

## S20200223\_01\_Penn State

将来のエレクトロニクス、センサ向け [2D 材料](#) の欠陥検出法

エレクトロニクスデバイスを一段と縮小し、エネルギー消費を減らすために半導体産業は、2D 材料の利用に関心を持っているが、メーカーは、その材料がデバイス製造に適しているかどうかを判断するためにこれらの材料の欠陥を素早く、正確に検出する方法を必要としている。今回、ペンシルバニア州立大学の研究チームは、2D 材料の欠陥を迅速かつ高感度に特性評価する技術を開発した。

2D 材料は原子厚であり、最もよく知られたグラフェン、炭素原子の単原子厚である。

「人々は、欠陥のなしで、これらの 2D 材料を造ろうとしてきたが、それは究極目標である。われわれは、少なくとも許容できる欠陥数の 4 インチウエファで 2D 材料を欲しいが、それを迅速に評価したい」とペンステートの物理学教授、**Mauricio Terrones** は話している。

研究チームのソリューションは、第二次高調波発生(SHG)と組み合わせたレーザ光を使うことである。研究チームは暗視野イメージングを加える。これは、欠陥が見通せるように外部光を除去する技術。研究者によると、暗視野イメージングが使われるのはこれが初めてである。標準的な明視野イメージング法の 3 倍の明るさがあるので、以前には見えなかったタイプの欠陥を見ることができる。

「一般に使われている明視野 SHG で欠陥を局所化、同定することは限界がある。2D 材料の異なる粒子間の干渉効果のためである」と **Nano Letters** に発表された論文のシニアオーサ、**Leandro Malard** は説明している。「この研究では、暗視野 SHG の利用により、われわれは干渉効果を除去し、半導体 2D 材料の粒子境界とエッジを明らかにすることを示した。そのような新しい技術は、空間分解能が優れており、産業規模で製造される材料の品質モニタに使用可能な、大面積サンプルのイメージングができる」。

また、ペンステート物理学、材料科学・工学名誉教授、**Vincent H. Crespi** は、「結晶は原子でできている。だから、原子の場所が違った、結晶内の欠陥も原子サイズである。

通常、電子ビームを使う顕微鏡には、強力で高価、遅い実験プローブを使い材料のそのような細部を判別する必要である。ここでは、われわれは高速で利用しやすい光学法を使う。これは、欠陥自体から信号を引き出し、2D 材料が様々な方向を向いた粒子からどのように構成されているかを迅速かつ高信頼に見つけ出す」と説明している。

半導体産業は、製造ラインで欠陥をチェックする能力を欲しがっているが、Terronesによると、2D 材料は、それらがエレクトロニクスに利用される前にセンサで用いられようである。2D 材料は柔軟であり、非常に小さなスペースに組み込めるので、小さく、フレキシブルなセンサを必要としている、スマートウォッチ、スマートフォン、その他多くの場所で多数のセンサの格好の候補である。

「次のステップは、ゼロ次元欠陥をマッピングするための実験セットアップの改善、例えば原子空孔である。また、それを様々な電子的、構造的特徴を提供する他の 2D 材料にも拡張する」と Terrones グループの前客員研究者、論文の主筆、Bruno Carvalho は話している。

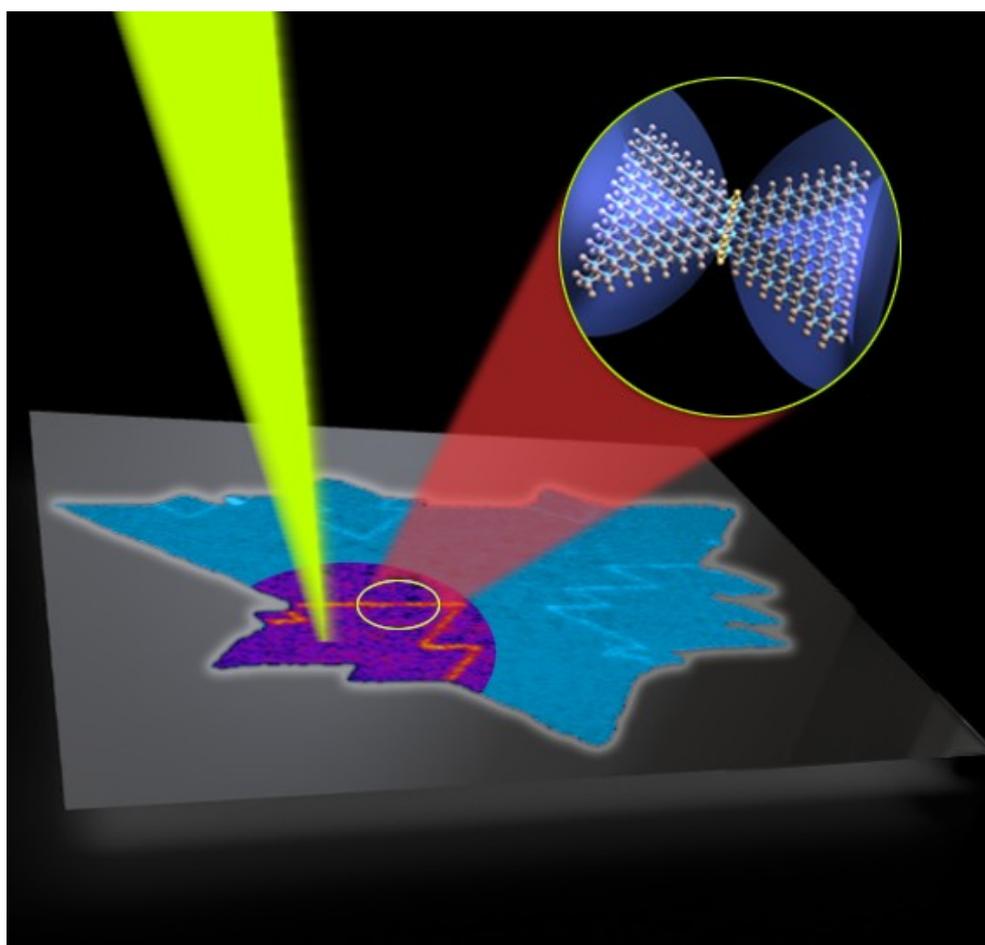


図 1 レーザビーム(黄色)は、2D 材料から反射され、原子光子内の粒子境界欠陥を際立たせる(IMAGE: MRI/PENN STATE)。