

Phase-locking of a 2.7-THz quantum cascade laser to a mode-locked erbium-doped fibre laser

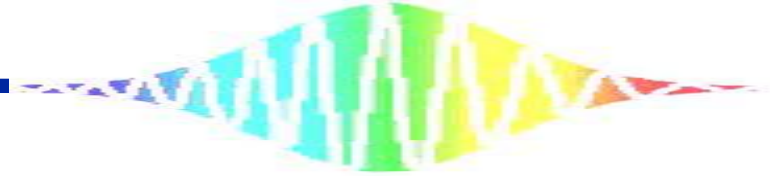
「モード同期エルビウム添加ファイバーレーザーに2.7THz量子カスケードレーザーの位相同期」

Stefano Barbieri , Pierre Gellie , Giorgio Santarelli , Lu Ding , Wilfried Maineult , Carlo Sirtori , Raffaele Colombelli , Harvey Beere & David Ritchie

Nature Photonics 4,636-640(2010)

宿題

B4 林建太

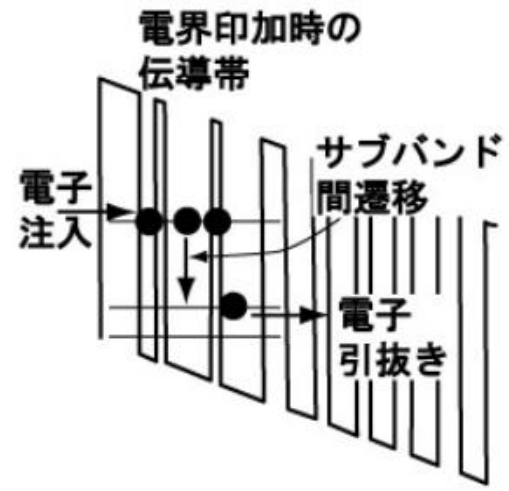


目次

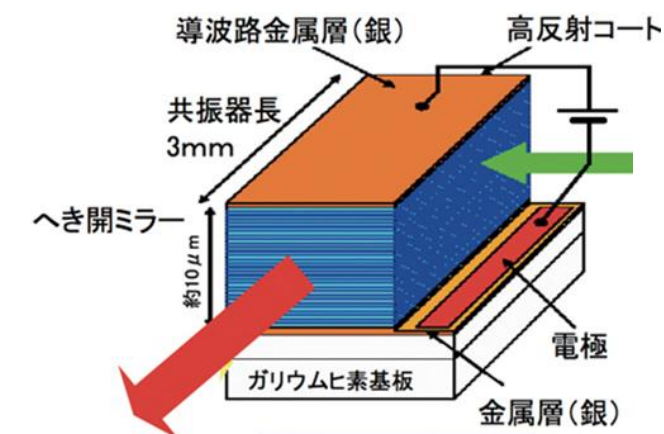
- 量子カスケードレーザーの原理
- 半導体レーザーと量子カスケードレーザーの違い
- FP型半導体レーザーについて
- QCLが使用可能な温度域
- 電気光学効果による検出の原理
- QCL放射スペクトルの測定手法
- 単一周波数の振幅・周波数・位相変調した時のスペクトル変化



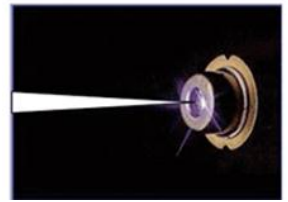
THz量子カスケードレーザ(QCL)



- サブバンド遷移を使って中赤外からテラヘルツ領域で発振する半導体レーザ
- 発振波長は上位準位と下位準位の差で決定される
- 小型、高効率・高出力、狭線幅、長寿命、連続発振、高耐久

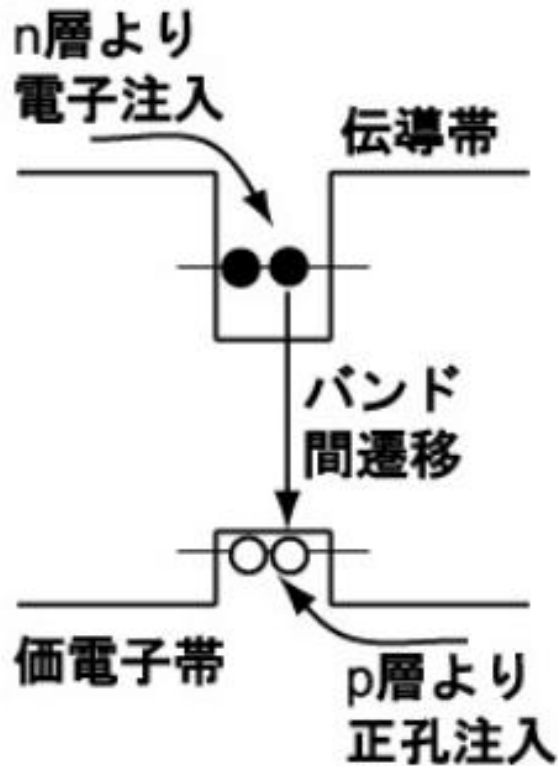


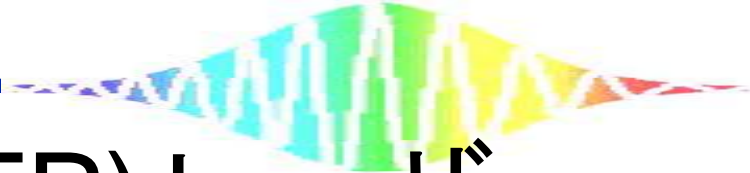
テラヘルツ光



半導体レーザーとの違い

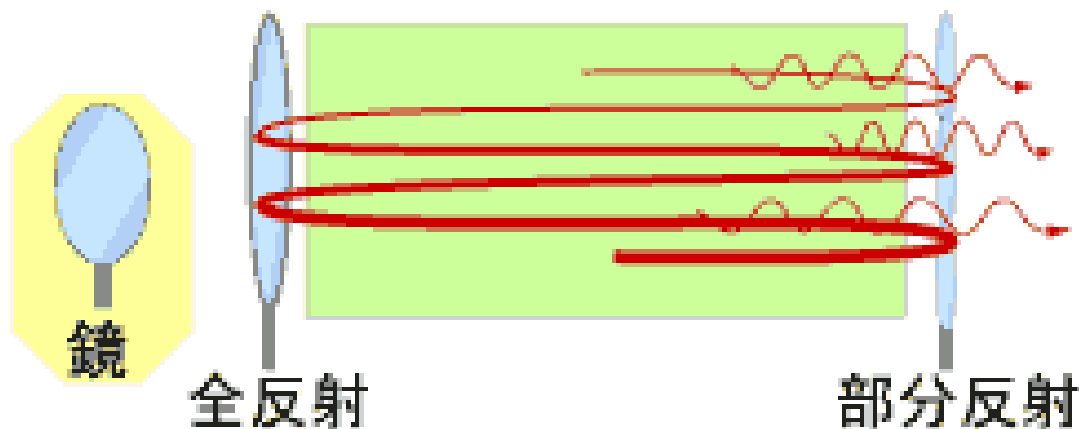
- 半導体レーザーは発光を得るために伝導帯にある電子と、価電子帯にある正孔の発光再結合、いわゆるバンド間遷移を利用
- 半導体レーザーでは電子と正孔の結合により発光するが、電子のみで発光可能





ファブリ・ペロー(FP)レーザー

- 両端面に組み込んだ反射鏡により光を閉じ込め発振する
- 一つの波長が出てくるDFBレーザーに比べ安価
- しかし、発振波長が不安定であるという欠点がある

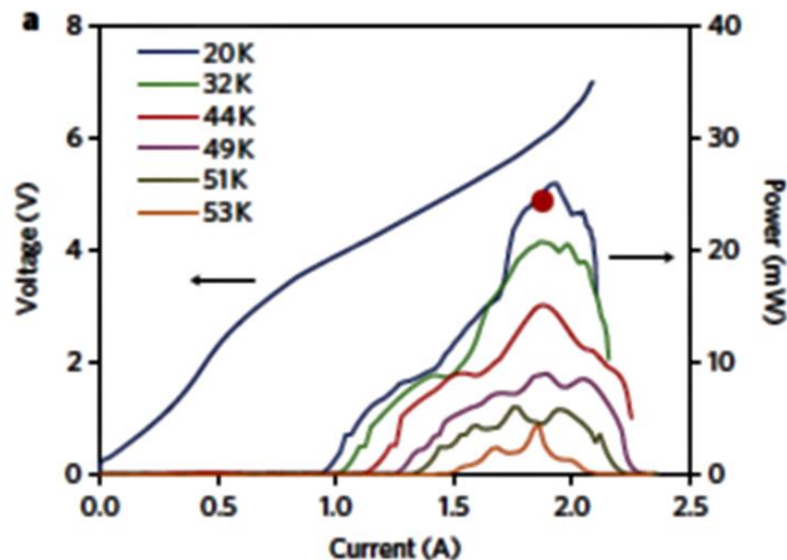


QCLが使用可能な温度域

液体ヘリウム 4K(-269°C)

液体窒素 77K(-196°C)

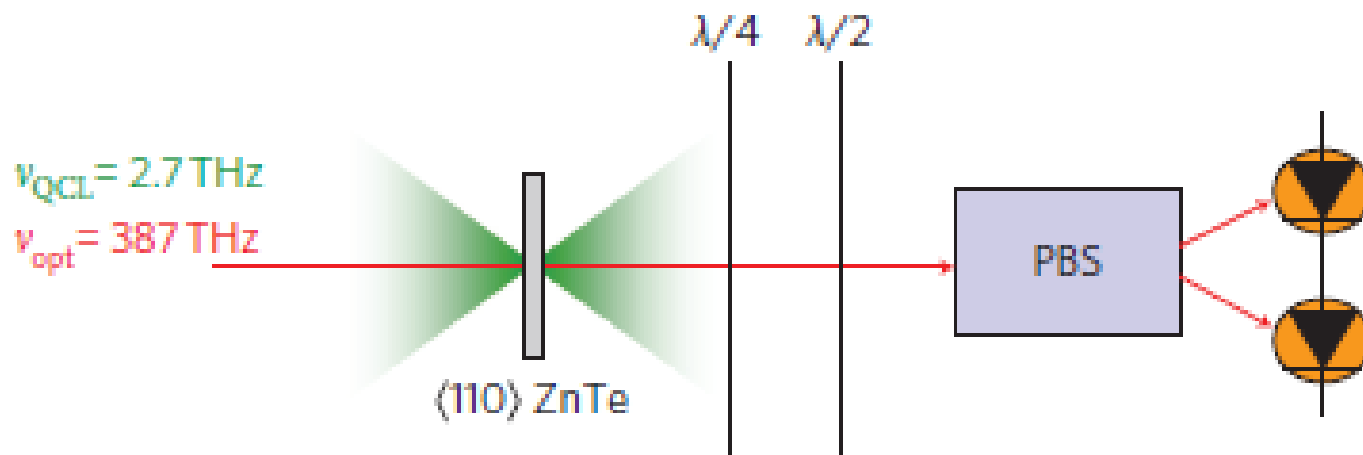
ペルチェ冷却では230K(-43°C)くらいまで冷却可能



- 中赤外(4~10 μm)量子カスケードレーザーで室温動作達成
- QCL(1.2~4.8THz)においては冷却機構が必要
- 高温動作はパルスは189K, CWは117Kである

電気光学効果による検出

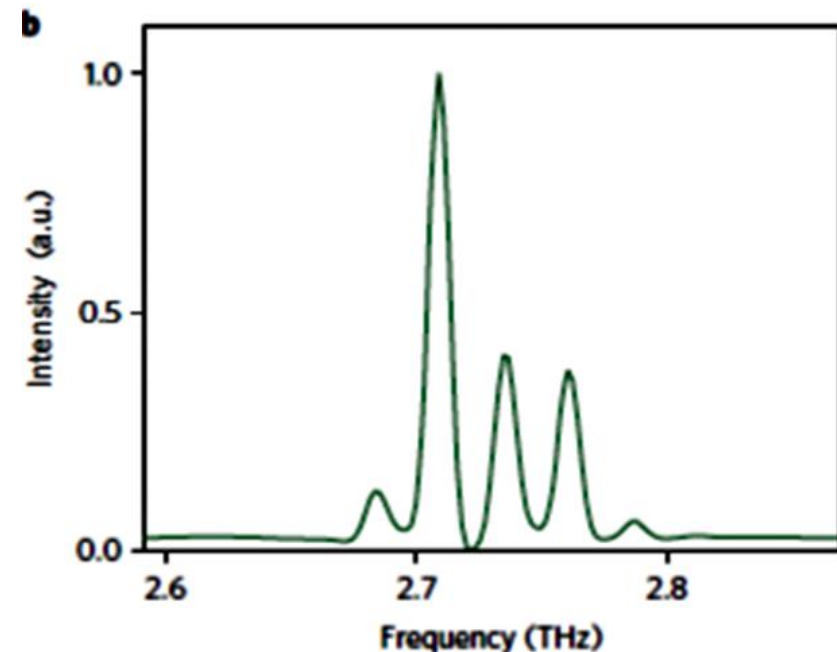
- QCL放射がない状態で $\lambda/4$ 板を調節して直線偏光に合わせておく
- CW-QCL放射とSHG光が同時にZnTe結晶に集光
- ポッケルス効果により偏光が楕円偏光化する



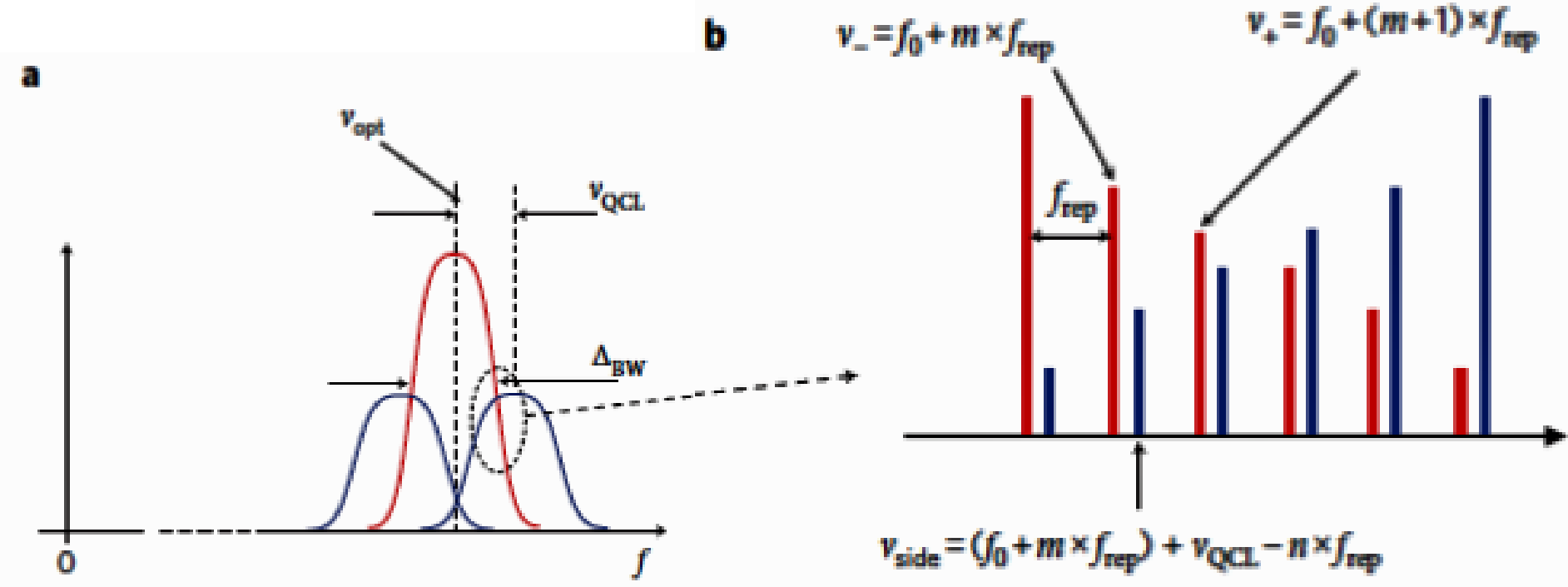
QCL放射スペクトルの測定手法

フーリエ変換赤外光光度計
(0.25cm^{-1} ; 7.5GHz)

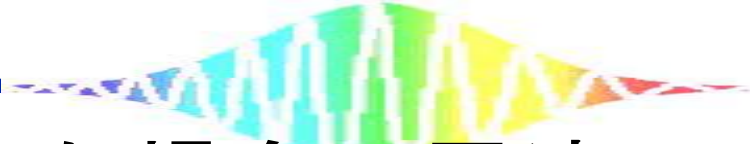
ある物質に赤外線を照射し、物質を透過した赤外線の強さを縦軸、周波数を横軸にとったもの。このスペクトルはその物質固有のものなので、その物質が何であるかを知るために非常に有効。



検出技術の原理

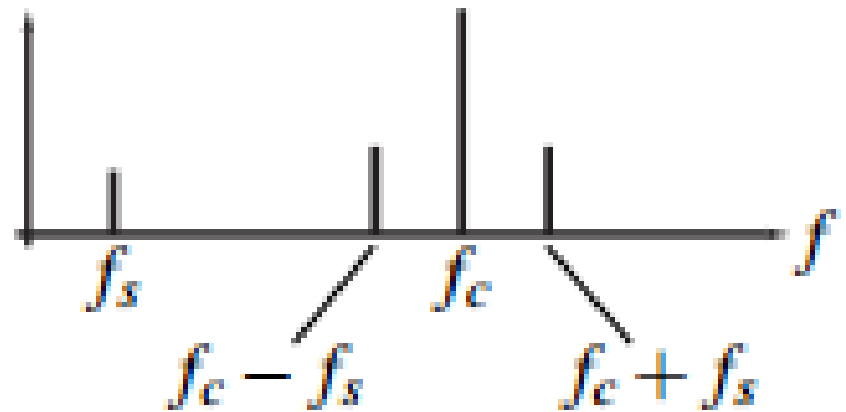
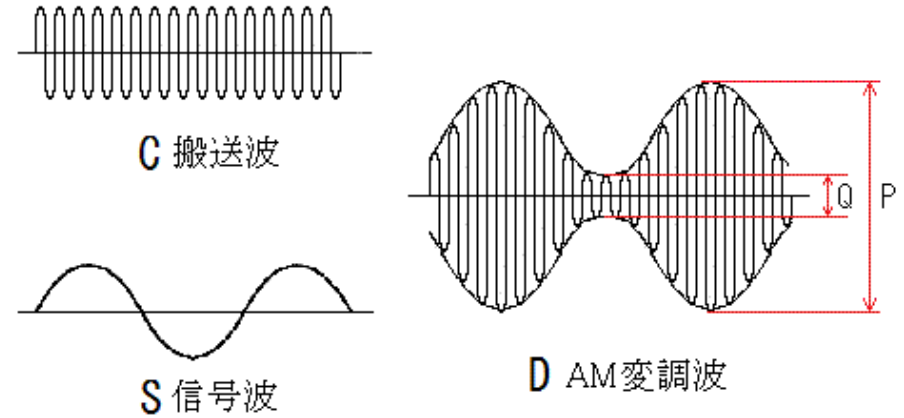


- $\delta f_- = v_{side} - v_- = v_{QCL} - n \times f_{rep}$
- $\delta f_+ = v_+ - v_{side} = (n + 1) \times f_{rep} - v_{QCL}$



単一周波数で振幅変調した場合の周波数軸上のスペクトル

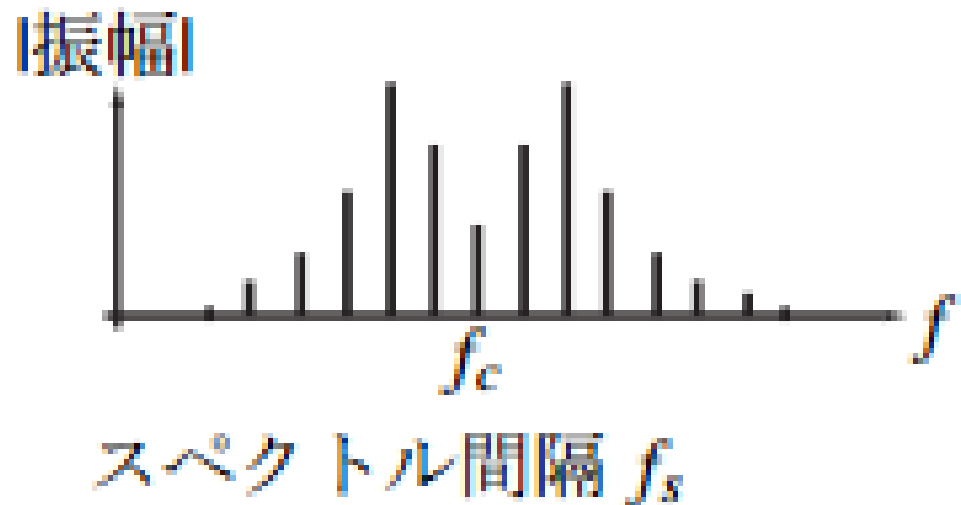
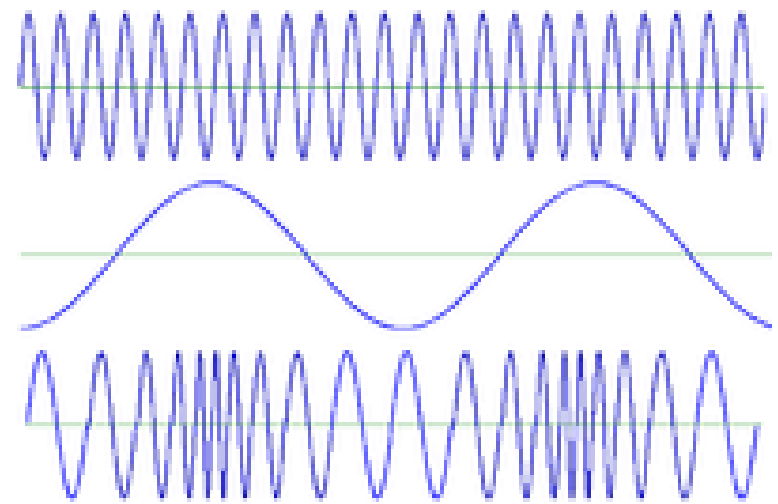
- 信号にしたがって搬送波の振幅を変化させる方式
- このAM変調波をスペクトラムアナライザを使って周波数軸上で見る。





周波数変調した場合のスペクトル

- FM変調は、変調信号の振幅に応じて搬送波の周波数を変化させる
- 被変調波が f_c を中心とした周波数間隔 f_s の無数の側帯波からなる





位相変調した場合のスペクトル

- 信号に従って位相を変化させる方式
- 位相変調は変調信号を時間微分して周波数変調したものと等価で、周波数変調波に比べて $\pi/2$ 偏移している

