

半導体レーザーの軌道不安定性を用いた秘匿通信に関する研究

201312004 石原 太樹

現在提唱されている光カオス秘匿通信の多くはカオス同期現象に依存しているが、強引にカオス同期を引き起こす事ができることが知られており、秘匿性を保つことが困難である。これを受け、半導体レーザー(LD)のカオス発振のカオス性自体にバイナリメッセージを割り当てるカオス同期に依存しない光カオス秘匿通信が提唱されている。この手法では、カオス発振レーザーの軌道不安定性を制御する必要がある。

本研究では、送信器を模した LD1 と受信器を模した LD2 が共に戻り光を持ち LD1 から LD2 に 1 方向に光注入を行う光学系を考え、LD2 の軌道不安定性（軌道拡大率により定量化）が LD1 の戻り光係数により制御可能であることを数値シミュレーションにより示した。まず、LD2 の戻り光係数を $2, 4, 6 \text{ [ns}^{-1}\text{]}$ に固定し LD1 の戻り光係数を $0 \sim 20 \text{ [ns}^{-1}\text{]}$ 、光注入係数を $0 \sim 10 \text{ [ns}^{-1}\text{]}$ の範囲で変化させたところ、LD1 の戻り光係数の増加に伴って LD2 の軌道拡大率が増大し、特に光注入係数が $4 \sim 8 \text{ [ns}^{-1}\text{]}$ 程度のときにその効果が顕著に現れた。次に、光注入係数を $6 \text{ [ns}^{-1}\text{]}$ に固定し LD1 の戻り光係数を $0 \sim 20 \text{ [ns}^{-1}\text{]}$ 、LD2 の戻り光係数を $0 \sim 10 \text{ [ns}^{-1}\text{]}$ の範囲で変化させたところ、LD2 の戻り光係数の増加に伴って前述の軌道拡大率増大効果が抑制されることが判明した。

2 つの戻り光をもつ量子ドット半導体レーザーのカオス発振に関する研究

201312006 今泉 雅喜

量子ドット半導体レーザー(QDL)とは、活性層に量子ドットと呼ばれる半導体原子が複数個集まったナノ結晶を用いたレーザーである。量子ドット内に電子を 3 次元的に閉じ込めることによって、より高い量子効果を生じさせることができる。これにより、QDL は、低閾値電流、温度無依存性、高速化、戻り光の影響を受けにくいといった特性を持つ。しかし、QDL は製造が困難であり、まだ未解明なダイナミクスが多く存在する。また、組み用途を考えれば、2 箇所以上からの戻り光の影響を考えることは重要である。

そこで、本研究では、量子ドットの未解明なダイナミクスを解明するために 1 つの戻り光を持つ QDL 系と 2 つの戻り光を持つ QDL 系を想定し、戻り光と外部共振器長の影響による発振特性を数値シミュレーションを用いて示した。

1 つの戻り光をもつ QDL 系の場合、線幅増大係数 $\alpha \geq 3.0$ であれば、外部ミラーの反射率 $r = 0.04$ のような少ない戻り光量でもカオス発振が起こりうることを確認した。また、2 つの戻り光をもつ QDL 系においては、2 つの外部共振器長の差異による影響は少なく、 α と r が支配的であった。

カオス同期を用いた光カオス通信の秘匿性に関する研究

201312009 小原 悠大

主に計算機の計算量を安全性の根拠としている現在の暗号化手法は、今後の計算機の発展によって安全性が失われる可能性がある。これに対し、計算量に依存しない暗号通信として光カオス通信が研究されているが、光カオス通信の秘匿性を検証する有効な方法は確立されていない。そのため、本研究では、広く研究されているアナログ手法であるカオスモジュレーション法 (CMO 法) について、その攻撃方法を考案し、秘匿性の検証方法を確立することを目的とする。

CMO 法で暗号化されたメッセージについて、攻撃者が回線の通信速度のみを知っている場合に利用できる攻撃手法を提案した。これを用いて、125Mb/s, 12.5Mb/s, 1.25Mb/s の 3 種の通信速度での暗号解読シミュレーションを行った。平均のカオス強度に対するメッセージ比率が低い場合では通信速度が遅いほど正確な復元が可能なことを示した。また、正しいメッセージに対する本手法による復号メッセージの誤り率を求めた。メッセージ比率 10%, 20%, 30% に対する誤り率は、それぞれ平均 18%, 9%, 0.7% であった。

擬似ランダム信号を印加した戻り光半導体レーザーの静的特性

201312016 外山 晴久

レーザーに鏡を用いて自身の光をフィードバックさせることなどによって発生するレーザーのカオス発振 (レーザーカオス) は、光カオス秘匿通信などのカオス応用が期待されている。本研究ではレーザーカオスの静的特性の制御を目的として、戻り光半導体レーザー (LD) の静的特性を相関積分法により解析する。

はじめに、数値シミュレーションにより戻り光 LD の駆動電流に擬似ランダム信号を印加することで、戻り光レーザーカオスの静的特性が受ける効果について解析した。埋め込み次元 m に対する相関指数の値を求め、相関指数の値を埋め込み次元 $m = 5 \sim 7$ において増大可能であることを示した。また、実験的に相関積分法による戻り光 LD の静的特性の解析を試みた。埋め込み次元 m に対して相関指数の値は収束しないものの、理想的なランダムとは異なる傾向が見られた。