

氏名(本籍)	たかのふみよし 高野史好(新潟県)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第2879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	Cd _{1-x} Mn _x Te/Cd _{1-y} Mg _y Te 変調ドーブヘテロ構造の作製と2次元電子系の強磁場物性		
主査	筑波大学教授	工学博士	瀧田宏樹
副査	筑波大学教授	工学博士	川辺光央
副査	筑波大学教授	理学博士	秋本克洋
副査	筑波大学助教授	博士(理学)	有馬孝尚
副査	筑波大学講師	理学博士	黒田眞司

論文の内容の要旨

本論文は、Cd_{1-x}Mn_xTe/Cd_{1-y}Mg_yTeの変調ドーブ構造試料において実現される「磁氣的」2次元電子系の物性に関する著者の研究を纏めたものである。本研究が対象とする磁性元素を含む希薄磁性半導体における2次元電子の物性は非磁性の場合とは大きく異なる。すなわち電子のスピン分裂は磁性スピンとの交換相互作用によって通常のゼーマン分裂より数十～数百倍に増幅され、電子のランダウ準位間隔と同程度、或いはそれを凌駕し、いわば「磁氣的」2次元電子とも呼ぶべき特異なエネルギー構造を持つ。著者は分子線エピタキシー(MBE)により、ヨウ素をドーパントとした*n*型変調ドーブのCd_{1-x}Mn_xTe/Cd_{1-y}Mg_yTeの変調ヘテロ構造を作製し、強磁場下の電気伝導ならびにフォトルミネッセンス(PL)の測定を通じて、上記の電子構造の特異性に基づく種々の物性を明らかにした。

本研究で得られている主要な結果は以下のように纏められる。

1. 電気伝導測定

高移動度試料の磁場中での電気伝導測定で、整数量子ホール効果による伝導率の振動を見出し、その整数占有率*ν*の位置から、Mnを含む2次元電子系では、巨大ゼーマン分裂による特異な電子エネルギー構造を有することが確認された。またMnを含む試料では、非磁性の試料とは逆に低磁場で正の磁気抵抗が現れることを見出し、クーロン相互作用に基づく伝導率の量子補正という描像で定量的解析を行った。

2. 発光測定

上記と同じ試料において、25Tまでの強磁場でPL測定を行い、整数占有率*ν*の磁場位置で発光線のエネルギーおよび発光強度が規則的に振動することを見出した。特に*ν*=1の磁場位置では、発光線の高エネルギー側への不連続な跳びが見出された。この発光線の「跳び」を様々な試料で系統的に観測し、そのMn組成、キャリア濃度に対する依存性を解析した。その結果、この発光線の起源は荷電励起子であり、この荷電励起子の解離エネルギーが*ν*=1でのフェルミ準位の移り変わりに応じて不連続に変化することにより、発光線の「跳び」が生じるとするモデルを提唱した。またある特定のMn組成、キャリア濃度の試料では、占有率*ν*が同じ値でありながらフェル

ミ準位に相当するランダウ準位が交差する、という極めて特異なエネルギー構造が実現されており、このランダウ準位の交差に伴って発光エネルギーの磁場依存性が折れ曲がりを見出した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究が対象とする、磁場元素Mnを導入した「時期的」2次元電子系の特徴は、Mnスピンの交換相互作用により、2次元電子のスピン自由度に基づく性質が顕著に現れることであり、従ってこの系の系の物性研究は、これまでの非磁性の2次元電子系の研究に別の側面からの知見を与えるもので、基礎物理的にも応用物理学上も意義が大きいと考えられる。

著者は、これまで困難とされてきたII-VI族半導体のドーピング、変調ドープ構造の作製に取り組み、さまざまなMBE成長の工夫を凝らすことによって高品質の資料作製に成功した。とりわけ特筆すべきことは、電極作製の方法を工夫することにより、この系で強磁場下の電気伝導測定を可能にしたことにある。さらに磁性元素Mnの組成、キャリア濃度などのパラメータを系統的に制御して、電子エネルギー構造の様々な特異な側面が顕著に現れる試料構造を設計、作製し、その物性を電気伝導・発光測定の両面から丹念に探求している。特に、強磁場下の発光測定では、上述のスピン分裂の増大によるランダウ準位の交差、ランダウ準位の整数占有率の磁場位置で、発光線の跳び、などの「磁氣的」2次元電子系特有の現象を見出し、それを説明する新たなモデルを提示している。成果の一部は既にいくつかの論文に発表している。

「磁氣的」2次元電子系が実験的研究の対象として極めて有用であることが本研究によって示されており、本研究で明らかにされた知見が学問的に高い価値を持つというだけでなく、今後この分野の発展へ寄与することが期待できるという点でも高く評価できる研究であると言える。

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。