

表面・界面(固体-液体-気体) 分子振動解析/非接触測定

# SFG分光システム (和周波発生)

- 接着・接合界面を非破壊・非接触で分子構造を測定
- 表面・界面の構造解析、大気中における表面化学反応、  
表面ダイナミクス、電気化学、エピタキシャル成長などの研究



デモ測定、承ります - 東京本社にて -

# 表面・界面(固体・液体・気体) 分子振動解析／非接触測定

SFG（和周波発生）分光は、二次非線形光学効果を利用した振動分光法です。この分光法は、高い界面選択性をもつため、表面もしくは界面の単分子層の分子振動構造・配向の解析が可能です。表面（界面）に赤外光の波長を掃引して測定することで分子をスペクトルより特定し、偏光方向の組合せ（SSP/SPS/PPP）を変えて測定することで、分子配向を解析することが出来ます。赤外光の波長範囲は  $4300 \sim 625 \text{ cm}^{-1}$  ( $2.3 \mu\text{m} \sim 16 \mu\text{m}$ )、分解能は  $< 6 \text{ cm}^{-1}$  です。位相・強度を測定できる Phase-Sensitive（位相敏感）SFG モジュールや SFG 顕微鏡モジュールもあります。

## ■ 特長

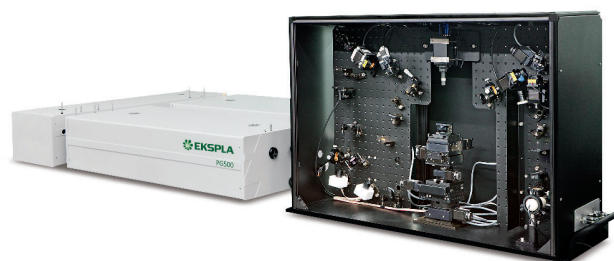
- ✓ 表面、界面の分子振動解析（構造・配向）
- ✓ 各種界面の測定
  - ・固体-気体
  - ・液体-気体
  - ・固体-液体
  - ・液体-液体界面
- ✓ 非破壊、非接触測定
- ✓ 高感度検出：サブモノレイヤの計測
- ✓ 埋没界面を含む多様な界面、表面を計測可能

## ■ システム構成

- ・ピコ秒 YAG レーザー
- ・信号測定系 PMT
- ・光パラメトリック発振器 / 差周波発生器 (OPG/DFG)
- ・CCD 検出器 (オプション)
- ・SFG 光学系
- ・データ計測ユニット
- ・分光器
- ・制御ソフトウェア
- ・アライメント用ガイドレーザー

## ■ オプション

- ・波長拡張  $625 \text{ cm}^{-1} \sim$
- ・Phase-Sensitive (位相敏感) SFG 測定
- ・SFG 顕微鏡
- ・二重共鳴：波長可変可視レーザー光として OPG を追加
- ・高分解能オプション：スペクトル分解能  $2 \text{ cm}^{-1}$
- ・SHG 分光
- ・サンプル用パーズボックス

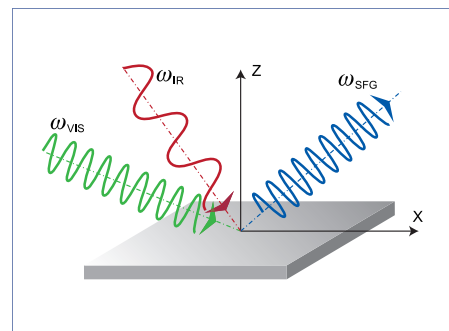


## 基本原理と装置概略図

和周波発生システムは、表面（界面）に波長を固定した可視域レーザー光（周波数  $\omega_{\text{vis}}$ ）と波長可変赤外レーザー光（周波数  $\omega_{\text{IR}}$ ）を照射し、その際に発生する和周波光  $\text{SF}(\omega_{\text{SFG}} = \omega_{\text{vis}} + \omega_{\text{IR}})$  を計測します。和周波光は、赤外域レーザー光の振動数と計測表面の分子の振動数が一致するときに発生します。

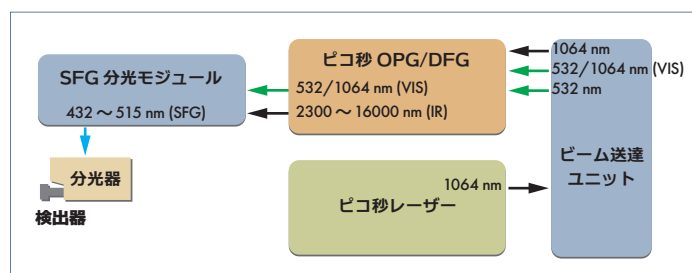
- 接着・接合界面（埋没界面）を非破壊計測
- 電極・触媒表面の界面反応
- 表面・界面の構造解析
- 大気中における表面化学反応、表面ダイナミクス
- 電気化学、エピタキシャル成長などの研究

## 基本原理図



ピコ秒 Nd:YAG レーザーの波長 532nm (1064nm、オプション) の出力は可視レーザーとして用いられます。可視レーザーのパルスエネルギーと偏光は偏光制御システムによりスムーズに調整できます。ピコ秒 OPG/DFG で赤外レーザーを発振させます。赤外レーザーの偏光は電動ポリスコープにより切替が行えます。可視レーザーと赤外レーザーの出力は内蔵の検出器で強度をモニターしており、ソフトウェアを使って出力変動を補正します。サンプルホルダーは電動オプションもあり、マッピングも行えます。SFG 信号の光学系には、偏光解析用の偏光子があり、ノッチフィルターにより散乱光を除去します。

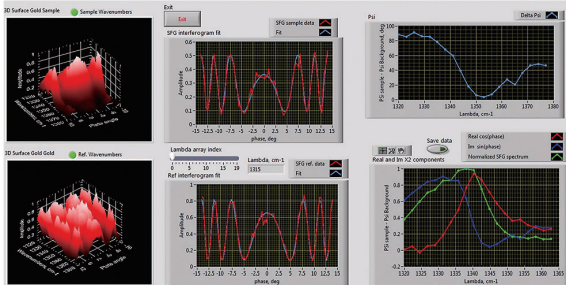
分光器をフィルターとして使用し、S/N 比に優れたスペクトルが得られます。SFG 信号の検出には、光電子増倍管を用いて、赤外光を掃引して SFG スペクトルを測定します。また、アライメント用ガイドレーザーがあり、調整の手助けになります。



# SFG 測定オプション

## Phase-Sensitive (位相敏感) SFG

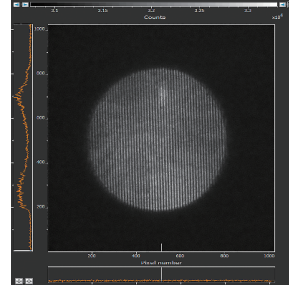
従来の SFG では失われてしまう強度と配向の測定が行えるようになります。SFG 分光モジュール内の光学系は、従来の SFG と Phase-Sensitive (位相敏感) SFG に切り替えられます。



アゾ化合物

## SFG 顕微鏡

ICCD カメラにより、マイクロメートルオーダーの空間分解能で表面のイメージ測定が可能になります。特定の波長における SFG 信号の空間分布が測定できます。また、波長を掃引しながらイメージを取得することによりスペクトル測定が可能になります。



金サンプル 露光時間 1 秒 60 回積算

## その他オプション

### 二重共鳴オプション

可視レーザー、赤外レーザーの両方を波長可変にして二重共鳴分光を行います。二重共鳴 SFG はより高い選択性があり、表面電子の振動を測定することも可能です。可視レーザー用の OPG にて 210 ~ 680 nm を発振します。

### SHG (二次高調波発生) 分光オプション

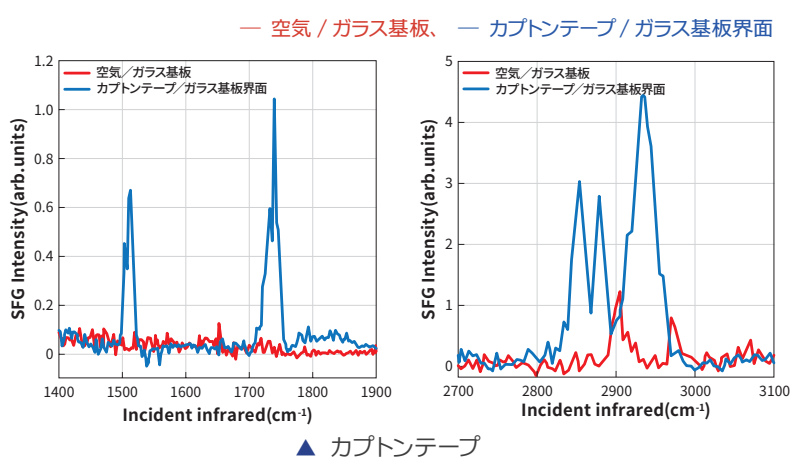
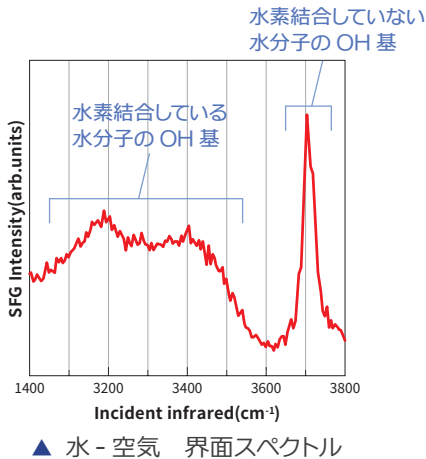
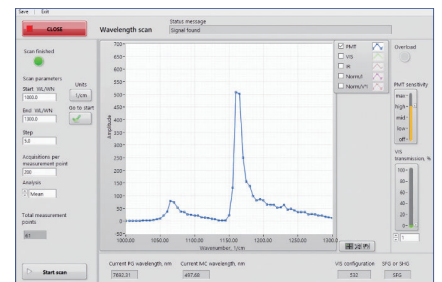
SHG 分光は表面プローブに最適な方法で、モノレイヤー吸収の測定が行えます。偏光解析を行うことで分子配列を測定し、表面対称性はサンプルを回転させることで測定できます。

### 高分解能オプション

狭帯域光パラメトリック発振器を用いることにより  $< 2 \text{ cm}^{-1}$  のスペクトル分解能にします。

## ソフトウェアと測定例

レーザー、OPG/OPA/DFG、分光器、検出器はすべてコンピュータで制御します。ソフトウェアは LabVIEW により作成しており、SFG 分光測定および SFG 顕微イメージの測定が行えます。出力モニターにより可視レーザー、赤外レーザー、SFG 信号の変動を表示できます。また、OPG/OPA/DFG と分光器のキャリブレーションも行えます (オプション)。



SFG スペクトル: ポリイミド由来のピーク / アクリル基由来のピーク

## ■仕様|ピコ秒 SFG (和周波発生) 分光システム

型名	SFG	SFG 波長拡張オプション	SFG 二重共鳴オプション	SFG 位相敏感オプション
SFG 分光測定				
波長範囲 (赤外光)	2.3 ~ 10 $\mu\text{m}$ (1000 ~ 4300 $\text{cm}^{-1}$ )	2.3 ~ 16 $\mu\text{m}$ (625 ~ 4300 $\text{cm}^{-1}$ )	2.3 ~ 10 $\mu\text{m}$ (1000 ~ 4300 $\text{cm}^{-1}$ )	
波長分解能	$\leq 6 \text{ cm}^{-1}$ ( $\leq 2 \text{ cm}^{-1}$ オプション)		$\leq 10 \text{ cm}^{-1}$	$\leq 6 \text{ cm}^{-1}$ ( $\leq 2 \text{ cm}^{-1}$ オプション)
波長掃引	電動、ソフトウェア制御			
サンプル照射ジオメトリ	可視光 / 赤外光: 上側斜め方向 SFG 光: 反射 (他ジオメトリも可)			
照射ビームジオメトリ	ノンコリニア (オプション: コリニア)			ノンコリニア
入射ビーム確度	固定、可視光: 約 60° 赤外光: 約 55°			固定
可視光波長	532 nm (1064 nm オプション)	420 ~ 680 nm (210 ~ 680 nm オプション)	532 nm	
偏光	可視光	直線、縦偏光 / 横偏光 ソフトウェアにて切替		
	赤外光			
	SFG 光	解析用偏光子 (マニュアル、電動オプション)		
ビーム径 (サンプルにて)	可変 (約 150 ~ 600 $\mu\text{m}$ )			固定
感度	空気 - 水界面測定可			固体サンプル
励起レーザー				
方式	半導体レーザー励起固体レーザー			
パルスエネルギー (1064nm)	35 mJ	60 mJ	35 mJ	
パルスエネルギー安定度	$\leq 0.5\%$			
パルス幅	28 ps $\pm$ 3 ps			
パルス幅安定度	$\pm 1$ ps			
繰返し周波数	50 Hz			
波長可変レーザー				
方式	光パラメトリック発振器 (OPG) / 差周波発生器 (DFG)			
計測系				
検出系	分光器、PMT 検出器			
分光器	焦点距離	200 mm	2 $\times$ 350 mm	200 mm
	スリット幅	可変、マニュアル		
SFG 顕微測定オプション				
波長範囲 (赤外光)	2.5 ~ 5 $\mu\text{m}$ (2000 ~ 4000 $\text{cm}^{-1}$ )			-
波長分解能	$\leq 6 \text{ cm}^{-1}$			-
可視光波長	532 nm			-
空間分解能	$\leq 10 \mu\text{m}$ : 対物レンズ 10 倍			-
	$\leq 5 \mu\text{m}$ : 対物レンズ 20 倍 (高分解能オプション)			-
光学系	SFG 分光用光学系と同じ筐体、光学系の切換えにより顕微測定が可能			-



本社: 〒134-0088 東京都江戸川区西葛西6-18-14 T.I.ビル ☎ 03-3686-4711  
 大阪営業所: 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原4-1-46 新大阪北ビル ☎ 06-6393-7411  
 ☒ <https://www.tokyoinst.co.jp> ☒ [sales@tokyoinst.co.jp](mailto:sales@tokyoinst.co.jp)

**TII Group Company** - グローバルにネットワークを広げ、最先端の科学をお客様に提供 -

**UNISOKU**  
TII Group  
超高真空・極低温走査型プローブ顕微鏡  
高速分光測定装置、クライオスタット

**LOTIS TII**  
Nd:YAGレーザー、Ti:Sレーザー  
OPOレーザー

**SPECS™ - TII**  
Enviro ESCA (準大気圧XPS)  
ARPESなど

- 本カタログに記載されている内容は、改良のため予告無く変更する場合があります。(製品の仕様、性能、価格などはカタログ発行当時のものです)
- 本カタログに記載されている内容の一部または全部を無断で転載することは禁止されております。
- 本カタログに記載されているメーカー名、製品名などは各社の商標または登録商標です。

No.C-EPSFG-4301A.20230904