

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12284 号
------	---------------

氏 名 市橋 史朗

論文題目

負の電子親和性表面を用いた伝導キャリアの角度分解光電子分光法の開発

(Development of angle-resolved spectroscopy system of conduction carriers emitted from a surface with negative electron affinity state)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	宇治原 徹
委員	名古屋大学	教授	八木 伸也
委員	名古屋大学	教授	小山 敏幸
委員	名古屋大学	教授	宇佐美 徳隆
委員	名古屋大学	准教授	伊藤 孝寛

論文審査の結果の要旨

市橋史朗君提出の論文「負の電子親和性表面を用いた伝導キャリアの角度分解光電子分光法の開発」においては、半導体中の伝導電子のエネルギー測定のため市橋君が自ら開発した角度分解near-band-gap光電子分光装置について述べ、さらにその装置から得られる測定結果から電子のエネルギー及び波数ベクトルを導出するための解析手法について述べている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、他の伝導電子観察手法とnear-band-gap光電子分光法とを比較し、near-band-gap光電子分光法における角度分解測定の必要性とその優位性について述べている。そして、角度分解測定を実現するためには、放出した電子の加速方法を制御した装置の開発が必要であることを述べている。

第2章では、本研究で開発した角度分解型near-band-gap光電子分光装置について述べている。本手法では、放出電子の運動エネルギーと放出角度を測定し、それを解析することで、放出前の半導体内部における電子のエネルギーと運動量を求めるが、そのためには、放出電子の電子軌道を正確に把握する必要がある。それを実現するために、本手法では、平面状の試料の直前にメッシュ状の平面レンズを挿入し、平面レンズからアナライザーまでの構造体は全て等電位になるように設計した。これにより、メッシュ状レンズを挿入した場合、試料とメッシュ状レンズの間に試料表面に垂直な方向にのみ電界が形成できていることを示している。

第3章では、本研究で新たに構築した測定データの解析手法について述べている。試料とメッシュ状レンズの間では表面に垂直な電界が形成されていることから、バイアス電圧によって加速される過程と等速直線運動する過程においても試料表面に平行方向の運動量成分が保存されると仮定することで、電子の運動エネルギーと検出角度から波数ベクトルが求められることを示し、さらに、波数ベクトルが正しく変換されていることを実験的に確認する方法について新たに構築し、その詳細を述べている。

第4章では、本手法を用いて様々な半導体におけるバンド構造とキャリア挙動の評価結果について述べている。p-GaNに対して角度分解near-band-gap光電子分光測定を行い、検出角度と運動エネルギーから波数ベクトルを決定している。これらの結果から、メッシュ状レンズがNEA表面から放出する低エネルギーの電子の角度分解測定に非常に有効であることが実証している。また、本手法の応用先のひとつとして中間バンド型太陽電池が挙げられ、実際にInGaAs/GaAsP量子井戸超格子構造内の伝導電子のエネルギー分布を観察している。励起光のエネルギーを変化させ、エネルギー分布曲線の変化を観察したところ、励起光エネルギーが1次伝導帯ミニバンドへ励起できるエネルギーを超えたときと、2次伝導帯ミニバンドへ励起できるエネルギーを超えたときにエネルギー分布曲線に大きな変化が観察された。またフォトルミネッセンス測定によりバンドギャップを確認したところ、1次伝導帯ミニバンドの変化が確かにバンドギャップを境に生じていることが明らかとした。これにより中間バンドの評価にも有効であることを示している。

第5章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では、これまで測定が困難であった半導体中の伝導電子のエネルギーと波数を測定できる画期的な光電子分光法を新たに開発し、その測定データの解析手法まで確立している。これらの装置および解析手法は、様々な半導体における伝導キャリア挙動の解析に用いられ、また、半導体デバイスの設計などに活用されることで、より精緻な設計を可能とするものであり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である市橋史朗君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。