

氏名(本籍)	小波蔵 純 子 (沖縄県)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第1,843号		
学位授与年月日	平成10年3月23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	物理学研究科		
学位論文題目	Novel Principle and Method of X-Ray Diagnostics for Plasma Electron-Temperature Measurements (プラズマ電子温度計測のためのX線計測新原理並びに新手法)		
主査	筑波大学教授	理学博士	長 照 二
副査	筑波大学教授	理学博士	香 村 俊 武
副査	筑波大学教授	理学博士	谷 津 潔
副査	筑波大学助教授	工学博士	間 瀬 淳

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文では、(i)世界の主要なプラズマ閉じ込め装置に於いて、この四半世紀にわたり広く用いられてきた半導体検出器の、X線に対する感度理論を新たに提唱し、(ii)その物理基礎過程を、放射光を用いて実証し、(iii)更に、本理論がプラズマ計測データの解析に与える種々の影響を明らかにすると共に、(iv)本理論に基づいて新型X線検出器を開発し、プラズマ計測へ実際に適用し、(v)加えて、本理論を用いた新しいX線計測原理に基づく、新電子温度計測法の考案・提唱を行った。

半導体X線検出器は、プラズマ電子閉じ込め、電子加熱、並びにプラズマのエネルギー輸送の研究を行う上で、電子温度や電子速度分布関数等の計測に広く用いられてきた。

この様に広くプラズマ計測に普及してきた半導体検出器の感度理論は、有名なプライスの教科書を含め、教科書先般に亙り長い間、「半導体検出器内に形成された、強電場の存在する空乏層中に生成された、正孔と電子の量により決定される」という定説が信じられ、実際にこの考え方に従いプラズマの電子温度解析が行われてきた。

ところが1988年にマサチューセッツ工科大学(MIT)のWenzelとPetrassoは、この定説がシリコン表面障壁型(SSB)検出器のX線感度を説明できない事を指摘し、「物理機構は不明であるが、空乏層のみならず、無電場基板領域も含めたシリコン結晶基板全体が感度領域を成す」という論文を発表した。これは、X線によるプラズマ電子温度解析にとって、その値等を修正しなければならない事を意味し、多くのプラズマ閉じ込め実験装置が、電子温度解析に、これら教科書の定説を実際に使用していたため、半導体を用いたX線計測データの解析法は、混迷を深めることとなった。

一方、本論文では、上述の「教科書の感度理論」及び「MITの仮設」では、シンクロトン放射光を用いた高精度X線エネルギー感度特性データが説明できない事を明らかにし、これらに代わる、半導体の無電場基板領域におけるX線生成電荷の三次元拡散効果を物理基盤過程とする、多チャンネル検出器への拡張・適用・定式化を含めて、新たな理論を提唱し、この理論が実験データをよく説明できる事を示した。

次に、従来の理論と本感度理論を用いた電子温度解析結果を比較して、条件により数十倍もの電子温度の差異が生じる事を明らかにした。また、本感度理論から、多チャンネル半導体検出器により計測されたX線の空間分布は、真のX線分布形状よりもブロードになる事を明らかにし、その補正法の定式化を行った。

また、電子温度に対応して、得られる拡散電荷出力分布を用いて、空乏層を、無電場基板領域に対する「X線吸収体層」として用いる、新発想の電子温度計測法を提唱した。この新計測法により、プラズマ電子温度の時間空間分布を単一ショットで決定でき、今までの方法では困難であった、再現性の乏しい単発現象の研究等にも、広範に役立つ事が期待できる。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、プラズマ電子閉じ込め、加熱、並びにプラズマのエネルギー輸送の研究に、標準的計測器として世界的にも広範に用いられている半導体X線検出器の基礎特性に関して、これまでに一般的に用いられてきた、「教科書理論」の不備を正し、各国に広まりつつあった「MITのグループの提唱した仮設」の誤りを指摘し、加えて実験データを良く一致する「新感度理論」を提唱した。これは、基礎的な半導体物理学への貢献にとどまらず、新理論に基づく半導体データの解釈を礎とする、上記のプラズマの研究を含む、広範な分野への影響を考慮するときに、顕著な意義を有するものと評価できる。

更に、本論文では、提唱した「新感度理論」の予想する、新たな感度領域を積極的に用いて、新しい半導体X線計測器の提案を行い、一方で、「新感度理論」の物理基礎過程を用いた、物理原理として全く新しい、電子温度計測法を提唱している。これは、今まで、再現性の乏しい単発現象で、解析に困難を極めた、例えばメジャー・ディスラプション現象等の、詳細な機構解明に道を拓くなど、広範な応用が期待できる新計測法と評価される。

以上の様に、本研究は、新しい基礎物理理論の構築とその影響・効果の研究から、新型X線検出器の設計・開発、新電子温度計測原理の提唱等と、多岐にわたる重要な研究成果を纏めたものと認められる。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。