

1P028

フォントラップ法によるシリコン清浄表面上に吸着したエチレンの振動分光

(コンボン研*、豊田工大**)

江頭和宏*、寺崎 亨**、近藤 保**

【序】固体表面吸着種の光吸収を超高感度に検出する原理的に新しい手法として、フォントラップ分光法の開発を進めてきた[1, 2]。この手法は、光共振器中で光と試料とを相互作用させ、試料の光吸収によって光閉じ込め寿命が短縮されることを測定原理とする計測法であり、原理的に光源の強度変動の影響を受けないために極めて高い感度を得られることが特長である。

これまで、周波数領域の観点から測定原理を記述するために、光源として連続発振光を用いた実験を行ってきた。このとき、光は共振器中に定在波状に閉じ込められ、定在波の腹・節に対する固体基板の挿入位置や基板自身の光学位相に依存して表面吸着種による光吸収量が変化する。とりわけ、表面吸着種が定在波の節に位置する場合には光吸収が消失すること(透明化現象)を見出し[2]、例えば、基板の表面・内部の光吸収の独立測定や、共振器の透過率制御の可能性を指摘してきた。ところが、スペクトルの測定には、各波長毎に基板の光学位相に応じて測定条件を最適化するなど、煩雑さを伴う問題があった。

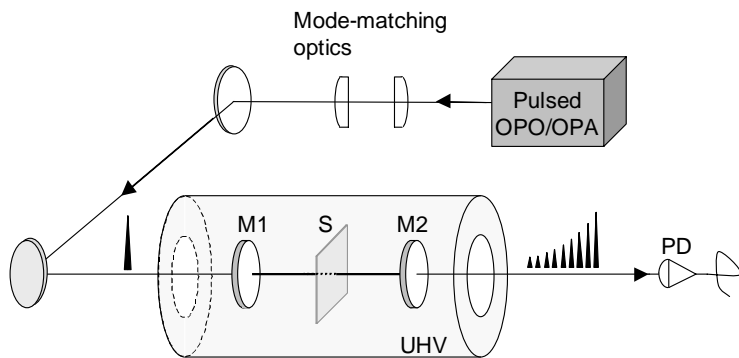
同様の寿命計測はパルス光を用いても可能である。このとき、表面吸着種は定在波ではなく進行波と相互作用するため、「透明化現象」のような光学位相に依存する現象は見られない[3]。つまり、基板の光学位相を気にせず波長掃引ができる点で簡便かつ迅速なスペクトル測定が可能となる。そこでパルス光源の持つこの利点を生かすことにした。

一方、真空中では光学系の調整が困難なため、これまでは大気中で安定な薄膜を試料として大気圧下での測定を行ってきたが、活性な吸着種を測定対象とする場合には、超高真空下での測定が不可欠である。表面試料の調製や光共振器の光学系調整を超高真空下で行なう実験装置をこれまでに設計・製作してきており[4]、これをパルス光源によるフォントラップ法と組み合わせた、超高真空下の赤外スペクトル測定の現状を報告する。

【実験】(1) 試料の調製：両面が光学的に平坦な Si(100)ウェハ(厚さ 0.6 mm)を基板として用いた。超高真空下で通電加熱により Si(100)清浄表面を調製し、エチレン分子を吸着させた後、超高真空下でトランスファーロードを用いてフォントラップ共振器(共振器長 25 cm)の中心に、光軸と垂直に挿入した。エチレン分子の赤外スペクトルを測定して、吸着状態を調べることが本実験の目的である。

(2) 分光測定：実験装置の模式図を図 1 に示す。パルス赤外光源として Q スイッチ Nd:YAG レーザーを励起源、KTP/KTA 結晶を非線形光学媒質とする OPO/OPA システ

ムを用いた。この出力光をフォントラップ共振器へ入射し、共振器出力光を InSb 赤外線検出器で受光した。真空槽外から共振器の調製を行なえるよう高真空対応アクチュエータを用い、試料基板(S)による共振器損失が最小になるように基板位置を精密調整した。試料基板は共振器内に挿入されており、光軸上からは見ることができない



ため、ガイド光を光軸に対して斜めに入射してその反射光をモニターすることで、試料基板の角度を確認した。試料基板の有無による減衰レートの差から試料の光吸収量を求め、波長を変えながら測定を繰り返すことで吸収スペクトルを測定した。

図 1 実験装置の模式図

【結果】スペクトル測定において、パルス光源を用いた測定に特有の問題が生じた。つまり、連続光源を用いた際に見られた「透明化現象」のような顕著な光学位相の依存性は現れないが、シリコン基板の干渉フリッジに由来する周期的な振動構造が吸収スペクトルに重畳される場合があった。とりわけ、入射光のビームプロファイルが共振器の TEM_{00} モードに整合していないときにその影響が大きく、表面吸着種に由来する微弱な吸収を上回るほどであった。これは恐らく、高次の横モードの方が光学位相の影響を受けやすいためであると推測される。さらに、 TEM_{00} モードに比べて空間的な広がり大きい高次モードは、シリコン基板挿入による光学損失も大きく、閉じ込め寿命計測の精度を大きく低下させた。従って、入射光のモード整合をとり、高次モードの寄与を抑えることが、信号対雑音比のよい吸収スペクトル測定には不可欠であることが分かった。なお、単一モードの連続発振光源の場合には、共鳴条件の共振器長の違いから、 TEM_{00} モードを選択的に観測することができるため、高次の横モードに由来する問題は生じない。2枚のレンズを用いて入射光のプロファイルを TEM_{00} モードに整合させて、高次モードの寄与を低減する方針で測定条件を最適化した手順と、スペクトルの測定結果とを報告する。

[1] A. Terasaki, T. Kondow, and K. Egashira, J. Opt. Soc. Am. B, **22**, 675–686 (2005).

寺寄、江頭、近藤 分光研究、**56**, 62–65 (2007).

寺寄、間嶋、江頭、近藤 日本物理学会誌、**63**, (2008) 9月号掲載予定.

[2] K. Egashira, A. Terasaki, and T. Kondow, J. Chem. Phys. **126**, 221102 (2007).

[3] 江頭、寺寄、近藤 分子構造総合討論会 3P040 (2005).

[4] 江頭、寺寄、近藤 分子構造総合討論会 1Pp091 (2003).