

## 2D 材料のモアレパターンの光熱ねじれ励振 AFM イメージング

キーワード：2D 材料，モアレパターン，ねじれ共振，光熱励振，高解像度イメージング

### 2D 材料とモアレパターン

近年、2D 材料は、革新的な電子デバイス、光学デバイス、量子デバイス、エネルギー貯蔵、超伝導、そして生体センサーなど、幅広い応用が期待される興味深い研究テーマとして注目されています(1,2,3,4,5)。特に、個々の層の間に特定の方向やねじれ角を持たせて積層することで、多くの新しい特性が生まれます(6,7,8)。したがって、材料の特性を調べる際には、層の相対的な方向を正確に決定することが重要です。類似した層を特定のねじれ角で重ねると、モアレパターンまたはモアレスーパーラティス構造が生成されます (図 1)。モアレパターンの周期性は、層の格子定数と相対的な方向に特有です。したがって、モアレパターンの画像は、層のねじれ角を測定するために使用できます。原子間力顕微鏡 (AFM) は、X 軸、Y 軸、Z 軸の原子スケールの解像度と、表面形状や電

氣的、機械的特性を調べるためのさまざまなイメージングモードを備えているため、2D 材料におけるモアレパターンの測定に非常に適しています。

### ねじれ共振と高解像度イメージング

多くの AFM 操作法では、カンチレバーが共鳴モードで励起され、その共鳴の周波数、振幅、または位相が測定されます。カンチレバーがねじれまたは横方向の共鳴モードで励起されるねじれ共振イメージングは、さまざまな用途で高解像度イメージングを実現する強力な技術として注目されています(9,10)。他のカンチレバーの固有モードとは異なり、ねじれ共振ではカンチレバーの高い Q 値と横方向およびねじれモードでの剛性の増加により、垂直方向のプロブ運動と比較して、イメージング中の力感度が向上します。ねじれ共振イメージングでは、横方向の解像度を高めるために小さい振幅が望ましく、

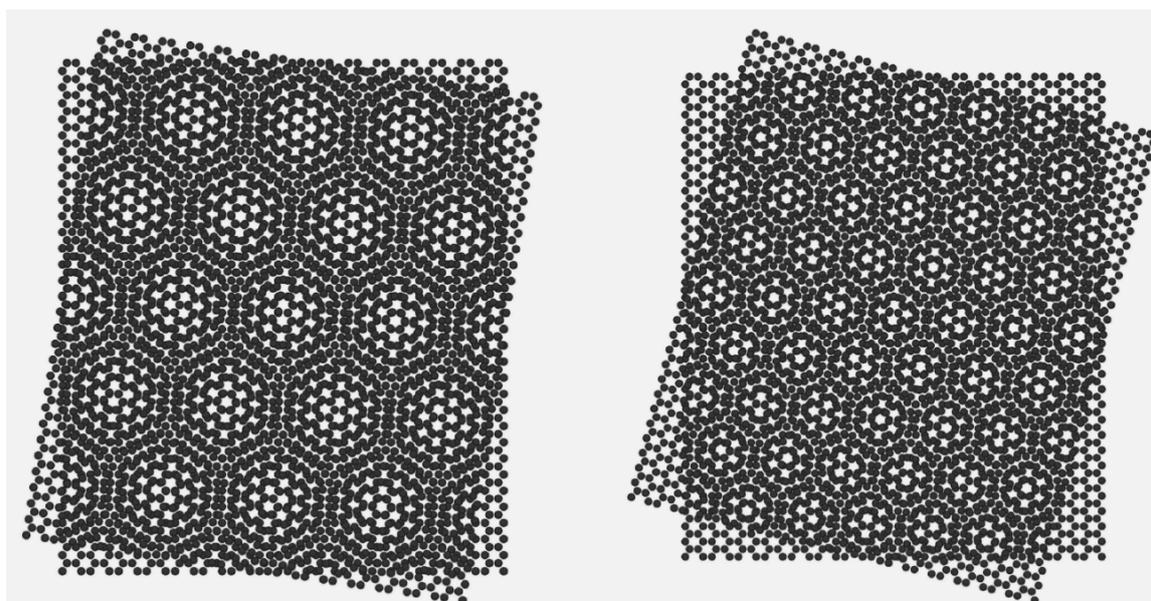


図 1 2 層のグラフェンが異なる回転角度で重なった時の模式図。積層した 2 次元材料の特性が回転角度の影響を受ける。