

審査の結果の要旨

氏名 ジュラリリョフ アレクセイ ヴェレリービッチ

鉄シリサイド半導体(β -FeSi₂)は、資源量が比較的豊富で人体への毒性が小さい鉄(Fe)とシリコン(Si)を構成元素とし、また、Si 基板への薄膜成長が容易であるため、環境に優しい次世代の半導体材料として期待されている。鉄シリサイドに関しては、近赤外領域に発光ピークを有するものの発光強度が小さいこと、また、ほぼ同じ波長域に Si 中の欠陥に起因する発光があるため、Si 基板上に作製された鉄シリサイドの場合 Si 由来の発光との識別が困難であること、などが報告されている。本研究では、イオンビームを用いた手法により、Si をはじめとする種々の基板に対して鉄シリサイド薄膜を作製し、その発光特性を調べることにより、発光の起源の解明や発光強度の改善に資する知見を得ることを目的とした。

本論文は 6 章で構成されている。

第 1 章は研究の背景と目的が書かれている。

第 2 章は実験方法について説明している。本研究では、イオンビームスパッタ蒸着法により固体ターゲットからスパッタされた原子を加熱した基板と反応させ、厚さ 100 nm 程度の鉄シリサイド薄膜の作製を行った。成膜直後の発光強度は微弱であるため、さらに高温でのアニールを行った。実験では、Si のほか、SOI (Si 層中に絶縁層を挿入した基板) や、鉄シリサイドのバルク単結晶を研磨して基板状にしたものも基板として用いた。

第 3 章は Si 基板に作製した鉄シリサイド試料からの発光に対する Si 基板の影響について記述している。成膜工程の随所で発光測定を行った結果、発光強度は成膜後に行うアニールにより飛躍的に増大することが明らかにされた。Si 基板に対しては、蒸着前に表面に存在する自然酸化層を除去するために数 keV のイオンによるスパッタ洗浄を行っているが、この処理を行った試料からの発光強度が特に高いことが明らかにされた。しかし、全く同じ事象が成膜を行わない Si 基の場合にも観測され、さらに、発光ピークの位置やピーク強度の温度依存性を、鉄シリサイド固有の発光とされる文献データと比較したところ、本研究における鉄シリサイド試料からの発光は、Si 基板に由来する可能性が高いことが示された。

第 4 章は鉄シリサイドに固有の発光を追究する試みについて記述している。そのために、SOI 基板において絶縁層により分離された Si 層の薄い方 (約 100 nm) に成膜し、Si の影響を極力抑えるとともに、鉄シリサイドのバルク結晶から作製した試料を研磨して基板にすることにより Si と共存しない鉄シリサイド試料を得た。しかし、前者の場合、発光強度は Si 基板に成膜した場合に比べて約 1 桁低く、後者に至っては、現状では十分な大きさのバルク結晶が得られないこともあり、有意な発光ピークを観測するには至っていない。なお、SOI 基板への成膜の場合、試料の元素組成分析から鉄シリサイドは過剰な Si と共存し

ていると推定され、発光ピークの温度依存性の結果とも併せて、この場合も Si からの発光の寄与が無視できないことが示されている。

第 5 章は蒸着前の基板前処理条件が発光特性に与える影響について記述している。スパッタ洗浄された Si 基板に鉄シリサイド薄膜を作製する点では第 3 章での実験と同様であるが、本章では基板処理条件を変えて成膜を行っている。具体的には、スパッタ処理を行う入射イオンのエネルギーを変え、そのことが鉄シリサイド試料および基板単独からの発光特性にどのような影響を与えるかを調べている。実験の結果、鉄シリサイド試料では入射エネルギーに関係なくほぼ同程度のピーク強度を呈する一方で、基板からの発光に大きなエネルギー依存性があるという興味深い結果が示されている。すなわち、あるしきいエネルギー以下では基板からの発光がほとんどなく、この条件下では鉄シリサイド試料からの発光はほぼそれ自身によるものと結論できる。さらに、この条件で得られた発光ピークの挙動を調べたところ、これを鉄シリサイドに固有のピークと結論するまでには至っていないとはいえ、今後の研究の進むべき方向を提示した点では有意義な成果といえる。

第 6 章は前出の各章を総括して結論を述べている。

以上、本研究は、イオンビームスパッタ蒸着法で作製された鉄シリサイド試料の発光特性に関する唯一の研究であるだけでなく、イオンビームによる照射がその発光特性にどのような影響を及ぼすかを調べた上で、発光特性の制御を試みその改善に向けて有用な知見も提示しており、システム量子工学、特に量子ビームを利用した新材料創製分野への貢献は小さくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。