

- シリコンによる超高速全光スイッチ動作を世界で初めて実現
  - 平成17年11月9日
- 

独立行政法人情報通信研究機構(以下NICT。理事長:長尾 真)は、新しい原理と素材に基づく超高速全光デバイスを開発しました。ナノ細線型シリコン光導波路の二光子吸収現象を利用したもので、波長特性と偏光特性とに優れます。実験により、通信波長帯1.55ミクロンにおけるピコ秒(1兆分の一秒)の全光スイッチ動作が検証されました。この結果は超高速光ネットワークに向けた素子開発に革新をもたらす可能性があり、超高速シリコン・フォトニクスと称される新技術領域の創成にも通ずると期待されます。

## <背景>

シリコンを光デバイスに用いる研究が、最近、大きな注目を集めています。シリコン・エレクトロニクス分野で発達した信頼性や経済性に優れる高度なプロセス技術をシリコン光デバイスに適用することにより、フォトニクス素子のシステム化や実用化・商品化が可能となり、さらに信頼性・経済性の面で革新的な有利性が期待されます。実際、シリコン・フォトニクスと呼ばれるこの新技術に関して、米国インテル社などの研究成果が話題を呼んでいます。しかしながら、その超高速応用は試みられていませんでした。自由キャリア吸収に支配される従来型シリコン全光スイッチでは、自由キャリアの存在時間(寿命)とされる百ピコ秒程度の動作時間にとどまり、超高速光ネットワークで必要とされるピコ秒動作は実現不可能と考えられていたためです。

## <今回の成果>

NICTは細線型シリコン光導波路における高速な二光子吸収現象を動作原理とする新しいシリコン全光デバイスを開発しました。その結果、ピコ秒程度のシリコン全光スイッチ動作を世界で初めて実現できました。この方式はシリコン細線の断面寸法をナノメータ領域として光を微小領域に強く閉じ込め、二光子吸収が効率的に生ずる条件を設定して実現したものです。これにより、従来値に対して数十倍の高速性が実現されたほか、高速波長変換機能も確認されました。

## <今後の予定>

更なる高速化を目指して、ピコ秒以下の動作の実現を検討しています。また、速度100ギガビット/秒を上回る超高速光システムへの応用も目指します。なお、関連研究を東京開催太平洋地域レーザー・光エレクトロニクス国際会議にて論文発表し、より詳細な内容を英国スコットランド開催欧州光通信国際会議(ECOC2005)において論文発表しました。

---

## <問い合わせ先>

情報通信研究機構 総務部 広報室  
奥山 利幸、大野 由樹子  
Tel: 042-327-6923、Fax: 042-327-7587

## <研究内容に関する問い合わせ先>

情報通信研究機構 基礎先端部門  
光情報技術グループ  
リャン・タク・キョン、ルイス・ロメウ・ヌネス、土屋 昌弘  
Tel: 042-327-5789  
Fax: 042-327-7938

---

**【用語説明】****ナノ細線**

ナノメートル領域の断面寸法を有する線状の構造を意味します。

**光導波路**

光導波路内では光が横方向に閉じ込められた形態で伝搬します。光が伝搬しやすい高屈折率材料を中心に据え、光を閉じ込めやすい低屈折率材料でその周囲を取り囲むことによって、この閉じ込め効果は実現されます。ナノ細線型シリコン光導波路では、シリコンが高屈折率材料となり酸化膜と空気が低屈折率材料の役割を担います。

**二光子吸収**

物質の吸収エネルギーよりも小さいエネルギーを有する光子は、通常、その物質には吸収されませんが、物質内の微小領域に光子が強く閉じ込められると光子の吸収が生じます。これは、二つの光子が同時に物質に作用し、光子エネルギーが加算されるためです。この物理過程は大変に高速で、発生から終端までに必要な時間はピコ秒以下です。

**全光スイッチ**

光通信において光信号を制御する際に、通常は、電気信号を用いて光をオンオフするスイッチが利用されます。このスイッチは、しかしながら、電気信号の速度によって動作速度が制限されるため、より高速な光信号に対しては対応できません。そのような場合には、光信号を別の高速な光信号によってスイッチするデバイスが用いられます。全てのスイッチ動作を光で行うために全光スイッチと呼ばれます。超高速光技術が活用される場面では、最も重要なデバイスと位置付けられています。

**自由キャリア吸収**

半導体に光が吸収されると、半導体内部には自由に移動できる電子と正孔が生じます。これらは自由キャリアと呼ばれますが、時間的に後から入射する光は自由キャリアにエネルギーを与えてより強く吸収されるようになります。このように、自由キャリアの存在によって生ずる光吸収現象を自由キャリア吸収と呼びます。

**波長変換**

光通信では一つの通信チャネルごとに一つの波長を有するレーザ光が利用されます。そのレーザ光にデータが重畳されますが、これを別の波長に素早く変換する機能を波長変換といいます。一旦電気信号に変換して異なる波長の光源をその電気信号で駆動する方法もありますが、これでは速度が不足するために、光の状態を保ったまま効率的に波長を変える方法が求められています。



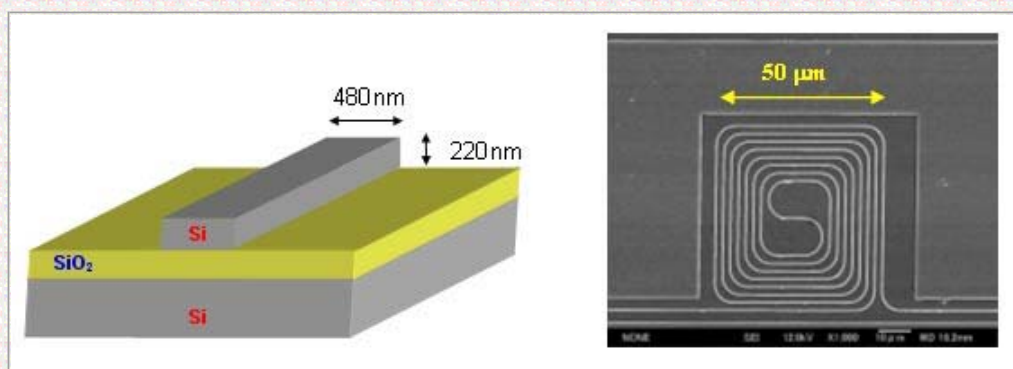


図1: 左図はナノ細線型シリコン光導波路の概念図。光は上部にあるひも状のシリコン構造内に閉じ込められて伝搬する。

右図は実物の顕微鏡写真。単位基板面積当りの導波路長を大きく取る目的のために、渦状経路となるように作製されている。

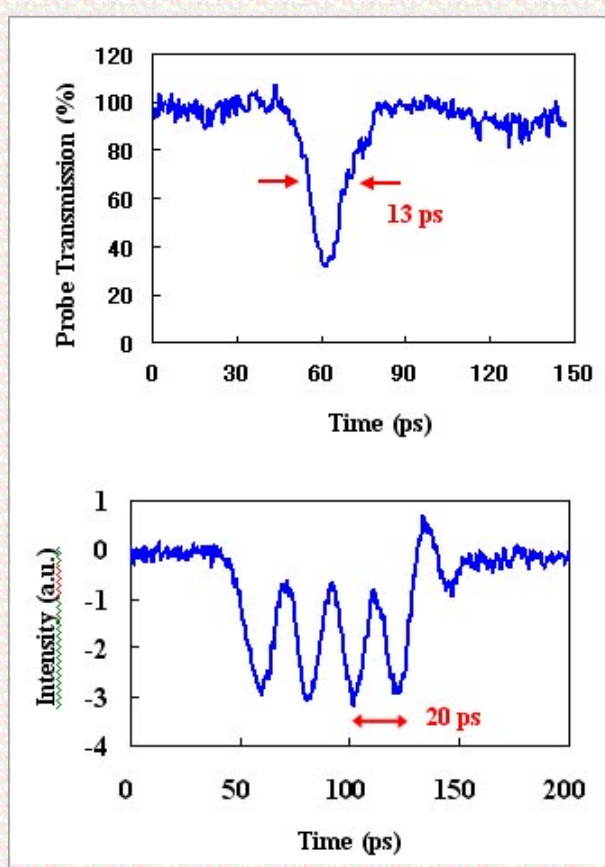


図2: 全光スイッチ動作確認実験の結果。上図では13ピコ秒動作が示されているが、これは測定系速度に制限されたデータであり、別実験では1~2ピコ秒の動作速度が確認されている。従来値を大きく上回る世界最高速データ。下図には毎秒50ギガビットのデータ信号列を16nmだけ波長変換した結果が示されている。