

1Pp091 キャビティリングダウン法を利用した固体表面吸着種の超高感度光吸収分光：超高真空対応装置の開発

(コンボン研・豊田工大) ○江頭和宏、寺寄 亨、近藤 保

【序】 高感度な光吸収分光法として知られるキャビティリングダウン法(CRDS)の測定対象はこれまで希薄な気相の試料に限定されてきた。CRDS では損失が小さな光共振器を利用するため、セル中の溶液や固体表面上の吸着分子・クラスター等の試料では、数%にのぼる試料表面での反射損失が特に問題となり、測定は一般に困難である。我々は、光学的に平坦な固体基板であれば、反射光を再び共振器モードに戻すように精密な調整を行なって、基板表面での反射損失を十分に抑制し、測定が可能であることを実証した。現在、この原理を応用して、固体表面上の極微量な吸着分子の振動分光等に適用できる新しい超高感度表面分析法の開発を進めている。表面試料の清浄化処理と光共振器内への装着及び光共振器の光学系調整を超高真空下で行なうように設計・製作した実験装置について報告する。

【実験装置】 製作した実験装置の模式図を図1に示す。これは、CRDS 測定を行なうための分光測定用真空槽と、固体表面試料を調製・運搬するための移送用真空槽とで構成されている。この装置を以下の手順で操作して実験を行なう。

- (1) 清浄表面の調製・保管：分光測定用真空槽と移送用真空槽とは切り離し、独立に排気する。まず移送用真空槽上部の試料準備室で基板表面の清浄化処理を行なう。例えばシリコン基板の場合には、基板を取り付けた試料ホルダーを処理台に装着し、通電加熱する。清浄化した表面試料を、トランスファーロッドによって移送用真空槽下部の試料保存室Aに試料ホルダーごと輸送し保管する。試料は、回転導入機の先に取り付けられたリボルバー状のホルダーに、同時に4つまで保管することができる。清浄な表面試料を全て移し終えたら移送用真空槽の上下を仕切るゲートバルブを閉じ、真空槽下部の試料保存室Aはイオンポンプで排気して超高真空に保つ。一方、上部の試料準備室は大気圧に戻して可動状態にする。
- (2) 清浄表面試料の移送：移送用真空槽をクラスターデポジション装置まで移動し、両者をベローズを介して連結する。この間、試料保存室Aは超高真空に保たれる。
- (3) クラスターデポジション：移送用真空槽上部を再び排気した後、上下を仕切るゲートバルブを開け、2本のトランスファーロッドを使って、試料基板を試料準備室Aを經由してデポジション装置内部に輸送する。試料基板上にクラスターをデポジットし、その後、再び試料基板を試料保存室Aに戻し、上下を仕切るゲートバルブを閉じる。
- (4) クラスター吸着した表面試料の分光測定用真空槽への移送：移送用真空槽をデポジション装置から切り離し、光学台上の分光測定用真空槽のもとまで移動し、両者をベローズを介して接続する。超高真空まで排気を行なった後、移送用真空槽のゲートバルブを開き、トランスファーロッドによって、クラスターが吸着された試料基板を試料保存室Aから分光測定用真空槽上部の試料保存室Bへ輸送する。試料基板は共振器内に取り付けられるよう、試料ホルダーごと共振器挿入用ホルダーに装着する。この後、移送用真空槽を分光測定用真空槽から切り離し、移送用真空槽に付いたポンプの振動が分光測定用真空槽に伝わらないようにする。

(5) 共振器内試料マウントへの試料装着：光共振器周辺の模式図を図2に示す。試料保存室Bまで運ばれた試料基板は、トランスファーロードによって分光測定用真空槽下部の分光測定室にある光共振器の中心に、試料基板が光軸にちょうど垂直になるように挿入される。真空槽外から超高真空下の試料基板の角度を調整できるようにするため、高真空対応アクチュエータ(New Focus社、Picomotor)を組み込んだキネマチックマウントに試料基板を装着する。

(6) 共振器の調整：共振器長は20 cm程度であり、2つのミラーホルダーの間はインバーのロッドでつないで、安定な共振器が形成されるようにしている。また、ミラーの一方はピエゾ素子に載せて、共振器長を波長の精度で制御できるようにしている。CRDSの光源となるレーザー光はサファイア窓を通して、真空槽内部の光共振器に導入される。共振器の調整は真空槽外に置かれた2台のレーザーダイオードを用いて行なう。レーザーダイオードからの光を、光源レーザー光と同軸上に、同一方向と反対方向の2方向から共振器に入射し、共振器鏡からの反射光が入射光と空間的に重なるように共振器鏡の角度を高真空対応アクチュエータによって微調することで、真空槽外から共振器の調整を行なえるようにした。

(7) CRDS測定：CRDSの光源として3ミクロン帯で連続発振する単一モードの光パラメトリック発振(OPO)レーザーを用い、この出力を上述の光共振器に入力する。共振器長をピエゾ素子で掃引し、共鳴条件に達した後に音響光学素子で入射光を遮断して、共振器出力光の強度減衰レートを測定することで光吸収スペクトルを得る。

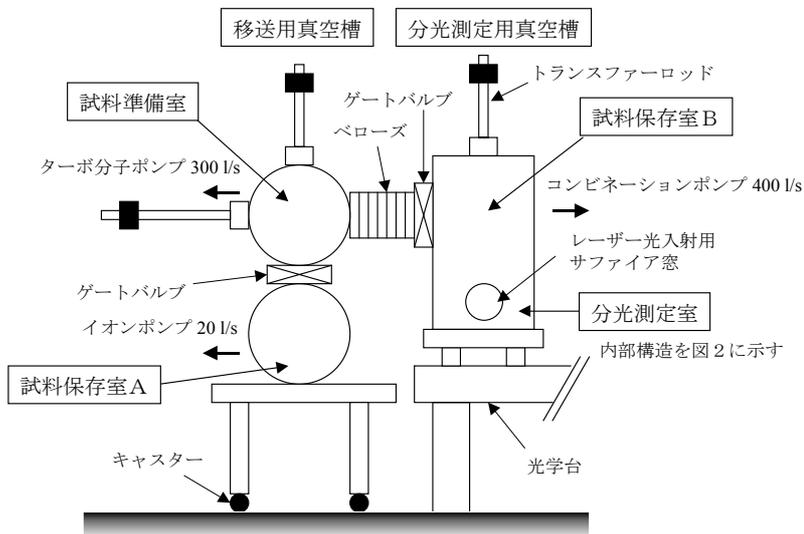


図1 真空槽の模式図（横から見た図）

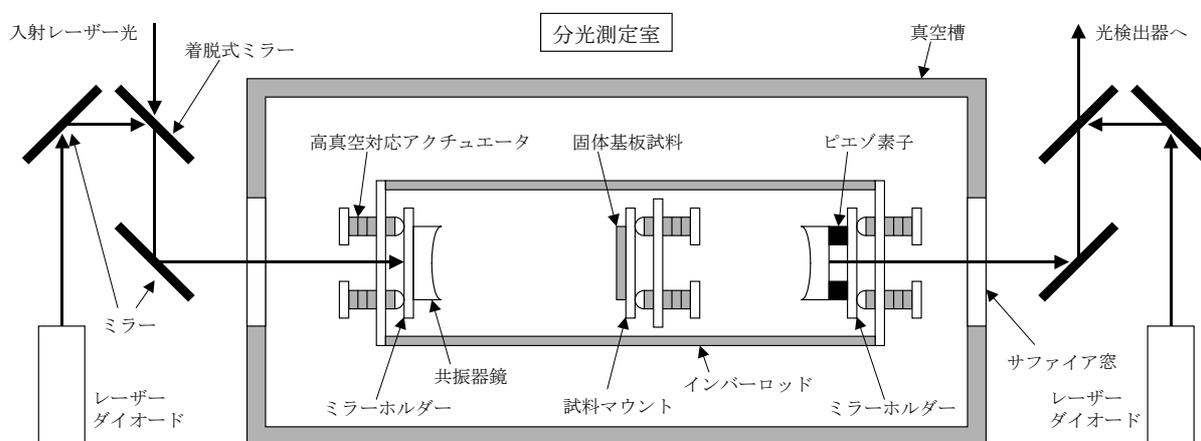


図2 光共振器周辺の模式図（上から見た図）