

プリント基板上に作られるスローライト

特別に調整された分散プロファイルによって材料内の光の群速度が大幅に落ちる、いわゆる「スローライト」の発生は、通信や光データ処理用途の光回路に利用できる可能性がある。スローライトの発生は、当初、一般に複雑で精巧な実験装置が必要とされる電磁誘

導透過を利用して実現されたが、その後、光ファイバと集積フォトニックチップ内の誘導ブリルアン散乱(SBS)およびラマン散乱(SRS)を用いて達成された。

現在では、ロシアと米国の科学者グループが、通常のプリント回路基板(PCB)

のポリマ導波路内にスローライトを発生させ、この効果を利用できる可能性を広げた⁽¹⁾。この装置では、多くの用途に有用な、広い範囲でチューナブルな光学遅延を発生させるためにSBSが使用された。

SBS誘導スローライト

ロシアのM・V・ロモノーソフ記念モスクワ国立総合大学(モスクワ大学)とロシア科学アカデミー、および米テキサスA&M大学の研究グループは、一つのPCB上に紫外線(UV)リソグラフィを用いて、長さが等しく5cmの50×50μm導波路のアレイを作製した。導波路のコアとクラッドの屈折率は、800nmでそれぞれ1.46と1.40で、ラマン利得スペクトルは11フェムト秒(fs)の振動周期に対応する約3000⁻¹の波数をもつ炭素-水素振動モードによって支配されている。

ストークスパルスは、40fsパルスを発振するモードロックマスタ発振器と、中心波長800nm / 標準帯域幅5nmで60fsパルスを発振するマルチパス増幅器を内蔵するTi:サファイアレーザシステムによって作り出された。また、持続時間100fs / 中心波長650nmの励起パルスは、周波数可変の光パラメトリック発振器によって作られた。他のSBS誘導スローライト装置と同様に、励起パルスはストークスパルスを増幅し、導波路の屈折率を変化させ、ストークスパルスの速度を下げる。このストークスパルスの持続時間は、実験では60~500fsの間で変化した。

β ほう酸バリウム結晶内の200fs、800nmの参照パルスと同調したストークス出力によって発生する和周波数信

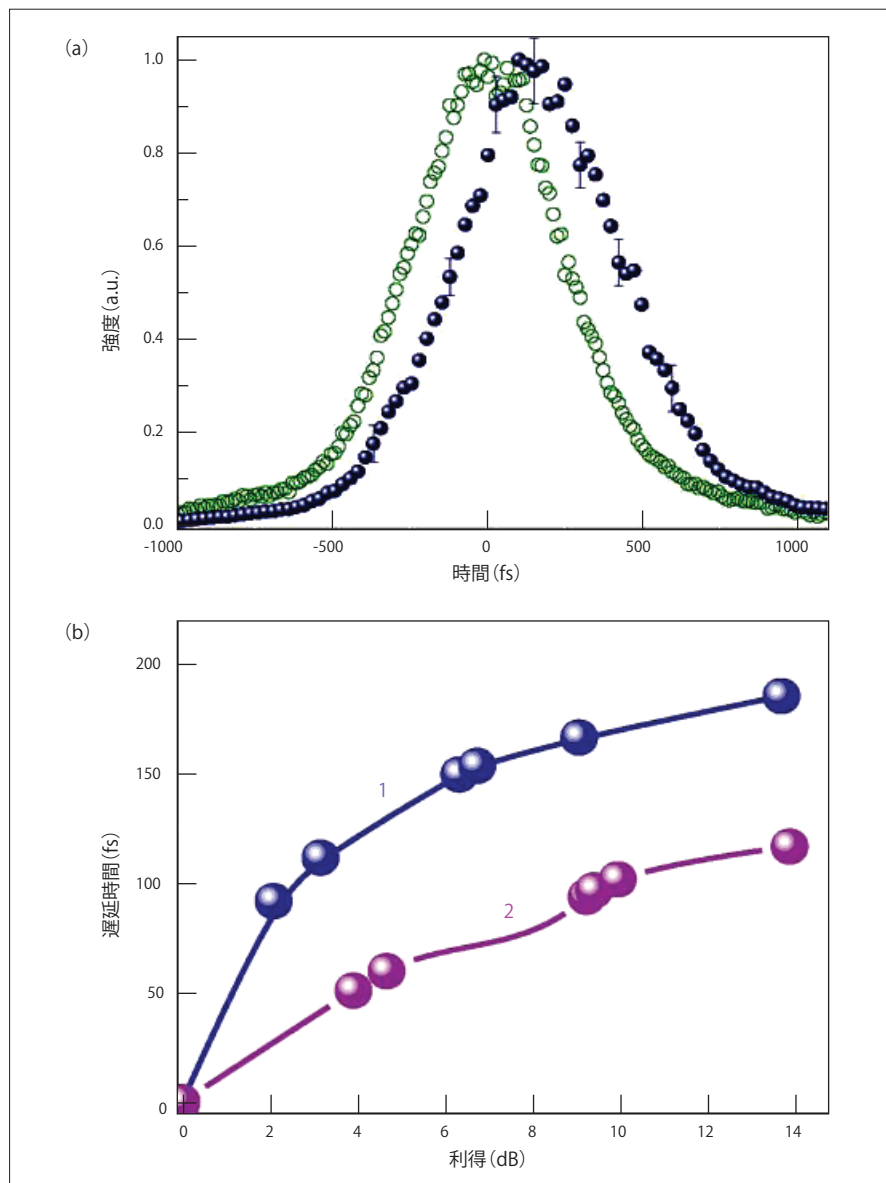


図1 相互関係の記録によって、5cmのポリマ導波路を通過する450fsのストークスパルスのパルス遅延の差が示されている(a)。また、5nm(青)と8nm(紫)の二つのストークス帯域幅の入力値に対するストークスパルスの遅延時間が示されている(b)。

号が生まれ、ストークスパルスと参照パルス間の関数として測定された。

研究グループは、ストークスパルスの帯域幅を5nmのラマン線幅の下で安定させるために空間フィルタを利用し、励起パルスとストークスパルス間の結合にとって最適な条件を作り出した。しかし、導波路はマルチモードであるため、ストークスパルス出力の持続時間は、最大で10%伸長することは避けられない。

正攻法の理論的アプローチを用いて、利得に対して線形に比例する時間遅延を予測した。しかし、実験結果では、ポリマのカー非線形性の影響によって、高い利得では多少の飽和が見られた(図1)。最適条件である5nmのストーク

ス帯域幅と14dBの利得では、最高200fsの光群遅延が得られた。

研究グループは、ポリマ導波路内の励起パルスとストークスパルスの相互作用長は、この二つのタイプのパルス間の群屈折率における不整合によって制限されると指摘している(例えば、5nmの帯域幅をもつストークスパルスの相互作用長は約13mm)。研究グループによると、より長い相互作用長を作り出す方法はいくつかある。そうした方法としては、空間モードまたは偏光モードの混合、多層クラッドの利用、導波路分散プロファイルの設計の改良

などが挙げられる。

例えば、サイズ $0.9 \times 1.5 \mu\text{m}$ の方形ポリマ導波路は、垂直に偏光された励起パルスとストークスパルス用にモデル化された9cmの相互作用長をもち、100fsパルスに対して最高1.4psの遅延を生み出す。

さらに、より高い密度の炭素-水素結合をもつ異なる複数のポリマによって、利得は上昇すると考えられる。この研究グループは、すでにポリマ薄膜を用いた予備実験において、利得が4~5倍上昇する可能性があることを確認している。(John Wallace)

参考文献

(1) A.A. Lanin et al., Opt. Lett., 36, 10, 1788(May 15, 2011).

LFWJ