

Siナノワイヤ構造のラマン散乱計測

Raman Scattering Spectroscopy in Si Nanowire Structures

産総研 ナノ電子デバイス研究センター¹, MIRAI-東芝²

○多田 哲也¹, ウラジミール ポボロッチ¹,
森田 行則¹, 臼田 宏治², 金山 敏彦¹

e-mail t-tada@aist.go.jp

本研究の一部はNEDOの委託で行われた。

Siナノワイヤのラマン散乱に対する エッジの効果

- エッジにおける信号増強効果
 - 単一ナノワイヤのラマンスペクトル測定
- エッジでの応力緩和
 - ナノワイヤ
 - 一軸性応力

偏光方向を制御することの重要性

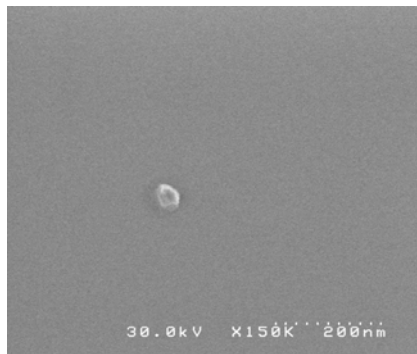
Outline

- 測定システムの空間分解能
- 試料構造
- 偏光配置の定義
- エッジにおける信号増強効果
 - FDTD電磁場解析
 - 励起強度依存性
 - 幅依存性
- エッジにおける応力緩和
 - 偏光選択則
 - 歪みSi基板上に作製されたストライプパターンにおける応力緩和
- まとめ

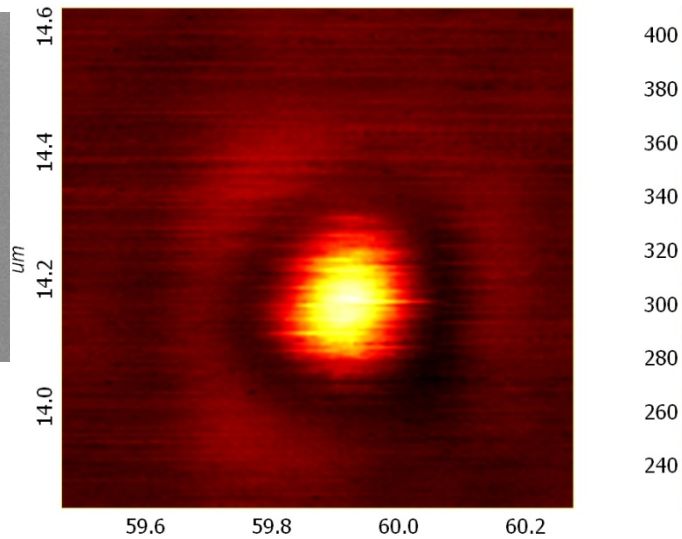
共焦点UV顕微ラマンシステム 空間分解能評価

励起光364nm 液浸対物レンズNA1.4

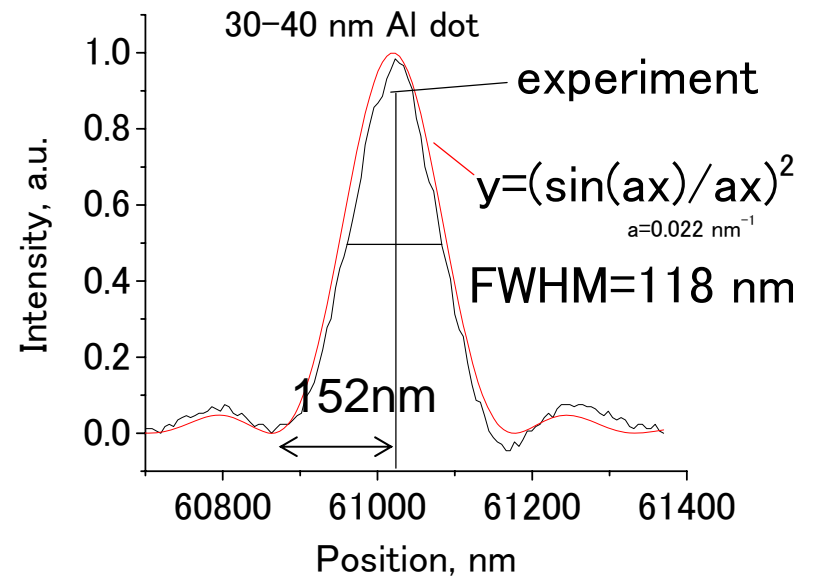
A 30nm Al dot



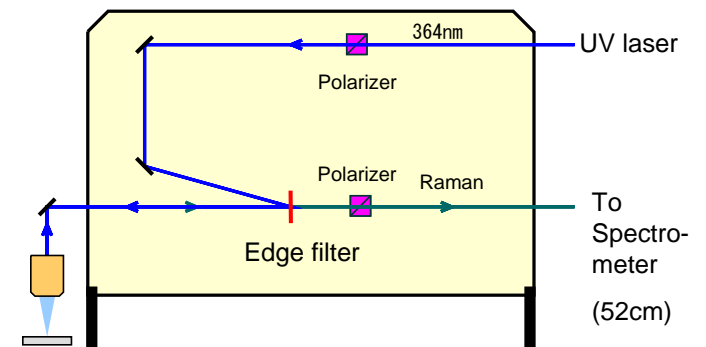
SEM写真



共焦点顕微鏡走査イメージ



- EBリソグラフィでSiO₂上に形成した直径約30nmのAlドットパターンのScan Image 2Dマッピング→空間分解能150nm
 - この空間分解能の値は、理論的な光の回折限界に匹敵



Siナノワイヤのラマン測定

Siナノワイヤデバイスにおけるフォノン・応力

デバイス特性に影響

ラマン信号の測定

ナノワイヤ1本の測定……きわめて信号が弱い



励起パワーを上げる……温度上昇によりピークシフト

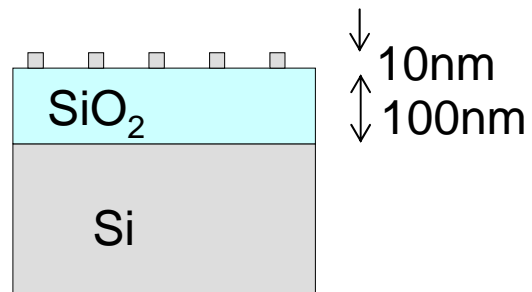
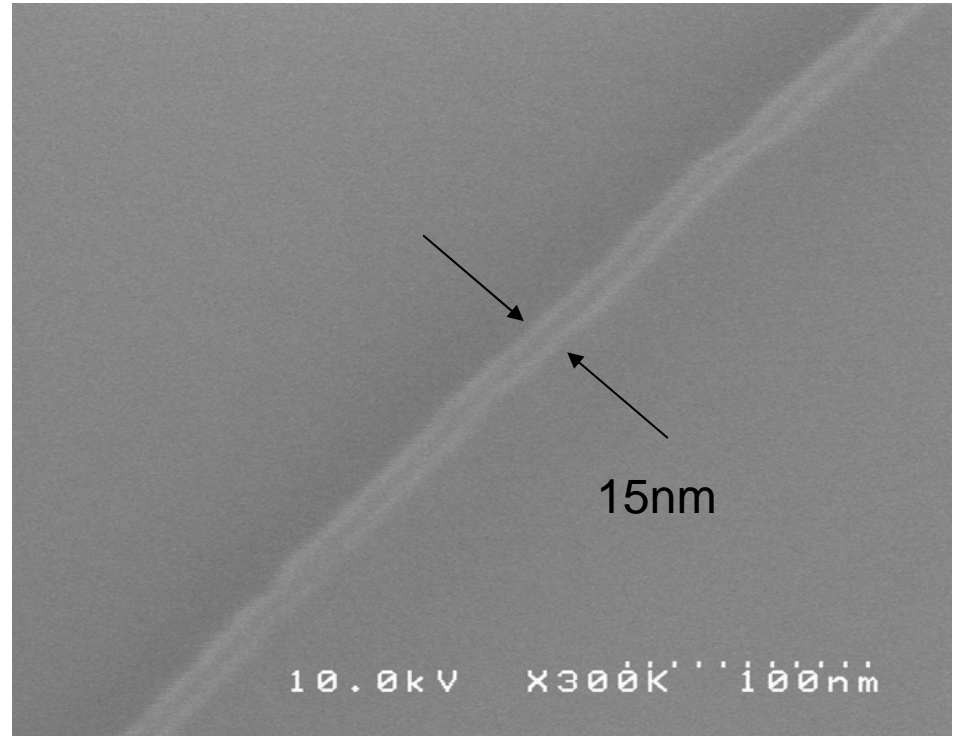
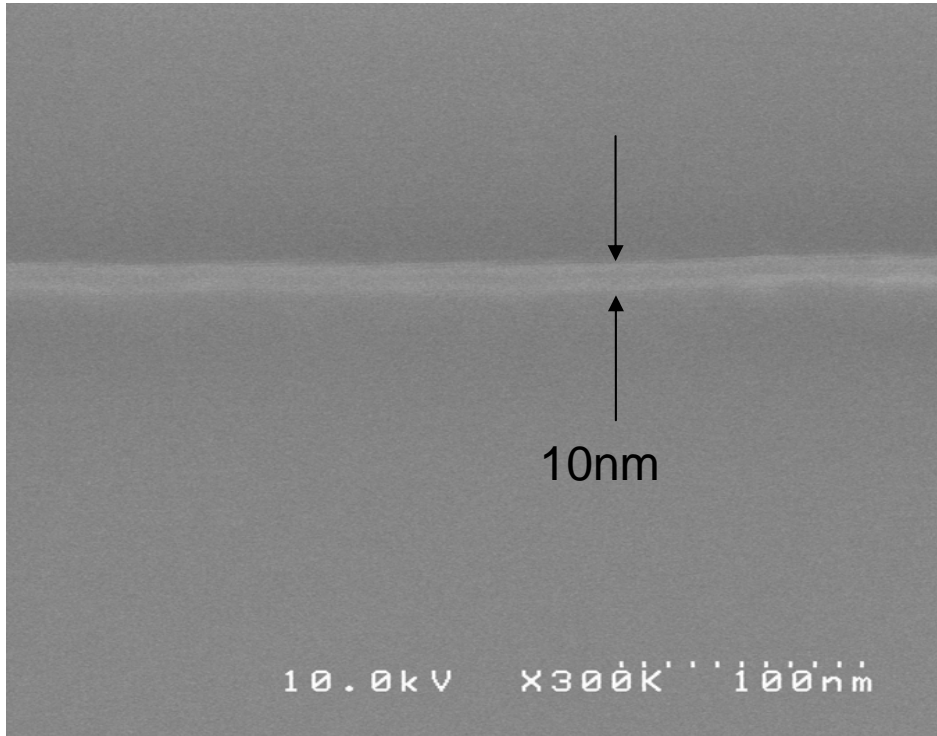
多数のナノワイヤを測定

ナノ構造……サイズの揺らぎに敏感

単一のSiナノワイヤを測定する必要

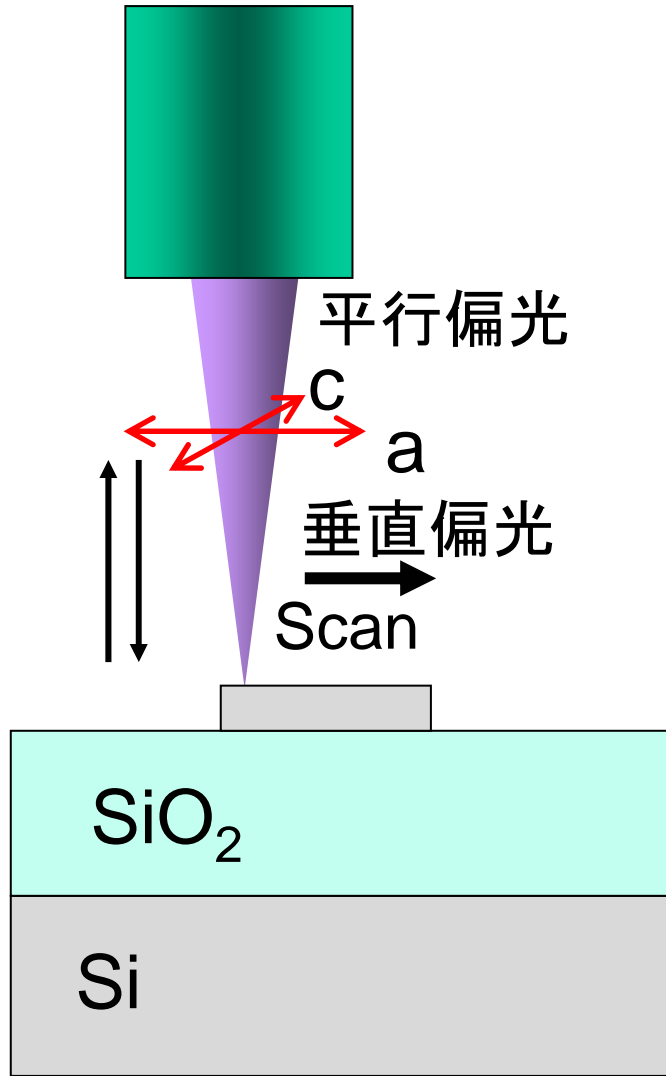
偏光方向を制御し、ラマン信号のエッジ増強効果を用いることにより
単一Siナノワイヤのラマン計測に成功

Nanowires on SOI



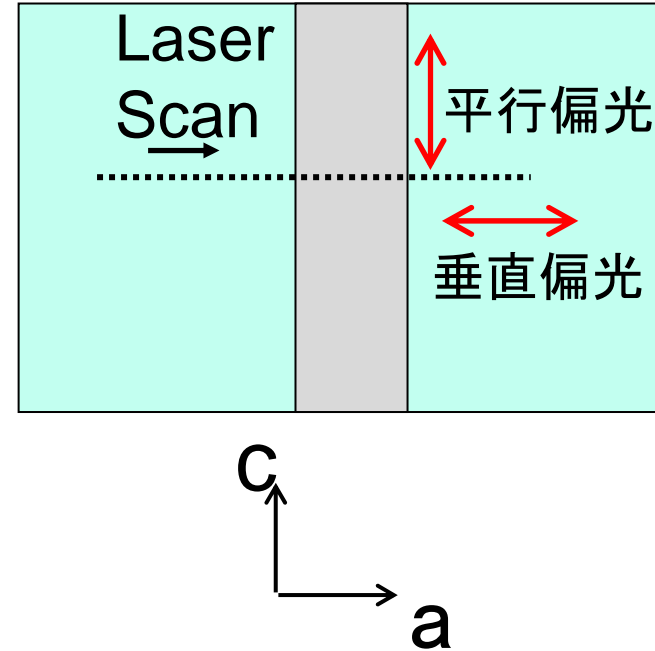
SOI基板上にEBリソグラフィを用いて作製

偏光配置について



断面図

Top View



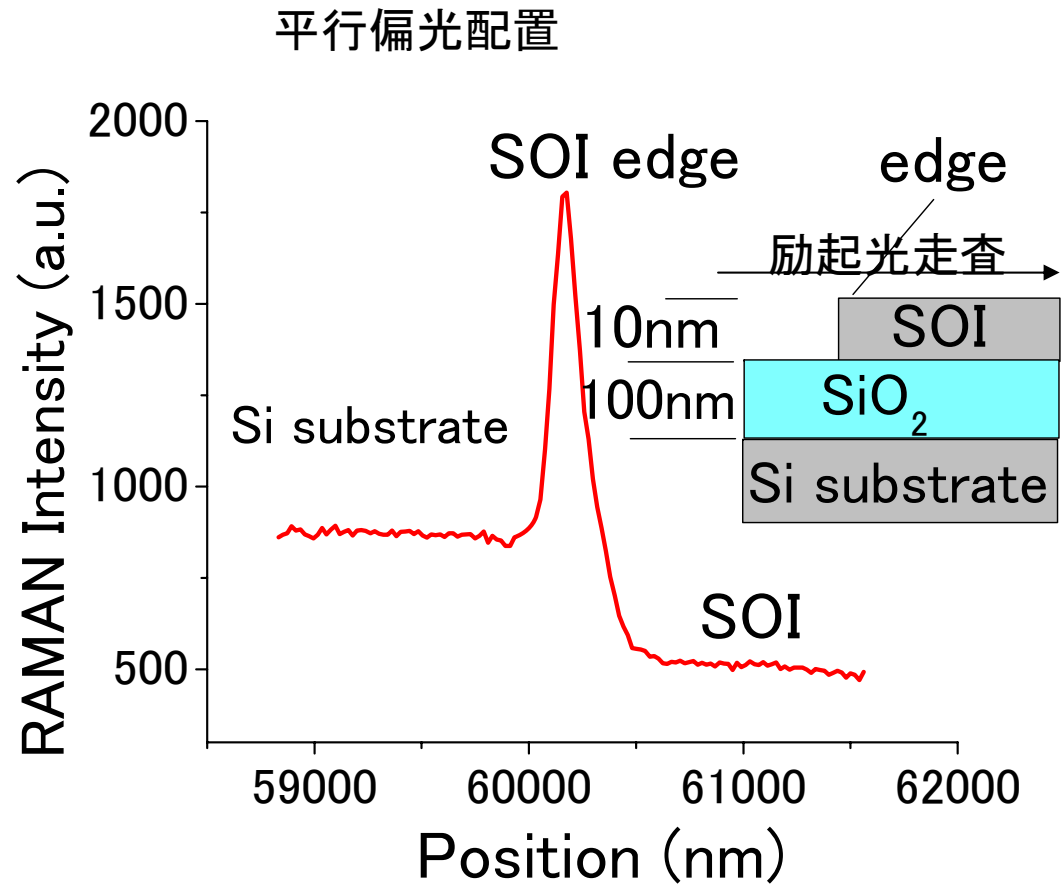
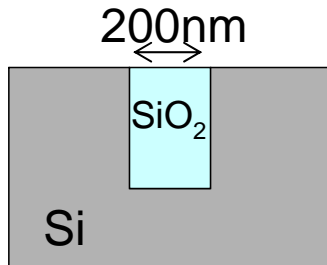
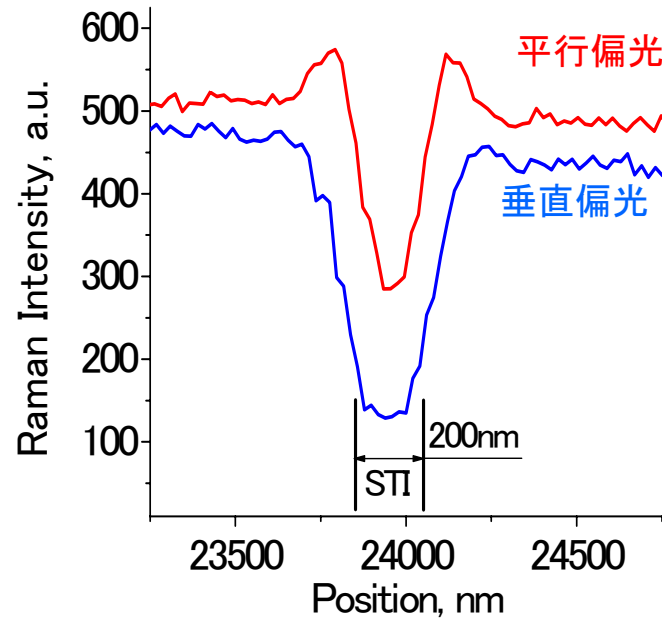
平行偏光配置

励起光と検出光の偏光方向がナノストライプ側壁に平行

垂直偏光配置

励起光と検出光の偏光方向がナノストライプ側壁に垂直

Edge enhanced Raman Spectroscopy (EERS)

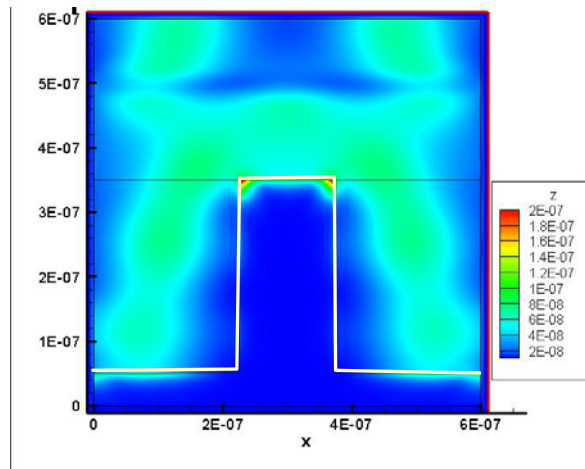


励起光パワー 100nW
 極めて弱い(通常の1/1000)

励起光の偏光方向に依存するエッジ効果

FDTDシミュレーション

平行偏光

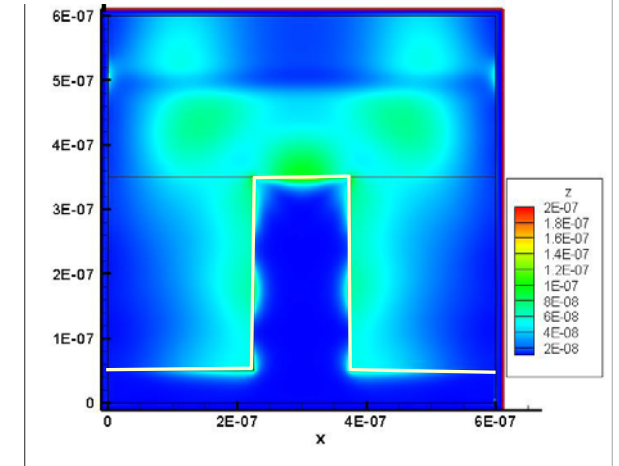


20nm
↔

364nm

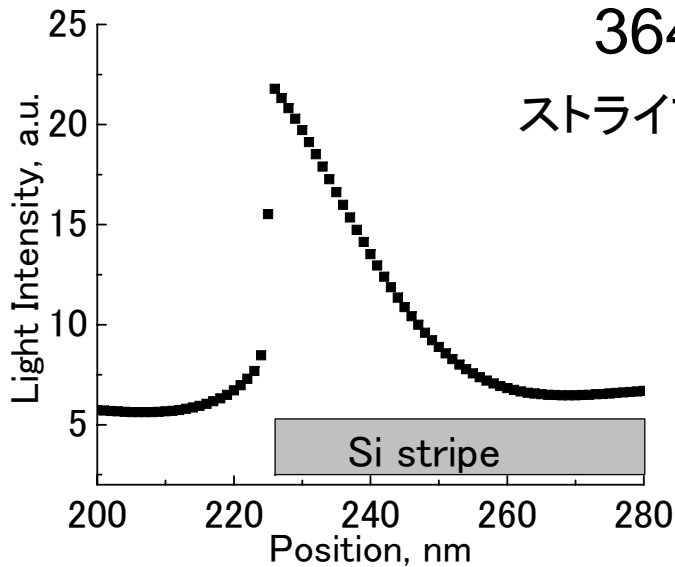
ストライプに平行な偏光

垂直偏光



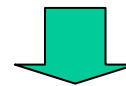
364nm

ストライプに垂直な偏光



- エッジから20nm程度の電磁場のエネルギーが強い

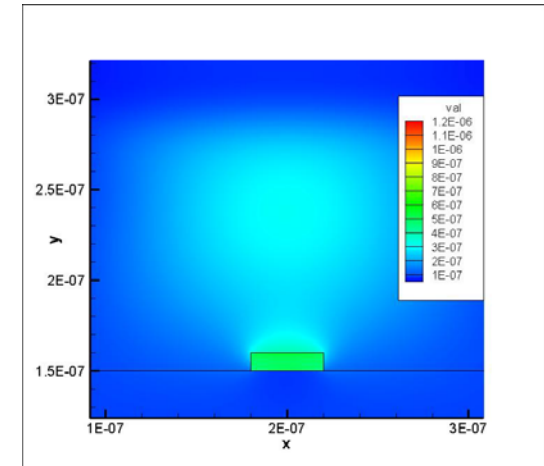
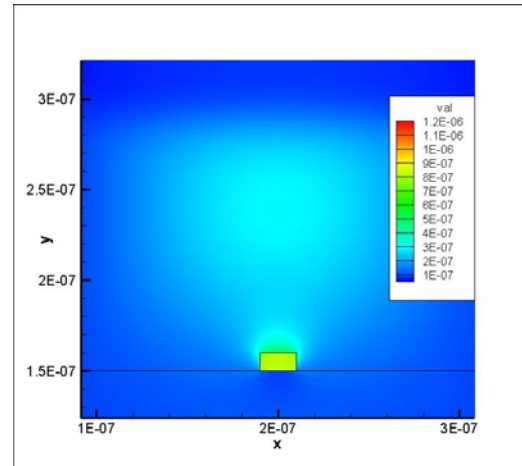
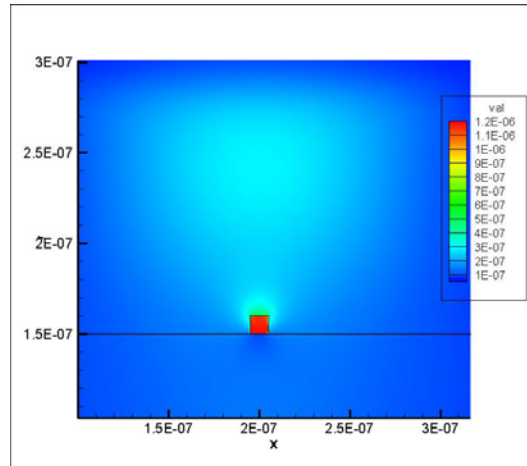
Edge enhanced RAMAN spectroscopy (EERS)



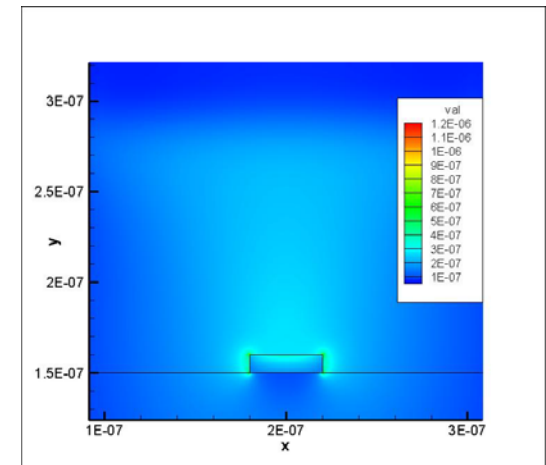
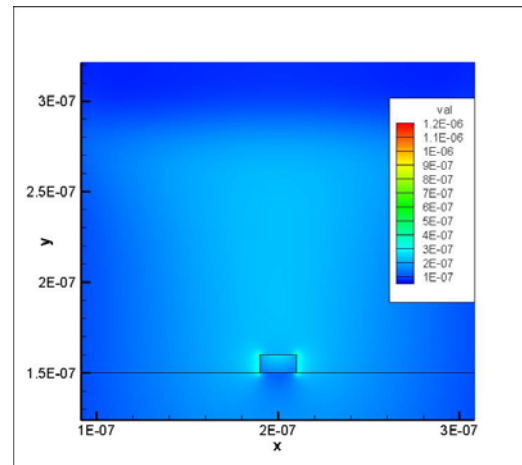
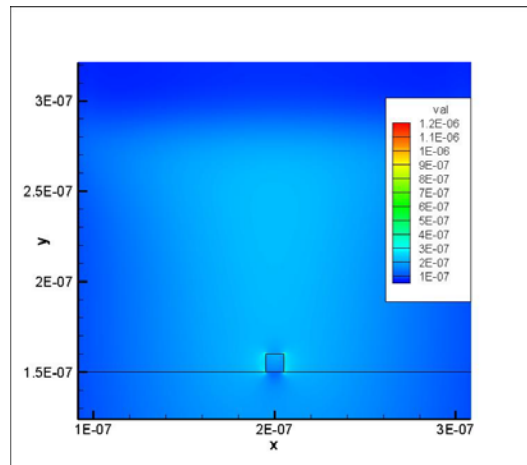
ナノワイヤへの応用

FDTD解析によるナノストライプ中の励起光強度分布

平行偏光



垂直偏光



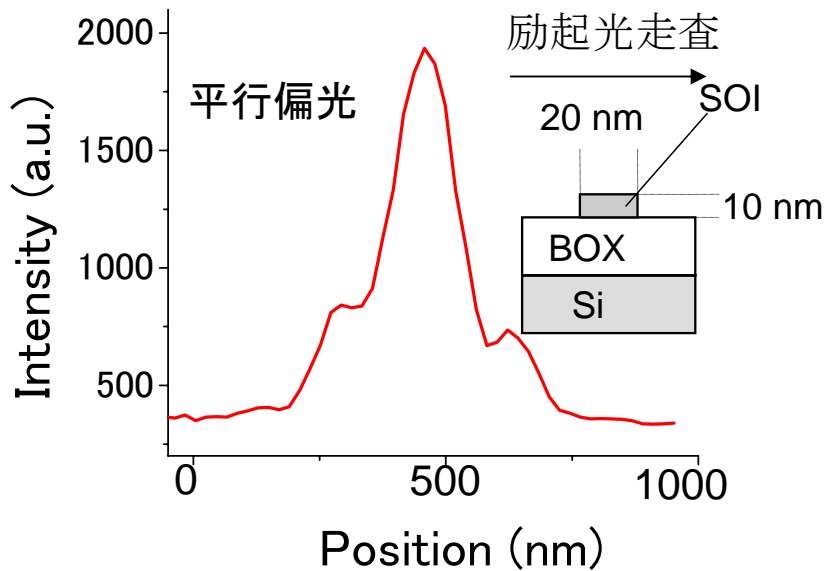
10X10 nm²

20X10 nm²

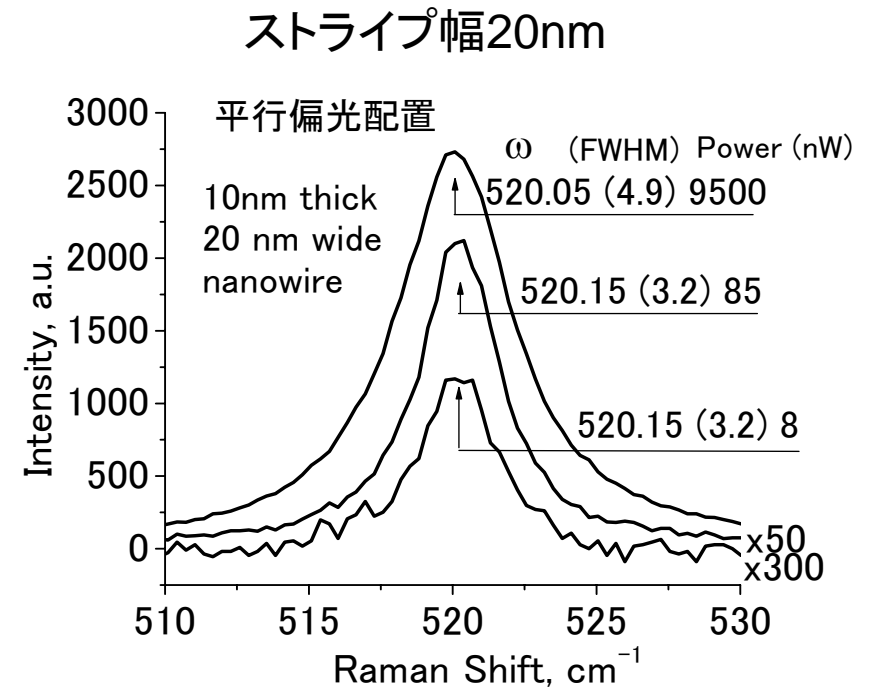
40X10 nm²

ナノストライプのラマンスペクトル

ストライプ幅20nm



ラマンスペクトルの励起強度依存性

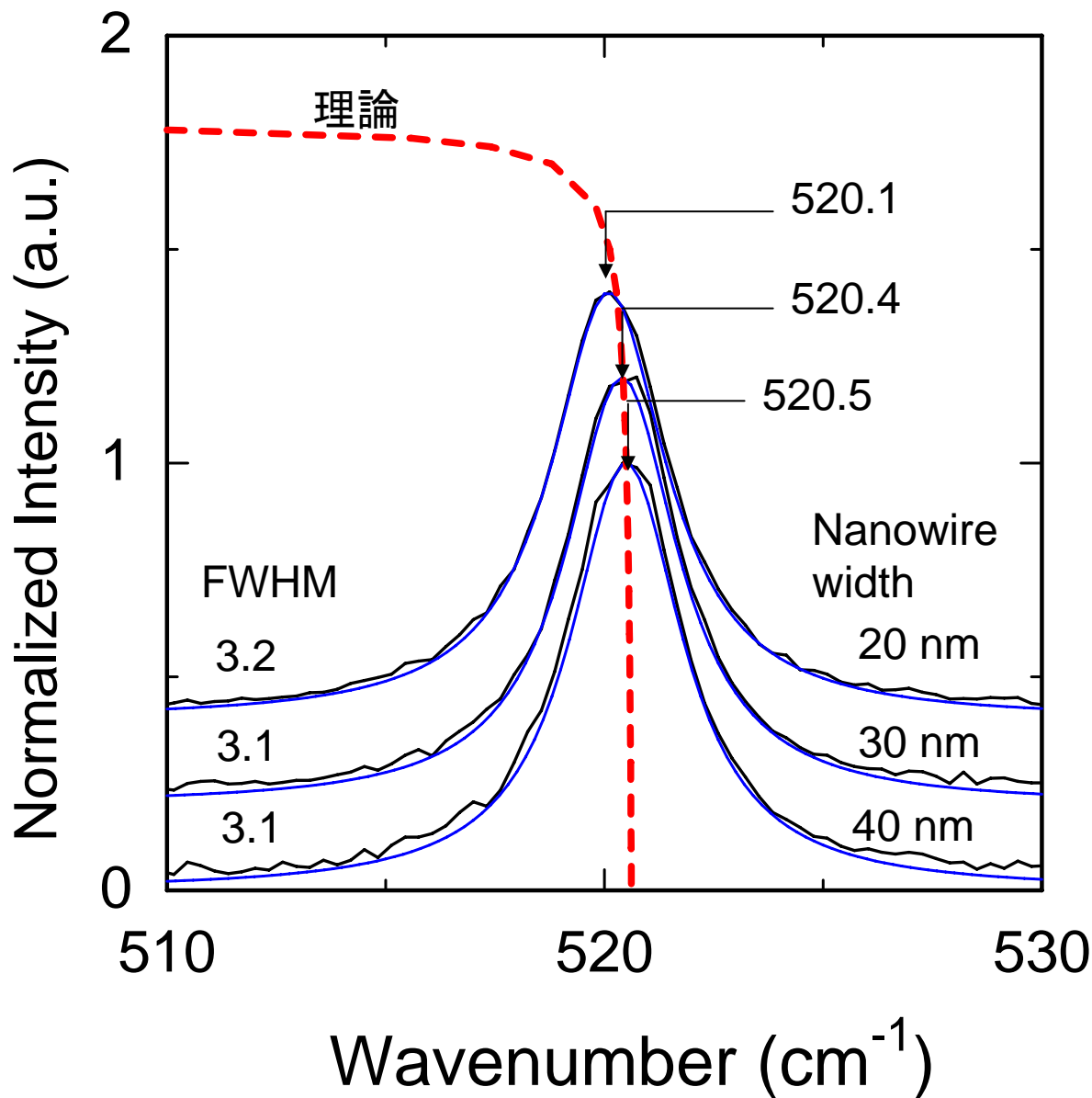


垂直偏光配置では、ナノストライプに対しては、全く信号を観測できなかった

85nW、8nWでは、ブロードニングも、波数シフトも見られない

明るい光学系とエッジ増強効果を用いることで、1本のナノストライプのラマン測定が可能で加熱の影響等を避けることができる。

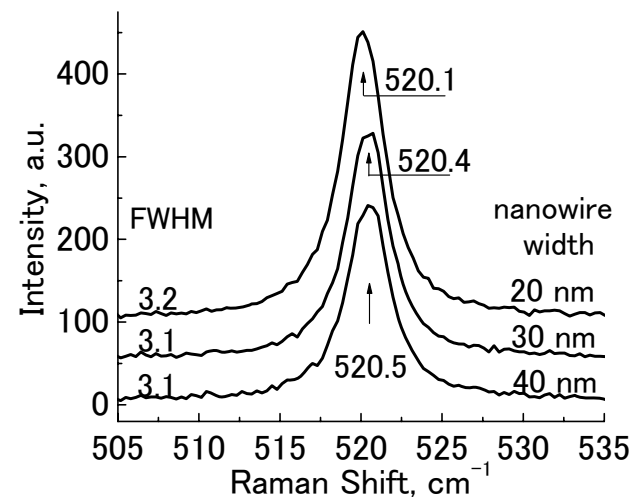
ラマンスペクトルのサイズ効果



サイズ効果を観測

ストライプ幅が狭くなるにつれ、低波数側にピーク位置がシフト

信号強度もむしろ狭い幅の方が大きい



Zi et. al., APL **69**(1996)200

まとめ

- エッジ増強効果を用いることにより、Si単一ナノストライプのラマン分光測定に成功した
 - 励起光強度 8nW
 - ・ 励起光による加熱の影響を避け、正確なスペクトルの観測
 - サイズ効果を観測
- 偏光方向を制御することにより、歪みシリコンをパターンニングして作製されたナノワイアの応力緩和を観測した
 - 2軸応力が1軸応力に

ナノワイアのラマン計測に於いては、偏光方向をきちんと制御して測定することが重要である