

重点産業利用課題報告書

課題番号：2007B1822

課題名：X線小角散乱による AlN/SiC 基板上 GaN ナノドットの構造解析

実験責任者：株式会社リガク 表 和彦

使用ビームライン：BL40XU

試料および実験の概要：

今回は、SPring-8 の超高輝度線源の利用により、表面に埋め込まれたナノドットからの非常に弱い小角散乱信号を透過配置によって測定することを目的とした。試料は、SiC 基板 AlN 薄膜上に GaN ナノドットが形成されたものである。通常、このような試料表面に形成されたナノドットの解析においては、ほとんどの場合反射配置の小角散乱(いわゆる GISAXS = Grazing Incidence Small Angle X-Ray Scattering)で測定される。もちろん、それによって、ナノドットの高さ方向の情報を得ることは重要であり、われわれも反射配置での測定も行ってきた。一方透過配置では、ナノドットの基板表面に沿った二次元的な大きさや形状あるいはその分布を一つの測定で解析可能である。それに加えて、さらに高ダイナミックレンジのデータを取得することができれば、他の手法では測定が困難な埋め込まれたナノドット内部の原子拡散の様子も解析でき、温度や原料ガスの混合比などのナノドットの形成条件やアニーリングが形状や拡散に与える効果を、定量的に評価することが可能になると期待される。しかしながら、このような試料の透過法による測定は、基板の影響が大きいため今までほとんど試みられて来なかった。

今回測定に用いた試料を図 1 に示す。

SiC 基板上に AlN 薄膜と GaN ナノドットが形成されており、さらに AlN でキャップされている。また GaN ナノドットの面内での大きさは 20~30 nm、それが $10^9\sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ 程度の面密度で形成されている。測定に用いた X 線は 15.0 keV で、厚さ約 0.3 mm の SiC 基板を十分に透過するエネルギーである。BL40XU に設置された小角散乱カメラ

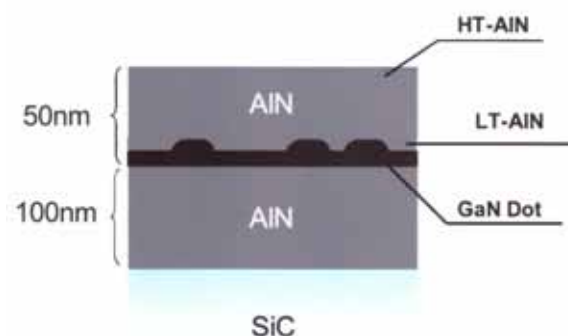


図 1 .測定試料の構造。SiC 基板上に AlN 薄膜と GaN ナノドットが形成されている。

を用い、ビーム径 50 μm 、カメラ長 3 m、検出器は CCD によって測定を行った。この光学系で小角散乱分解能は 1/100 nm であり、今回の GaN 試料には十分な分解能であった。図 2 に簡単な測定配置図を示す。

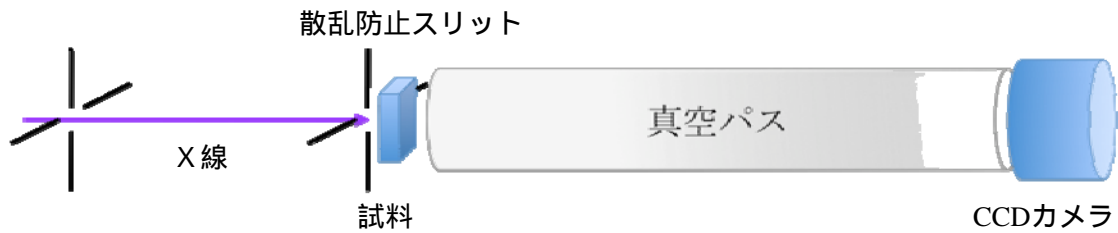


図2．透過法における小角散乱実験配置。

実験結果：

以上述べた試料および実験配置での測定結果を，図3に示す。左側がナノドットの成長していないリファレンス試料，右側が GaN ナノドットの成長した試料である。どちらも同様に 30° ごとにストリークが現れている。これは検討の結果，ナノドットからではなく，SiC 基板結晶の表面形状を反映したものであることがわかった。それ以外に，ナノドットからと推定される散乱を検出することは，今回難しかった。ある程度予想されたことではあるが，やはり，このような試料を透過法により測定する場合は，基板からの散乱 X 線をさらに低減して実験に望む必要があることが明らかになった。

残念ながら，透過配置ではナノドットからの明確な信号を得ることができなかった。そこで次に，通常行われている反射配置での実験を行い，実際にナノドットが形成されているかどうかの確認を行った。図4に GaN ナノドットが形成された直後の試料に関する測定結果を示す。ナノドット特有の小角散乱パターンが観測され，これにより，ナノドットの形状やサイズ，その分布に関する情報を得ることができる。次に，図5に形成されたナノドットをさらに AlN でキャブした試料の測定結果を示す。この場合，縦方向に強度の強弱

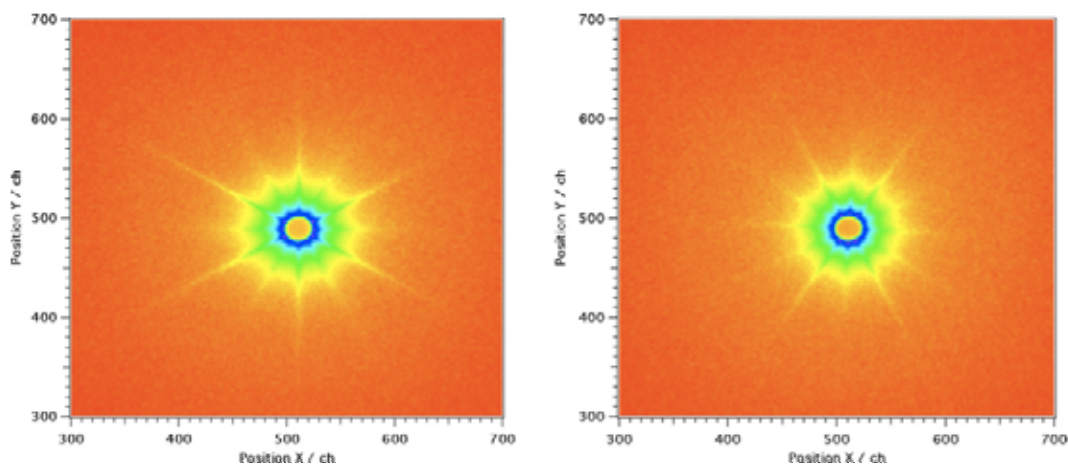


図3．透過配置の X 線小角散乱によるナノドットの評価。左が参照試料，右がナノドットを形成したものの小角散乱パターン。

が現れている。これは、ナノドットの高さが揃っていることを示唆し、キャップをつけることによって形状が変化したものと考えられる。現在、ナノドットの形状やサイズ分布に関し詳しい解析を進めている。

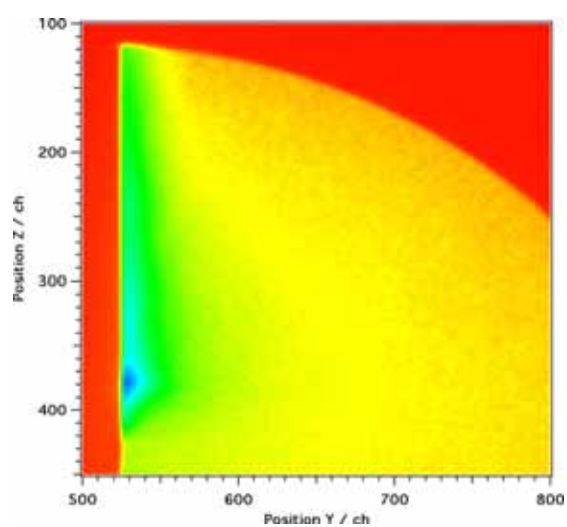


図4 . 反射配置のX線小角散乱によるナノドットの評価。ナノドット成長直後。

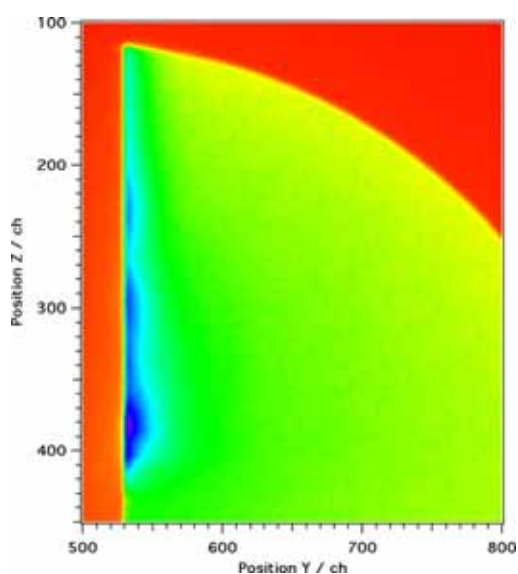


図5 . 反射配置のX線小角散乱によるナノドットの評価。ナノドット成長後さらにキャップ層を形成したもの。