The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	シリコンへのチャネリングイオン注入に関する研究
Author(s)	古谷, 恒男
Citation	大阪大学, 1984, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/33631
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、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

【63】

氏名・(本籍)	古谷恒男（ふるやつねお）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 6301 号
学位授与の日付	昭和59年2月1日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	**シリコンへのチャネリングイオン注入に関する研究**
論文審査委員	(主査) 教授 犬石 嘉雄 教授 木下 仁志　教授 藤井 克彦　教授 山中千代衛 教授 鈴木 胖　教授 黒田 英三　教授 横山 昌弘 教授 中井 貞雄　教授 裏 克己　教授 小山 次郎 教授 中村 勝吾

論文内容の要旨

本論文は著者が富士通研究所で１９６９年以来約１０年間イオン注入に関する研究を行ってきた，特にシリコンへのチャネリングイオン注入に関する研究の成果を纏めたもので以下の８章から構成されている。

第１章は緒論でシリコンへのイオン注入の研究概要を総括後，結晶の低指数軸に平行に不純物イオンを入射させて，結晶基板に深く不純物を導入するチャネリングイオン注入の重要性，特徴と実用化を阻害してきた技術的課題について述べ，本研究の目的と意義を明らかにしている。

第２章はチャネリングに関する基礎的理論について述べている。イオン導入条件とイオン濃度分布の相関等を理解し，且つ注入されたチャネリングイオン濃度分布を実用的レベルで制御する上でもチャネリング臨界角とイオン最大飛程が重要なパラメータであることを論じている。さらに最大飛程を与える電子阻止能の理論と従来の実験結果を検討し，定性的に説明できるが，統一的に予測可能な理論は未だないことを示している。

第３章はイオン注入に関する基本的な技術としてＳｉ基板処理技術，プロトン後方散乱法によってイオンビーム方向と結晶軸を合致させた簡便且つ実用的なチャネリングイオン注入法，熱処理法，キャリア濃度測定法について留意すべき事項を述べている。

第４章はキャリア濃度分布に及ぼす注入条件の影響について論じている。チャネリングイオン注入の飛程や濃度分布の形状は基板結晶方位，注入イオンエネルギー，注入イオンビーム入射角，イオン注入量，イオン種等の注入条件に大きく依存することを定量的に明らかにした上で，深いキャリア濃度分布を高均一に，且つ再現性良く得るための条件を実験的に明確にしている。

第5章はランダム注入とのキャリア濃度分布の比較論で，Si中のp型及びn型不純物であるB，Al，Ga（Ⅲ族）とP，As（Ⅴ族）イオンの注入飛程，キャリア濃度分布についてランダム注入と実験比較を行っている。チャネリング注入では，1）＜110＞軸での注入飛程がBイオンで2～3倍，Pイオンでは5～8倍に達すること，2）重イオンではさらに深いドーピングが可能なことを実証し，3）より急峻な濃度分布が得られることを初めて確認している。

第6章はチャネリング注入装置の試作について述べている。従来，チャネリングイオン注入法を実用化する上で最大の障害となっていたドーピング均一性の向上を目的として，平行ビーム走査機構とイオンビーム方向に高精度に結晶軸を合致させる機構を設けた注入装置を初めて開発している。この装置を用いてチャネリングイオン注入とランダム注入を行い，注入プロファイルやダイオードの降伏電圧などを比較してドーピング均一性を評価し，チャネリングイオン注入が充分に実用的なドーピング手法であることを実証している。

第7章は素子への応用について述べている。チャネリングイオン注入をアバランシホトダイオードに応用し，その有効性を確認している。可変容量ダイオード，縦型ＦＥＴについてもその有用性，将来性と問題点について論じている。

第8章は結論であり，第2章から第7章で述べた研究成果を総括して本研究の結論を要約し，革新的技術であることを示している。

論文の審査結果の要旨

最近のシリコン半導体大規模集積回路（ＬＳＩ）などでは微細加工の限界のために熱拡散の代りにイオン注入が不純物ドーピングに用いられている。

イオン注入の利点は注入不純物イオンのシリコン中の濃度分布を注入イオン量と加速電圧によって精密に再現性よく制御でき，不純物分布の均一性がすぐれていることなどにある。しかしふつうのランダム方向のイオン注入では基板に著しい損傷が生じるので焼鈍過程でもとれない残留欠陥が生じること，不純物ドーピングできる深さが浅いことなどの欠点がある。本研究ではこれらの点を改良するため結晶軸に対し特定の方向にチャネリング注入を行うと比較的低い加速電圧で深い不純物ドーピングができる点に注目し，シリコン単結晶基板中に種々のイオンを種々の条件下で注入してデバイス製造のための基礎研究を行い，その成果を応用して実用装置を開発した結果を述べたもので多くの新知見を含んでいるが要約すると

(i) Lindhardらの理論を用いてチャネリング臨界角を計算した結果，１００ＫＶ以下のイオン加速電圧で急に大きくなり，また重イオン程大きくなってチャネリング注入が容易になることを指摘している。さらに高均一ドーピングには臨界角の1／10の精度でビームを結晶軸方向に合致させる必要があることを述べている。

(ii) チャネリング注入による不純物の深さ方向の分布は (イ)チャンネル成分，(ロ)デチャンネル成分，(ハ)

ランダム成分の重畳より成るがこれらの成分のチャンネル軸方向，イオン・エネルギー，イオン種，入射角のずれ，不純物量への依存性を実験的に明らかにし，これに考察を加えている。

(iii) ＜110＞軸方向チャネリングが深いドーピングに最適でランダム注入に較べて急峻な不純物の分布が得られることを実証している。

(iv) チャネリング臨界角はりんイオンの方が硼素イオンより大きいのでビームの結晶軸からのずれに対してりんイオンの方が鈍感で均一注入の点から有利であることを見出している。

(v) 実際のデバイス製造にチャネリングイオン注入を実用化するため，後方散乱を利用した高精度の軸合せ機能と二対の角走査から成る基板面上でのイオンの平行走査機構を備えた４００ＫＶチャネリング・イオン注入装置を基礎研究の成果に基いて試作し均一なドーピングを歩留まりよく行うことに成功している。

(vi) この装置を利用してシリコン・アバランシ・ホトダイオードを試作し，深い注入によって過剰雑音指数を従来のものの1／4～1／5にすることに成功し，また急峻不純物分布を利用した可変容量ダイオードの特性改良，縦形ＦＥＴの試作などを行っている。

以上述べたように本論文は半導体素子作成技術上重要な新知見と指針を含み半導体工学に寄与する所が大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。