

実施企業名：株式会社 東京インスツルメンツ

研究課題名：ひずみ Si プロセス計測用近接場ラマン分光装置の開発

## 1. 研究の概要

先端 Si 半導体技術では、引張り・圧縮ひずみをチャンネルにかけるひずみ Si 技術が必須となっているが、現在のところ、この技術に対して適切な評価方法が無いため製造歩留まりが悪く、数十 nm の空間分解能でのひずみ分布計測が求められている。

ラマン分光法は、Si ピークの微小シフトから引張り・圧縮応力値を定量的に直読できる計測法であるが、光の回折限界から 200 nm 以下の空間分解能での評価に対応できなかった。この制約を超える方法として、金属コートした鋭利なプローブの先端径オーダ (~ 50 nm) の空間分解能が得られる、反射型近接場ラマン分光装置の開発が期待されているが、現状では世界中のどのメーカーも実用レベルの開発に成功していない。

本研究では、高空間分解能を有し 2 次元イメージとしてひずみ分布計測が可能な反射型近接場ラマン分光装置の開発を行う。

## 2. 研究目標の達成状況と実用化への展望

概ね期待通りの成果が得られ、既に事業の立ち上げも行われたことから、今後の事業展開が期待される。

### 研究目標の達成状況

| 研究目標  | 達成状況  |
|---|---|
| 反射型近接場ラマン分光装置を製作する。目標は下記の通り。<br><br>・空間分解能 50 nm<br>・測定面積 100 × 100 μm<br>・スペクトル分解能 0.3 cm <sup>-1</sup><br>・スペクトル位置安定性 0.1 cm <sup>-1</sup><br>・ひずみ測定精度 0.01%<br>・測定時間 5 分 (1 × 1 μm 領域) | 試作機及び、より実機に近い形であるプロトタイプ機を製作し性能評価を行った。その結果、測定時間の項目以外については、目標性能を達成した。具体的な達成状況は下記の通り。<br><br>・空間分解能 20 nm<br>・測定面積 100 × 100 μm (ステージ可動範囲)<br>・スペクトル分解能 0.3 cm <sup>-1</sup><br>・スペクトル位置安定性 0.02 cm <sup>-1</sup><br>・ひずみ測定精度 0.003%<br>・測定時間 約 15 分 (1 × 1 μm 領域) |

### 採択企業における実用化への展望

反射型ラマン分光装置について販売活動を行っており、2 台の納入実績がある。今後は、営業・デモ測定を通して得られたユーザーの声を取り入れながら装置の完成度を高めていくとしている。尚、現時点での装置価格は 1 台 4,000 ~ 4,500 万円であるが、多くの需要に応えるために 1 台 2,500 ~ 3,000 万円の新規機種を開発中とのことである。

### 3. 総合所見

#### (総合)

概ね期待通りの成果が得られ、既に事業の立ち上げも行われたことから、今後の事業展開が期待される。

本研究では、高空間分解能で Si のひずみ分布計測が可能な反射型近接場ラマン分光装置の開発が行われた。その結果、近接場ラマン分光装置のプロトタイプ機が完成し、測定時間の目標を除けば、当初の目標性能を達成している。Si のひずみ分布計測は様々な分野からの期待が高いものの非常に難度の高い課題であった。本技術の実現による社会的なインパクトは非常に大きく、今後の発展に向けた更なる改良・開発が期待される。

#### (詳細)

近接場ラマン分光装置としては、垂直照明 AFM 一体型装置のプロトタイプ機が完成している。1×1 μm 領域の測定時間の目標を除けば、空間分解能や測定面積などにおいて当初の目標性能を達成している。金属コートプローブの最適化など、装置の完成度を高めていく上での技術的な課題は残されているが、今後の取り組みの中で解決されていくものと期待できる。

知的財産権に関しては、研究期間中に 1 件の特許出願がなされており、その他の技術については、当面の間、社内ノウハウとして蓄積する戦略を取るとしている。今後とも開発研究の進捗状況に応じた知的財産戦略を進めてもらいたい。

本技術は既に販売が行われており、今後の事業化に向けた道筋は概ね明確化していると評価されるが、事業化に向けて、実試料の測定例の更なる蓄積が必要であると考えられる。他の測定法やシミュレーションによりひずみ分布が既知の試料について、開発した装置にて計測を行い、正しくひずみ分布が計測できていることを実証していく必要がある。そのために、ひずみ計測の専門家やデバイスメーカーとの協力を積極的に行っていくことが求められる。

ナノオーダーの空間分解能でひずみ分布計測が可能な測定器は、半導体産業を初めとした様々な分野の基盤を支える技術として注目されている。難易度が高く実用化レベルの開発が実現していなかった本技術が、社会に与えるインパクトは非常に大きいと考えられるため、早期の測定例の蓄積と市場への参入による産業化へ向けた取り組みを期待したい。