



Title	電子スピン共鳴法によるイオン注入シリコンの不規則状態に関する研究
Author(s)	村上, 浩一
Citation	大阪大学, 1976, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/31507
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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文について をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名・(本籍)	村 上 浩 一
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	第 3 6 3 8 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 3 月 25 日
学位授与の要件	基礎工学研究科物理系 学位規則第 5 条第 1 項該当
学 位 論 文 題 目	電子スピン共鳴法によるイオン注入シリコンの不規則状態 に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 難 波 進 (副査) 教 授 藤 沢 和 男 教 授 浜 川 圭 弘 助 教 授 升 田 公 三

論 文 内 容 の 要 旨

ドナー原子を結晶シリコン (Si) にイオン注入し、その際生じる不規則状態について電子スピン共鳴 (ESR) 法を用いて研究を行った。着眼点は、(1)注入イオン数の増加に伴い生起する結晶-非晶質遷移、(2)遷移後の非晶質状態、及び、(3)注入ドナー原子の電子状態、についての三点である。

結晶-非晶質遷移は、注入時に生成される格子欠陥が極めて高濃度であるために生起する現象である。この遷移の機構を明らかにするため、質量の異なる燐 (P) 及びアンチモン (Sb) のイオンを注入した Si 単結晶について、生成される格子欠陥の ESR 角度依存性を測定した。その結果、軽い原子である P イオンを注入した場合には、1 イオン・トラック内には局所的な非晶質領域は発生せず、多重空孔型欠陥である Si-B2, Si-O1 中心が観測されるのに対し、重い原子である Sb イオンを注入した場合には、1 イオン・トラック内に衝突過程によって局所的な非晶質領域が生じていることを明らかにした。なお、Si-O1 中心はこの研究により初めて見出された欠陥中心である。

遷移後の非晶質状態は、高濃度欠陥を含む結晶状態とは著しく異った焼鈍過程を呈することを明らかにした。また、広温度範囲での ESR 測定の結果、非晶質シリコンの物性に重要な効果を持つ不対電子はクーロン斥力の大きな単一占有状態にあることを確認した。

注入燐原子は焼鈍後、電気的に活性化してドナーとなる。(注入 Si:P 系) ドナーの電子状態やスピン緩和過程のドナー濃度依存性に関しては、不純物が Gauss 型に分布している注入 Si:P 系と、不純物が均一にドーピングされているバルク Si:P 系とは 77K で全く等しい特性を示すことを明らかにし、注入 Si:P 系ではドナー電子が十分速く注入層内を動き廻るため、物理量が平均化されるためであると結論した。また、二重イオン注入により作製した (Si:P):Sb 系に於て、P と Sb に著しい深さ

分布の差違があるにもかかわらず、Pのドナー電子、乃至、伝導電子の共鳴線幅に異常ブロードニングが起ることを見出し、この原因がPによるドナー電子、又は、伝導電子とSbドナー原子とのスピン・軌道相互作用によっていることを明らかにした。さらに、注入系に於けるスピン緩和は、表面やp-n接合界面での散乱に影響されるのではなく、早い緩和中心として働くドナー原子、又はドナー濃度の高い領域によって支配されていることを明確にした。

論文の審査結果の要旨

本論文はイオン注入された半導体の不規則状態を電子スピン共鳴法（ESR）を用いて微視的見地から研究したものである。

まず、Si結晶にPおよびSbをイオン注入した際に生成される不規則状態のアンニール特性および結晶-非晶質遷移を格子欠陥に着目して調べ、軽い原子Pと重い原子Sbとではイオン注入層における結晶-非晶質遷移の機構が異なること、非晶質状態は高濃度に格子欠陥を含む結晶状態とは本質的に異なることを明らかにするとともに、本研究により新しく見出されたESR中心Si-O1が結晶-非晶質遷移の先駆現象として生成されることを示した。

次に、二重イオン注入により作成した(Si:P):Sb系において、PとSbの深さ方向分布にそれぞれ約 $0.5\mu\text{m}$ および $0.1\mu\text{m}$ と著しい差異があるにもかかわらず、Pのドナー電子の共鳴線幅に異常ブロードニングが観測されることを見出し、この原因が不純物の残存スピン軌道相互作用によることを示したことは非常に興味ある結果である。

これらの研究はイオン注入時に発生する不規則状態の解明に重要な寄与をするものであり、博士論文として価値あるものと認められる。