

(51) Internationale Patentklassifikation:
C30B 15/04 (2006.01) C30B 29/06 (2006.01)
C30B 15/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/069154

(22) Internationales Anmeldedatum:
08. Juli 2024 (08.07.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
23186156.8 18. Juli 2023 (18.07.2023) EP

(71) Anmelder: SILTRONIC AG [DE/DE]; Einsteinstr. 172
Tower B / Blue Tower, 81677 München (DE).

(72) Erfinder: KADINSKI, Lev; Burgkirchener Str. 95, 84489
Burghausen (DE).

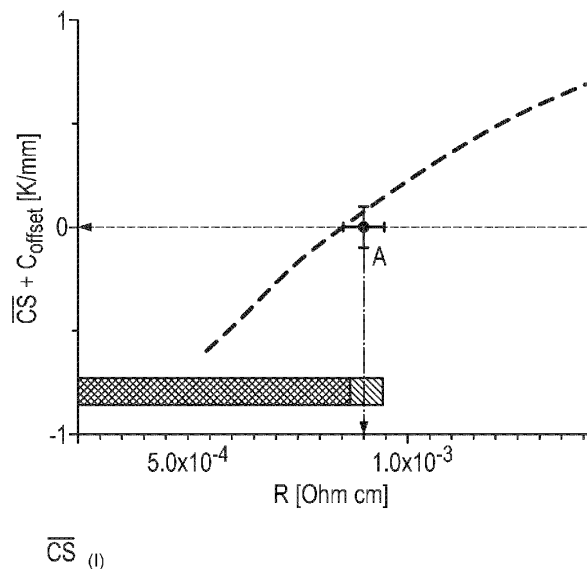
(74) Anwalt: HÄCKL, Walter; Johannes-Hess-Str. 24, 84489
Burghausen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR THE CRYSTAL PULLING OF A DOPED MONOCRYSTALLINE CRYSTAL FROM SILICON

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM KRISTALLZIEHEN EINES DOTIERTEN MONOKRISTALLINEN KRISTALLS AUS SILICIUM

Fig. 2



(57) Abstract: A method for the crystal pulling of a monocrystalline crystal from a melt composed of silicon and a dopant according to Czochralski, comprising the following steps in the sequence given: a) performing a time-dependent computer simulation of a predefined crystal-pulling process with a predefined dopant concentration (C) in the melt, with the aim of obtaining a temperature gradient ($\#c/\#n$) and a gradient of the dopant ($\#T/\#n$) for each time increment (i), where the two gradients are ascertained at the interface between crystal and melt in the direction of the normal of the interface to the melt, b) ascertaining a maximum dopant concentration (C_{max}) in the melt and c) pulling a single crystal with a dopant concentration less than the ascertained maximum dopant

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.

concentration ($C_{\max}$), characterized in that a parameter (CS) which is determined by the formula $CS = \#T/\#n - f_{CS} \#c/\#n$ is calculated for each time increment t , where the parameter f_{CS} is determined by the product of the average concentration of the dopant (C) in the melt, the density of the silicon melt, the Avogadro constant, the molar mass of silicon and the slope of the liquidus line, and then an average (formula (I)) of the values obtained for the parameter (CS) is formed, where only those values having a (CS) value of less than zero make a contribution, and a maximum dopant concentration ($C_{\max}$) is ascertained by adapting the predefined dopant concentration (C) until the amount of (formula (I)) is equal to zero.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Kristallziehen eines monokristallinen Kristalls aus einer Schmelze aus Silicium und einem Dotierstoff nach Czochralski enthaltend die Schritte in gegebener Reihenfolge: a) das Durchführen einer zeitabhängigen Computersimulation eines vordefinierten Kristallziehprozesses mit einer vordefinierten Dotierstoffkonzentration (C) in der Schmelze, mit dem Ziel für jeden Zeitschritt (t) einen Temperaturgradienten ($\#T/\#n$), und einen Gradienten des Dotierstoffes ($\#c/\#n$), zu erhalten, wobei beide Gradienten an der Grenzfläche zwischen Kristall und Schmelze in Richtung der Normalen der Grenzfläche zur Schmelze hin ermittelt werden, b) das Ermitteln einer maximalen Dotierstoffkonzentration ($C_{\max}$) in der Schmelze und c) das Ziehen eines Einkristalls mit Dotierstoffkonzentration kleiner als der ermittelten maximalen Dotierstoffkonzentration ($C_{\max}$), dadurch gekennzeichnet, dass für jeden Zeitschritt (t) eine Größe (CS) berechnet wird, die bestimmt wird durch die Formel $CS = \#T/\#n - f_{CS} \#c/\#n$, wobei der Parameter (f_{CS}) bestimmt wird durch das Produkt aus der mittleren Konzentration des Dotierstoffes (C) in der Schmelze, der Dichte der Siliziumschmelze, der Avogadrokonstante, der molare Masse von Silicium und der Steigung der Liquiduslinie, und anschließend einen Mittelwert (Formel (I)) aus den erhaltenen Werte der Größe (CS) zu bilden, wobei nur diejenigen Werte einen Beitrag leisten, deren Wert (CS) kleiner ist als Null und das Ermitteln einer maximalen Dotierstoffkonzentration ($C_{\max}$) durch das Anpassen der vordefinierten Dotierstoffkonzentration (C) bis der Betrag von (Formel (I)) gleich Null ist.