九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

チョコラルスキー法によるシリコン単結晶育成中の欠陥形成挙動に及ぼす水素の影響

杉村，渉

https://hdl.handle.net/2324/1654835

出版情報：九州大学，2015，博士（工学），課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

（様式２）

氏　　名　：杉村　渉

論 文 名　：チョコラルスキー法によるシリコン単結晶育成中の欠陥形成挙動に及ぼす水素の影響

区　　分　：甲

論　文　内　容　の　要　旨

シリコン単結晶中に微小な欠陥を含まない無欠陥結晶を育成するプロセス開発は、半導体デバイスの微細化に伴い極めて重要な研究である。ここでの欠陥とはボイド、酸素析出核および転位クラスターであり、凝固界面で取り込まれた空孔や格子間シリコンが結晶の冷却過程で凝集し形成される欠陥を意味する。一般には結晶の成長速度 v を温度勾配 G で割った v/G の大小で二次欠陥の種類が決定されるが、無欠陥結晶を育成するプロセスウィンドウ(v/G の範囲)が狭いことが課題であった。そこで我々は空孔や格子間シリコンと強い相互作用を有する水素に着目し、ＣＺシリコン単結晶を育成する雰囲気中に水素を添加することで、無欠陥結晶のプロセスウィンドウの拡大可否を検討した。一方、シリコン結晶成長中に水素を添加すると新たな欠陥が形成することが、過去のＦＺ結晶での水素添加実験から報告されている。観察した欠陥は特定の結晶方位を有する巨大な欠陥であるが、その実体や形成メカニズムについては明らかにされていない。

以上のような背景から、本研究では水素を添加しながら成長させたＣＺシリコン結晶の二次欠陥分布を評価することで、二次欠陥の形成挙動に与える水素の影響を精査し、これらの実験事実から水素添加による無欠陥結晶のプロセスウィンドウ拡大可否を明らかにした。また水素添加により新たに形成される欠陥について、切り出したウェーハに含まれる欠陥の詳細観察から実体および形成メカニズムを明らかにした。

本論文は第一章から第五章まで構成され，それぞれの概要は以下の通りである.

第一章では，本研究の背景として水素添加によるシリコン結晶中の欠陥形成挙動に関するこれまでの知見及び本研究の目的を述べた.

第二章「CZ シリコン結晶成長のプロセスウィンドウに与える水素の影響」では、水素の添加条件を変更してシリコン単結晶を育成し、切り出したウェーハの欠陥評価から、水素が各々の二次欠陥形成に与える影響について精査した。結果、水素を添加することで、転位クラスターおよびＯＳＦリングの形成が抑制され、無欠陥結晶を育成するプロセスウィンドウが拡大することを明らかにした。また水素は空孔と格子間シリコンの供給が中立する臨界 v/G の変化挙動から、凝固界面での空孔導入量の増加に寄与していることを示した。

第三章「水素添加により発生する CZ シリコン結晶中の欠陥の実体」では、水素欠陥が発生する二次欠陥領域を調べ、さらに透過型電子顕微鏡を用いた欠陥の詳細観察から、水素欠陥の実体を調査した。結果、水素欠陥はボイド領域と転位クラスター領域に形成される欠陥であり、欠陥の実体は{111}面と{100}面の 2 種類の形態を持つき裂であることを示した。さらにボイド領域に発生した水素欠陥の起点はボイドであり、水素が過飽和になることで発生するボイドの内圧は、シリコンの結合を十分に切りえる大きさであることを解析解から示した。

第四章「水素添加による転位クラスター領域における欠陥の形成要因」では、転位クラスター領域に形成される水素欠陥の形成メカニズムについて、シリコンおよび水素イオン照射を用いた欠陥形成模擬実験から検討した。結果、シリコン結晶の第 2 劈開面である{100}面でも、転位と水素がシリコン中に共存した場合のみ、水素欠陥で見られた{100}面のき裂が生じることを実証した。転位の存在が、き裂を形成するための必要条件であることを示した。

第五章では，本研究で得られた知見を総括した.