

1-2 イオン打込みをしたSiの欠陥と電気的特性.

日立中研 田村誠男 池田隆英 吉広尚次

1. 緒言 イオン打込みによって不純物元素を半導体結晶中に注入することは、不純物添加量に制限がないこと、熱拡散法に比較して低温度で処理できることなどに特徴を有しているがその反面、打込まれたイオンによる結晶の破壊が大きな問題になる。我々はイオン打込みによって導入された格子欠陥を直接観察することによって欠陥の種類、密度、深さ方向の分布などをあらかじめしそれらの結果がキャリア濃度分布、ホール移動度などの値に与える影響を調べたので報告する。

2. 実験 実験に用いた基板結晶は[111]方位Siであり、ほう素およびりんを 10^{14} イオン/cm² ~ 10^{16} イオン/cm²の範囲で700 KeVに加速して打込んだ。欠陥の観察は700 KeVの電子顕微鏡を用い、場合によっては1 MeVの超高圧電顕、反射電子線回折、X線ラング法を併用した。電子顕微鏡観察試料は通常化学エッチの方法で作製し、結晶内における深さ方向の分布は陽極酸化法による2500 Åステップで試料を表面から削った後薄膜にした。キャリア濃度および移動度の測定は四探針法およびPammの方法によった。

3. 実験結果および検討 (1) 室温打込みとその後のP-処理
室温打込みではほう素の場合、非晶質層は観察されず、りんの場合には 10^{14} イオン/cm²でやや多結晶パターンが見られ、 10^{15} イオン/cm²以上で非晶質層が形成された。この層は 10^{16} イオン/cm²の打込みで表面から数百Åはいった所から約3000 Å近くまで続いた。次に打込み層を含む結晶を800°C、1h P-処理して欠陥の分布を観察した結果、ほぼ 10^{15} イオン/cm²打込みで表面から0.8μの深さまで<211>方向に走る試料面から傾むいた転位ループ分布し、0.2μ~0.5μの間で<110>方向に走る数μの長い転位ループが存在した。この結果を図1(a), (b), (c)に示す。図2にキャリア濃度および移動度の測定値とLindhard達のチャネリングを考慮しない計算値を示す。この図からあらかじめ0.4~0.5μ附近にキャリア濃度のピークを持ち、0.8μ近くまで広がっている。欠陥の分布もほぼ0.4μ附近で密度最大になり打込まれたイオンの密度が高い場所では結晶の破壊の度合も大きいことがうかがわれる。また<211>方向に走る転位ループは0.8μ近くまで存在しているキャリア濃度分布との対応が良い。また移動度は欠陥密度が高いとこで低くなっていることがわかる。一方、りん打込みの場合は結晶表面から0.1μまでは転位ループの重なったものおよび積層欠陥が、0.2μ附近で黒点状欠陥および数百Åの転位ループが約 10^{10} 個/cm²の密度で存在した。0.3μ以下の深さではまったく格子欠陥の存在は見られなかった。この結果をキャリア濃度の測定値と比較すると欠陥のピーク位置はキャリア濃度のそれよりいく分結晶表面によっていることがわかった。

(2) ホットインプラメンテーション ほう素 10^{15} イオン/cm², ^{基板温度}600°C打込みの1 MeV 超高圧電顕による観察結果を図3に示す。これからわかるように表面近く

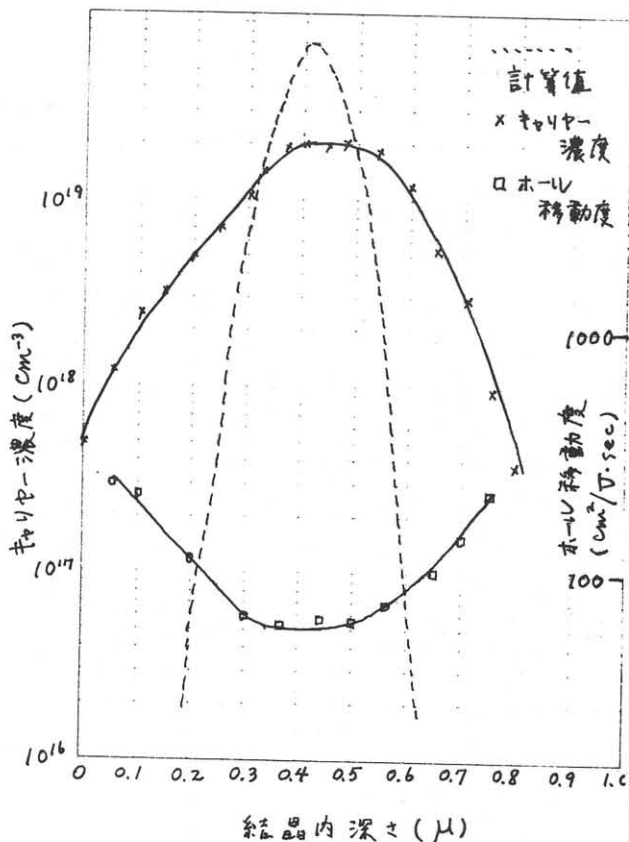


図2; 図1と同一条件におけるキャリア濃度とホール移動度の測定値およびLindhardらによる理論のキャリア濃度計算値。

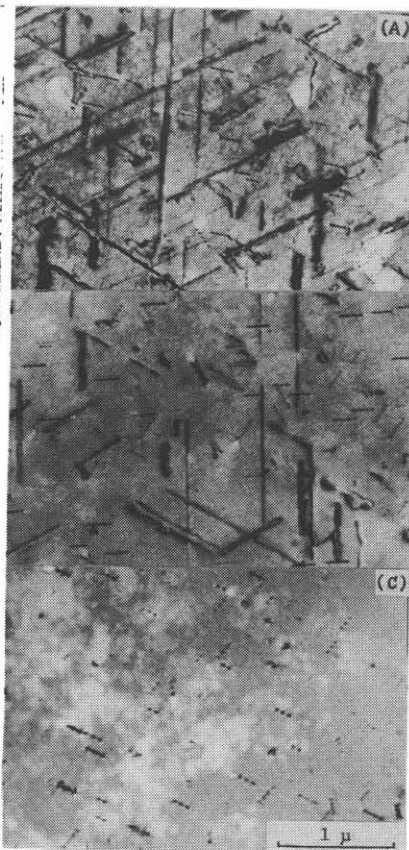


図1; ほう素 10^{15} イオン/cm², 100 KeV で打込み後 800°C, 1h $\rho = -10^{-1}$ 後の結晶内欠陥分布, (a) 0.3 μm (b) 0.5 μm (c) 0.9 μm

には欠陥は見られずやや深く入った所から黒点状欠陥, 転位ループが存在し始め厚いとすると欠陥同志が重なり区別できなくなっている。この分布をこまかく調べると0.2 μm附近から欠陥が存在し始め, 0.4 μm附近でその密度が高くなり, 0.7 μmまで続いた。一方, りん 10^{16} イオン/cm², 基板温度 400°C 打込みでは2種類の欠陥が観察された。1つは0.2 μm附近まで存在する極めて高密度の転位ループであり互いに重なりあつて形がはっきり識別できない。他の1つは3つのく2117方向に走る転位ループでありこれは0.4~0.5 μm附近に存在した。キャリア濃度分布の測定値ではほう素では約0.7 μm近くまでピークを持たずに分布し, りんでは0.2 μm附近に第1のピークを0.5 μm附近にそれより小さい第2のピークを持って分布した。この結果は欠陥の分布と良く対応し, なかでもりんの2つのキャリア濃度のピーク位置に対応する2種類の欠陥の存在は興味深い。

以上の他に等時間, $\rho = -1$ 温度依存性および等温度 $\rho = -1$ 時間依存性のキャリア濃度, ホール移動度, ライツキイなど欠陥の密度, 種類との関係を調べたため講演時にその詳細を報告する。

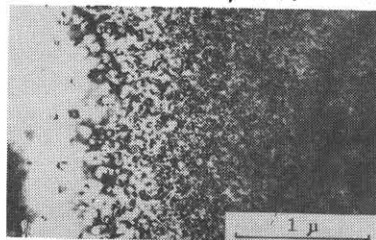


図3; ほう素 10^{15} イオン/cm², 100 KeV, 600°C 打込みの 1 MeV 電照による観察結果