

氏名	高橋 学
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第1457号
学位授与の日付	平成8年3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科物質科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文題目	シリコン結晶への金拡散およびこれにともなう点欠陥の挙動に関する研究
論文審査委員	教授 橋本文雄 教授 岩見基弘 教授 小野文久 教授 平松 惇 教授 東辻 浩夫

学位論文内容の要旨

シリコン中で金は置換位置と格子間位置を占め、お互いに位置交換をする。位置交換では点欠陥が関与する。その点欠陥が空孔であれば、その位置交換は解離機構と呼ばれ、格子間シリコンであればキックアウト機構と呼ばれる。置換金には 850℃を境にして性質の異なる低温置換金と高温置換金がある。点欠陥と関係のある拡散は高温置換金の拡散である。

本研究では、無転位シリコン結晶への金拡散の機構としてこれまでに提案されている解離機構とキックアウト機構による拡散方程式の解を求めた。また、金導入によって結晶中に発生するエネルギー準位の分布をDLTS法で測定した。2つの拡散機構による不純物分布の計算結果と測定結果を比較した。その結果、拡散機構はキックアウト機構であることを確認した。また、 $E_c-0.54$ eV のエネルギー準位濃度分布が試料表面近傍から、試料中心部まで放射化分析で得られた全金濃度分布と一致することを明らかにした。このことは、導入された金のほとんど全てが測定温度では低温置換金になっていることを示している。 $E_c-0.54$ eV のエネルギー準位以外の3つの準位についてもその分布を示し、各準位の起源についても述べている。

キックアウト機構であれば格子間シリコンの吸収または放出により積層欠陥の発生・成長または縮少・消滅が考えられるので、積層欠陥の観察を行った。その結果もキックアウト機構で説明できるものであった。

論文審査結果の要旨

シリコン中で金はpn接合の応答速度を増す効果があり、高速素子製作に際して重要な役割を果たしている。シリコン中で金の拡散機構として解離拡散機構とキックアウト拡散機構が提案されているが、これまでは、どちらも確定されていなかった。また、最近の研究により、シリコン中の置換型金原子には占有位置がわずかに異なる高温置換金原子と低温置換金原子の2種類のものがあることが明らかになり、シリコン中の金拡散機構の再検討が必要であると考えられていた。

本研究では、まず無転位シリコン単結晶に金原子を拡散させ、試料中の高温置換金原子、低温置換金原子などの濃度分布をDLTS (Deep Level Transient Spectroscopy) 法で試料の中心部まで測定している。一方、解離拡散機構およびキックアウト拡散機構に対する反応速度方程式の解を求め、これと実験結果を比較検討してシリコン中の金原子の高温拡散機構はキックアウト拡散機構であると結論している。また、金拡散させた試料の放射化分析の結果との比較から、拡散導入された金原子のほとんど全てが測定温度では低温置換金原子になっていることも明らかにしている。ついで、金拡散させた試料中の積層欠陥を光学顕微鏡および赤外顕微鏡で観察している。金導入によって発生した積層欠陥は正六角形で、4つの等価な{111}面に同じ確率で分布し、挿入型であり、この積層欠陥と結晶表面は格子間シリコン原子の消滅源として働くことを明らかにしている。また、積層欠陥の格子間シリコン原子捕獲半径や格子間シリコン原子の拡散係数を求めている。さらに、金導入あるいは過飽和置換金の回復時の積層欠陥の生成、消滅過程もキックアウト拡散機構によって説明できることを示している。

以上のように本論文はシリコン中の金原子の高温拡散機構はキックアウト拡散機構であることを明らかにし、さらに金原子拡散の際に発生する積層欠陥の生成、消滅の機構を解明しており、半導体中の格子欠陥に関する物性研究およびデバイスプロセス技術の向上に寄与するところが大きい。本論文の内容、参考論文および最終試験を含めて審査した結果、本論文は博士(工学)の学位に値するものと認められる。