

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-202808

(P2012-202808A)

(43) 公開日 平成24年10月22日(2012.10.22)

(51) Int.Cl.
GO1N 21/65 (2006.01)F1
GO1N 21/65テーマコード (参考)
2G043

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2011-67482(P2011-67482)
(22) 出願日 平成23年3月25日(2011.3.25)

(出願人による申告)平成22年度独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構委託研究「次世代半導体材料・プロセス基盤(MIRAI)プロジェクト/次世代半導体材料・プロセス基盤(MIRAI)プロジェクト(一般会計)/新構造極限CMOSトランジスタ関連技術開発」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 301021533
独立行政法人産業技術総合研究所
東京都千代田区霞が関1-3-1
(72) 発明者 多田 哲也
茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内
(72) 発明者 ポボルチー ウラディミル
茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内
(72) 発明者 金山 敏彦
茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内
Fターム(参考) 2G043 AA03 CA05 EA03 FA01 FA02
GA06 GB01 HA07 KA02 LA01

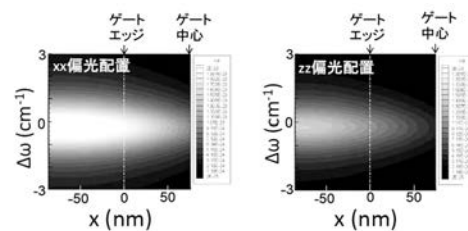
(54) 【発明の名称】 顕微分光測定シミュレーション法

(57) 【要約】

【課題】顕微分光計測、特に、顕微ラマン計測を用いた応力(歪み)計測過程をシミュレートする方法を提供する。

【解決手段】歪みテンソルの値をラマンシフトに単純に変換するのではなく、電磁場解析と組み合わせて顕微分光計測過程をシミュレートすることにより、偏光方向依存性等、より精密なシミュレートを可能にしたことを特徴とする。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

a - (1) : 周波数 ω_0 の励起光光源を座標 (x_p, y_p, z_p) におき、光源から放射された光の測定試料構造中における強度分布を計算するステップと、

a - (2) : 試料内各点に、各点の励起光の強度に応じた強度の信号光を発する周波数 ω_s の光源を置くステップと、

a - (3) : 顕微分光システムの対物レンズがあると想定する領域で、試料構造中におかれた各光源から到達した光の強度を周波数毎に積分し、検出される信号光強度 $I(x_p, y_p, z_p, \omega_s)$ を求めるステップと、

a - (4) : 励起光源の位置を逐次移動し、励起光源の各位置に対して上記計算プロセスを繰り返すステップと、

a - (5) : 各励起光源の位置 (x_p, y_p, z_p) に対する $I(x_p, y_p, z_p, \omega_s)$ のマップデータを作成するステップと、
からなる顕微分光測定シミュレーション法。

10

【請求項 2】

b - (1) : 励起光光源を座標 (x_p, y_p, z_p) に周波数 ω_0 の光源をおき、光源から放射された光の、測定試料構造中の強度分布を計算するステップと、

b - (2) : b - (1) で求めた試料中の励起光強度を用いて、試料の各点が放射する信号光、すなわちラマン散乱光強度を計算するステップと、ただし、この時、ラマン散乱光の周波数 ω_s は、偏光配置から決まるラマン散乱に關与するフォノンモードの値を予め与えておく、

20

b - (3) : 試料内の各点に b - (2) で求めた強度、周波数のラマン散乱光を放射する光源を置き、顕微ラマン測定システムの対物レンズがあると想定する領域で、各ラマン散乱光源から到達した光の強度を周波数毎に積分することにより、顕微ラマンシステムで検出されるラマン散乱光、 ω_s のスペクトル $I(x_p, y_p, z_p, \omega_s)$ を求めるステップと、

b - (4) : 励起光源の位置を逐次移動し、b - (1) から b - (3) までの手順を繰り返すステップと、

b - (5) : 各励起光光源の位置 (x_p, y_p, z_p) に対して検出されるラマン散乱スペクトル $I(x_p, y_p, z_p, \omega_s)$ を計算しマップデータを作成するステップと、
からなる顕微分光測定シミュレーション法。

30

【請求項 3】

上記 b - (2) のステップで、さらに、試料の各点の歪みテンソルを計算し、試料のもつ歪みを反映したラマン散乱のシフト量を計算し、ラマン散乱光の波数を決めるようにしたことを特徴とする請求項 2 記載の顕微分光測定シミュレーション法。

【請求項 4】

上記 a - (1) のステップで、さらに、励起光光源の偏光方向を設定し、

上記 a - (2) のステップで、さらに、検出する信号光源の偏光方向を設定することにより、偏光方向を制御した光学配置で行う計測過程をシミュレートできるようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の顕微分光測定シミュレーション法。

40

【請求項 5】

上記 b - (1) のステップで、さらに、励起光光源の偏光方向を設定し、

上記 b - (2) のステップで、さらに、検出するラマン散乱光光源の偏光方向を設定し、ラマンテンソルを用いて、各点が放射する散乱光の強度を計算することにより、偏光方向を制御した光学配置で行うラマン散乱計測過程をシミュレートできるようにしたことを特徴とする請求項 2 記載の顕微分光測定シミュレーション法。

【請求項 6】

上記信号光の光源は、 ω_s をピークとし、スペクトル幅を持った光源を置くことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の顕微分光測定シミュレーション法。

【請求項 7】

50

上記スペクトル幅は、ローレンツ関数又は、ガウス関数、又はフォークト関数に従って幅を持たせたスペクトルを与えることを特徴とする請求項 6 記載の顕微分光測定シミュレーション法。

【請求項 8】

上記信号光の光源は、単色光を置き、かつ、上記対物レンズがあると想定する領域で積分する際に、各点から来た光にスペクトル幅を持たせてから積分するようにしたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の顕微分光測定シミュレーション法。

【請求項 9】

FDTD 法を用いて上記光源から放射された光の測定試料構造中における強度分布を計算することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の顕微分光測定シミュレーション法。

10

【請求項 10】

有限要素法を用いて上記歪みテンソルを計算することを特徴とする請求項 3 記載の顕微分光測定シミュレーション法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、顕微光学計測、特にラマン分光及びラマン分光を応用した応力（歪み）計測に関するデータ処理、シミュレーション技術等に関する。

【背景技術】

【0002】

20

顕微分光法は、光学顕微鏡を用いて様々な物質の光学的な性質を高い空間分解能で検出することができるため、様々な分野で使われている。特に、顕微ラマン分光法には、半導体における応力分布が非接触、非破壊で評価できる可能性があり、Si デバイス中の応力を解析する技術として有望視されている（特許文献 1、2、非特許文献 1～3 参照）。これは、応力が電子や正孔の移動度に大きな影響を与えることを用いてデバイス特性の向上を図るようになってきており、Si デバイス中の応力計測技術が重要になっているためである。

応力評価の原理は、Si のラマンスペクトルのピーク位置が応力印加によってシフトすることを用いるものである。すなわち、 520 cm^{-1} に現れる Si のラマンピークは、引っ張り応力がかかると低波数側にシフトし、圧縮応力がかかると高波数側シフトする。従って、ラマンスペクトルのピーク波数シフトの空間分布を測定することにより、原理的には、応力分布を評価できる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2009 - 145148 号公報

【特許文献 2】特開 2008 - 70360 号公報

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献 1】Advances in Physics vol. 13 (1964 年) p. 423

40

【非特許文献 2】Journal of Applied Physics Vol. 79 No. 9 (1996 年) p7148 - 7156

【非特許文献 3】応用物理 Vol. 75 No. 10 (2006 年) p1224 - 1231

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、顕微ラマン散乱法を用いた応力分布計測法は、空間分解能が光の回折限界によって制限されており、その空間分解能は、ナノデバイスの評価に十分であるとは言

50

えない。さらに、応力は、6つの独立な成分をもつテンソル量なので、ラマンシフトの計測だけからでは、定量的な応力分布解析、つまり、各テンソル成分の値を求めることは不可能であるという問題点があった。したがって、ラマン散乱の結果から応力テンソルを求めるためには、応力シミュレーションの結果とラマン散乱測定の結果を精密に比較、解析する必要がある。

応力シミュレーションを用いたラマン散乱応力分布解析は、以下のようなプロセスで行われてきた。有限要素法等で、デバイス構造における応力分布を計算し、各位置における応力（歪み）テンソルの値から対応するラマンシフトの大きさを計算する。こうして得られたラマンシフトの分布をラマン散乱の実測データと比較することにより、実際の応力を推定するというものである。しかし、これは、単にデバイス構造における応力分布をラマンスペクトルの分布に置き換えただけのもので計測装置が有限の空間分解能を持つこと等、実際の測定システムの特性は、反映されておらず、ラマン計測の結果と応力計算の結果を精密に比較することは困難であった。

また、微細な構造領域においては、測定試料中の励起光の強度分布は、偏光方向に大きく依存するため、その強度分布をきちんと反映させて計算しなければ、微細構造の顕微分光の測定過程を精密にシミュレートできない。さらに、ラマン散乱では、偏光配置によって検出するフォノンモードが異なることがあるが、そのような特性を反映させることも不可能であった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明で我々が提案するシステムの特徴は、顕微分光計測プロセスをシミュレートすることにより、測定されたデータを精密に再現し、ナノデバイスの定量的な応力分布解析を可能にするものである。

具体的には、本発明は、

a - (1) : 周波数 ω_0 の励起光光源を座標 (x_p, y_p, z_p) におき、光源から放射された光の測定試料構造中における強度分布を計算するステップと、

a - (2) : 試料内各点に、各点の励起光の強度に応じた強度の信号光を発する周波数 ω_s の光源を置くステップと、

a - (3) : 顕微分光システムの対物レンズがあると想定する領域で、試料構造中におかれた各光源から到達した光の強度を周波数毎に積分し、検出される信号光強度 $I(x_p, y_p, z_p, \omega_s)$ を求めるステップと、

a - (4) : 励起光源の位置を逐次移動し、励起光源の各位置に対して上記計算プロセスを繰り返すステップと、

a - (5) : 各励起光源の位置 (x_p, y_p, z_p) に対する $I(x_p, y_p, z_p, \omega_s)$ のマップデータを作成するステップと、

からなる顕微分光測定シミュレーションである。

また、本発明は、

b - (1) : 励起光光源を座標 (x_p, y_p, z_p) に周波数 ω_0 の光源をおき、光源から放射された光の、測定試料構造中の強度分布を計算するステップと、

b - (2) : b - (1) で求めた試料中の励起光強度を用いて、試料の各点が放射する信号光、すなわちラマン散乱光強度を計算するステップと、ただし、この時、ラマン散乱光の周波数 ω_s は、偏光配置から決まるラマン散乱に關与するフォノンモードの値を予め与えておく、

b - (3) : 試料内の各点に b - (2) で求めた強度、周波数のラマン散乱光を放射する光源を置き、顕微ラマン測定システムの対物レンズがあると想定する領域で、各ラマン散乱光源から到達した光の強度を周波数毎に積分することにより、顕微ラマンシステムで検出されるラマン散乱光、 ω_s のスペクトル $I(x_p, y_p, z_p, \omega_s)$ を求めるステップと、

b - (4) : 励起光源の位置を逐次移動し、b - (1) から b - (3) までの手順を繰り返すステップと、

b - (5) : 各励起光光源の位置 (x_p, y_p, z_p) に対して検出されるラマン散乱スペクトル $I (x_p, y_p, z_p, \omega_s)$ を計算しマップデータを作成するステップと、
 かなる顕微分光測定シミュレーション法である。

また、本発明は、上記顕微分光測定シミュレーション法において、上記 b - (2) のステップで、さらに、試料の各点の歪みテンソルを計算し、試料のもつ歪みを反映したラマン散乱のシフト量を計算し、ラマン散乱光の波数を決めるようにしたことを特徴とする。
 また、本発明は、上記顕微分光シミュレーション法において、上記 a - (1) のステップで、さらに、励起光光源の偏光方向を設定し、上記 a - (2) のステップで、さらに、検出する信号光源の偏光方向を設定することにより、偏光方向を制御した光学配置で行う計測過程をシミュレートできるようにしたことを特徴とする。

10

また、本発明は、上記顕微分光測定シミュレーション法において、上記 b - (1) のステップで、さらに、励起光光源の偏光方向を設定し、上記 b - (2) のステップで、さらに、検出するラマン散乱光光源の偏光方向を設定し、ラマンテンソルを用いて、各点が放射する散乱光の強度を計算することにより、偏光方向を制御した光学配置で行うラマン散乱計測過程をシミュレートできるようにしたことを特徴とする。

また、本発明は、上記顕微分光測定シミュレーション法において、上記信号光の光源は、 ω_s をピークとし、スペクトル幅を持った光源を置くことを特徴とする。

また、本発明は、上記顕微分光測定シミュレーション法において、上記スペクトル幅は、ローレンツ関数又は、ガウス関数、又はフォークト関数に従って幅を持たせたスペクトルを与えることを特徴とする。

20

また、本発明は、上記顕微分光測定シミュレーション法において、上記信号光の光源は、単色光を置き、かつ、上記対物レンズがあると想定する領域で積分する際に、各点から来た光にスペクトル幅を持たせてから積分するようにしたことを特徴とする。

また、本発明は、上記顕微分光測定シミュレーション法において、FDTD法を用いて上記光源から放射された光の測定試料構造中における強度分布を計算することを特徴とする。

また、本発明は、上記顕微分光測定シミュレーション法において、有限要素法を用いて上記歪みテンソルを計算することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

30

本発明の顕微分光測定シミュレーション法によれば、従来は不可能であった、顕微ラマン散乱測定などで、偏光方向の違いの効果等をシミュレートできるようになり、測定結果をより正確にシミュレートできるようになる。この結果、Siデバイス中の応力分布効果をより高い精度で評価することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】 応力シミュレーションに用いた構造を説明する図。

【図 2】 図 1 の破線部の断面構造であって、電磁場解析に用いた構造を説明する図。

【図 3】 ラマンシミュレーションの結果の 1 次元マップであり、横軸は励起光の中心位置、縦軸は応力によるラマンピーク波数のシフト量である。左図が xx 偏光配置、右図が zz 偏光配置であり、マップ中の濃淡は各図の右側の濃淡レベル表示に対応する。

40

【図 4】 ラマンピークシフトの位置依存性、 xx 偏光配置・ zz 偏光配置でのラマン測定をシミュレートしたグラフと、応力シミュレーションの結果を直接ピークシフトに換算したグラフ。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

本発明では、一般的な顕微分光計測をシミュレートするために、以下のプロセスを行う。

a - (1) : 周波数 ω_0 の励起光光源を座標 (x_p, y_p, z_p) におき、光源から放射された光の測定試料構造中における強度分布を計算する。この時、光源はシステムの空

50

間分解能に応じたサイズを持たせる。また、測定に使う励起光の偏光方向を光源に設定する。

a - (2) : 試料内各点に、各点の励起光の強度に応じた強度の信号光を発する周波数 ω_s の光源を置く。光源の偏光方向は、検出する偏光方向を同じ方向に設定する。

a - (3) : 試料構造中におかれた各光源から放射されて顕微分光システムの対物レンズがあると想定する領域に到達した光の強度を周波数毎に積分し、検出される信号光強度 $I(x_p, y_p, z_p, \omega_s)$ を求める。

a - (4) : 励起光源の位置を逐次移動し、励起光源の各位置に対して上記計算プロセスを繰り返す。

a - (5) : 各励起光源の位置 (x_p, y_p, z_p) に対する $I(x_p, y_p, z_p, \omega_s)$ のマップデータを作成する。

【 0 0 1 0 】

上記は、一般的に顕微分光計測をシミュレートする手順であるが、顕微ラマン計測をシミュレートするときは、下記ようになる。

b - (1) : 励起光光源を座標 (x_p, y_p, z_p) に周波数 ω_0 の光源をおき、光源から放射された光の、測定試料構造中の強度分布を計算する。この時、光源はシステムの空間分解能に応じた大きさを持たせる。また、測定に使う励起光の偏光方向と同じ方向に偏光方向を設定する。

b - (2) : b - (1) で求めた試料中の励起光強度を用いて、試料の各点が放射する信号光、すなわちラマン散乱光強度を計算する。この時、ラマン散乱光の周波数 ω_s は、偏光配置から決まるラマン散乱に関与するフォノンモードの値を予め与えておく。歪みが入った試料の場合は、試料の各点の歪みテンソルを計算し、試料の歪み量から決まるラマン散乱光の周波数シフト量を計算し、ラマン散乱光の周波数を決める。光源の偏光方向は、検出する偏光方向を同じ方向に設定する。

b - (3) : 試料内の各点に b - (2) で求めた強度、周波数のラマン散乱光を放射する光源を置き、顕微ラマン測定システムの対物レンズがあると想定する領域に、各ラマン散乱光源から到達した光の強度を周波数毎に積分することにより、顕微ラマンシステムで検出されるラマン散乱光 ω_s のスペクトル $I(x_p, y_p, z_p, \omega_s)$ を求める。

b - (4) : 励起光源の位置を逐次移動していき、b - (1) から b - (3) までの手順を繰り返す。

b - (5) : 各励起光光源の位置 (x_p, y_p, z_p) に対して検出されるラマン散乱スペクトル $I(x_p, y_p, z_p, \omega_s)$ を計算しマップデータを作成する。

これにより、計測装置が有限の空間分解能を持つことや、測定時の偏光配置を反映したシミュレーションが可能となる。

【 0 0 1 1 】

ここで、ラマンスペクトル等の実際の光学信号はスペクトル幅を持つため、a - (2) や、b - (2) で、信号光の光源を与える時、単色光源ではなく、ローレンツ曲線、ガウス関数、フォークト関数等によるスペクトル幅を持たせた光源を設定する、或いは、a - (3)、b - (3) の信号光を検出する段階でローレンツ曲線、ガウス関数、フォークト関数等によるスペクトル幅を持たることにより、さらに正確に測定信号を再現できるようになる。

【実施例】

【 0 0 1 2 】

図 1 のように、Si 基板上に、高さ 100 nm、ゲート長 150 nm、ゲート幅 400 nm のメタルゲートをシミュレートする構造を設定する。メタルゲートの材質はタンゲステンとする。この構造で、メタルゲートから受ける応力の影響を、顕微ラマン分光で測定する過程をシミュレートする。

まず、タンゲステンゲートに初期応力 2 GPa を与え、その応力緩和を有限要素法で計算する。

次に、図 2 に示すようなゲート中央部での断面で、FDTD 法 (時間領域差分法) によ

10

20

30

40

50

る 2 次元の電磁場解析を用いたラマンシミュレーションを行う。ゲート側壁に垂直な方向を x 、高さ方向を y 、紙面に垂直な方向を z とする。 x 方向は Si の結晶方位の $[110]$ 、 y は $[001]$ 、 z は $[1-10]$ の方向であるとする。

x 方向の偏光で励起し、 x 方向の偏光のラマン信号光を検出する過程 (xx 偏光配置) 及び、 z 方向の偏光で励起し、 z 方向の偏光のラマン信号光を検出する過程 (zz 偏光配置) のシミュレートを行う。具体的な過程は、以下のものである。最初に、 xx 偏光配置の場合の例を示す。

(1) : 波長 364 nm で強度 $P_w(x)$ の励起光光源を、ゲート上方 100 nm の $line_A$ 上に置く。光源は、幅 150 nm の平面波光源で、中心の x 座標は $x = x_p$ とする。励起光の偏光方向は、 x 方向とする。

(2) : 図 2 に示すように、 $P_w(x_p)$ から発した励起光の、 Si 表面から 2 nm 下の $line_B$ 上に 20 nm 間隔で配置した点 $P_s(x_i)$ における強度 $I_e(x_i, x_p)$ を、 $FDTD$ 法を用いて計算する。

(3) : 各点 $P_s(x_i)$ において、有限要素法によって計算した歪みテンソルを用いて、ラマン散乱に關与する Si の 3 つのフォノンモードの周波数を計算し、各モードに対応するラマン散乱光の周波数 ω_α ($\alpha = 1, 2, 3$) を計算する。また、応力がかかった状態での各点における Si のラマンテンソルを計算する。なお、ラマン散乱光の周波数、ラマンテンソルを求める方法は、非特許文献 1, 2, 3 に記載されている。

(4) : $P_s(x_i)$ 各点での励起光強度 $I_e(x_i, x_p)$ と、3 で求めたラマンテンソルを用いて、周波数 ω_α で、 x 偏光のラマン散乱光強度 $I_s(x_i, x_p, \omega_\alpha)$ を計算する。ラマンテンソルを用いてラマン散乱光強度を求める方法は、非特許文献 1, 2, 3 に記載されている。

(5) : (4) で求めた強度 $I_s(x_i, x_p, \omega_\alpha)$ 、周波数 ω_α 、偏光方向 x の点光源を各 $P_s(x_i)$ の位置におく。

(6) : 図 2 に示すように、 $FDTD$ 法を用い、各 $P_s(x_i)$ から発した光が Si 表面から 200 nm 上方の直線 $line_C$ の点 $P_t(x_k)$ に到達した光の強度 $I_t(x_k, x_i, x_p, \omega_\alpha)$ を求め、 $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ の周波数毎に線上で積分した強度 $TL(x_p, \omega_\alpha)$ を求める。

$TL(x_p, \omega_\alpha) = \sum_{i, k} I_t(x_k, x_i, x_p, \omega_\alpha)$ (i, k について和をとる)

(7) : Si のラマンスペクトルは、通常ローレンツ曲線なので、最終的に検出されるラマンスペクトルを以下の式のように求める。

$$I(\omega, x_p) = TL(x_p, \omega_1) / [(\omega - \omega_1)^2 + w_1^2] \\ + TL(x_p, \omega_2) / [(\omega - \omega_2)^2 + w_2^2] \\ + TL(x_p, \omega_3) / [(\omega - \omega_1)^2 + w_3^2]$$

ここで、 w_1, w_2, w_3 は、各モードのラマンスペクトルの幅で、 Si の場合、通常全半値幅が 2 cm^{-1} 程度なので、ここでは、 $w_1 = w_2 = w_3 = 1\text{ cm}^{-1}$ とする。

(8) : 励起光光源の位置 x_p を移動させ、各位置において同様の計算を行い、 $I(\omega, x_p)$ を求める。これにより、顕微ラマン分光で、励起光のスポット位置を走査して、マッピングを行う過程をシミュレートすることになる。

(9) : zz 偏光配置をシミュレートするには、励起光とラマン散乱光の光源の偏光方向を z として、1 - 8 の計算を行えばよい。

【0013】

図 3 に上記のようにして求めたラマンスペクトルのマッピング図を示す。横軸は、励起光光源の位置の x 座標、縦軸は、無応力時のラマンピークからのシフト量である。 $x = 0\text{ nm}$ がゲートエッジ、 $x = 75\text{ nm}$ がゲート中央の位置に対応する。図からわかるように xx 偏光配置の方が、 zz 偏光配置よりもゲートエッジ近傍の強度が強いことがわかる。これは、ゲート側壁に平行な z 偏光で励起した時は、ゲート側壁近傍の Si 領域の励起光強度が弱いことに起因する。

【0014】

図 4 にラマンスペクトルのピーク波数を励起光の位置の関数としてプロットしたグラフを示す。x x 偏光配置、z z 偏光配置および、比較のため、S i 層の歪みテンソルのみを用いて計算したラマンピークシフトをプロットしたものも示す。

タンゲステンゲートはその下の S i 層に引っ張り応力を与えるため、歪みテンソルのみから計算したグラフでは、ゲートの下からエッジ近傍（エッジから 40 nm 程度）にかけてラマンピークシフトは負になり、エッジから約 40 nm より外側は、ゲートの外側の S i が圧縮応力を受けることを反映して正となっている。x x 偏光配置の測定をシミュレートした結果は、このことを反映して負の値になっている、一方、z z 偏光配置の場合、エッジ近傍の S i を励起することができず、ゲートエッジから離れた領域しか励起できないため正の値となっている。

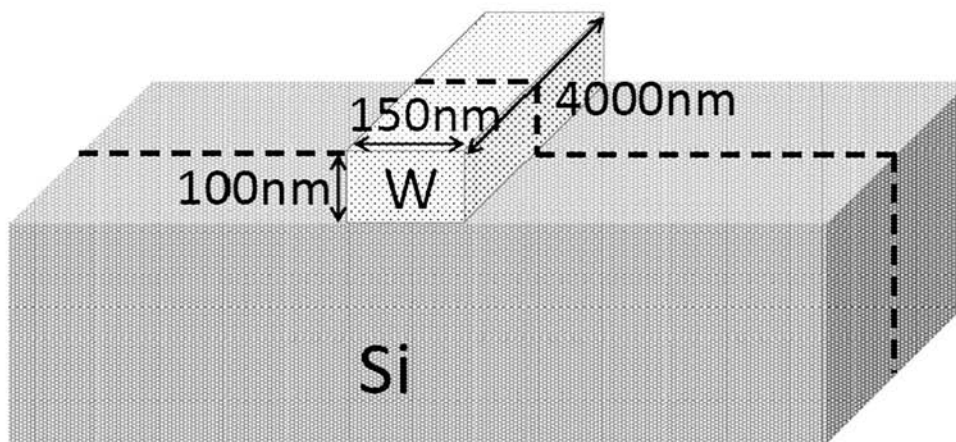
このように、我々のシミュレーション手法を用いることにより、偏光方向の違いによる測定データの変化を再現することが可能となる。

【 0 0 1 5 】

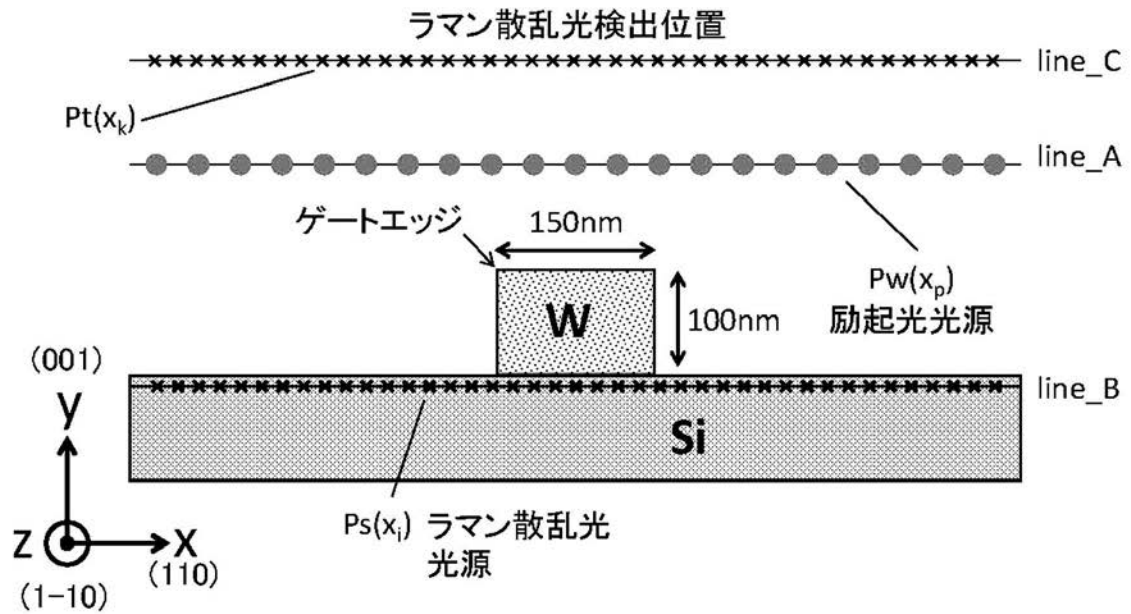
尚、本実施例では、計算時間を短縮するために、F D T D は、2 次元モデルでの計算を行い、ラマン散乱の光源を l i n e _ B 上にのみ置いて計算したが、十分な計算リソースがあれば、3 次元モデルを用い、ラマン散乱光源も励起光が届く全ての（F D T D シミュレーションで用いる）メッシュ点上に置いて計算することにより、一層精度の高い計算が可能となる。

また、本計算では、ラマン光源は単色光源で、最終的に検出されるラマンスペクトルを計算する時点、すなわち（ 7 ）でローレンツ曲線の幅を持たせたが、（ 5 ）の段階で光源としてローレンツ曲線のスペクトルを用いて計算しても、同じ結果が得られる。

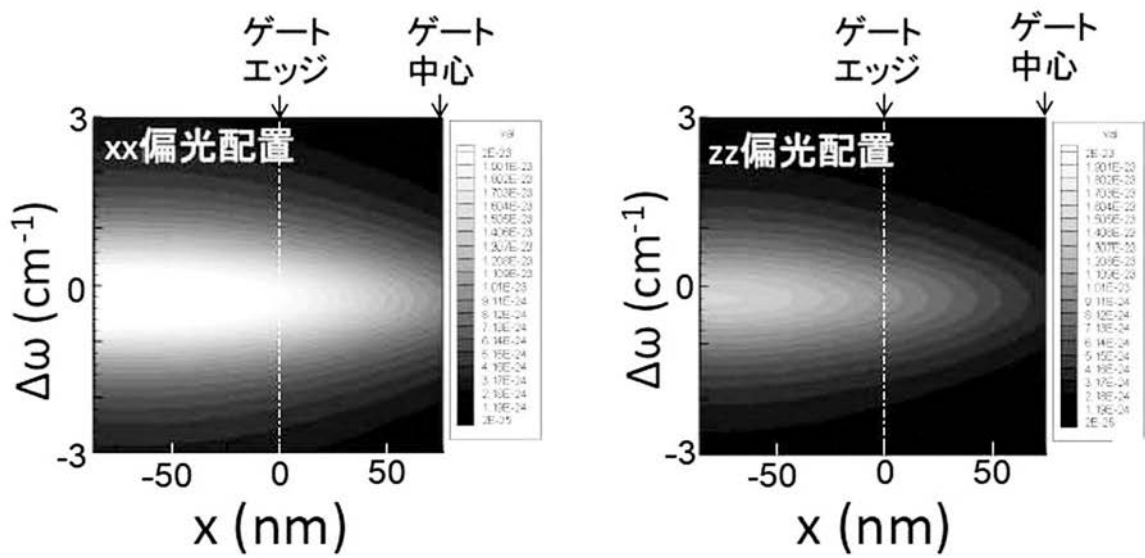
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

