

平成 31年 2月 28日





豊橋技術科学大学長 殿

電気・電子情報工学 専攻  
学位審査委員会  
委員長 櫻井庸司



### 論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	太田 雅		学籍番号	第 123216 号
申請学位	博士 (工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 電気・電子情報工学 専攻	
博士学位論文名	表面プラズモンを用いた高密度論理演算回路の要素技術 (Optical logic circuits using surface plasmons)			
論文審査の期間	平成 31年 1月 17日 ~ 平成 31年 2月 28日			
公開審査会の日	平成31年 2月12日	最終試験の実施日	平成31年 2月12日	
論文審査の結果※	合格		最終試験の結果※	合格
<p>審査委員会(学位規程第6条)</p> <p>学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。</p> <p>委員長 内田 裕久 </p> <p>委員 石川 靖彦  石山 武 </p> <p>福田 光男  印</p> <p style="text-align: center;">印</p> <p style="text-align: right;">印</p>				

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

## 論文内容の要旨

本論文は、情報処理システムの基幹素子である半導体集積回路の性能向上のため、集積回路へ導入可能な表面プラズモン（金属表面等における光の電界と結合した自由電子の集団振動の量子）導波路を用いた論理演算回路の基盤技術確立を目的としている。具体的には、誘電体コア型導波路に沿って伝播する表面プラズモンを用いた論理演算回路の要素技術について検討し、複数の演算を同時に処理可能な導波路構造の開発、および金属ギャップ型導波路に沿って伝播するギャッププラズモンを用いた論理演算回路の要素技術について検討し、小型な構造で全光変調を可能とする変調構造の開発を行っている。これにより、半導体集積回路へ適用可能な表面プラズモン論理演算回路技術の基礎を築いている。

第1章では、情報処理デバイスの背景と課題、光および表面プラズモンを用いた集積回路技術の現状とその課題について概説し、本研究の位置づけと目的を記述している。第2章では、本研究で扱うプラズモニク素子（論理演算構造、表面プラズモン導波路および励起構造）について概説し、素子設計に用いる式の導出とその物理的対応について説明している。第3章では、本研究で開発した表面プラズモン論理演算回路および要素素子の設計を行い、表面プラズモンの干渉による半加算器演算を実証している。第4章では、ギャッププラズモン励起構造の設計を行い、ギャッププラズモンの励起を実証している。さらに、ギャッププラズモン論理演算回路の設計を行い、その実現可能性について明らかにしている。最後に第5章で本論文を総括するとともに、今後の課題と展望について記述している。

## 審査結果の要旨

情報化社会の発展に伴い、通信トラフィック量は全世界で指数関数的に増加している。情報処理デバイスを構成するトランジスタは、集積度向上のための微細化により、金属配線の抵抗および配線間の容量成分による信号の伝送遅延が増大することから、爆発的に増加し続ける情報通信量の高速処理の限界が危惧されている。そのため近年では、微細化によるCMOS回路の限界を超えた、従来とは異なる物理現象を利用した新規情報処理システムの開発が求められている。これらの解決策の一つとして、光信号を用いた長距離光通信の技術を集積回路へ応用する光回路技術が注目を集めており、光回路での高速情報処理を目的とした全光論理演算技術の開発が進められている。さらに、光信号は波長以下の領域への集光が困難であることから、伝播光の回折限界を超えてナノスケールの光回路を実現可能とする表面プラズモンを用いた論理演算技術の開発も進められている。しかし、そのデバイスの形態等は未だ模索の段階である。

本研究では、CMOS互換プロセスにより作製可能な表面プラズモン論理演算回路の要素技術を開発し、近接場顕微鏡法を用いて表面プラズモン強度分布を測定することで、素子の動作を評価している。誘電体コア型の表面プラズモン論理演算回路では、表面プラズモン信号を分波および干渉させる構造として多モード導波路を導入し、多モード干渉を用いて複数演算の同時処理を実証している。さらに、誘電体コア型表面プラズモン回路の更なる高密度化に向けて、2モード干渉を用いた配線交差構造を開発し、任意の交差角度での低損失交差を実験的に確認している。また、金属薄膜に形成した空気ギャップへ表面プラズモンを閉じ込めるナノスケールのギャッププラズモン回路について、新規のギャッププラズモン励起手法を提案し、ギャッププラズモンの励起を実験的に確認している。また、非線形屈折率効果を用いたギャッププラズモン論理演算回路の設計を行い、実現可能性について示している。

これらの研究成果は、今後の光演算回路の一形態を示すものとして学術的および工学的に評価できる。

以上により、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

（各要旨は1ページ以上可）