

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 今井康彦

本論文は、「ブラッグ角 90° における X 線動力的回折の研究とその応用」と題し、X 線領域でのファブリー・ペロー型干渉計 (FP 干渉計) の実現に向けた基礎的な研究についてまとめたものである。X 線領域での FP 干渉計が実現されると、超高分解能の分光により、時間的コヒーレンスの長い X 線を各種の位相光学実験に供することが可能となる。X 線領域での FP 干渉計には、光学における FP 干渉計のミラーの代わりに、ブラッグ角 90° の動力的回折を用いる必要があり、本研究では、このブラッグ角 90° の動力的回折の様々な特徴を理論および実験により明らかにしている。さらに、実際に FP 干渉計を試作し、干渉の観測に必要な機器および実験技術を開発し、干渉の観測を試みる実験を行っている。また、ブラッグ角 90° における回折は、回折に関わる X 線のエネルギー幅が非常に狭いという特徴があり、高分解能のモノクロメータとしての利用も期待されている。本研究ではブラッグ角 90° 近傍における回折のモノクロメータとしての可能性についても議論している。

第 1 章は序論であり、本研究の背景と目的について述べられている。X 線領域での FP 干渉計は 1979 年に Steyerl らによって提案されているが、今日に至るまで実現されていない。本研究の目的は、X 線領域での FP 干渉計の実現のための第 1 歩として、ブラッグ角 90° における回折の特徴を理論および実験の両面から詳しく調べ、応用の可能性を探ることにあると述べられている。

第 2 章では、ブラッグ角 90° の回折に関する X 線動力的回折理論について述べられている。まず通常のブラッグ角におけるラウエ流の理論について説明し、ブラッグ角が 90° に近づくと理論がどのように破綻するかを示している。これに対して、ダーウィン流の理論はブラッグ角が 90° においても特別の取り扱いを必要とせず、本研究での理論計算にはダーウィン流の理論を用いていると述べられている。

第 3 章では、試料として完全性の高いシリコン (991) を用いて、ブラッグ角 90° における回折の反射率と透過率を測定した実験について述べられている。従来は反射率に関する研究が多く、透過率についてはあまり議論されてこなかった。本実験では、反射率と共に透過率も同時に測定し、結晶の厚さが $200\ \mu\text{m}$ 程度の試料について、理論とよく一致するという結果が得られている。FP 干渉計への応用を考えると、透過率を実験的に測定し、理論との一致を確認することは重要な意味があると述べられている。

第4章では、X線領域でのFP干渉計の理論的考察を行い、放射光を用いた実験を通して干渉の観測を試み、干渉の観測に必要な条件を明らかにしたことが述べられている。まず理論計算によりFP干渉計の可能性について議論を行い、干渉の観測に最適な設計を行っている。理論的にはエネルギーバンド幅0.1meV以下の分光が可能であると示されている。干渉の観測に必要な条件としては、1)干渉計の結晶の完全性、2)モノクロメータの分解能、3)系の温度の安定性、4)ゴニオメータの角度分解能があり、2)~4)までは十分であることが確認され、残る問題は1)だけであり、これを解決するには新たな切削方法およびエッチング方法の開発が必要であると述べられている。

第5章では、試料として完全性の高いシリコン(991)を用いて、ブラッグ角 90° における透過回折波の位相変化を測定した実験について述べられている。本実験では、LLL型X線干渉計を利用した試料の位相変化に敏感な測定システムを用いて測定を行っている。測定された入射角の変化に対する位相変化は、ブラッグ角が 90° の極近傍には同時反射の影響が現れるものの、それ以外の領域では2波近似による理論とほぼ一致する結果が得られたと述べられている。

第6章では、エネルギーバンド幅の非常に狭い ^{57}Fe からの核共鳴散乱線を用いて、水晶(0 6 10)におけるブラッグ角 90° の回折の純粋なエネルギースペクトルを測定した実験について述べられている。測定の結果、ブラッグ角 90° の回折波のエネルギーバンド幅が非常に狭いことが確認され、受け入れ発散角の大きなモノクロメータとして応用することが可能であると述べられている。

第7章はまとめであり、放射光を用いて行ったブラッグ角 90° における回折に関する実験の総括を行っている。

第8章では、今後の展望が述べられており、FP干渉計の実現、ブラッグ角 90° の回折の高分解能モノクロメータへの応用の可能性を指摘している。

以上をまとめると、本研究はX線領域でのFP干渉計の実現に向けて、ブラッグ角 90° における動力学的回折の特徴を理論と実験の両面から明らかにし、将来への素地を築いている。これらの実験技術・基礎的知見は、X線光学の発展に大いに貢献することが期待される。

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。