

赤外近接場光顕微鏡への量子カスケードレーザー導入と ナノ空間イメージング

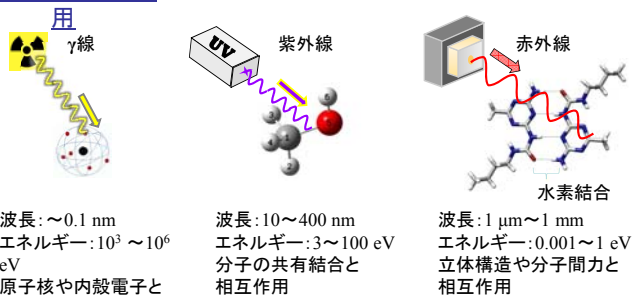
○建部 徹, 道垣内 龍男, 河田 陽一, 山内 豊彦, 清水 良幸, 高木 登紀雄, 瀧口 優
(浜松ホトニクス株式会社 中央研究所)

目的

光を物質との相互作用の観点から考えると、赤外光の光子エネルギーは分子内の官能基の振動や分子と分子の間に働く分子間力、例えば水素結合などに相当する。赤外光は物性の解明や制御に有用なツールとなりえるが、例えば生体における未知の生理機能の解明や新規材料の創生には、今までにない優れた光源や分光装置の実現が必要不可欠である。

量子カスケードレーザー(QCL)は次世代型分光装置の実現に非常に有効な光源であると我々は考えている。本発表では、赤外ナノプロービング装置へのQCL導入について紹介する。

光と物質の相互作用



次世代型分光装置

<光源>
○ 量子カスケードレーザー(QCL)



- 高コヒーレント、高速ON/OFF
- 狭線幅・高波長精度
- 高安定性

<分光装置>

高感度高精度吸収分光装置

- 狭線幅・超精度な計測

高時間分解能広帯域分光装置

- ナノ秒レベルで変化する分光スペクトルの計測

赤外ナノプロービング装置

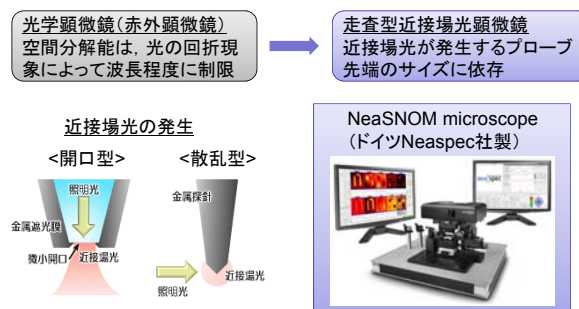
- ナノメートルレベルの空間分解能で分光マッピング

方法

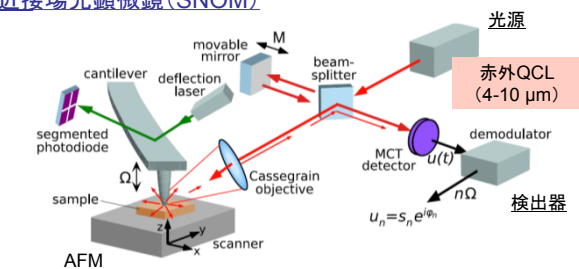
通常の赤外顕微鏡では、回折限界によりマイクロメートルオーダー以下のナノの世界は観察することができない。そのため走査型近接場光顕微鏡を利用した。金属探針に光を照射し、微小な領域で発生する近接場光を観察サンプルの表面でスキャンすることで、空間分解能の高い顕微鏡像を取得することが可能となる。原子間力顕微鏡(AFM)と組み合わせて計測することで、原子間力計測による表面形状像と、使用した波長による光学情報を高解像度で同時取得できる。

4-10 μmの波長で、QCLが光源として利用可能か検討した。

赤外ナノプロービング装置の実現



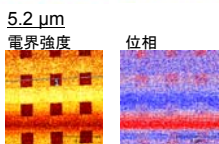
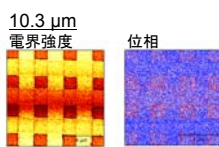
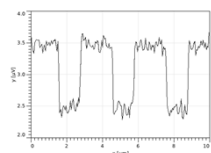
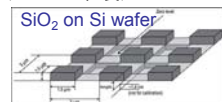
赤外近接場光顕微鏡(SNOM)



結果

空間分解能の確認

検証用グレーティング TGQ1 (NT-MDT社製)



Si基板上に成型されたSiO₂の格子パターンについてSNOM像を取得した。3次の高調波の電界強度情報から、10.3 μm及び5.2 μm共に格子パターンを確認することができた。またSi-SiO₂境界部分のシングルナルの差から、100 nm以下の空間分解能が得られていることを確認した。

以上の結果から、本顕微鏡装置の高い空間分解能を確認でき、またQCLが赤外近接場光顕微鏡の光源として有用であることが示された。

製品紹介



特長:
中赤外光源 (4 - 10 μm)
小型・可搬

応用:
極微量ガス分析
- 環境計測
- 燃焼ガス計測
- プラズマ計測
- 生体関連ガス計測
赤外分子分光
- ケミカルセンシング
- 分子振動学

空間光制御光源”iPMLレーザ”に関する研究

浜松ホトニクス株式会社 中央研究所
野本 佳朗、瀧口 優、廣瀬 和義、杉山 貴浩、黒坂 剛孝

浜松ホトニクスでは、10～20年の長期スパンで重要となる次世代技術の研究にも取り組んでいます。我々のチームでは、波面を自在に制御可能な次世代光源デバイス「iPMLレーザ」の研究開発を軸として、自然な立体ディスプレイなど、様々な応用システムへの展開を目指しています。

1926
年

高柳博士

テレビジョン (映像情報時代の幕開け)



2026
年

浜松ホトニクス

iPMLレーザを核とした空間光制御ホトニクスの提案



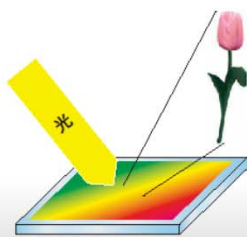
ここ浜松の地で生まれたテレビジョン。その誕生100年後に、iPMLレーザを用いた自然な立体ディスプレイの実現を目標に研究を行っています。

iPMLレーザ

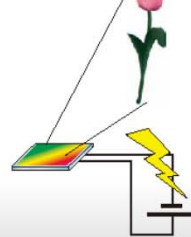
integrated Phase Modulated lasers

光の“位相”を制御し、波面を自在に制御可能な自発光デバイス

空間光変調器 (SLM)



iPMLレーザ



特長

- 任意のビームパターン
- 任意方向への多点ビーム
- 自発光型
- 半導体デバイス
- 小型、集積化可能

単一光子制御ホトニクス

空間光制御ホトニクス

医療&ライフホトニクス

ユビキタスホトニクス

- 仮想美術館
- 遠隔勤務
- 自然な立体ディスプレイ



● 空間像構築

- カプセル内視鏡搭載医療レーザ
- 非侵襲手術
- 遠隔手術
- 手術シミュレーション
- ヒューマンセンシング
- 光ピンセット

位相制御ホトニクス

- 透明化技術
- 能動的消光
- 屈曲レーザ
- スペックルフリーレーザ

iPMLレーザ

メタマテリアル

グリーンホトニクス

- 光インターコネクション
- 超高速並列演算

量子・ナノ技術

結晶・薄膜技術

ホログラム技術

赤外顕微鏡装置 NeaSNOM microscope

製造: Neaspec

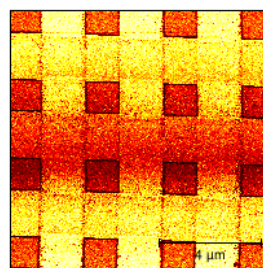
設置場所: 4階429室



外観

較正用グレーティング TGQ1
(NT-MDT社製)

波長: 10.3 μm



電界強度パターン

- 近接場顕微鏡
 - 1-1 原子間力顕微鏡
 - 1-2 集光ユニット
 - 1-3 走査制御用コントローラ
 - 1-4 制御用コンピューター及びソフトウェア
- 光検出モジュール
 - 2-1 シングルラインレーザー用近接場光検出モジュール
- 光源
 - 3-1 可視レーザーシステム
 - 3-2 赤外光検出システム

- 量子カスケードレーザーの適応性検討
 - 量子カスケードレーザーが本顕微鏡装置の光源として有用であるか検討する
- 生体高分子の分子間相互作用の解明
 - 赤外光の光子エネルギーが分子内の官能基の振動や分子と分子の間に働く分子間力に相当することに着目し、分子間相互作用の観点から生体における生理機能を解明する

問合先: 浜松ホトニクス(株) 建部