走査型プローブ顕微鏡用ダイヤモンドプローブ付カンチレバーの開発

1．序　論：　走査型プローブ顕微鏡（SPM）は今日、その検出信号の多彩さと高い空間分解能の特徴から、電気電子分野、生物科学分野、光学分野など、基礎研究分野から量産品質管理にいたる多種多様な応用展開が図られている。さらに、観察・計測機器の枠を超えて、機械加工分野への応用展開が試みられている。通常 SPM のカンチレバープローブは、珪素、窒化珪素、ガラス、タングステン等が主として用いられるが、機械加工用途には、ダイヤモンド等の堅牢な材料がプローブ材料として用いられる。本研究では、ダイヤモンドプローブの特質を生かした機械加工と加工後の SPM 測定に適当な、比較的高い機械剛性を有するカンチレバーを珪素又はステンレス等を用いて製作し、ダイヤモンドプローブを利用した微細加工技術の検討を行っている。

2．理　論：　SPM 用カンチレバーの振動は、先端に集中荷重のついた片持ち梁の振動で近似できる。空気抵抗等を無視した場合のステンレス(SUS304)のカンチレバーの基準モード振動の解析結果を図１に示す。変位量は誇張して記載している。

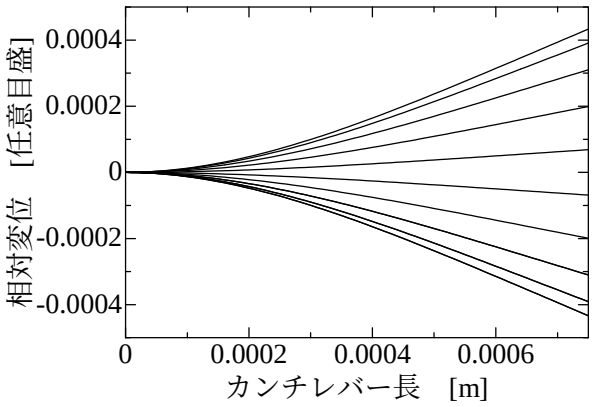

図１：カンチレバーの振動変位計算

機械共振周波数等の理論計算値、実験計測値は昨年度の報告を参照されたい。

3．製　作：　バルク珪素単結晶製カンチレバーの試作品の走査型電子顕微鏡写真を、図２に示す。機械加工を行うために、高い機械剛性と加工段差等に対応するために十分な加工変位量をとれる構造寸法としている。ねじれ剛性を向上し、カンチレバー長手方向に垂直な方向での加工にも有利な形状としている。また計測を主とする比較的剛性の低いカンチレバーは、SOI 基板を用いて、カンチレバー厚みを正確に制御することができた。

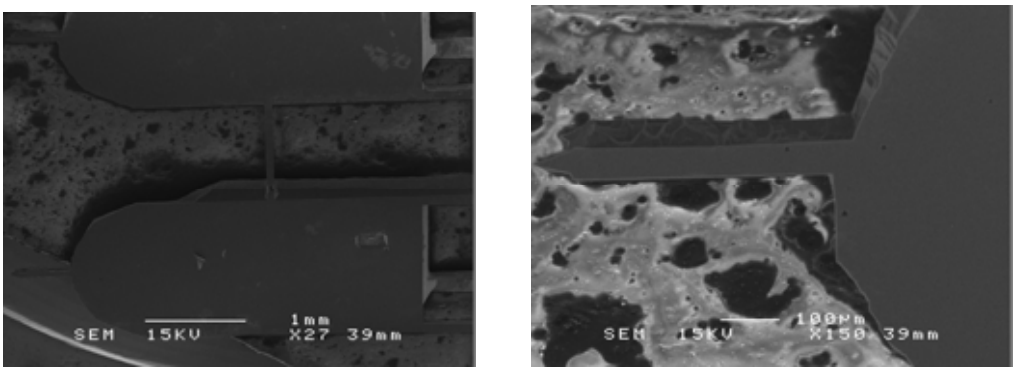

図２：バルク珪素単結晶カンチレバー

４．<u>加工実験：</u>　製作したカンチレバー先端にダイヤモンドプローブを実装し、先鋭化処理を施したカンチレバープローブを用いて、機械加工処理を施した事例を図３示す。同図は、GaAs 単結晶基板表面に、直接加工を試みた事例である。幅 10nm 程度で加工深さ 10nm 程度の加工が可能であった。

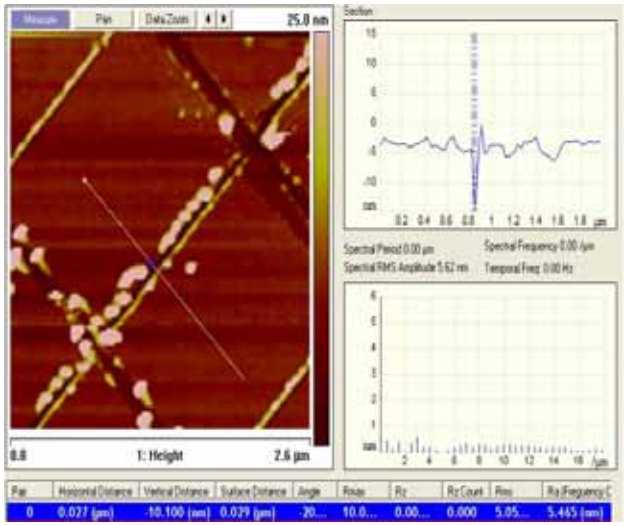

図３：GaAs 単結晶基板のダイヤモンドプローブによる直接加工事例

５．<u>結　論：</u>　走査型プローブ顕微鏡を用いた機械加工用のダイヤモンドプローブ実装カンチレバーの設計製作と、その機械特性評価ならびに、製作したカンチレバープローブを用いた半導体基板の直接加工をおこなった。その結果、10nm オーダー程度の線幅の加工が、可能であった。勿論、従来よく加工の対象とされているポリカーボネイト等のプラスチック基板でも、同様な線幅の加工が可能である。今後は、さらに加工状態モニター等が可能な高機能なカンチレバープローブの開発をおこなってゆく予定である。