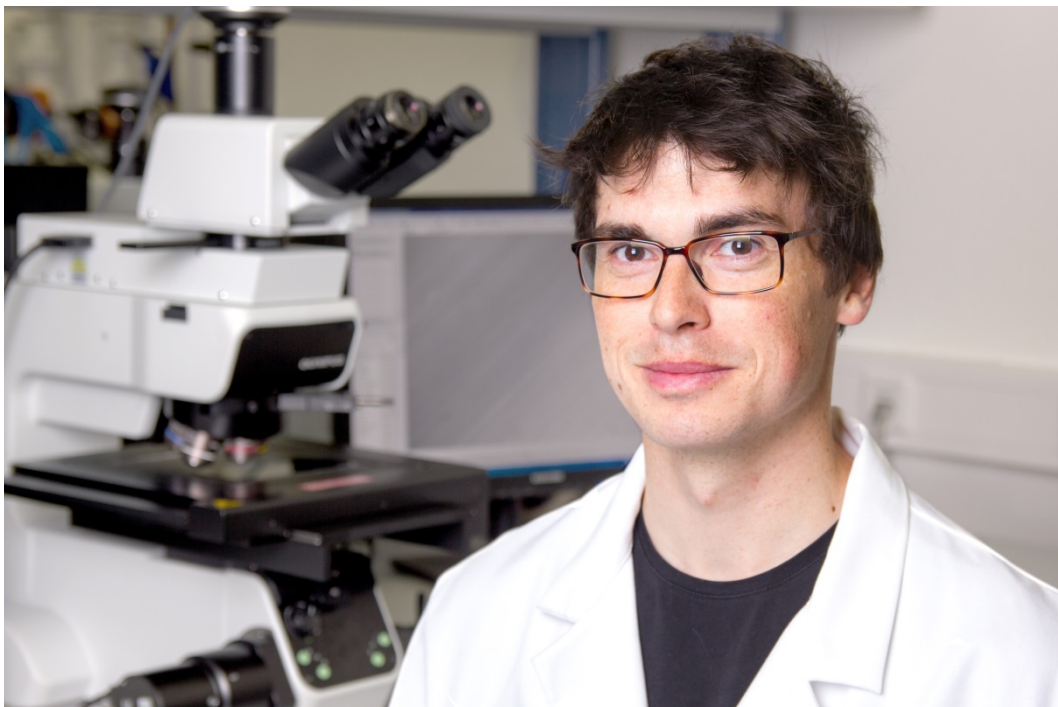


Pressemitteilung, 26. Oktober 2017

DGKK-Preis für Nachwuchswissenschaftler Ludwig Stockmeier vom Fraunhofer THM in Freiberg – Steigerung der Ausbeute bei der Herstellung von hochdotierten Siliciumkristallen für sparsame Netzteile und effiziente Motorsteuerungen

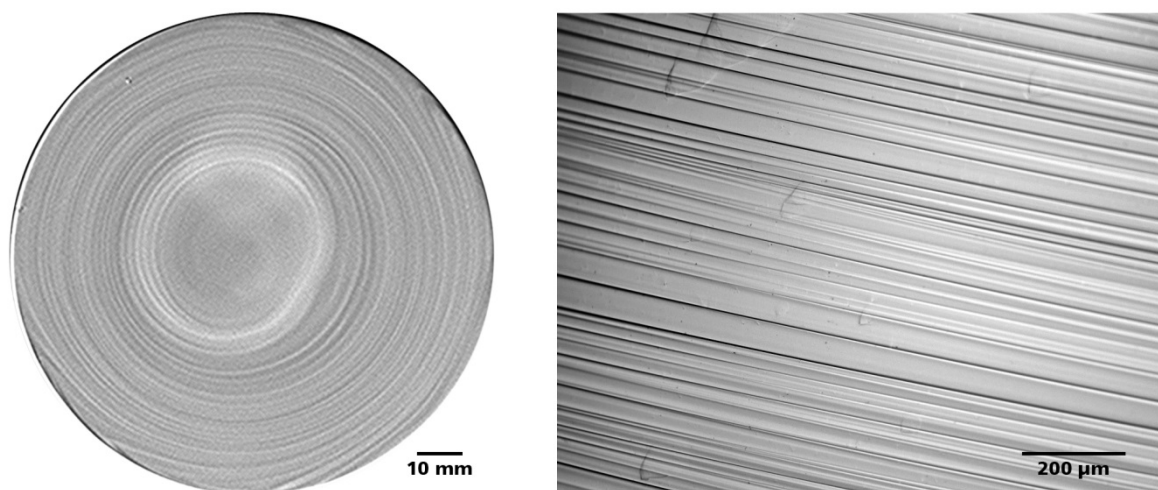
Um elektrische Schaltungsverluste zu minimieren und damit den Energieverbrauch von Netzteilen oder Elektromotoren zu senken, werden Silicium-Kristalle mit einem sehr geringen elektrischen Widerstand benötigt. Jedoch treten dabei gehäuft Kristallfehler auf, die die Ausbeute in der Produktion verringern und somit die Herstellungskosten erhöhen. Herr Dipl.-Ing. Ludwig Stockmeier vom Fraunhofer Technologiezentrum für Halbleitermaterialien THM in Freiberg hat nun herausgefunden, dass gewisse Instabilitäten im Wachstumsprozess diese Defekte im Silicium-Kristall entstehen lassen. Für seine wissenschaftlich-technischen Arbeiten zur Identifizierung dieser Defekursache wurde Herr Stockmeier mit dem DGKK-Preis für Nachwuchswissenschaftler 2017 ausgezeichnet. Mit dem von ihm erarbeiteten Wissen können Maßnahmen ergriffen werden, um die Entstehung der Kristallfehler in der industriellen Produktion zu vermeiden.



DGKK-Nachwuchspreisträger Ludwig Stockmeier vom Fraunhofer THM an seinem Labor-Arbeitsplatz. Den Nachwuchspreis der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V. erhielt Stockmeier für seine Arbeit zur Steigerung der Ausbeute bei der Herstellung hochdotierter Siliciumkristalle. Bild: Fraunhofer IISB

Leistungselektronische Bauelemente für die Energieversorgung, die Automobil- und die Industrieelektronik leisten einen erheblichen Beitrag zu den Themen Energieeffizienz und CO₂-Reduktion. Speziell für Anwendungen bei niedriger bis mittlerer Leistung und mittleren bis höheren Frequenzen kommen sogenannte PowerMOS-Bauelemente zum Einsatz – beispielsweise in Schaltnetzteilen, Robotern, der Autoelektronik oder zur Ansteuerung von Motoren. Bei diesen vertikalen Bauelementstrukturen werden zur Minimierung der Schaltverluste in Durchlassrichtung Silicium-Kristalle mit einem sehr geringen elektrischen Widerstand – bis hin zu 0,001 Ωcm – benötigt. Den elektrischen Widerstand erreicht man durch gezielte Zugabe von Phosphor oder Arsen in die 1500°C heiße Silicium-Schmelze, aus der die Silicium-Kristalle nach dem sogenannten Czochralski-Verfahren hergestellt werden. Die benötigten hohen Mengen an Phosphor oder Arsen führen jedoch beim Herstellungsprozess häufiger zum Auftreten von Kristallfehlern in Form von Versetzungen. Als Folge dieser Kristallfehler kommt es zum Verlust der einkristallinen Struktur des Siliciums und damit zur Minderung der Kristallausbeute. Warum aber gerade diese Kristallfehler sehr viel häufiger bei der Herstellung von hoch Arsen- oder Phosphor-dotierten Siliciumkristallen auftreten als bei normal oder hoch Bor-dotiertem Material, war bislang nicht geklärt.

Herr Dipl.-Ing. Ludwig Stockmeier vom Fraunhofer THM in Freiberg hat nun die Ursache der Versetzungsentstehung bei der Züchtung von hochdotierten Siliciumkristallen nach dem Czochralski-Verfahren im Detail untersucht. So konnte Herr Stockmeier den Zeitpunkt der Versetzungsentstehung aus der Analyse von Prozessdaten aus Kristallzüchtungsversuchen, die vom Projektpartner Siltronic AG durchgeführt wurden, und mithilfe von röntgenographischen Untersuchungen an den Kristallen lokalisieren. So entstehen die Versetzungen meist in einer Phase am Anfang des Kristallzüchtungsprozesses. Aus den asymmetrischen Versetzungsstrukturen, die in den Röntgenbildern der Kristalle auftraten, hat Stockmeier geschlossen, dass sich der Versetzungsursprung am Kristallrand selbst befinden muss. Durch hochauflösende Röntgenmessungen an ausgewählten Proben am ANKA („Angströmquelle“) in Karlsruhe ließ sich diese Vermutung erhärten.



Charakterisierung von Dotierstoffinhomogenitäten mittels Photolumineszenz (links) und mittels chemischen Ätzens (rechts) an hochdotierten Siliciumwafern. Bild: Fraunhofer THM

Nachdem nun Zeitpunkt und Ort der Versetzungsentstehung lokalisiert wurden, galt es noch die Ursache für die Versetzungsentstehung herauszufinden. Dazu untersuchte Ludwig Stockmeier den Einbau des Phosphors und Arsens in den Silizium-Kristall auf mikroskopi-

scher Ebene. Es zeigte sich, dass die Phosphor- und Arsen-Konzentration schwankt. Ursächlich sind dabei Temperaturschwankungen beim Kristallzuchtungsprozess, die in der Anfangsphase des Kristallzuchtungsprozesses auch gehäuft auftreten. Diese Temperaturschwankungen führen wiederum zu Schwankungen der Wachstumsgeschwindigkeit des Kristalls und somit zu Fluktuationen der Phosphor- und Arsen-Konzentration im Kristall. Die Konzentrationsschwankungen, die an gewissen Stellen am Kristallrand am größten sind, sind wiederum mit mechanischen Spannungen im Silizium verbunden. Herr Stockmeier entwickelte nun ein einfaches Modell, um die mechanischen Spannungen in Abhängigkeit von den Konzentrationsschwankungen zu berechnen. Damit konnte er zeigen, dass bei normal-dotiertem Silicium die Spannungen, die durch die Konzentrationsschwankungen verursacht werden, gering sind. Das gleiche gilt auch bei hoch Bor-dotiertem Material. Aus diesem Grund führen die Temperaturfluktuationen, die bei der Herstellung von Silicium-Kristallen nach dem Czochralski-Verfahren immer auftreten, in diesen beiden Fällen nicht zur Versetzungsentstehung. Bei hoch Phosphor- oder Arsen-dotiertem Material sind die mechanischen Spannungen aber sehr viel höher, so dass Versetzungen, die sich durch eine Instabilität im Wachstumsprozess aufgrund der Temperaturfluktuationen bilden, sich sehr leicht ausbreiten können. Somit konnte Stockmeier ein schlüssiges Indiz für die Wahrscheinlichkeit der Versetzungsentstehung in Abhängigkeit von der Dotierung geben.

Mit dem von Ludwig Stockmeier erarbeiteten Wissen kann die Industrie jetzt technologische Maßnahmen entwickeln und umsetzen, um die Versetzungsentstehung bei der Züchtung von hoch Arsen- oder Phosphor-dotiertem Silicium zu minimieren und somit die Kristallausbeute zu steigern.

Der Nachwuchspreis der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V. (DGKK) honoriert diese wissenschaftliche Leistung. Ludwig Stockmeier führte seine Arbeiten im Rahmen des Vorhabens „PowerOnSi“ durch, welches vom Sächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst und im Rahmen des ECSEL-Projekts „PowerBase“ gefördert wurde. ECSEL steht dabei für »Electronic Components and Systems for European Leadership« und ist als Private-Public-Partnership-Programm ein wichtiger Baustein der Initiative »Europa 2020« der EU-Kommission.

Das Bildmaterial zur redaktionellen Verwendung finden Sie unter www.iisb.fraunhofer.de/presse.html.

Ansprechpartner

Dr. Jochen Friedrich

Fraunhofer THM, Am St. Niclas Schacht 13, 09599 Freiberg / Sachsen

Tel. +49-3731-2033-102

Fax +49-3731-2033-199

info@thm.fraunhofer.de | www.thm.fraunhofer.de

Fraunhofer THM

Das Fraunhofer-Technologiezentrum Halbleitermaterialien Freiberg THM betreibt Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Halbleiter- und Energiematerialien. Das THM ist eine gemeinsame Einrichtung des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Systeme und Bauelemente-technologie IISB in Erlangen und des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg. Es besteht eine enge Kooperation mit der Technischen Universität Bergakademie Freiberg auf dem Gebiet der Halbleiterherstellung und -charakterisierung. Ein Hauptziel ist die Unterstützung der regionalen Halbleitermaterialindustrie durch den Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die industrielle Verwertung.