

光電子機能制御ラボ (Optoelectronic Function Control Lab.)

研究項目及び研究期間

コヒーレントキャリア制御デバイス基礎技術の研究(平成11年度～15年度)

サブバンド光エレクトロニクスの研究(平成11年度～15年度)

1. はじめに

半導体内のキャリアの自由度を構造によって制限すると、高速化、発光効率の向上など、様々な効果が期待される。GaAs系を中心とした半導体量子井戸については、作製技術も確立され、実用デバイスでも広く用いられている。この自由度をさらに制限する量子細線、量子箱の研究が活発に行われているが、一方、量子井戸のさらに高機能な利用技術も重要である。当ラボでは、量子井戸を用いて、十分に利用されていない光電子位相相互作用、サブバンド間遷移の研究を進め、それらを利用したデバイス基礎技術の進展を目的としている。

位相相互作用は従来の原理では困難な、100フェムト秒クラスあるいはそれ以下の超高速スイッチや、量子演算デバイスの実現につなげることにより、将来の大

容量情報通信技術への寄与が期待される。サブバンド光エレクトロニクス技術は、従来良い半導体光素子の無かった中赤外、遠赤外領域における半導体光源や検出器、波長変換素子等の実現を可能とし、分光分析技術等の様々な分野への寄与が期待される。

2. 研究経過と現状

2.1 コヒーレントキャリア制御デバイス基礎技術の研究

光スイッチは通常、オフ時間(典型的にはns)がオン時間(ps以下が容易)に比べて数桁遅いが、光電子位相相互作用を用いるとオン時間と同じ程度の速さに行えることが物理的には知られている。このような緩和時間に制限されない超高速の光スイッチの実現につなげることを目標に、物理研究レベルにある、光と電

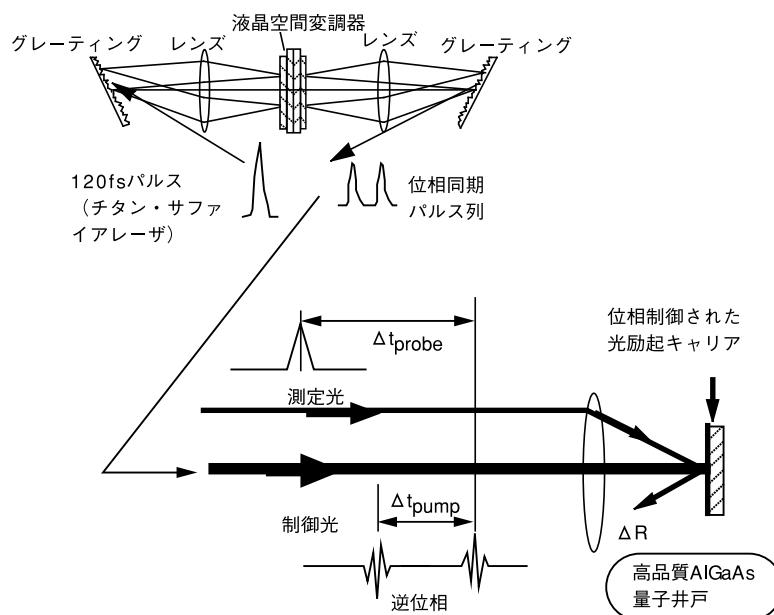


図1 波形整形システムによる位相同期パルス列の発生及びそれを用いた200fsスイッチング実験模式図

子の位相相互作用を利用した光のオン・オフ技術を光エレクトロニクス分野に持ち込むための課題を解決することは、光スイッチの高速化のために非常に有益である。このために必要な、励起パルスを作るための波形整形システム、AlGaAs量子井戸の精密成長による励起子の位相保持時間の向上、それらを用いたスイッチング実験を行った。

100fsクラスのレーザパルスを波長ごとに分解し、波長領域で制御する方式によって同位相や π 位相差のパルス列の発生技術を進め、このパルス数を5連にまで増加させる制御技術を構築した。また、サブ100fsの波形整形システムの整備を行い3連パルスの作製に成功した。励起子の位相保持時間が7psのGaAs/AlGaAs系の量子井戸を作製し、上述の波形整形システムで作った100fsクラスの3連パルスを照射することにより(図1)、オン・オフ・オンのスイッチングに成功した(図2)。

パルス照射による反射率の変化はパルス幅の200fsにほぼ追従しており、100fsクラスでのスイッチ実現が可能であることが示された。

2.2 サブバンド光エレクトロニクスの研究

サブバンド間のカスケード遷移を利用した半導体レーザは、良いバンド間半導体レーザ媒質の無い中赤外、遠赤外光を発生できること、波長を構造によって調節できること、高出力可能であることなど、原理的には様々な利点がある。研究レベルでのこれらの実証が行われつつあるものの、効率が非常に低い。この原因を明らかにし、高効率の赤外発光素子を実現するこ

とが目標である。

低効率の原因を明らかにするため、構造および原理の検討を開始した。その結果、内部的な正帰還によって多段構造の各層にかかる電圧の不均一が発生しやすい構造となっており、発光に寄与している段数が非常に少ない可能性もあることがわかった。したがって、段数を増加した時の発光や電位分布の変化等を調べる必要がある。

このため、AlGaAs材料による1段~5段の素子を設計・試作するとともに、微弱赤外光の測定系の構成を検討した。設計・試作した素子の1段分の構造例を図3に示す。共鳴トンネルによる電流が流れる電圧を加えた時に、 $9\mu\text{m}$ の発光波長となるように設計したものである。波長を7-8 μm 付近に設定したのも試作中である。

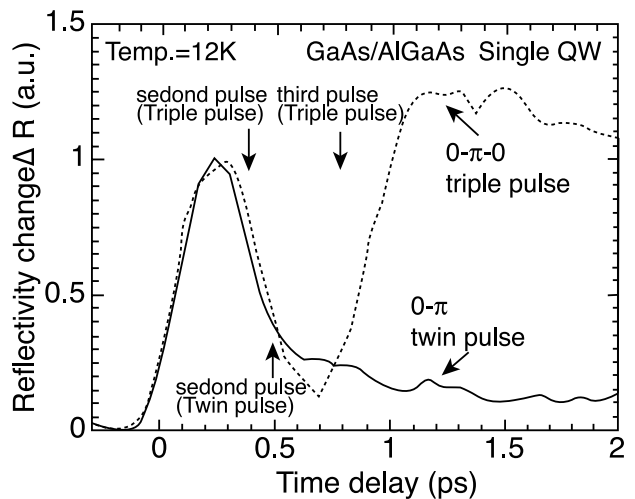


図2 位相同期2連、3連パルスによるオン・オフ実験結果

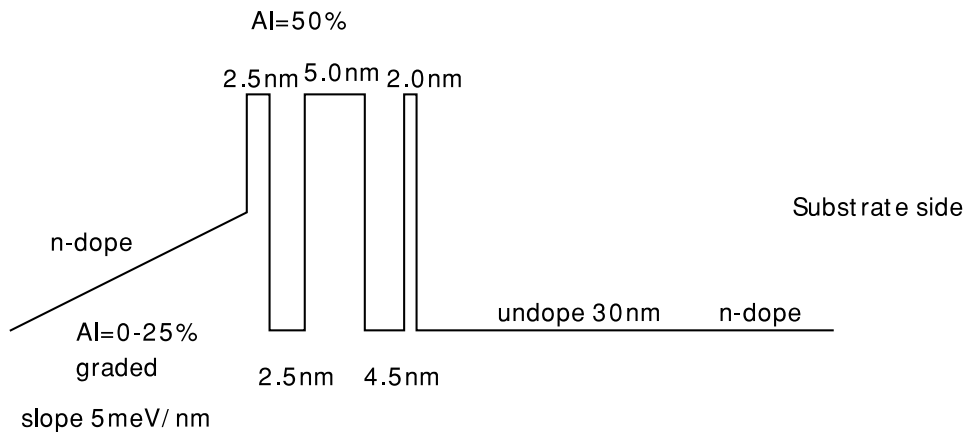


図3 設計した、中赤外発光素子の構造図。1段分のみ示しているが、試作素子は、同じ構造を1~5段繰り返している。

3. 今後の展望

コヒーレントキャリア制御技術に関しては、100fsクラスのスイッチング実験に成功しているが、この技術の信号処理、例えばアドレス読みとり等への応用を考えた場合、少なくとも5パルス程度の繰り返しが必要と考えられる。また、100fs以下のスイッチング速度の実証も重要な課題となる。

サブバンド発光素子に関しては、微弱光測定システムを完成し、段数による発光効率の違い等を明らかにする必要がある。

当該研究担当者等

ラボ構成員(総数15名)

職員(15名) 渡辺正信*、小森和弘、安平哲太郎、森 雅彦、鍛冶良作、向井誠二、伊藤日出男、松原浩司(光技術部)、中川 格、板谷太郎、菅谷武芳、小倉睦郎、杉山佳延(電子デバイス部)、河島 整、秋本良一(材料科学部)

*ラボリーダー