

新博士紹介

1. 氏名 塩飽秀啓 (現: 日本原子力研究所 特別研究生)
2. 論文提出大学 総合研究大学院大学 数物科学研究所
3. 学位の種類 博士 (学術)
4. 取得年月 1992年3月
5. 題名 X-Ray Characterization of a Lapped Asymmetrical Silicon Crystal for an Intravenous Coronary Angiography System Using Synchrotron Radiation.

6. アブストラクト

放射光を用いた医学利用のひとつとして、単色X線を用いるK吸収端差分法により、心臓自身に酸素や栄養分を供給する冠状動脈系を静脈から造影剤を注入する非侵襲的診断を目指した、簡便でしかも安全な撮影システムの開発が行われている。この方法は、造影剤(ヨウ素)のK吸収端前後の2種類の単色X線で撮影した画像間の差分を取るもので、差分を行うことによりこのK吸収端近傍でほとんど吸収係数に差の無い軟部組織や骨などを消去し、造影剤のある撮影目的部位のみを高コントラストで抽出する方法である。本研究は心臓冠状動脈の高画質X線透過像を得るために、積分反射強度が大きくエネルギー分解能の良い単色X線を得ることができる分光素子の評価と、この光学系を用いて撮影した画像の評価、さらに研磨面からのX線回折の実験的モデル構築を目的とした。

結晶による回折において、積分反射強度を増加させる経験的な方法のひとつである表面を研磨する容易かつ簡便な方法に着目し、研磨剤砥粒(結晶研磨状態)とX線の反射率、半値幅、積分反射強度の関係を①結晶の材質、②反射指数、③非対称角度(α)をパラメータとして、表面を研磨した単結晶の物理的特性評価を行った。

研磨面の回折現象(回折メカニズム)を検討す

るため、研磨により生じた結晶表面近傍の歪み構造を電子顕微鏡(断面TEM, SEM), 微分干渉顕微鏡, X線トポグラフィー等により観察した。また、測定エネルギーを変え消衰距離の変化と研磨結晶による反射率、半値幅、積分反射強度との関連性、回折強度曲線のカーブフィッティングから回折モデルを検討した。

その結果、次の新しい知見が得られた。

I. 材質について

研磨したシリコン単結晶では、研磨による格子歪にもかかわらず回折強度曲線の反射率は大きく低下しない(図1)。それに対し研磨したゲルマニウム結晶では反射率の大幅に低下(十数%)し、半値幅の極端な拡大(約150秒)から診断用の分光素子として必要とされるエネルギー分解能を満たさないための相応しくないことが分かった。

II. 反射率について

シリコン結晶(111)面1200番研磨で70%, (311)面 $\alpha = 0$ 度1200番研磨で65%, (311)面 $\alpha = 5$ 度1200番研磨で70%であり、研磨した結晶を二結晶配置で利用できることが示唆された。2回反射によってビームが水平方向に進行するので、臨床応用にとってこのことは重要である。さらに2回と

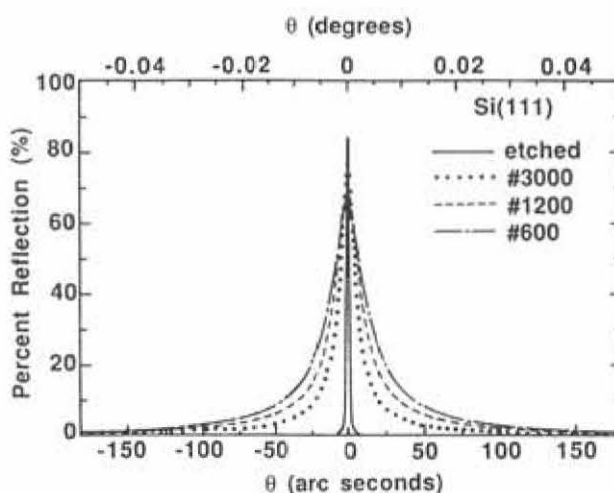


図1 研磨したSi(111)結晶のロッキングカーブ

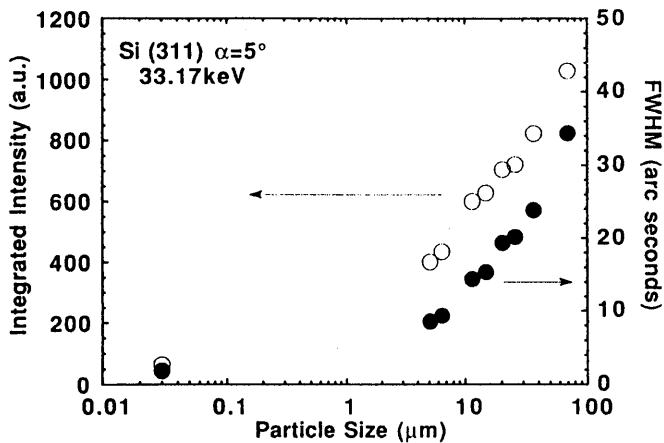


図2 研磨剤粒径と研磨した結晶からの積分反射強度・半値幅の関係

も非対称反射を用いて実用上人体に適用できるビームサイズに拡大できる利点がある。

III. 研磨により積分反射強度を容易に均一桁増加メカノケミカル研磨した結晶と比較して、積分反射強度を容易に一桁増加させることができた。Si (311) において、10倍から20倍強度を増加できた(図2)。

IV. 積分反射強度と半値幅の増加が研磨剤粒径の関数

積分反射強度の増加は研磨剤の粒径に関して増加する傾向が見られた(粒径の対数値に積分反射強度が比例: 図2)。また、積分反射強度の動向と同様に、粒径の対数値と半値幅が比例することが

分かった(10倍から15倍の拡大)。このことから、目的にあったエネルギー分解能、強度を持つX線を結晶を加工することである程度任意に選択できる。

V. 回折強度曲線のカーブフィッティング

研磨した結晶からの回折強度曲線は、ガウス関数とコーシー関数の和でかなりよくフィッティングできた。しかも、両関数の寄与率は、研磨剤の粒径に関して変化することが分かった。

VI. 二次元画像における研磨の効果

研磨結晶を用いた画像では、研磨剤砥粒の空間分解能に対する寄与は小さく充分適用できることが分かった。

また、研磨により歪んだ結晶格子の様子を透過型電子顕微鏡による断面の観察の結果、数ミクロンにわたり結晶に格子歪やクラックが生じていることなど回折メカニズムを考察する上で、重要な結果が得られた。表面を研磨した結晶からの回折について、初めて系統的、かつ定量的に評価を行った。また、結晶表面を研磨するという容易な方法により、エネルギー分解能をあまり低下させることなく、積分反射強度を増加することができた。

今後の方針として、研磨結晶におけるX線の回折理論の構築を検討したい。

(受付番号 92006)