

トレンチ型 InGaAs 量子細線 FET の負性抵抗とその量子干渉特性

産総研^A、科技団戦略^B菅谷武芳^{A,B}、張起連^{A,B}、韓哲九^{A,B}、小倉睦郎^{A,B}

Negative differential resistance and quantum interference characteristics of a trench-type InGaAs quantum-wire FET

AIST, CREST, T. Sugaya, K.Y. Jang, C.K. Hahn and M. Ogura

半導体量子細線構造は、新しい電子、光デバイスとしての応用が期待され、注目を集めている。これまで我々は、InP(311)A段差基板の上にMBE選択成長によってトレンチ型InGaAs量子細線FETを作製し、その負性抵抗特性を報告してきた。^{1,2)}本研究では、トレンチ型量子細線の磁気抵抗を極低温で測定し、その量子干渉効果を調べたので報告する。

実験に用いた量子細線は、MBE選択成長法によって作製した幅25nm、厚さ10nmのトレンチ型細線である。細線FETのソース・ドレイン間隔は4 μ m、ゲート長は2 μ mであった。図1に、トレンチ細線の磁気抵抗の温度依存性を示す。量子干渉効果によるコンダクタンス揺らぎが明瞭に観察される。揺らぎは9Kにおいても観察され、GaAs系の素子では数Kで揺らぎは消滅してしまうのに比べ、かなり高温でも観察されている。これはInGaAsトレンチ細線において、電子の位相コヒーレンスが促進されていることを示している。図2は、揺らぎの振幅の平均を磁場の関数としてプロットしたものである。揺らぎの振幅は磁場の増加に伴って指数関数的に減少し、この現象は通常の拡散領域の細線における磁場依存性とは、全く異なる特性を持っている。また、3Tから4Tの磁場領域においては、アハラノフ・ボームタイプの振動が観察された。これらの特性は、トレンチ細線の電子伝導特性が準バルスティックであり、量子干渉が電子の一次元性に強く影響を受けていることを示している。また図2の挿入図は、揺らぎの振幅の温度依存性を示したものであり、温度によって振幅は減少する。次に磁気抵抗測定の電流値を変化させ、同様の解析を行った。揺らぎの振幅の温度依存性、電流値依存性を測定することにより、電子温度の電流値依存性を見積もることが出来る。図3にそれを示す。化学エッチングによって作製した細線幅600nmの素子の電子温度も同時に示している。両者を比較すると、トレンチ細線中の電子は600ナノメートル細線に比べて電子温度が効果的に上昇し、キャリアがホットになりやすいことがわかる。この結果はトレンチ細線中で電子の散乱が抑制されていることを示しており、トレンチ細線FETで負性抵抗特性が生じるのは、電子がホットになり易く、細線中のサブバンド、またはInAlAs中のデルタドープ層に電子が遷移しやすいためと考えられる。

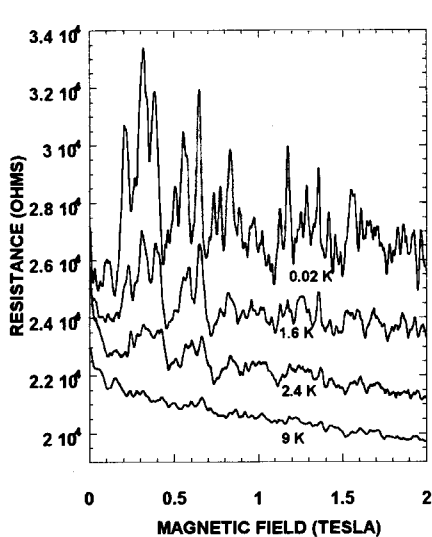


図1 磁気抵抗の温度依存性

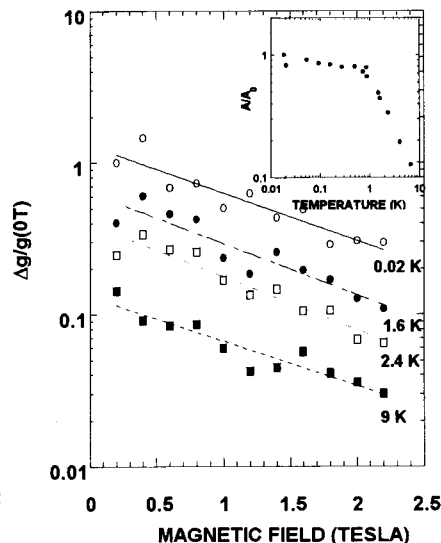


図2 揺らぎの振幅の温度依存性

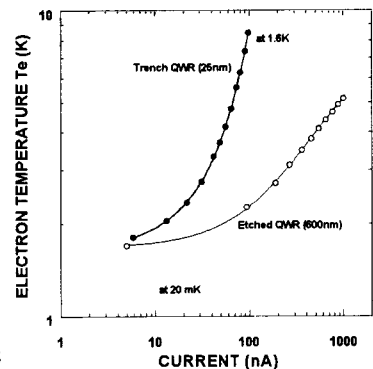


図3 電子温度の電流値依存性