

半導体のナノ薄膜とナノスケール表面層評価が可能に

極紫外顕微ラマン散乱分光システムの開発

次世代半導体として注目されているシリコンカーバイド(SiC)や窒化ガリウム(GaN)などのワイドギャップ半導体は可視のレーザー光に対して透明で、光は試料内部深くまで侵入する。従って、可視レーザー光を励起光源とするラマン散乱や蛍光測定では、表層からの信号が試料内部で生じる強い信号に隠れてしまい、表面層を定量評価・解析することが難しかった。

当研究センターではワイドギャップ半導体の表層を非破壊で調べることを目指して、これらの半導体に対して、侵入長が非常に短い極紫外(DUV:Deep Ultra Violet)光を励起光として用いた顕微ラマン分光システムを最近構築した。

このシステムは488nmのアルゴンレーザー連続光の2通倍波(244nm)を光源として使用しており、光の反射損失を極限まで減らした明るい分光システムである。顕微鏡部は反射型カセグレン鏡を対物鏡として使用しており、色収差を無くすると共に紫外光照射による光学部品の劣化を防いでいる。焦点距離が1.5mの主分散分光器の前にフィルター分光器を設置したので、非常に低波数領域のラマンバンドが測定でき、ワイドギャップ半導体のみならずほとんど全ての半導体の表面層測定が可能になった。

このDUV顕微ラマン分光システムの最大の特徴はナノレベルの半導体表面層が評価できることにある。このシステムを用いて200nm厚の

SiC エピタキシャル膜の結晶性や結晶多形の評価、200nm深さのイオン注入層の損傷の度合いを判定し、さらに熱処理による損傷層の結晶性の回復を調べることができた。また、機械研磨によるSiCの損傷を定量的に評価することも可能になった。一般的に半導体基板の表面仕上げは、エピタキシャル成長やデバイス作製に重要な影響を及ぼすので、ウエーハー表面の研磨仕上げの非破壊検査は大切な技術である。本検査技術により、わずか0.25ミクロン径の砥粒を用いた機械研磨の場合でも、表面の電気的特性に影響を及ぼす欠陥が残存していることを検知できた。イオン注入層の欠陥は注入後の熱処理で減少するが、この残留欠陥の検出、また注入イオンの電気活性化率の推定などをラマンスペクトルの解析から行うことができた。この結果はイオン注入条件、熱処理条件の最適化の指針を与えるものと期待される。

最近高速デバイス材料として話題となっている歪みシリコン薄膜の評価にもDUVラマン分光法が有効であることが分かってきた。極紫外光はSiに対して2~5nmしか侵入しないので、数ナノメートル厚のSi膜の歪みが計測できた。さらに数ナノメートルのHEMTデバイス作製に重要なGaN超薄膜のラマン計測が可能になった。将来半導体表面層評価手法としての極紫外ラマン分光法に対する期待は大きい。

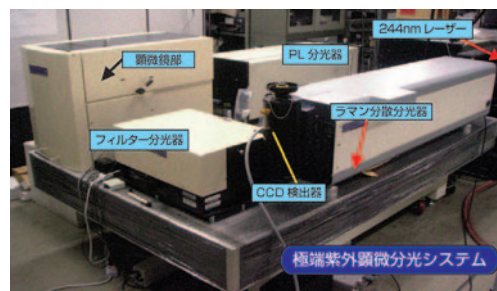


図1(上) 開発した極紫外(DUV)ラマン顕微分光装置の写真

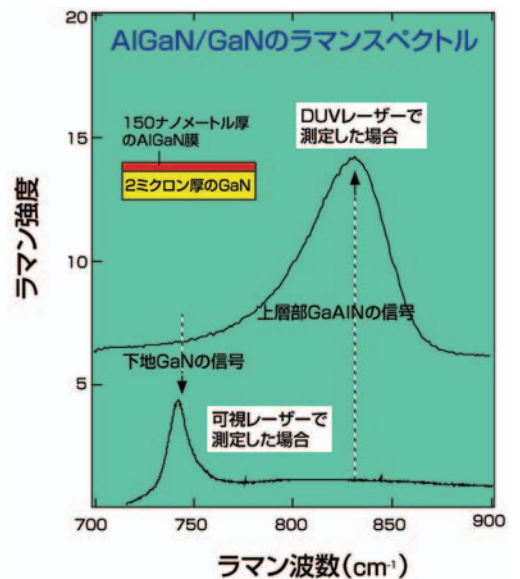


図2(右) 極紫外レーザーと可視レーザーを用いて測定したAlGaIn/GaNのラマンスペクトルの比較

可視レーザーに対して、AlGaInからの信号は全く見えない。



なかしましんいち
中島信一

nakashima-s@aist.go.jp
パワーエレクトロニクス研究センター

関連情報

● 共同研究者: 奥村元, 三谷武志 (パワーエレクトロニクス研究センター)

● S. Nakashima, H. Okumura, T. Yamamoto, R. Shimidzu: Applied Spectroscopy, Vol. 58, 224 (2004).

● 本研究における装置開発は平成13年度経産省地域新生コンソーシアム研究開発事業の一環として行われた。