato e tenuto nella posizione predeterminata tra il monocristallo e la parete interna del crogiolo, è costituito preferibilmente da una lancia, che porta il corpo modellato, di grafite oppure di un altro materiale che non contamina il monocristallo. L'estremità libera della lancia viene fissata su una posizione idonea dell'impianto di tiraggio, ad esempio sulla parete del recipiente, della schermatura del riscaldamento del crogiolo oppure della copertura del crogiolo a

forma di vaso, che si incontra frequentemente negli impianti di tiraggio.

L'esempio che segue rende evidente la azione del corpo modellato che riduce l'inserimento di ossigeno nel monocristallo.

Esempio

In un impianto usuale per il tiraggio di monocristalli di silicio secondo il procedimento Czochralski, il quale, in aggiunta a come precedentemente descritto, era munito come corpo modellato di una struttura piana rettangolare, è stato tirato un monocristallo in forma di barra con una lunghezza di 710 mm e con un diametro di 205 mm. Durante il tiraggio del monocristallo, il corpo modellato è stato immerso, come precedentemente descritto, in maniera fissa nella massa fusa alla profondità di 12 mm. In una seconda prova, nelle condizioni per il resto identiche però senza il corpo modellato, è stato tirato un cristallo di confronto. Successivamente è stato misurato l'inserimento di ossigeno nel monocristallo in dipendenza della posizione assiale nella barra di cristallo. A questo scopo i monocristalli sono stati separati in fette sottili, la posizione di una fetta è stata documentata nella barra e la

concentrazione di ossigeno è stata determinata nel centro della fetta mediante misurazioni di assorbimento all'infrarosso.

Il risultato delle misurazioni è riportato nella tabella che segue:

Posizione nel cristallo [mm dal cristal- lo di inoculo]	Conduzione del procedimento [con/senza cor- po modellato]	Concentrazione di ossigeno [10^{17} cm $^{-3}$]
30	con	7,51
260	con	7,17
490	con	6,58
700	con	6,84
30	senza	8,12
250	senza	7,85
470	senza	7,67
710	senza	7,48

Gilberto Tonon
(iscr. Albo n. 83)



RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la riduzione dell'inserimento di ossigeno in un monocristallo di silicio, nel qual caso il monocristallo viene tirato da una massa fusa, che si trova in un crogiolo rivestito con quarzo, il quale procedimento è caratterizzato dal fatto che nella massa fusa viene immerso almeno per un certo tempo durante il tiraggio del monocristallo, un corpo modellato tra il monocristallo e la parete interna del crogiolo.
2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il corpo modellato viene immerso nella massa fusa in maniera fissa.
3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 oppure 2, caratterizzato dal fatto che la profondità di immersione ammonta a 10-20 mm.
4. Dispositivo per il tiraggio di un monocristallo di silicio da una massa fusa, costituito sostanzialmente da un crogiolo che accoglie la massa fusa, munito di una parete interna di quarzo, da un dispositivo di tiraggio che rende possibile la estrazione di un cristallo di inoculo monocristallino portato a contatto con la superficie della massa fusa, da un dispositivo per il sollevamento, l'abbassamento e la rotazione

del crogiolo come pure da mezzi per il riscaldamento del crogiolo, dispositivo caratterizzato da un corpo modellato, il quale è immerso nella massa fusa almeno per un certo tempo durante il tiraggio del monocristallo tra il monocristallo e la parete interna del crogiolo.

5. Dispositivo secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che il corpo modellato è fabbricato da quarzo.

6. Dispositivo secondo la rivendicazione 4, caratterizzato da un corpo modellato piano rettangolare oppure rotondo.

7. Dispositivo secondo la rivendicazione 4, caratterizzato da un corpo modellato di forma parallelepipedica, cubica, cilindrica oppure sferica.

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

Gilberto Tonon
(Isr. Albo n. 83)

