HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Terahertz Cyclotron Resonance in III-V Quantum Hall Systems [an abstract of entire text]
Author(s)	DICKSON ZAKARIA KINDOLE
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。【担当:理学部図書室】 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13906号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78442
Type	doctoral thesis
File Information	DICKSON_ZAKARIA_KINDOLE_summary.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 の 要 約

博士の専攻分野の名称　博士（理　学）　氏　名　　ディクソン　ザカリア　キンドール
(Dickson Zakaria Kindole)

学 位 論 文 題 名

Terahertz Cyclotron Resonance in III-V Quantum Hall Systems
（テラヘルツサイクロトロン共鳴による III-V 族半導体量子ホール系に関する研究）

近年、薄膜成長技術の発展に伴い、これまで不可能であった高品質の化合物半導体の量子構造試料の作製が可能となり、半導体物性物理の研究においても、様々な広がりや大きな展開が起きている。またパワーエレクトロニクス、太陽光発電、スピントロニクスなどの応用的な側面からも、新たな半導体材料の未だ明らかになっていない基本的な電子物性やバンド構造についての知見は非常に重要且つ必要とされている。

本研究では、このような状況の中、近年非常に注目を集めている窒化ガリウム（GaN)、窒化インジウムガリウム（InGaN)、砒素化インジウムガリウム（InGaAs）の高移動度ヘテロ構造試料に着目し、ヘテロ界面に蓄積する二次元電子系の基本的な物性の理解、特に二次元電子系の有効質量を明らかにすることや強磁場下での新規物性現象を見出すことを目的に、強磁場領域でサイクロトロン共鳴の実験を行った。

GaN ヘテロ構造試料では、サイクロトロン共鳴の磁場依存性を精密に測定したところ、サイクロトロンエネルギーの非線形な磁場依存性が観察され、磁場の増加とともに有効質量が大きくなることが示された。また異なるキャリア濃度を持つ３つの試料についても同様な測定を行い、有効質量のキャリア密度依存性についても明らかにした。

これらの結果より、GaN の 2 次元電子系の有効質量については、高電子濃度によるバンドの非放物線性からの寄与と、大きな電子格子相互作用をもつ GaN でのポーラロン効果からの寄与を考慮することが重要であることが明らかとなり、これまで電子濃度や測定手法によって異なる値が報告されていた GaN2 次元電子系の有効質量に関して、統一的に理解できることを示した。

また InGaN ヘテロ構造試料については、In と Ga の組成割合の変化によりバンドギャップエネルギーを幅広く制御可能な半導体として注目を集めているが、これまで量子輸送測定やサイクロトロン共鳴が可能な高い移動度を持つ試料の作製が不可能であったため、有効質量そのものや In 濃度依存性などの知見については全く明らかになっていなかった。

今回高移動度試料が実現したことにより、世界で始めて InGaN 二次元電子系の有効質量をサイクロトロン共鳴から高い精度で決定することに成功した。さらに有効質量の In 濃度依存性についてもインジウム濃度の増加とともに徐々に減少することが本研究により明らかとなった。

InGaAs ヘテロ構造試料については、強磁場サイクロトロン共鳴により、Rashba 効果に起因する共鳴の僅かな分裂の観測に成功した。さらに高い周波数（強磁場）領域までの精密測定を行ったところ、通常考えられていた縦光学フォノンエネルギーではなく、横光学フォノンエネルギー近傍でサイクロトロン共鳴の分裂が観測され、このエネルギー前後で顕著な二次元電子系の有効質量の急激な増大、減少が起こることを明らかにした。

この異常なサイクロトロン共鳴は、これまで観測されていた電子と縦光学フォノンとの結合による共鳴ポーラロン効果では説明ができないことから、新たな物理現象であると考えられる。高電子濃度二次元電子系に特有であることから、理論的にも示唆されているプラズモンとフォノンの特異な結合モードと電子のサイクロトロン運動との結合に関連していると考えられる。