

X線3Dトポグラフィー用特殊スリット(V-slit)の評価

富士電機アドバンステクノロジー(株) 田沼 良平

tanuma-ryohei@fujielectric.co.jp

われわれは半導体デバイスなどの結晶構造解析を非破壊で行うために、X線3次元(3D)トポグラフィーの研究を行っている[1]。3D像を得るためには異なる深さで2D像を測定して積み重ねる必要がある。そこで高分解能で深さを特定するために、V字谷形状の隙間を有するスリット(V-slit)を用いた。図1にV-slitの断面図(a)と透過率曲線(b)を示す。V-slitは端面を斜めに鏡面研磨(～Ra20nm)した2つの金属角材(SUS of W)を突き合わせて製作した。X線を図1bに示すように入射すると、鋭いピーク(FWHM～1μm @15KeV)を有する指数関数透過率曲線が得られる。V-slitの性能を評価する目的で、図2の配置でセクショントポの測定を行った(BL16XU)。Si 333反射で単色化(15keV)したビームを用いて、X線を試料(トレンチ加工 Si)背面から入射した。回折条件はSi 660反射で $2\theta=80.5^\circ$ である。交差したV-slitを試料から約30mmの位置に配置し、試料内の微小領域の回折光強度を測定した。この状態で試料位置をX-Y方向にスキャンしてセクショントポを測定した。この方法により空間分解能約2μmのトポ像を得ることができた。発表では画像修復処理による解像度改善の効果についても報告する。

[1] R. Tanuma et al.: phys. stat. sol. (a) **204**, 8, 2706-2713 (2007)

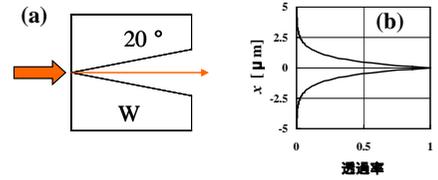


図1. V-slitの断面(a)と透過率曲線(b)

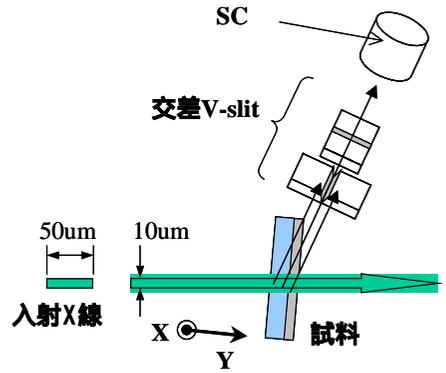


図2. 実験の配置

第4回SPring-8産業利用報告会



X線3Dトポグラフィー用特殊スリット(V-slit)の評価

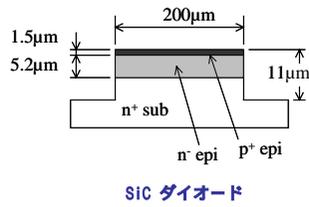
2007年9月11日

富士電機アドバンステクノロジー(株)

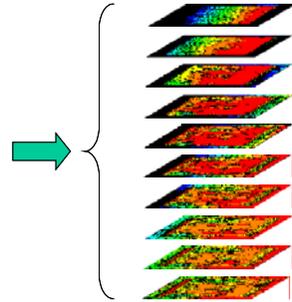
田沼良平, 巻瀧陽一

SPring-8課題番号: 2007A5110

半導体材料，デバイスの非破壊結
晶構造解析をサブミクロン領域の空
間分解能で行うための手法。



SiC ダイオード

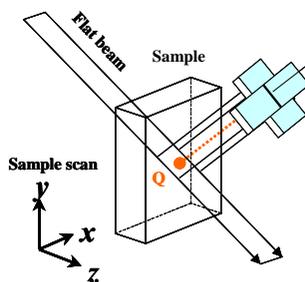


横断面トポグラフィー

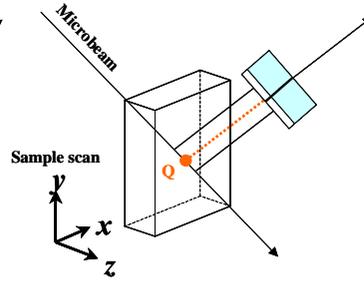
[1] R. Tanuma *et al.*: phys. stat. sol. (a) 204, No. 8, 2706-2713 (2007)

Copyright© Fuji Electric Advanced Technology Co.,Ltd. All rights reserved.

X線3Dトポグラフィーの原理



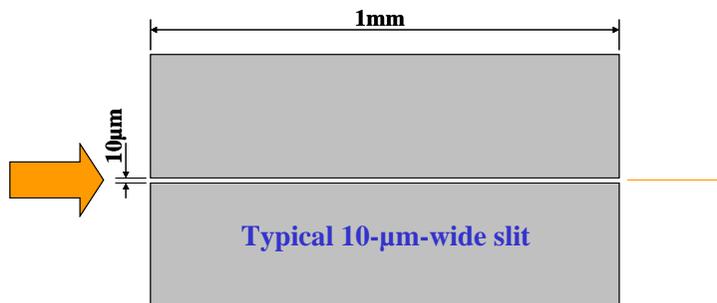
Flat beam + double slit



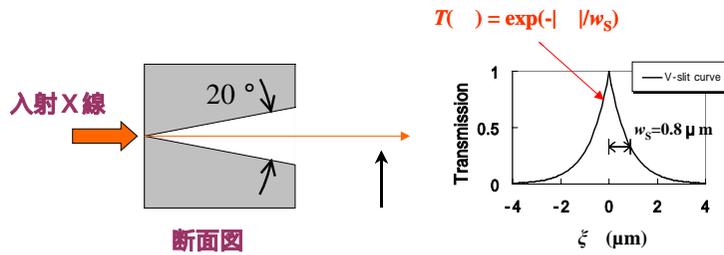
Microbeam + single slit

Copyright© Fuji Electric Advanced Technology Co.,Ltd. All rights reserved.

平行スリットの限界：ギャップ幅 10μm



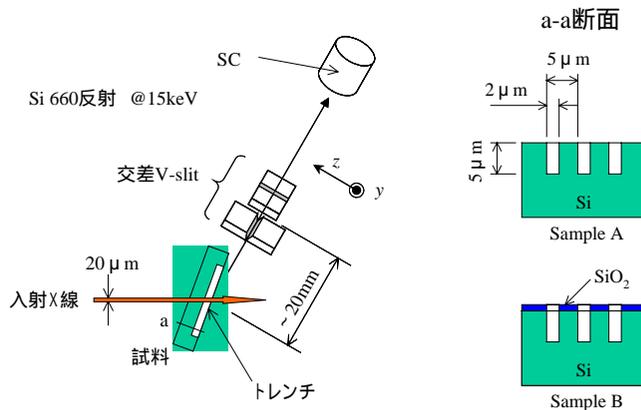
Copyright© Fuji Electric Advanced Technology Co.,Ltd. All rights reserved.



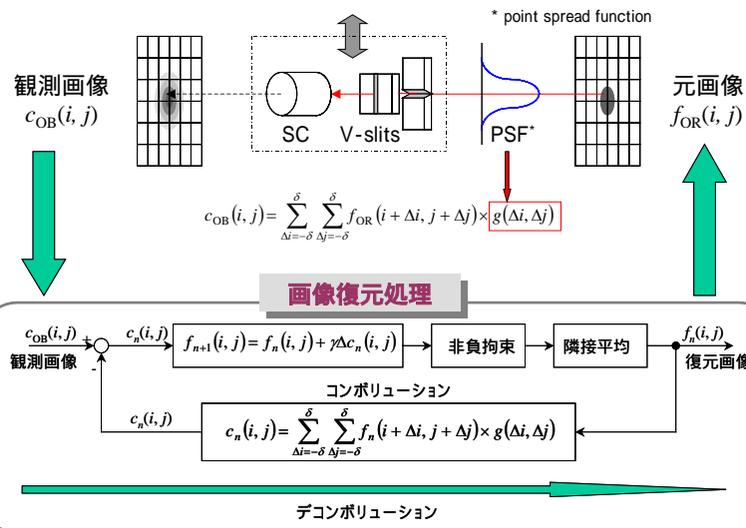
V-slit: 端面を斜め研磨した金属柱(W)を接触させたもの。

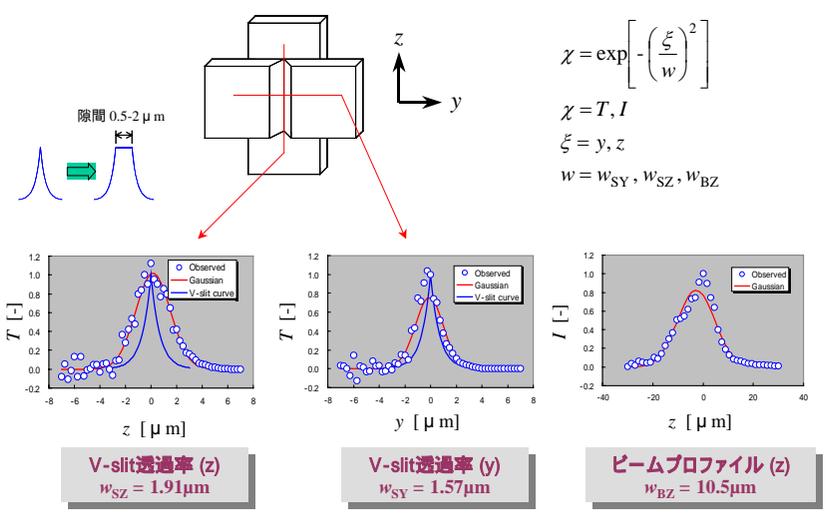
透過率曲線は鋭いピークを有する指数関数となる ($w_s = 0.8 \mu\text{m}$ @ 15keV)。

実験のセットアップ



画像復元処理





Copyright© Fuji Electric Advanced Technology Co.,Ltd. All rights reserved.

PSFと空間分解能の推定

$$w_{BZ}' = w_{BZ} \times \left| \frac{\sin(2\theta - \omega)}{\sin\omega} \right| = 2.02\mu\text{m}$$

$$w_z = \sqrt{w_{SZ}^2 + w_{BZ}'^2} = 2.78\mu\text{m}$$

$$w_{SY} = 1.57\mu\text{m}$$

PSF

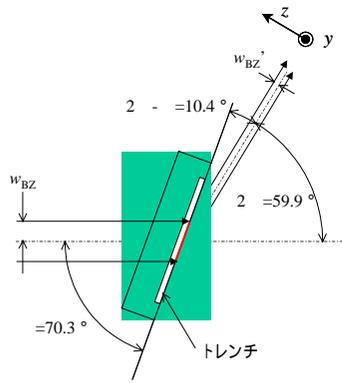
$$g(\Delta i, \Delta j) = \exp\left[-\left(\frac{y_s \Delta i}{w_{SY}}\right)^2\right] \times \exp\left[-\left(\frac{z_s \Delta j}{w_z}\right)^2\right]$$

$y_s, z_s = 0.25\mu\text{m}$ (ステップ間隔)

観測画像の推定空間分解能

FWHM(z) ~ $0.833 \times 2w_z = 4.6\mu\text{m}$

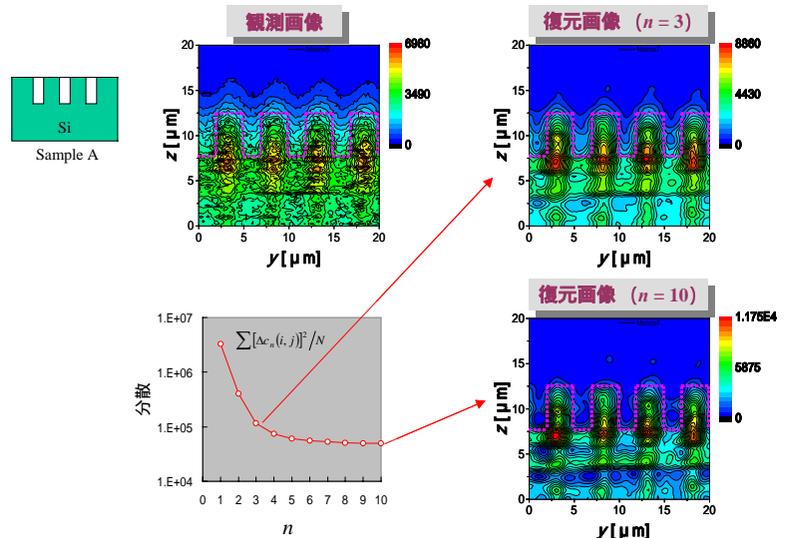
FWHM(y) ~ $0.833 \times 2w_{SY} = 2.6\mu\text{m}$



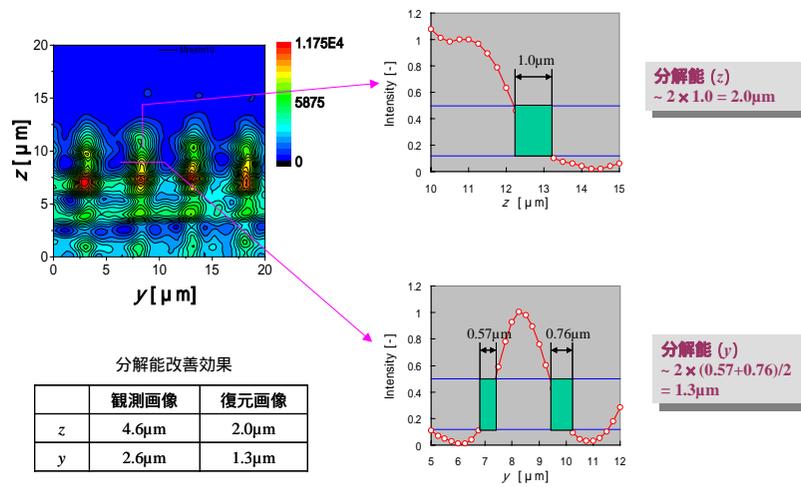
Si 660反射 @ 15keV

Copyright© Fuji Electric Advanced Technology Co.,Ltd. All rights reserved.

セクショントポグラフィー測定結果 (Sample A)

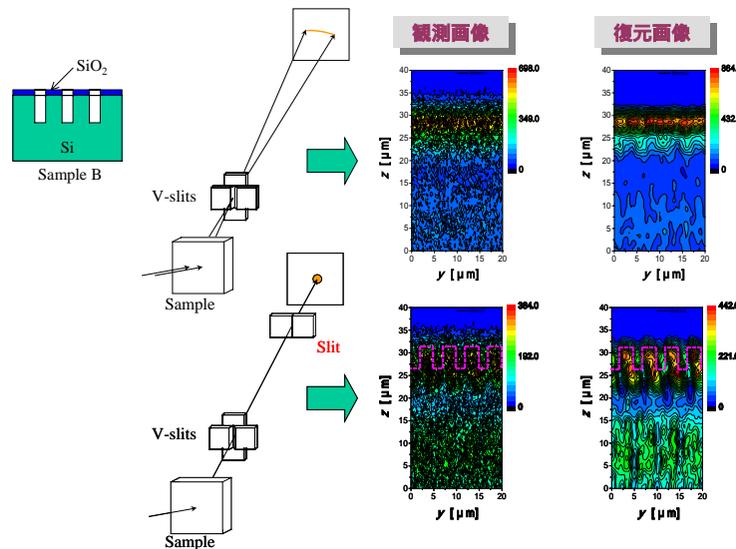


Copyright© Fuji Electric Advanced Technology Co.,Ltd. All rights reserved.



Copyright © Fuji Electric Advanced Technology Co., Ltd. All rights reserved.

セクショントポグラフィー測定結果 (Sample B)



Copyright © Fuji Electric Advanced Technology Co., Ltd. All rights reserved.

まとめ

V-slitを用いるX線トポグラフィーをトレンチ加工Siのセクショントポグラフィーに適用した。

画像復元処理による空間分解能改善効果:

2.6 μm(y) × 4.6 μm(z) 1.3 μm(y) × 2.0 μm(z)

サブミクロン分解能を得るために:

- 入射ビーム (20 μm) の微細化 flat beam
- V-slitの改良 (隙間の問題等)
- V-slitとsample間の距離短縮
- microbeam + single V-slit方式の採用

Copyright © Fuji Electric Advanced Technology Co., Ltd. All rights reserved.