

## 【基盤研究(S)】

### 理工系(工学 I)



## 研究課題名 グラフォアセンブリーによる三次元積層型光電子集積システム・オン・チップ

東北大学・大学院工学研究科・教授

こやなぎ みつまさ  
小柳 光正

研究分野：工学

キーワード：電子デバイス・集積回路

#### 【研究の背景・目的】

これまで LSI は、微細加工技術の進歩に伴う半導体素子の微細化により、高性能化、大容量化が達成されてきたが、近年、素子の微細化に伴う様々な問題が顕在化してきている。一方で、LSI への異種材料、異種デバイスの搭載による高機能化の要求が高まってきている。これらの問題を解決して新しい要求に応えるようにするためには、素子の微細化だけでなく、LSI にフォトニクス技術や MEMS 技術、実装技術などの異種技術を融合した新しい集積化技術の実現が必須となる。本研究では、スーパーチップインテグレーションと呼ぶ新しい三次元集積化技術と光電子集積化技術を融合して、高性能で、低電力、高機能の光電子集積システム・オン・チップの実現を目指す。

#### 【研究の方法】

本研究では、図に示すような三次元積層型光電子集積システム・オン・チップの実現を目指す。このようなシステム実現の鍵を握るのが、異種チップや異種デバイス、光導波路、シリコンフォトニクス・デバイスを高精度に位置合わせをして集積化する技術である。このような高精度位置合わせ及び接合のための新しい技術としてグラフォアセンブリー技術を開発する。グラフォアセンブリー技術は、液体の表面張力を利用してチップの自己組織化を行い、LSI チップや各種デバイスを高精度に位置合わせして接合する技術である。本研究では、位置合わせを行うチップと基板の表面にナノ構造を形成して液量と液体の表面積を独立に制御し、液体の表面張力やぬれ性、液体の弾性力を実効的に変化させることによって、位置合わせ/接合精度を飛躍的に向上させる。三次元積層型光電子集積システム・オン・チップ実現の鍵を握るもう一つの技術は、光インターコネクション技術とシリコンフォトニクス技術である。光インターコネクション技術に関しては、チップ内、チップ間に加えて、垂直方向のシリコン貫通光インターコネクションについても検

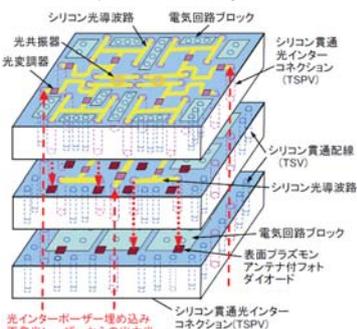


図 1 三次元積層型光電子集積システム・オン・チップの構成

討する。シリコンフォトニクス・デバイスに関しては、プラズモンアンテナ付フォトダイオード、光変調器、マイクロミラー、オプティカル・カップラー、光共振器、光スイッチなどの検討を行う。

#### 【期待される成果と意義】

本研究で提案するグラフォアセンブリー技術を用いることによって、50nm~100nm の位置合わせ精度で、異なった種類のチップやデバイスを三次元積層することが可能となる。その結果として、三次元集積化技術と光インターコネクション、シリコンフォトニクス技術を融合した世界初の三次元積層型光電子集積システム・オン・チップが実現可能となる。このシステム・オン・チップでは、積層されたチップ間が、ビア径 0.5 $\mu$ m、ピッチ 2 $\mu$ m の高密度シリコン貫通配線(TSV) (100 万本/cm<sup>2</sup> 以上) で接続される。積層されたチップ間は光 TSV(シリコン貫通光配線: TSFV)によっても接続される。また、各チップには、プラズモンアンテナ付フォトダイオード、光変調器、マイクロミラー、オプティカル・カップラー、光共振器、光スイッチなどのシリコンフォトニクス・デバイスが搭載されるので、本研究によって光電子融合分野の研究を加速することになる。また、三次元積層型光電子集積システム・オン・チップを用いると低電力で高性能のプロセッサや並列処理システムを実現できるので、本研究は、今後の集積回路技術や Green IT 技術、計算機技術の発展に大きな貢献をするものと期待される。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- T. Fukushima, M. Koyanagi et al. "New Heterogeneous Multi-Chip Module Integration Technology Using Self-Assembly Method", IEEE International Electron Devices Meeting Tech. Dig., pp.499-502, 2008.
- M. Koyanagi, et al. "Three-Dimensional Integration Technology Based on Wafer Bonding with Vertical Buried Interconnections", IEEE Trans. on Electron Devices, Vol.53, pp.2799-2808, 2006.

#### 【研究期間と研究経費】

平成 21 年度 - 25 年度

163, 100 千円

ホームページ等

<http://www.sd.mech.tohoku.ac.jp>