

Title	シリコン中の不純物と点欠陥の相互作用
Author(s)	平田, 雅子
Citation	大阪大学, 1968, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/29618
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	平 田 雅 子 ひら た まさ こ
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	第 1360 号
学位授与の日付	昭和43年3月28日
学位授与の要件	理学研究科物理学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文名	シリコン中の不純物と点欠陥の相互作用
論文審査委員	(主査) 教授 齊藤 晴男 (副査) 教授 国富 信彦 教授 石黒 政一 教授 川西 政治 教授 大塚 颯三

論 文 内 容 の 要 旨

本実験の目的はシリコン中の点欠陥の性質を調べる事で特に不純物原子と空格子点との相互作用に重点を置いたものである。点欠陥を導入する方法としては γ 線照射を用い検出方法としては少数キャリアのライフタイム測定を行なったが、これは欠陥を一様に作り、また、出来るだけ、感度の良い方法で測定したい為である。

試料はフローティングゾーン法で作られたもの (F. Z) と引き上げ法で作られたもの (C. Z) のそれぞれ n 型, P 型, 計 4 種類用いた。その結果, 次の事が解った。

n 型 (C. Z), p 型 (F. Z, C. Z) では再結合中心としては ($E_c-0.17\text{eV}$) に state を持つ Si-A center が最も効き, その捕獲断面積は電子に対しては $\sim 10^{-16}\text{cm}^2$ 正孔に対しては $\sim 10^{-14}\text{cm}^2$ であり, この値は再結合の機構をうまく説明できる。また, A center の導入率は, これ等 3 種の試料では殆んど同じで, 約 1.3×10^{-3} defects/cc per photons/cm² である。

n 型 (F. Z) は特に 5 価の不純物として燐, 砒素, アンチモン, ビスマスを含む試料を用いた。上記の 3 種類とは違った様子を示し欠陥の消滅過程を調べると $100^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ の間に 2 つの焼鈍過程がある。(130°C 付近に見られるものを 1st stage, 200°C 付近に見られるものを 2nd stage と名付ける。) 焼鈍における活性化エネルギー (E_a) と frequency factor (ν_0) を求めた所いずれの stage も含んでいる不純物に E_a および ν_0 が依存している事がわかった。特に 5 価の不純物原子の共有結合半径 (r) と E_a の間に線型の実験式が得られ, 1st stage では $E_a = 3.6 r(\text{\AA}) - 3.0(\text{eV})$, 2nd stage では $E_a = 1.5r(\text{\AA}) - 0.73(\text{eV})$ となった。

1st stage で焼鈍する欠陥としては (不純物原子) と (空格子点状の欠陥) の結合したものが考えられるが, 暫定的なモデルとしては, 5 価の不純物原子 2 つと空格存点 1 つの結合したものが妥当である。

今迄、E center が 1st stage で焼鈍すると考えられていたが、これは誤りで 2nd stage で焼鈍する欠陥が、5 価の不純物原子と空格子点の結合した Si-E center である事が解った。これは Watkins の E. S. R による uniaxial stresses の実験結果と全く一致するからである。そしてこの欠陥が migrate しながら焼鈍するのであるが、その過程で不純物原子と空格子点が入れかわる時、それに要するエネルギーは非常に小さい事、および酸素が焼鈍の際の sink として作用し、 10^5 のジャンプ数で焼鈍していく事が Watkins の結果と対応する事によって明らかになった。

面白い事に 1st stage でも、焼鈍の際、酸素が sink として働いている事もわかった。

論文の審査結果の要旨

シリコンやゲルマニウムのような半導体は、結晶生長に際して格子欠陥や不純物のコントロールがよくできること、電子的な性質が格子欠陥に対して敏感であることなどのために、照射損傷の研究にとって重要かつ便利な試料である。本論文はシリコン単結晶に γ 線照射を行ない、その結果生じた格子欠陥の性質を研究したもので 2 つの部分に大別することができる。

第 1 の部分は、結晶中に不純物として含まれる酸素原子と空格子点との複合欠陥である A 中心が再結合中心として働く場合の捕獲断面積に関するものである。試料をマイクロ波の導波管中に挿入し、マイクロ波の吸収を観測する方法によって少数キャリアの寿命を測定して、これより A 中心の電子及び正孔に対する断面積を計算した。その結果、電子及び正孔に対してそれぞれ $2 \times 10^{-16} \text{cm}^2$ および $1.5 \times 10^{-14} \text{cm}^2$ の値を得た。この値は従来 ertheim により報告されていた電子および正孔に対する相等的な値の断面積にくらべて再結合の機構から考えてもはるかに妥当なものであるといえることができる。

第 2 の部分は結晶中のドナー原子と空格子点の複合欠陥である E 中心の焼鈍に関する研究である。燐、砒素、アンチモン、ビスマスのそれぞれをドナーとして含む 4 種類の n 型シリコンに γ 線を常温にて照射した後、焼鈍を行なって $100^\circ \sim 230^\circ \text{C}$ の温度範囲で 2 つの stage のあることを発見した。更にこの各 stage について研究を行なった結果、各 stage とも焼鈍の活性化エネルギーが不純物原子の共有結合半径に依存し、実験式として原子半径の一次の関数として示されることを見出した。また焼鈍の機構としては高温側で起きる stage は E 中心が解離することなしに、結晶中を移動して結晶中の酸素原子の位置に到達し、そこで再結合中心としての能力を失うものであるとのモデルに達した。また低温側の stage についても種々の可能性を検討した結果一応のモデルを提出している。

以上平田君の論文は、半導体の照射揚傷の分野に極めて興味ある幾多の新しい知見を加えたものであって理学博士の学位論文として十分の価値あるものと認める。