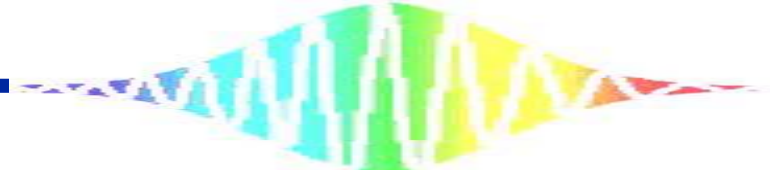


論文紹介

2015/1/30

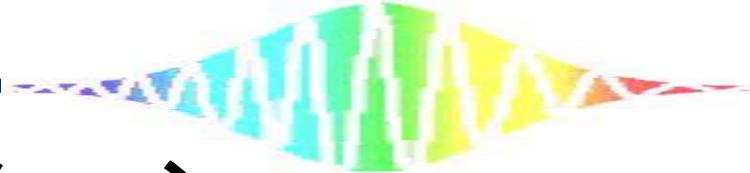
B4 水口達也



Feng Zhu, James Bounds, Aysenur Bicer,
James Strohaber, Alexandre A. Kolomenskii,
Christoph Gohle, Mahmood Amani, and Hans
A. Schuessler

“Near infrared frequency comb vernier
spectrometer for broadband trace gas
detection ”

OPTICS EXPRESS **22**, 23026 (2014)



イントロダクション

フェムト秒周波数コムは規則的なコム構造を有しており、このコム構造をガス分光に用いることで広帯域なスペクトルが得られる

・ 回折格子ベースの分光計

マルチチャンネル分光法
回折格子を回転させる機構が不要



高速測定に適している
光の利用効率も高い

・ VIPA分光計

高感度

キャビティをロックしない

本論文では近赤外領域にフェムト秒周波数コムバーニア分光法を拡張する

・ 周波数コムバーニア分光法

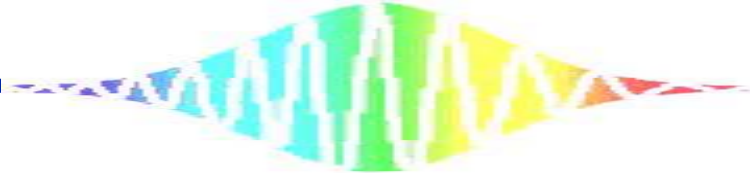
高感度

走査型キャビティのため
キャビティに周波数コムを
ロックしない

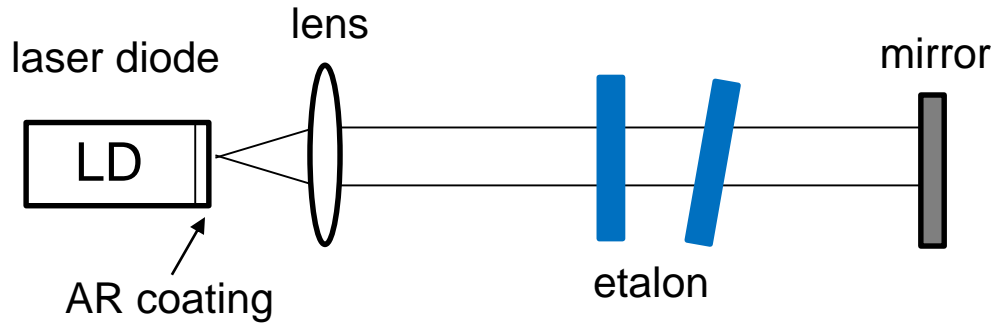


バーニア

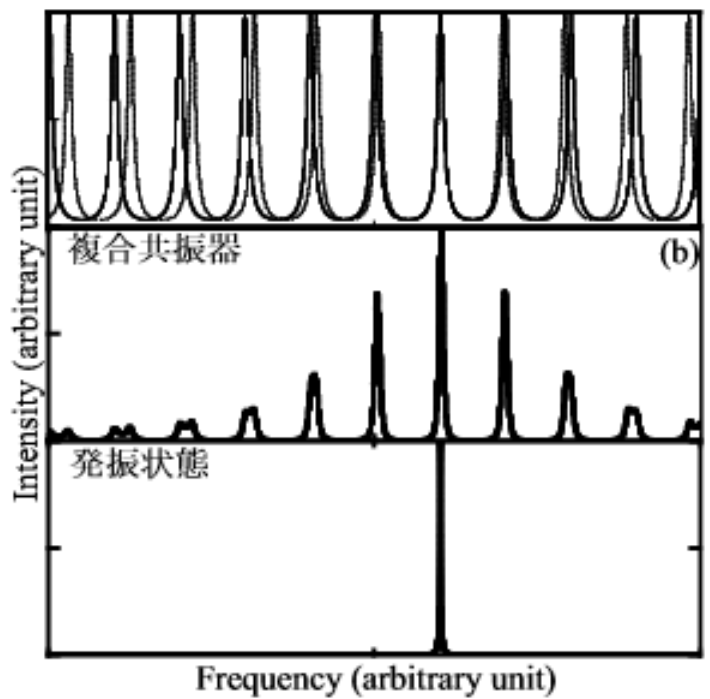
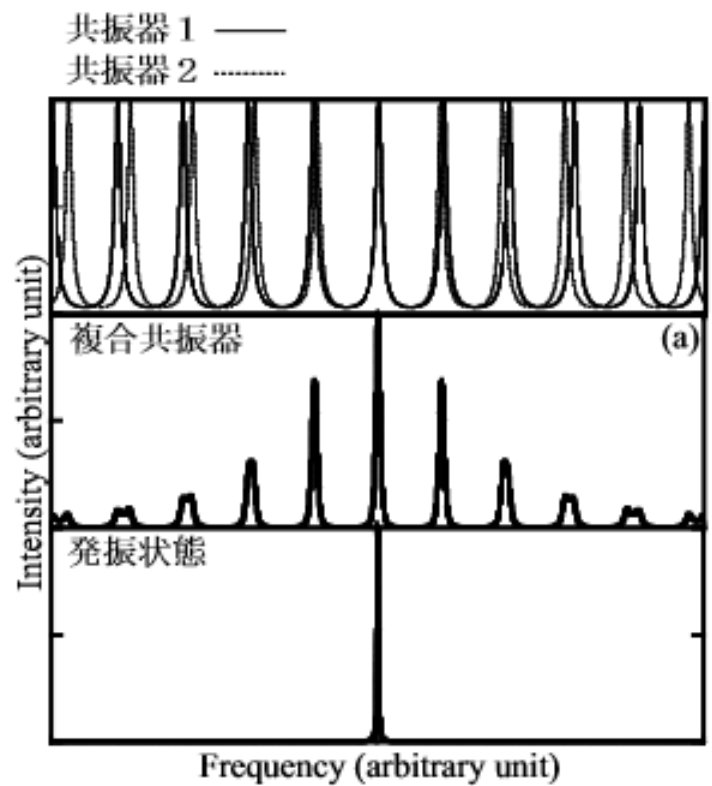
本尺
副尺



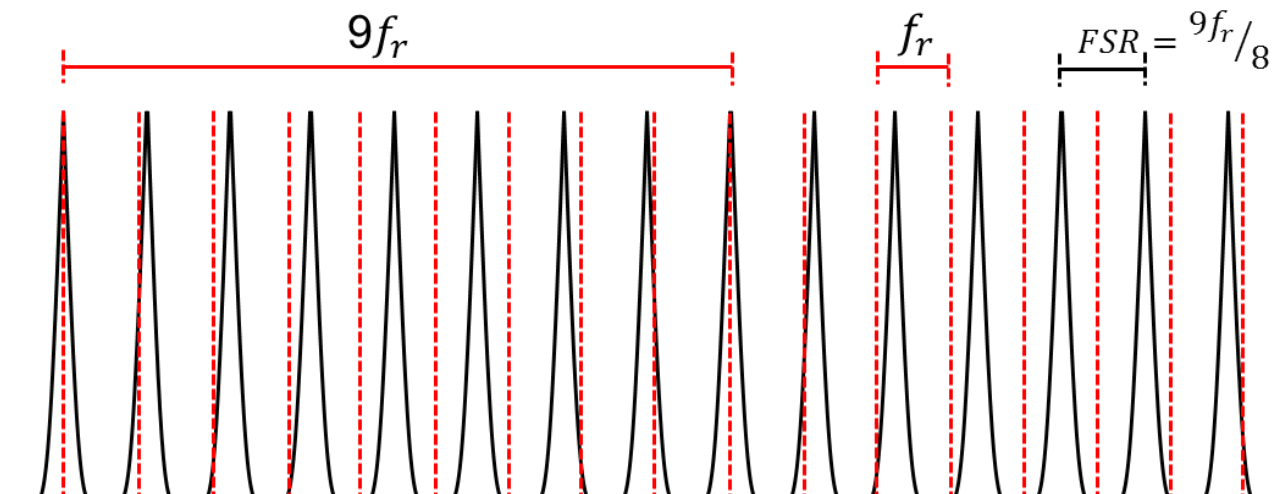
先行研究



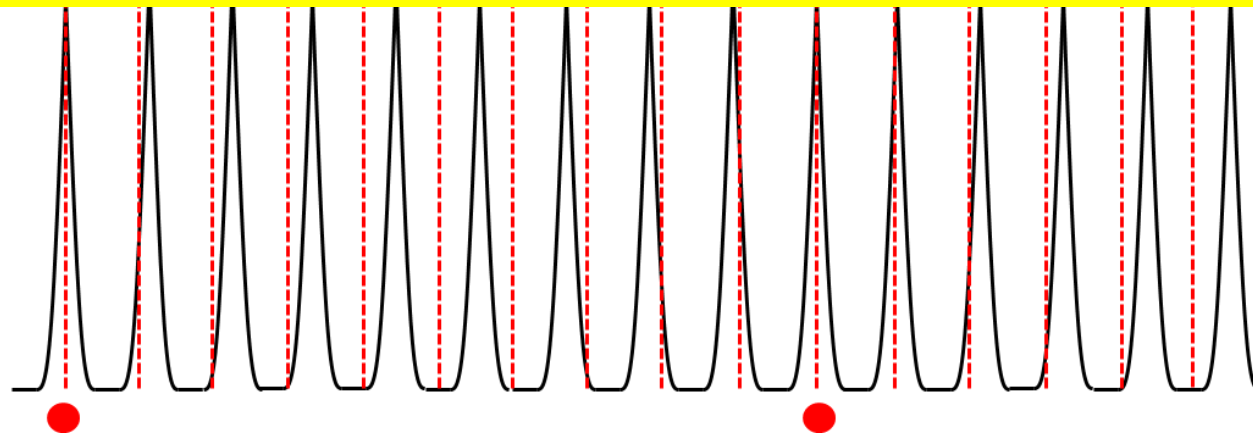
レーザ，ファブリペロー共振器のそれぞれが異なるモードを持ち，2つのモードからなる複合共振器のモードが共振モードとなる

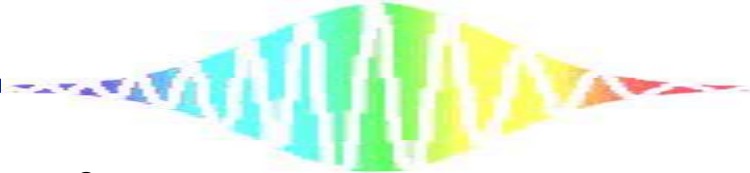


バーニア効果(光コム & FP)



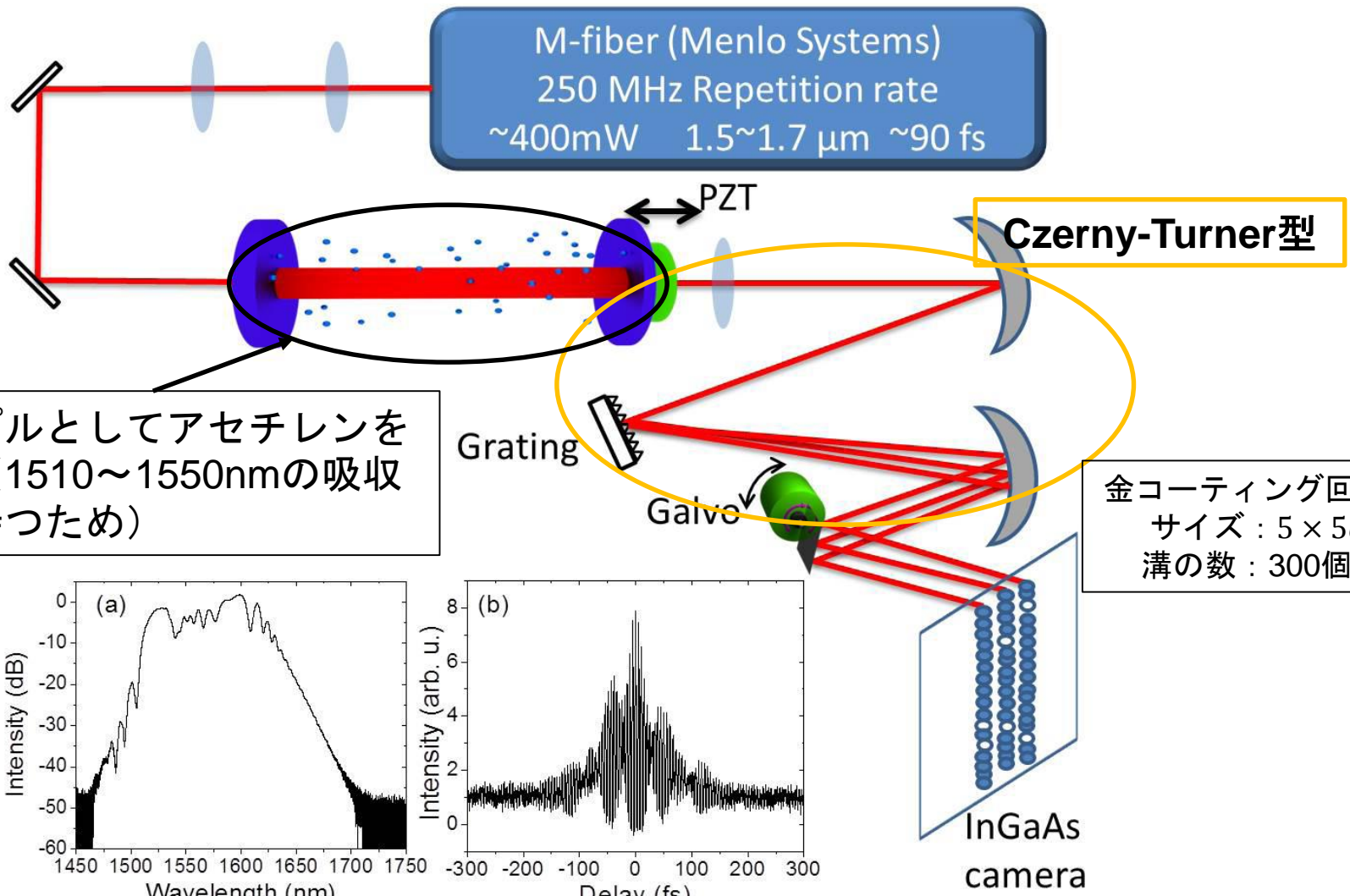
**FSRの微小な変化で広帯域な
共振モードにできる**



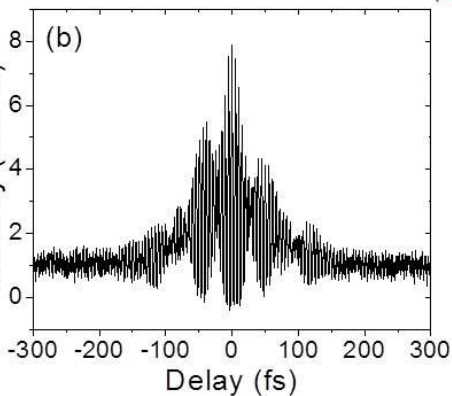
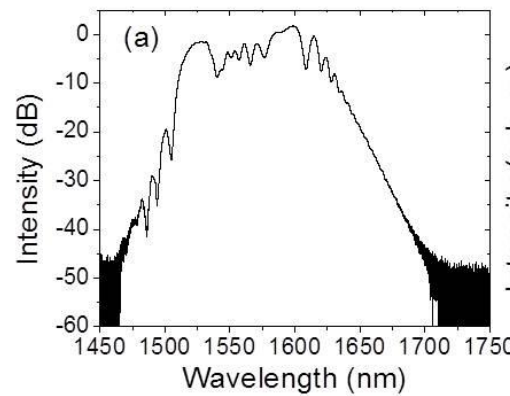


セットアップ

M-fiber (Menlo Systems)
250 MHz Repetition rate
~400mW 1.5~1.7 μm ~90 fs

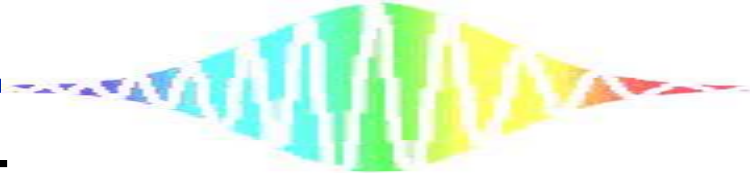


サンプルとしてアセチレンを使用 (1510~1550nmの吸収帯を持つため)

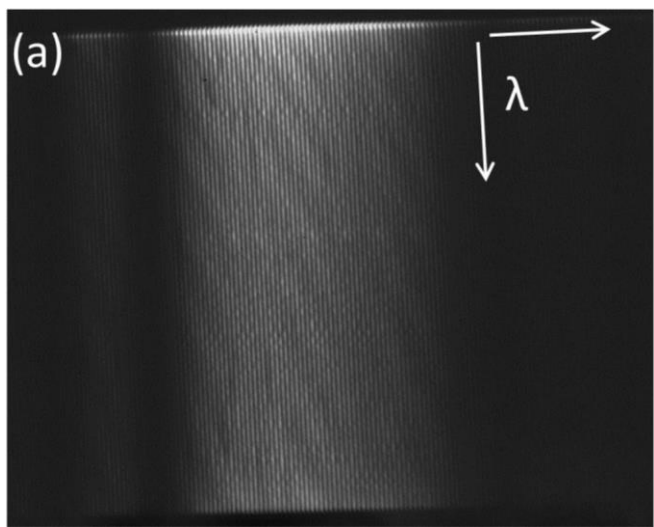
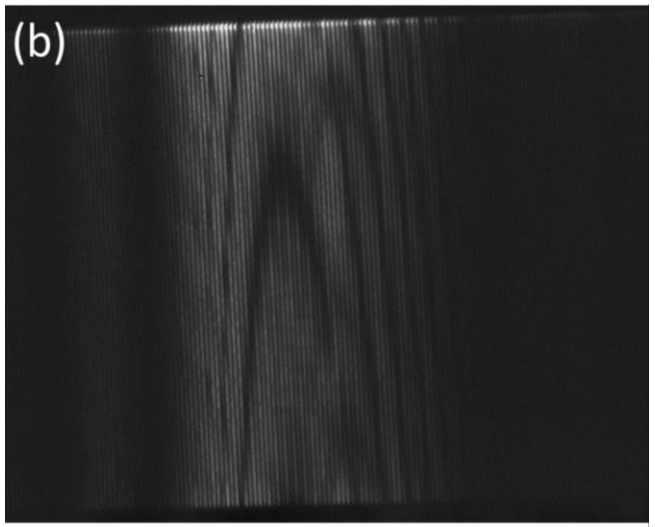
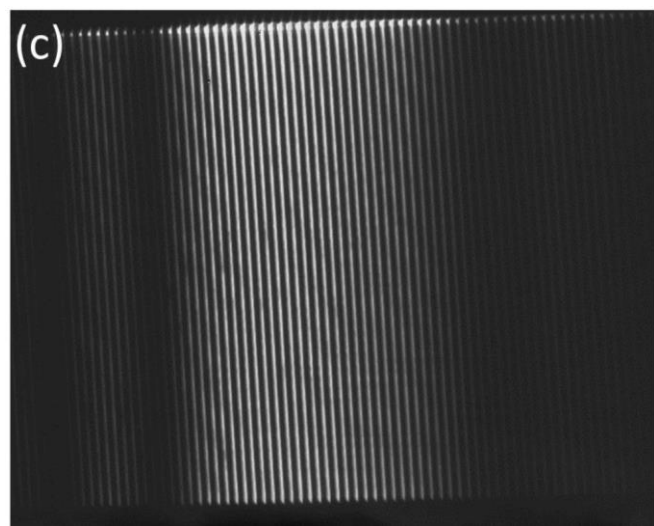
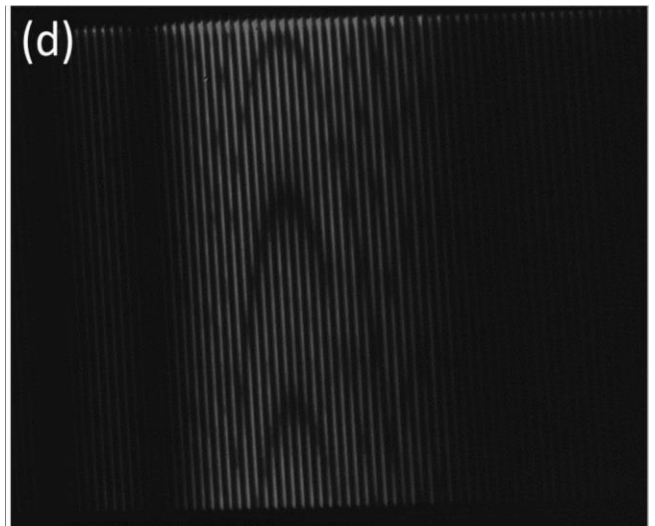


金コーティング回折格子
サイズ: 5 x 5 cm²
溝の数: 300個/mm

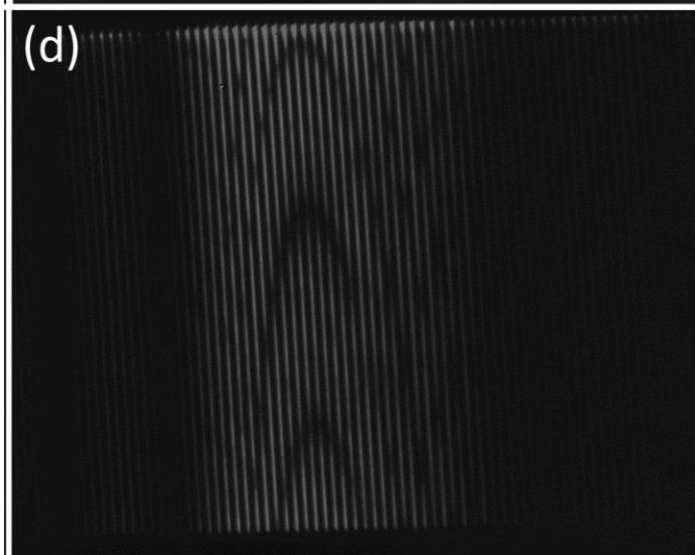
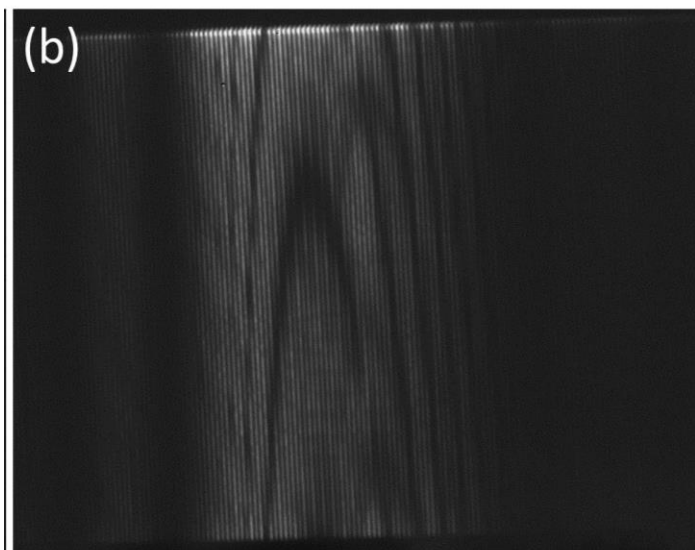
InGaAs camera



実験結果

		リファレンス画像	サンプル画像
バーニア比	$\frac{250}{249}$		
	$\frac{500}{499}$		

実験結果



(b) バーニア比 : $250/249$

分解能 : 約550MHz

[$250 \times 250\text{MHz}/(340/3)$]

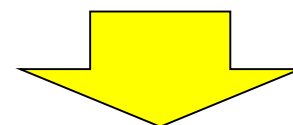
2~3のコムモードに対応

(d) バーニア比 : $500/499$

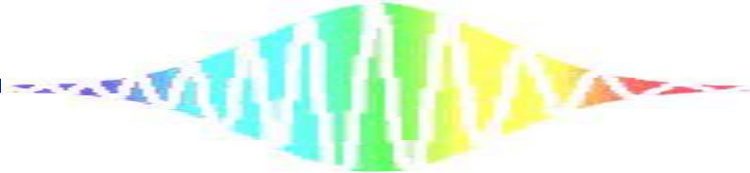
分解能 : 約1.1GHz

[$500 \times 250\text{MHz}/(340/3)$]

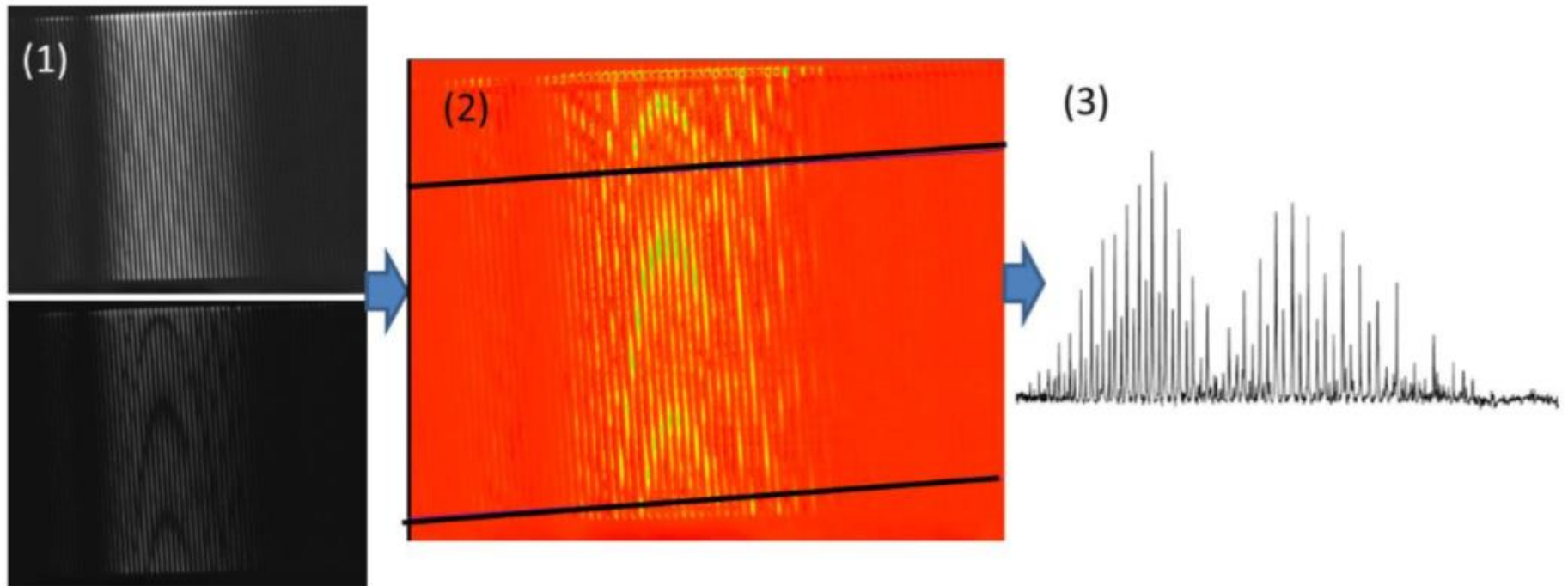
4~5のコムモードに対応



- ・ バーニア比 $500/499$ の方が $250/249$ より明暗がはっきりしている
- ・ アセチレンの吸収線幅は数GHzのため両方のバーニア比で明確である

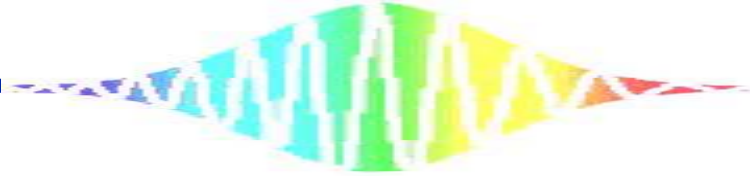


画像処理手順

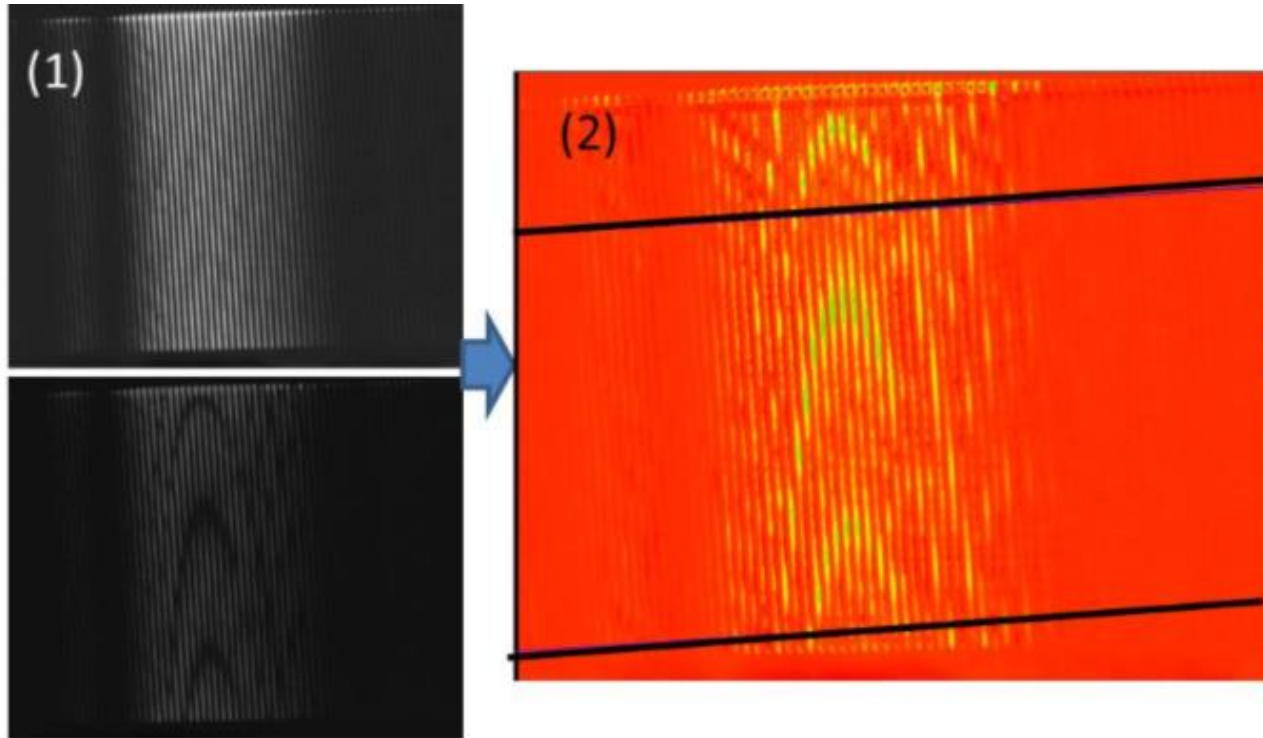


- (1) 実験結果のリファレンス画像とサンプル画像
- (2) 吸収画像
- (3) 従来の1次元吸収スペクトル

VIPA画像の処理と同様な手順で行う



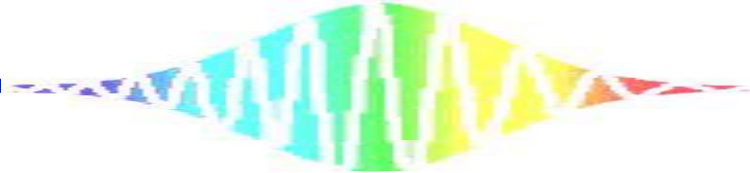
画像処理手順1



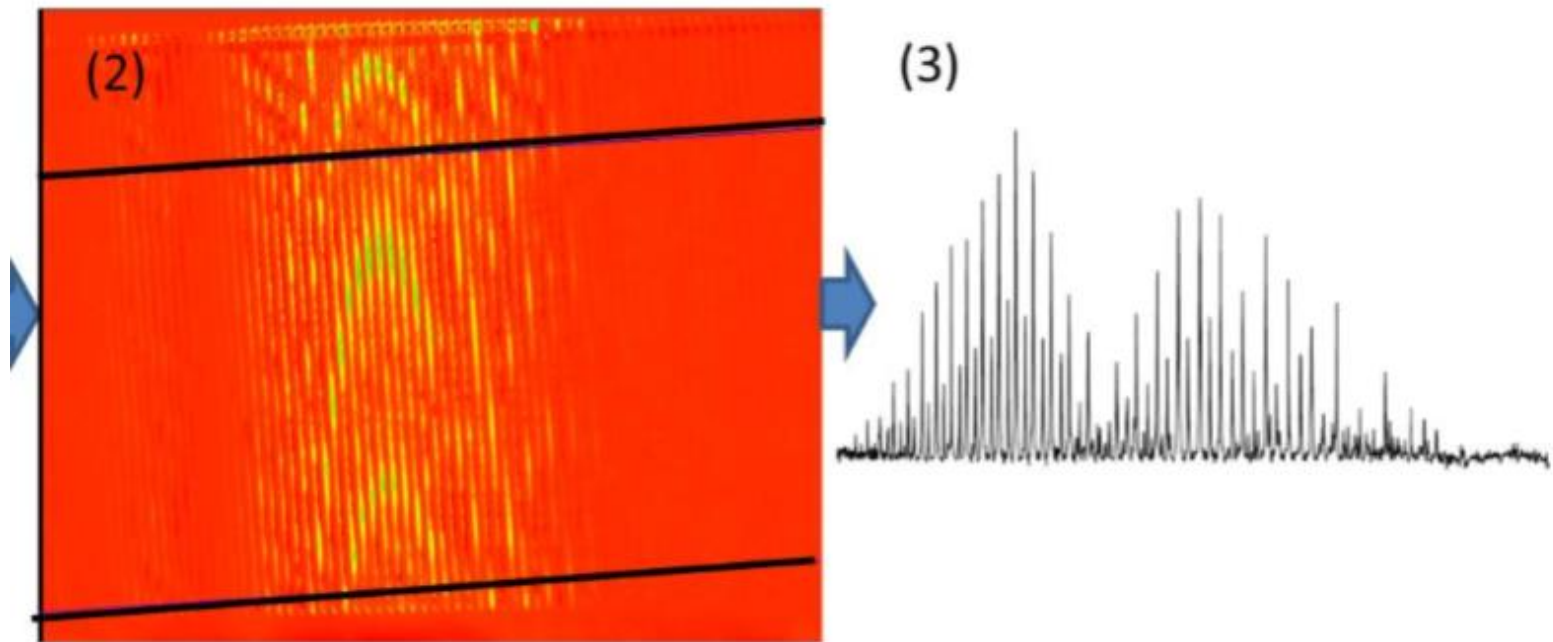
(1)→(2)

フリンジの強度分布を作るため、それぞれのフリンジを列ベクトルに変換する

リファレンス画像のフリンジをサンプル画像のフリンジに合わせて、 $\frac{I_R - I_S}{I_R}$ を用いて正規化し、(2)にする

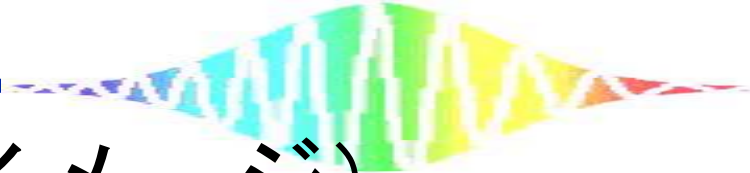


画像処理手順2

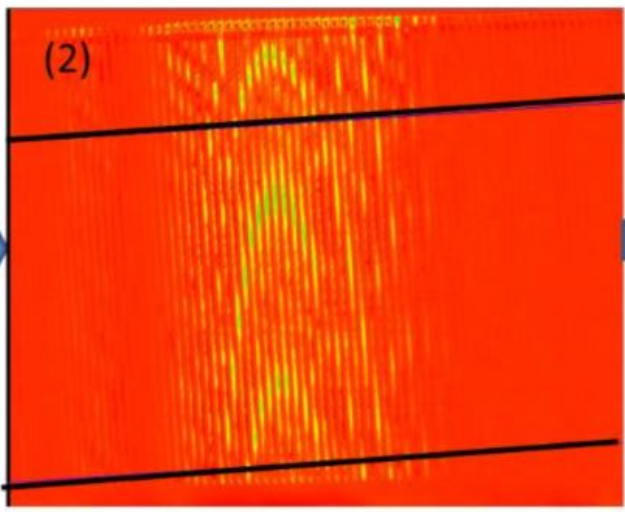


(2)→(3)

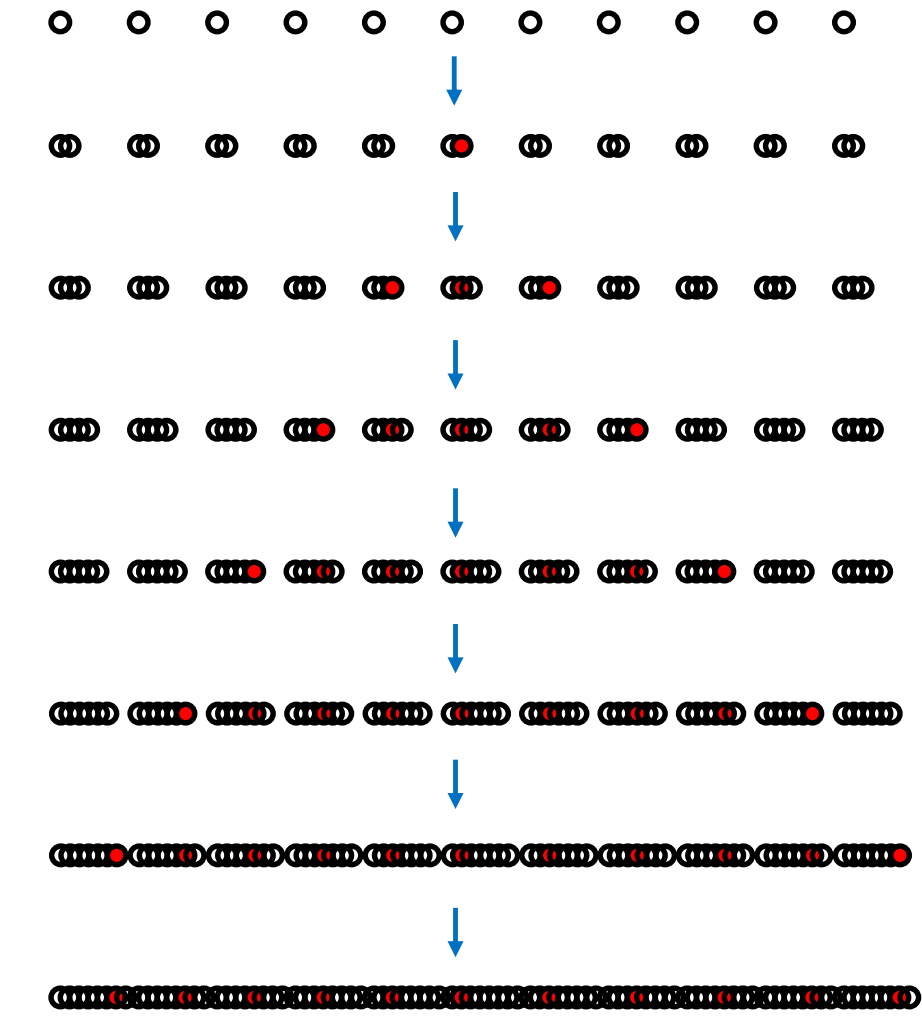
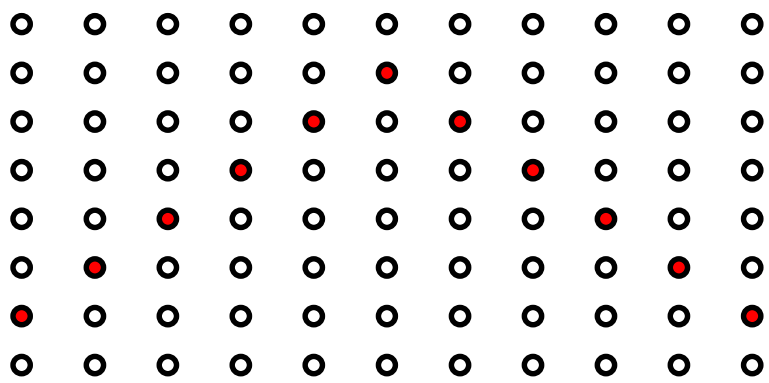
フリンジを参考にして、垂直境界線を決定する（黒線）
2次元フリンジアレイを従来の1次元スペクトルに変換する



画像処理手順2' (イメージ)

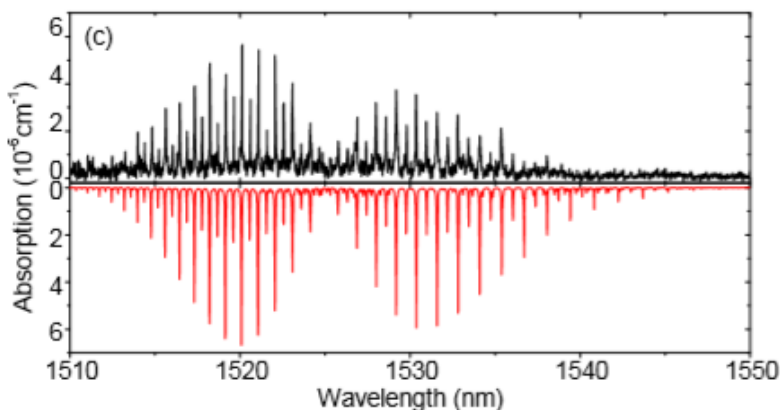
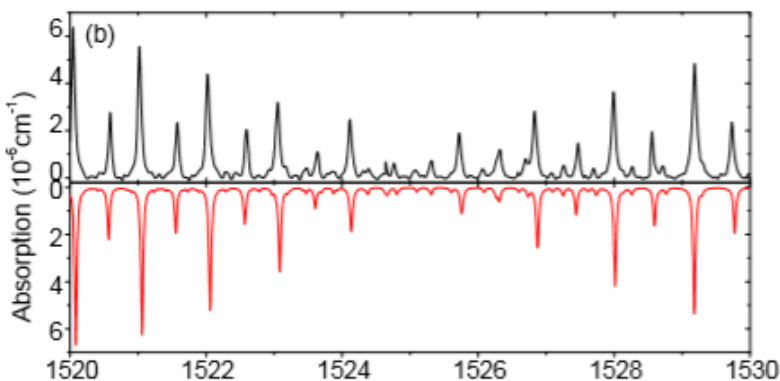
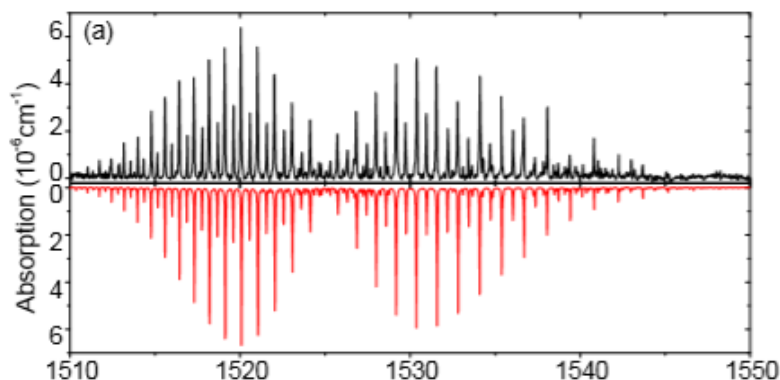


↓ イメージ



wavelength

吸収スペクトルの比較



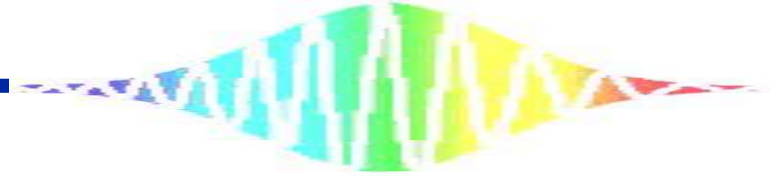
黒：室温大気圧下で，5ppmvの
アセチレン吸収スペクトル
赤：HITRANデータベースのア
セチレン吸収スペクトル

(a)バーニア比 $500/499$ (1510~1550nm)
(b)バーニア比 $500/499$ (1520~1530nm)
(c)バーニア比 $250/249$ (1510~1550nm)

バーニア比 $500/499$ において
SN比は80

バーニア比 $250/249$ において
SN比は15

分解された周波数成分が低強度なため，より
揺らぎがある



まとめ

本実験における吸収感度は、バーニア比 $500/499$ で約 $8 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$ であると推定される

これはアセチレンの最も強い吸収線を考慮すると、室温大気圧下での検出限界はアセチレン濃度約 70ppbv に相当する

0.5秒で撮影された単一画像での分解能は約1.1GHzであり、カバーできる周波数範囲は約5THzである