

平成11年2月22日

電子情報工学専攻	学籍番号	923343
申請者氏名	柳谷俊一	

指導教官氏名	石田誠 吉田明 米津宏雄
--------	--------------------

論文要旨 (博士)

論文題目	シリコン/ Al_2O_3 系でのシリコン量子構造の作製に関する研究
------	--------------------------------------

半導体ナノ構造の適用は素子特性の向上や新機能素子の開発に有効であるため、その作製技術に関する研究が非常に注目を集めている。特に、結晶成長技術の本質的な特徴である選択成長や自己制御機構を利用した自然形成法に関する研究が注目を集めている。また、現在の半導体産業の基幹材料であるシリコンを微細化した構造は、単一電子トランジスタなどに関する研究に加え、可視発光素子への応用の面からも重要である。

本研究ではシリコンナノ構造を微細かつ制御性良く作製するための方法として選択成長法と自然形成法に着目し、サファイア基板上へのシリコン微細構造の形成とシリコン基板上に成長させた Al_2O_3 膜中へのシリコンナノクリスタルの形成を行った。

はじめに、電子線照射による表面改質を利用したシリコン選択成長法によって、サファイア基板上へシリコン微細構造を作製することを検討した。選択性に大きく関係する孵化時間と電子線照射量の関係を明らかにし、選択成長条件の最適化によって幅約300nmの微細構造を作製した。

次に、表面にステップ-テラス構造を有するサファイア基板上へのシリコン量子細線の自己組織化形成を試みた。シリコンの成長様式がテラス幅に依存して異なることを明らかにし、テラス幅の広い基板を用いることでステップフロー成長によって自己組織的にシリコン細線を形成させた。自己形成シリコン細線からは室温で可視発光が観測された。発光の温度依存性、エージング特性から、発光機構にはシリコン細線での量子サイズ効果と細線/酸化物界面に形成される局在準位が重要な役割を果たしていることが示された。

最後に、シリコンイオン注入と熱処理による Al_2O_3 膜内へのシリコンナノクリスタルの形成について検討した。シリコンイオンを注入後、熱処理を施した Al_2O_3 膜/シリコン基板から可視領域での発光を確認した。発光が生じた試料においてナノメートルサイズのシリコン析出物が形成されていることを確認した。発光スペクトルの熱処理条件依存性は、サファイア基板上のシリコン細線と同様に、可視発光機構にはナノクリスタルでの量子閉じ込め効果とナノクリスタルサイズに依存しない局在発光性中心が関係していることを示唆していた。ナノクリスタルを含む Al_2O_3 膜のキャリア伝導特性は温度と印加電界に強く依存し、膜自体の伝導機構は空間電荷制限伝導であることが分かった。また、高電界印加後の伝導特性の振る舞いから、シリコンナノクリスタルを含む Al_2O_3 膜はパーコレーティング格子であることが示唆された。さらに、I-V特性において室温での負性抵抗効果が観察され、この結果からシリコンナノクリスタルを含む Al_2O_3 膜が光学素子だけでなくメモリ素子へも応用可能であることが示された。