【176】

氏　名（本籍）	後藤芳孝（福　島　県）
学位の種類	博　　士（工　　学）
学位記番号	博　甲　第　2884　号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	AFM微細加工法による室温動作単一電子素子の研究

主　査	筑波大学教授	工学博士	長谷川　文　夫
副　査	筑波大学教授	工学博士	松　本　和　彦
副　査	筑波大学教授	工学博士	川　辺　光　男
副　査	筑波大学教授	工学博士	村　上　浩　一
副　査	機会振興協会　副会長	理学博士	梶　村　皓　二

論文の内容の要旨

本論文は，原子間力顕微鏡を用いた微細加工法を開発し，単一電子素子を室温動作させることに成功したことについて述べている。

単一電子素子を室温で動作させるためには10nm以下の微細加工が必要である。従来の電子ビーム露光等の手法ではこのサイズを実現することは困難である。この考察より，原子オーダー平坦アルミナ基板上に形成された2nm厚さのチタン金属薄膜を，原子間力顕微鏡のカンチレバーを微小陰極として用い，局所的に陽極酸化する手法を開発した。この手法では～20nm以下の酸化チタン細線を形成することに成功した。

この細線をトンネル接合として用いて平面構造の単一電子トランジスタを作製し，室温においてクーロン振動を測定することに成功した。クーロン振動の変調率～20％で，試料の全容量はCΣ＝9E－19Fのものが作製できた。しかし，未だ全容量が大きいために，室温でのクーロンダイアモンド特性は測定できなかった。同様の手法を用いて平面構造の単一電子メモリを作製し，室温において，ヒステリシスループを観察し，単一電子メモリ特性を得た。3次元シミュレーションにより単一電子メモリの容量を算出し，メモリ動作に寄与した電子の数が25個であることを突き止めた。

更に単一電子トランジスタの特性を向上させ得るために必要な要素を，3次元シミュレーションにより求め，単一電子素子の島領域のサイズの微細化，基板材料の低比誘導率化が有効であることを見出した。更に，トンネル接合幅を微細化しても接合容量が増加しないことを見出し，これは基板に回り込んだ電界の影響であることを突き止めた。これにより，接合容量を増加させることなく，トンネル接合幅を微細化し，トンネル電流を増加させうることを見出した。

これらの知見を元に，カーボンナノチューブカンチレバーを開発し，島領域及びトンネル接合の微細化を行った。この手法では従来不可能であった，5nm幅のトンネル接合の作製が可能になった。またアルミナ基板よりも誘電率が半分以上低い結晶石英基板を原子オーダーに平坦化することにも成功した。また単一電子素子を作製後，大気中で表面からチタン金属を酸化させ，島領域を狭窄させる手法を開発した。これらの手法を用いて単一電子トランジスタを作製し，室温において，クーロン振動特性を得た。そのクーロン振動変調率は60～70％の高い値を示した。またクーロンダイアモンド特性の測定に室温で成功した。クーロンダイアモンド特性より全素子容量

はCΣ＝5E－19Fであり，クーロンエネルギーはEc＝150meVと室温の熱エネルギーの6倍近く高い値にすることができた。この高いクーロンエネルギーにより，室温においてもクーロンダイアモンド特性の測定に成功したのである。

またカーボンナノチューブをシリコンチップ先端に成長させる技術の派生として，フィールドエミッタを作製し，従来のシリコンや金属を用いたエミッタよりも1桁低い，10Vから電子放出させることに成功した。

審査の結果の要旨

様々な新しい技術を開発し，果敢に前人未踏の研究開発に取り組んできている。その成果として室温におけるクーロンダイアモンドの測定に成功しており，学術的にもレベルの高い研究を行っている。

よって，著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。