

NTT持株会社ニュースリリース

(ニュースリリース)

2012年2月24日

世界初、光RAMチップの実現 ～超低消費電力の高速ネットワーク処理実現へ前進～

日本電信電話株式会社(本社:東京都千代田区、代表取締役社長:三浦 愷、以下 NTT)は、フォトニック結晶※1と呼ばれる人工構造を用いて、光メモリの消費電力を従来比300分の1以下に低減し、集積チップ化した光ランダムアクセスメモリ※2(以下 光RAMチップ)の動作を世界で初めて実現しました。

今回実現した光RAMチップを用いることで、光データを電気に変換することなく蓄積・転送することが可能となり、将来的にルータなどのネットワーク処理機器(以下、NW機器)の大幅な高速化、低消費電力化が期待されます。

本成果は、2012年2月26日(英国時間)に英国科学雑誌「Nature Photonics」のオンライン速報版で公開されます。

なお、本成果の一部は、独立行政法人情報通信研究機構(本部:東京都小金井市、理事長:宮原 秀夫)の委託研究「全光パケットルータ実現のための光RAMサブシステムの研究開発」によるものです。

1. 研究の背景

近年、FTTHなどのブロードバンドサービスやスマートフォンの爆発的普及に伴い、社会で扱う情報は、2025年には2006年比較で200倍になると見込まれています。これに伴って、ネットワーク情報を処理するサーバ・ルータなどのNW機器の処理速度が不十分になるとともに、その総消費電力量は2025年には5倍になると予測されています。(図1)

現在、光ファイバーを用いて伝送される高速な光データは、NW機器で一旦電気に変換された後に電気回路で処理されており、その際の変換電力及び電気回路の処理速度がNW機器の性能を制限しています。そこで、これらNW機器の消費電力及び処理速度の問題を解決するため、機器中の情報処理の光化を目指した研究開発が現在世界中で行われています。

情報処理を光化する上で、従来光化が最も困難だと考えられてきたのはNW機器の中で高速な信号を蓄積・転送するために用いられているRAM(ランダムアクセスメモリ)でした。これまでの光メモリは消費電力が大きすぎ、サイズも大きいため、集積化が困難であったためです。NTTの研究所では、フォトニック結晶と呼ばれる人工構造を用いてこの問題を解決できる可能性に着目し、NW機器の大幅な高速処理化および低消費電力化をめざして、光RAMを実現する研究を続けてきました。

2. 研究の成果

NTTは、まず、フォトニック結晶の強く光を閉じ込める特性を利用して、超低消費電力、超小型の光メモリを実現しました。さらにこの光メモリ(1ビット)を4つ集積したチップを製作し、高速光信号を電気信号に変換することなく高速処理することができ、世界初の光RAMチップを実現しました。(図2)

用いられた光メモリは、従来の光メモリに比べて消費電力は300分の1しかなく、超小型であるため、大規模な集積化にも適用可能です。この光RAMを用いれば高速な光データを光信号のまま蓄積・転送できるため、広帯域・低消費電力・超小型のルータを実現するキーデバイスとして期待されます。

また、この技術は将来的にはマイクロプロセッサチップ中に集積化することにより、チップ内のネットワーク処理にも適用可能で、高性能で低消費電力のマイクロプロセッサを実現する技術としても有望です。

3. 技術のポイント

- (1) フォトニック結晶による超低消費電力光メモリの実現

InP(インジウム、リン)半導体薄膜に周期的な空孔を形成した構造であるフォトリソニック結晶の中に、InGaAsP(インジウム、ガリウム、ヒ素、リン)を局所的に埋め込み、光ナノ共振器※3とした特殊な構造を用いて超小型の光メモリを作製しました。(図3□)

この素子は、書き込みおよび消去光パルスを入射することによって、オンとオフの二つ光出力状態を切り替えることができる光双安定※4と呼ばれる現象を用いて情報を記憶し、光メモリとして機能します。従来の光ナノ共振器を用いた光メモリは、書き込み光パルスによって生成されるキャリア※5(電子-正孔対)がすぐに共振器の外に逃げてしまい効率が上がりませんでした。また熱が発生することによってメモリされた情報が消えてしまうため、メモリ保持時間が250ナノ秒程度に制限されていました。

今回の素子では、光双安定を起こす効率が高いInGaAsPをInPのフォトリソニック結晶に埋め込んだ新構造により、下記2つの利点を得る事が可能となり、これまでの光メモリの問題点を解決しました。

利点1

キャリアがInGaAsP内に閉じ込められて逃げていかないため、非常に低い光パワーによるメモリ動作が可能です。

利点2

InPの熱伝導率が高く発生した熱が速やかに外に逃げるため、メモリ保持時間の制限がありません。その結果、この素子では10秒以上のメモリ時間が達成され、30ナノワットという低い消費電力で動作しました。(図4□)

この消費電力は光メモリの中で最も小さい値で、これまでで最も低消費電力であったメモリと比べても300分の1以下です。(図5□)

(2) 集積化された光RAMチップによる動作達成

NTT研究所は、上記の光メモリを同一半導体基板上に4ビット集積した光RAMチップを作製し、高速な光データ信号に対するRAM動作を確認しました。集積化された多ビット光メモリによるRAM動作は世界で初めての試みです。(図6□)

実験では、ビットレートが毎秒40ギガビットである超高速の4ビット光データ列(1010または1101)を用いてRAM動作を行わせました。4ビットの入力データは、まず高速光シリアル・パラレル変換器※6によって4つの光パルスに分解されて、チップ内の別々の光メモリに書き込まれます。書き込みの500ナノ秒後に、別の読み出し光パルスを入射させることにより、書き込まれた情報を光出力として読み出すことに成功しました。この動作は、毎秒40ギガビット・4ビットの光データがメモリ保持されたことを示しており、各素子をランダムにアクセスしてメモリ動作できることを実証しています。

従来の光メモリは、サイズが大きく消費パワーが大きかったため、大規模に集積したRAMとして用いることは原理的に困難でした。今回実現したRAMはまだ4ビットですが、消費パワーとサイズからは大規模集積化が十分可能です。たとえば1メガビットのRAMを作ったとしても、総消費パワーは30ミリワット程度であり、チップサイズは10平方ミリメートル程度にしかありません。高速な情報処理に用いることを想定されている光RAMは、10キロビットから1メガビット程度の規模のものが必要だと考えられていますが、今回実現した性能から十分実現可能だと考えられます。

5. 今後の展開(図7□)

今後、NTTの研究所では今回開発した光RAMチップを高密度化し、集積度を上げていく研究を進め、10キロビットから1メガビット程度規模の光RAMの実現を目指し、将来的にはルータに代表されるNW機器に適用することで、ネットワークの処理速度の高速化および大幅な低消費電力化の達成を目指します。さらに光RAMを組み合わせた高速なネットワーク処理機能をもつ光回路をマイクロプロセッサ内に搭載できれば、プロセッサの演算能力を飛躍的に高められる可能性を持ちます。これらの技術により様々なネットワーク処理を光化し、情報処理技術の広帯域化、低消費電力化の実現を目指します。

用語解説

※1 フォトリソニック結晶

屈折率が光の波長と同程度の長さで周期的に変調された構造のことを指し、通常ナノ加工技術でシリコンなどの誘電体を微細加工することによって作製される。フォトリソニック結晶は光絶縁体として機能するため、通常の物質では不可能な強い光閉じ込めが可能となる。

※2 ランダムアクセスメモリ(RAM)

保持されたデータ列に対して任意の順序でアクセスできるメモリのこと。通常のRAMでは、多数のコンデンサとトランジスタにより電荷を蓄える回路を構成してデータを記憶する。一方で光RAMでは、光の入射に対して2つの安定な状態を切り替える「光双安定現象」を利用してデータを記憶する。

※3 光ナノ共振器

光共振器とは、光を空間的に閉じ込める機能を持つ素子。光は狭いところに閉じ込めにくいいため、高性能共振器の小型化は一般に難しい。従来、波長の10~100倍程度の小型共振器は光マイクロ共振器と呼ばれていたが、閉じ込め体積が1立方マイクロメートル以下になると光ナノ共振器と呼ばれている。

※4 光双安定

光出力が、同じ条件下で二つの安定な状態を示す現象。外部からの光パルスの入射によって二つの状態を切り替えることができるため、二つの状態で0と1のビット情報を記憶させることができる。








※5 キャリア

光が吸収されることによって発生する電子と正孔の対。媒質の屈折率を低下させる効果をもつ。

※6 光シリアル・パラレル変換器

連続した光ビット列を個々の光ビットに分解し、同一時間上に並列化する素子。

別紙・参考資料

- ▶ [図1 情報流通量と消費電力の増大](#) 
- ▶ [図2 4ビット集積光RAMチップ](#) 
- ▶ [図3 RAMに用いた光メモリの構造図](#) 
- ▶ [図4 光メモリ動作](#) 
- ▶ [図5 従来の光メモリとの消費電力・サイズの比較](#) 
- ▶ [図6 光RAMチップのランダムアクセス動作](#) 
- ▶ [図7 将来の応用イメージ](#) 

■ 本件に関するお問い合わせ先

■ 日本電信電話株式会社

先端技術総合研究所 広報担当

a-info@lab.ntt.co.jp

TEL046-240-5157

ニュースリリースに記載している情報は、発表日時点のものです。現時点では、発表日時点での情報と異なる場合がありますので、あらかじめご了承くださいとともに、ご注意をお願いいたします。

[NTT持株会社ニュースリリース インデックスへ](#)

NTT持株会社
ニュースリリース

▶ [最新ニュースリリース](#)

▶ [バックナンバー](#)

▶ [English is Here](#)

NTT持株会社
ニュースリリース内検索

1997 ▼ 年 04 ▼

月 ~

2021 年 11 月

検索

NTTグループの情報は
こちらからもご覧いただけます。

NTT広報室 on

twitter

NTTグループの旬な情報をチェック!



Facebook

NTTグループ公式フェイスブックページ

▲ このページの先頭へ

▶ 更新履歴 ▶ サイトマップ ▶ お問い合わせ ▶ 著作権 ▶ プライバシーポリシー ▶ 情報セキュリティポリシー ▶ ウェブアクセシビリティポリシー ▶ 個人情報保護について

Copyright © 2021 日本電信電話株式会社