

3次元応力解析シミュレーター

光学顕微鏡を使ってナノメートルレベルで解析



多田 哲也

ただ てつや
t-tada@aist.go.jp

ナノエレクトロニクス研究部門
ナノスケール計測・プロセス
技術研究グループ
研究グループ長
(つくばセンター)

私たちのグループは、半導体デバイスおよびデバイス材料をナノスケールで計測評価する技術の研究開発を行うとともに、原子・ナノスケールで制御された材料を用いたデバイスの開発を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

藤田 和久 (先端力学シミュレーション研究所)、佐藤 章 (富士通セミコンダクター株式会社)、ウラジミール・ポポロッチ、有本 宏、福田 浩一、金山 敏彦 (産総研)

● 参考文献

T. Tada *et al.*: *Appl. Phys. Lett.*, 101, 243511 (2012).

● 用語説明

* 時間領域差分法 (FDTD) : 電磁場の基礎方程式であるマクスウェル方程式を数値的に解く電磁場解析の手法の一つ。

** 有限要素法 (FEM) : 解析的に解くことが難しい微分方程式を数値的に解く手法の一つ。

*** FinFET : トランジスタのチャンネル部が従来デバイスのように平面的ではなく、フィン (Fin) のような立体構造をもつ電界効果トランジスタ (FET) で、不純物ゆらぎによる特性ばらつきが抑えられ、従来の平面型トランジスタ固有の微細化に伴うばらつき増大という課題を解決できる。

● プレス発表

2012年9月11日「微細シリコンデバイスのための3次元応力解析シミュレーター」

応力解析の必要性

先端半導体デバイスでは、電子や正孔などのキャリアが流れるチャンネル領域に応力 (機械的ひずみ) を積極的に加えて、キャリアをより流れやすくする高速化・高性能化が行われています。しかし、応力にばらつきがあるとトランジスタの性能にばらつきが生じるため動作電圧を十分に下げることができず、消費電力を抑えられません。したがって、デバイスの低消費電力化を実現するには、応力のばらつきを抑える必要があります。このような背景から、デバイス内部の応力分布を高い空間分解能で評価できる手法が求められています。

3次元応力解析シミュレーター

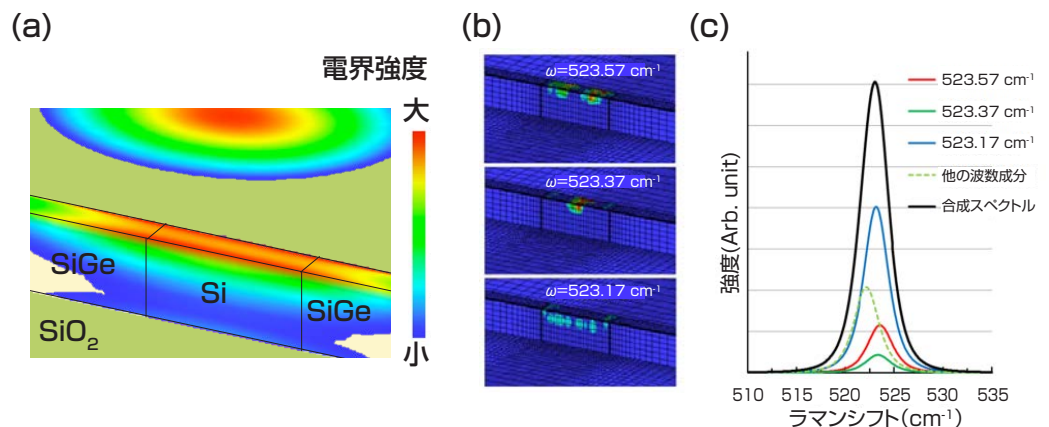
そこで私たちは、微細シリコン (Si) デバイスに加えられている応力をナノメートルレベルの空間分解能で解析できる3次元応力解析シミュレーターを開発しました。これは、光学顕微鏡を用いた顕微ラマン分光法による応力分布測定の際に、デバイス構造による光の強度分布の変調を計算するシミュレーション技術です。今回、開発したシミュレーションシステムでは、ラマン散乱測定の際の励起光と散乱光の伝播を、時間領域差分法 (FDTD) * による電磁場解析で計算し、有限要素法 (FEM) ** による応力解析と

ともに用いています。

図 (a) は、FinFET*** 構造における励起光の強度分布を今回開発したシミュレーターによって計算したものです。二酸化ケイ素 (SiO₂) 層の上に形成されたSiのチャンネル部は、両端のシリコン・ゲルマニウム (SiGe) 合金によって応力が加えられています。この構造により励起光の強度分布が変調され、チャンネルのエッジ部分近くの励起光強度が特に強く、計測されるラマン散乱光には、エッジ部分近くの散乱光が強く反映されることとなります。図 (b) には、Siのラマン散乱光が散乱されている様子を波長ごとに示します。場所によって応力の大きさが異なるため、それに応じて波長の異なるラマン散乱光が散乱されています。図 (c) は解析結果から得られる各ラマン散乱光のスペクトルとそれらを合成したラマンスペクトルです。この合成スペクトルが実際の測定で得られるラマンスペクトルに相当します。応力解析を調整して、実測したスペクトルとのずれがなくなれば、シミュレーションによる最終的な応力値が決まります。

今後の予定

今後は、開発した測定評価技術を組み込んだラマン計測システムの製品化を図るなど、広く社会に還元していく予定です。



(a) 今回開発したシステムによって計算した FinFET 構造における励起光の強度分布

(b) 側壁から散乱されている波長ごとに示したラマン散乱光の様子

(c) 解析結果から得られる各散乱光のスペクトルと合成されたラマンスペクトル