

構造を形成する 2×1 超格子となることがわかった。この結果により、上記の解析手法は水面上単分子膜と水中の金属イオンの相対的位置の研究に適応できることを実験的に示すことができた。

更に強い線源を用いて統計精度を向上させ、詳細な構造の区別や、異常分散の効果を利用してこの方法を発展させることが考えられる。この方法

が今後この分野の発展に大きく貢献することを期待する。

指導教官の松下正教授、主査の飯田厚夫助教授、高エ研の竹下邦和博士、原研の大野英雄部長、原見太幹リーダーら多くの方々に御指導賜りましたことを感謝いたします。

(受付番号 95022)

新博士紹介

1. 氏名 白田宏治 (現: ㈱東芝
材料・デバイス研究所)
2. 論文提出大学 総合研究大学院大学
3. 学位の種類 博士 (工学)
4. 取得年月 1995年3月
5. 題目 High Precision Lattice Spacing Measurement of LEC GaAs Crystals with Synchrotron Radiation

6. アブストラクト

半絶縁性 LEC-GaAs 単結晶は、Si 単結晶に比べて高移動度、低消費電力性、耐放射線に強い等の特徴を有し、次世代 LSI や超高速デバイス用基板として期待されている。高品質なデバイスの作製には、結晶の高均一化が不可欠で、中でもドーパント (添加不純物) や残留歪み等の格子変化の評価には、非破壊かつ迅速な評価が可能な格子定数測定が有効である。しかしながら、例えば結晶組成の評価のように、 Δd で 10^{-5} \AA 以下の微小な格子定数変化を測定する場合は、その評価結果が一致しないことがある。これは、転位密度 (EPD) が 10^4 cm^{-2} と高い従来の高 EPD 単結晶では成長条件によってもまた格子定数が $\Delta d \sim 10^{-5} \text{ \AA}$ のオーダーで様々に変化するために、測定結果から直接、格子定数の結晶組成依存性が得られないためと考えられる。

ここに、高 EPD 結晶は、転位の束で形成される

数百 μm サイズのセル (ネットワーク) 構造を成すことが特徴で、このセル構造と格子定数の関係が注目される。しかしながら、X線強度を考慮すると、従来のボンド法では入射 X 線サイズに限界があり、高空間分解能でこのセル構造や孤立転位の周りの詳細な情報を得ることは難しい。

本研究は、高輝度である放射光を用いて転位の周りの格子定数変化の詳細を $100 \mu\text{m}$ サイズの X 線ビームを用いて検討し、GaAs 単結晶の高均一化への知見を得ることを目的とした。

GaAs 単結晶の格子定数の高精度測定と高空間分解能測定とを両立可能とするために、高エネルギー物理学研究所放射光実験施設の BL-6C₂ で、3 結晶法による精密格子定数測定装置を開発した (図 1)。本装置は、X 線平行度の確保と GaAs 単結晶評価に最適化を計るための波長選択が可能でモノリシックモノクロメータを有することを特徴とする。この結果、(001) GaAs 単結晶ウェハーの (008) 回折における格子定数測定精度が $\Delta d/d \sim 5.9 \times 10^{-6}$ 、最小測定ビームサイズが $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ と、従来に比べ桁高い測定精度で従来の $1/100$ の微小面積の格子定数測定が可能となった。

セル構造や孤立転位が格子定数変化に及ぼす影響を高 EPD 単結晶の中で直接分離して評価するのは、実際上困難である。従って、より EPD が低い結晶を準備する必要がある。そこで、転位発生の一原因である結晶表面からの As 抜けを抑えながら

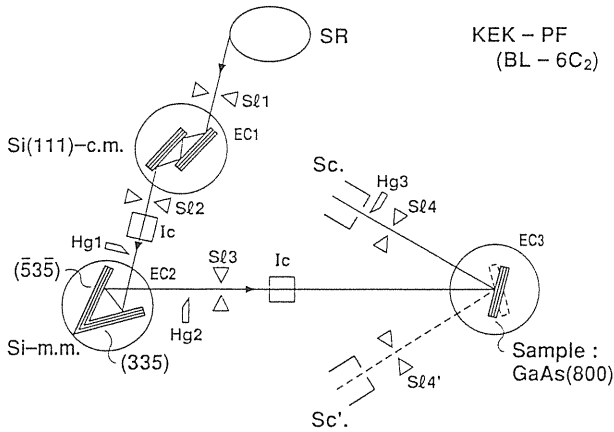


Figure 1. An arrangement for high-precision lattice spacing measurement: c. m. on the 1st goniometer is a channel-cut monochromator, m. m. on the 2nd goniometer is the monolithic monochromator, Sln ($n=1-4$) is the slit, Hgn ($n=1-3$) is the height gauge, Sc is the scintillation counter, ECn ($n=1-3$) is the encoder and Ic is the ionization chamber.

結晶引き上げ方向の温度勾配を緩くすることが可能な As-LEC 法を応用した成長法を用いて、結晶を作製した。得られた結晶の EPD は 10^3cm^{-2} 台と、高 EPD 単結晶よりも約一桁低く、従来の数 $100 \mu\text{m}$ サイズのセル構造も観察されなかった。

上記の $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ X 線ビーム精密格子定数測定装置を用い、高 EPD 単結晶中の転位が格子定数変化に及ぼす影響を評価した結果の典型例を図 2 (白丸) に示す。高 EPD 単結晶中の格子定数は、結晶中のセル壁の周りで $\Delta d \sim 4 \times 10^{-5} \text{\AA}$ 程度小さくなることが示された。このセル壁による格子定数変化は、セル構造から $300 \mu\text{m}$ 程度にも及ぶことも明らかとなった。更に詳細な評価結果からは、この格子定数変化がセル構造そのもののサイズにも依存することが示された。従って、セル構造を有する高 EPD 単結晶から得られる従来の格子定数測定結果は、転位がもたらす $\Delta d \sim 10^{-5} \text{\AA}$ オーダの格子定数変化を含む場合があることが明らかとな

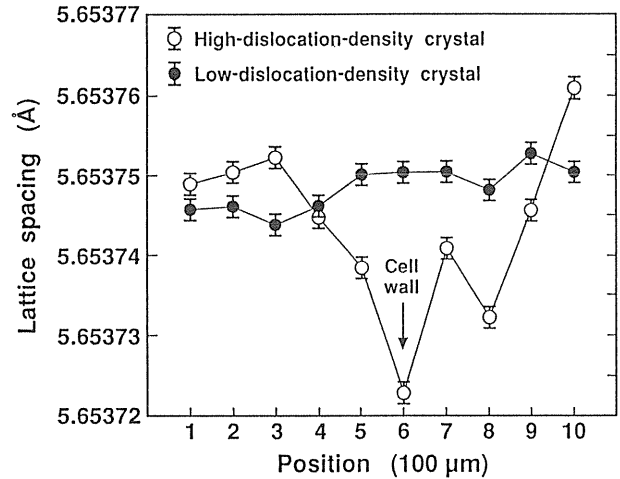


Figure 2. Variation of lattice spacing for high and low-dislocation-density GaAs crystal.

った。

As-LEC 法で作製された低 EPD 単結晶中の格子定数変化の典型的な評価結果を、図 2 (黒丸) に示す。本結晶中の格子定数変化は、高 EPD 単結晶のそれと比較して数分の一と小さく、本結果においては、孤立した転位との明確な相関も認められないことも示されている。即ち、孤立転位による格子定数変化は、 $\Delta d \sim 10^{-6} \text{\AA}$ オーダ以下と微小な変化であることが示唆される。

以上、高転位密度 LEC-GaAs 単結晶中の格子定数は、結晶中の転位の種類、形態によって $\Delta d \sim 10^{-5} \text{\AA}$ オーダで様々に変化し、より小さな格子定数変化を評価する場合は、セル構造がなく転位密度が 10^3cm^{-2} 台以下の低転位密度単結晶が不可欠であることを $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ サイズの X 線ビームを用いて示すことが出来た。今後、放射光強度の増大と共に入射 X 線のマイクロビームが進めば、本報告中の GaAs 単結晶の孤立転位の周りの更なる情報は言うに及ばず、Si を含む様々な材料においてもより有益な情報が得られると期待される。(受付番号 95023)

ちょっとひと息

モンペリエ 4 —アヴィニヨンの橋—

モンペリエ会議のバンケットはアヴィニヨンの大きな城で開かれた。14世紀に、ローマ法皇が約70年この地に居をしめたときに、法皇の宮殿であったこの巨大な建物は壮観という以外、そのすばらしさを表現する言葉を知らない。それに宮殿をとり巻く壮大な中世の城壁も、この種の城砦をはじめ見る私には、カルチャーショック以外の何物でもなかった。このバンケットには、指示により、背広を着てネクタイをしめて行かねばならなかった。しかし、私には一つの不安があった。それはバンケットの前にエクスカッションがあることだった。アヴィニヨンでは、参加者を、希望により、三つのグループに分けて、ソーシャルアクティビティをやる、というのである。第一は写生。絵を描く会である。第二は魚釣り。第三はプチパレ訪問。私は、いつもの通り不勉強であったから、古い宮殿があること、川があることなど、アヴィニヨンのことは全く知らなかった。持参した夏物のスーツを着て行くためには、消去法で考え、プチパレ訪問しか解はなかった。勿論、プチパレの何たるかは知らなかった。行って見てわかったことだが、要するに、プチパレは美術館であった。

プチパレの一室で、多くの見学者が窓から外を眺め、カメラをかまえてバチバチやり始めた。人々は口々に、下の方を指差して、
「アヴィニヨンの橋だ」
「アヴィニヨンの橋」

と言っていた。下の川がローヌという名前だ、ということを知ったのは後のことである。その川幅の1/5ぐらいのところまで突き出した壊れて朽ちかけた橋の残骸があった。「何だあれ。あんなもんがどうしてそんなににめずらしいんだ」、私はそう思ったが、周囲の人に尋ねることもしなかった。ただ、気になっていた。

仙台に帰ってから、周囲の人間にきいてみた。

「アヴィニヨンの橋って、知ってる？」

「さあ、それ何のことです？」

と言う調子である。池沢幹彦さんが言った。

「それ、子供の歌じゃないですか？」

「ええっ?!、どんな」

「幼稚園の運動会でやるやつですよ。ほら、タッタッタ、タッタッタ、タンタラッタ、タンタンタッタ、タッタッタ、タッタッタ、・・・」

池沢さんは口ずさんだ。誰でも知ってるあのメロディーだった。

「そうか、あれ、世界的に有名なメロディーなんだ」
後年、フランスの友人にこの話をしたら、彼が教えてくれた。12世紀にローヌ川にサン・ベネゼ橋ができてから、アヴィニオンはイタリアからスペインに至る通路の交通の要所となって栄えてきたのだそうである。ローヌ川はときどき氾濫するそうだから、橋も壊れるのであろう。17世紀にできた石橋により、アヴィニヨンの重要性は更に増したという。要するにアヴィニオンと言えば城と橋ということなのであろう。でも、私にとっては、タッタッタ、タッタッタ、タンタラッタ、タンタンタッタ、である。

(石井武比古)