高エネルギーイオン注入による半導体デバイス製作技術の開発

Study on semiconductor process by high energy ion implantation

坂根　仁 [1)]　　大森　寛将 [2)]

Hitoshi SANAKE　　Tomoyuki　OHMORI

1)住重試験検査株式会社　2)サンケン電気

高エネルギーのボロンイオン注入により、スーパージャンクション構造と呼ばれる柱状の P 層構造形成を試みた。半導体表面から 5um 以上の深さ領域には高濃度プロファイルが形成されていることを確認したが、それ以下の浅い領域では確認できなかった。

キーワード：
スーパージャンクション　ボロン　高エネルギー

１．目的

半導体デバイス構造の一つにスーパージャンクションと呼ばれる構造がある。電流が流れやすい垂直方向の通電経路をシリコン基板上の素子に作ることで、シリコンの理論限界以上の低抵抗化を実現する方法である。従来のエピタキシャル工程を繰り返す方法は長時間の製造プロセスを必要とするが、アクセプターまたはドナーとなる元素を希望の位置に注入することで柱状の構造形成が可能になれば、半導体製造プロセスを現状の手法よりはるかに短縮できる。

本研究の目的は、高エネルギーのボロンイオンをシリコン中に注入することで、高濃度 P 層プロファイルが形成されることを観測し、新しい半導体プロセス技術導入のための基礎データを取得することにある。

２．方法

Si 半導体試料はドナー濃度 1E+14/cm^3 オーダーの N 型半導体を用いた。図１のように、Si 半導体試料表面から 20μm, 15μm, 10μm, 5μm の深さに濃度分布のピークが存在するようにボロンを注入した。No2 に関しては注入されない領域を制御するためのマスキング用レジスト膜 40μm が表面につけられている。

イオン照射は日本原子力研究開発機構東海研究所タンデム加速器の L2 コースにて実施した。1 価のボロンイオンを加速し、加速エネルギーは 16MeV、試料位置での電流量は 5ｎA であった。注入深さを調整するために、ビーム入射方向に対して試料の直前位置に任意の厚みのアルミニウムを挿入し、半導体に注入するボロンの実効的エネルギーを変化させた。

実験は、レジスト膜のついた試料に対しては最も深い 20μm に注入する際のエネルギー16MeV で照射を行い、ついていない試料に対しては、深さ 20μm, 15μm, 10μm, 5μm の位置に、ドーズ量にして 1E+13/cm^2 程度照射した。

注入後の試料は、ボロンを活性化と照射欠陥の回復のために、熱処理を実施した。

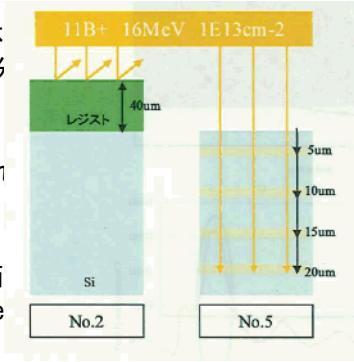

図１　ボロン注入位置のイメージ。
No.2 は注入されない領域を形成するためのレジスト膜付き。

３．研究成果

拡がり抵抗（SR: Spreading Resistance）測定を、試料 No2（レジストあり）、試料 No5（レジストなし、20μm, 15μm, 10μm, 5μm の位置に注入）の 2 試料について実施した。結果を図２に示す。

試料 No2 については、濃度変化がなく、ボロンイオンがシリコンまで到達していないことが確認できた。

試料 No5 については、20μm, 15μm, 10μm 位置への注入に関しては、深さ位置・濃度ともに目標値を達成しているが、5μm 位置に関しては濃度が逆に低下していた。さらに浅い領域では濃度の上昇が見られた。アニールによる拡散で各注入位置の間についても濃度が上昇している。

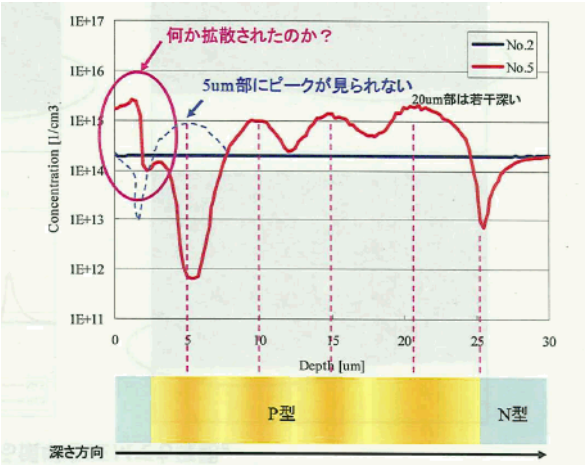

図２　SR 測定による結果。半導体表面から深さ方向への濃度変化が示されている。

４．結論・考察

レジスト膜の厚みについては 40μm で十分であることがわかった。ボロン注入量についてはドーズ量 1E+13/cm2 で、注入前の基板濃度より十分上回ることが可能であることが示された。5μm 深さの濃度低下については、照射による欠陥の影響が現れていると考えられる。5μm 深さ位置のみの照射試料を作製し、確認する必要がある。

今回の結果から、深さ方向の濃度調整については実現が可能であることがわかった。今後は、ビーム入射方向に対して垂直方向の分布を測定し、柱状構造を満たすための条件を見出す必要がある。

５．引用(参照)文献等

1)J.von Bonary et. Al., Application of Ultra-High Energy Boron Implantation for Superjunction Power(CoolMos™)Device, Annual Report IIM 2004, FZR-427 pp.22 (2004)