

審査の結果の要旨

氏名 越水 正典

固体中に入射したイオンの飛跡近傍において、局所的に高密度励起状態が誘起されることは既に知られている。イオンビームは、この特性を利用し、様々な材料の物性改質に利用されてきており、より高度な利用のために、高密度励起状態における物性改質過程についての基礎的研究も、盛んに行われている。しかし、これまでの研究は、物性改質の度合いと、イオンビームや試料の様々なパラメータとの相関を明らかにしたに留まり、高密度励起領域における電子・格子のダイナミクスを定量的に明らかにした研究はほとんどない。第一章では、本論文で取り扱う対象として、電子や格子のダイナミクスそのものを明らかにすることを試みた、と述べている。特に、励起状態の空間的挙動と励起キャリアと格子との相互作用に焦点を当て、発光測定によって、電子や格子ダイナミクスそのものを明らかにすることが本研究の目的であることを述べている。

第二章では、GaAs および CdS 中の、イオン飛跡近傍における高密度励起効果の解析結果が述べられている。両者とも、EHP による発光帯が観測された。スペクトル形状の解析により、輻射再結合時のキャリアが求められた。得られたキャリア密度は、キャリア拡散過程の解析結果とよく一致し、イオン飛跡近傍における励起キャリアの空間挙動が、hot なキャリアと光学フォノンとの散乱を考慮することによって、定量的に解析可能であることが明らかとなったと述べられている。

第三章では、層状ペロブスカイト型化合物である $(\text{C}_3\text{H}_7\text{NH}_3)_2\text{PbBr}_4$ と $(\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_3)_2\text{PbBr}_4$ を用いた、イオン飛跡近傍における局所高温状態の測定結果を述べた。 $(\text{C}_3\text{H}_7\text{NH}_3)_2\text{PbBr}_4$ においては、測定された局所温度は LET の増加関数であったが、一方、 $(\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_3)_2\text{PbBr}_4$ では、大幅に異なる LET に対して同じ局所温度の値が得られた。観測された局所温度の LET に対する依存性は、イオン飛跡近傍における局所的な相転移によって説明された。この相転移温度は、有機層を構成するアルキルアミンや、無機層の類似物質である PbBr_2 の融点よりもはるかに高かったにも関わらず、励起子発光ピークが確認されたことより、2次元構造が保たれていることが分かった。これは、フォノンの非平衡な分布により、説明可能である。即ち、観測された温度が、あくまでも有効温度であるということになる、と述べられている。

第四章では、MgO および Al_2O_3 について、その高密度励起状態での時間分解発光スペクトルの解析結果を述べた。両者に共通するのは、電子や正孔単独での自己束縛が起きない一方、励起子や電子-正孔対の自己束縛によって、STE や SSE が生成するとされる点である。これらの特徴は、イオン照射下における時間分解発光スペクトルにも現れ、高密度な電子-正孔対に特有の発光帯が、STE や SSE と同様の格子緩和を伴うことが示された。これは、トラック内における格子緩和の様相が、STE や SSE に類似していることを示しており、照射効果探究における大きな手がかりとなるとされている。

第五章では、得られた結果をもとに、本研究の更なる発展の指針として、電子および正孔と格子との相互作用を示す相図である Sumi ダイアグラムを用いることの有用性を論じている。

以上要すれば、イオン飛跡近傍における電子励起状態と格子のダイナミクスを、発光測定という手段によって解析し、照射効果に関わる現象を発見し、定量的な解析がなされた。これは、放射線照射効果研究における新たな展開を開拓するものであり、システム量子工学の発展に大きく寄与すると判断した。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。