

氏名・(本籍)	山 本 庸 介 (滋賀県)
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工博乙第 19 号
学位授与の日付	昭和62年10月30日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	プラズマ結合型デバイスの解析と応用に関する研究

論文審査委員	(委員長)		
	教授	安 藤 隆 男	
	教授	今 井 哲 二	教授 宇 野 正 美
	教授	山 本 達 夫	教授 助 川 徳 三

論 文 内 容 の 要 旨

本研究はバイポーラ系の機能デバイスであるプラズマ結合型デバイス(PCD)の解析を行ったものである。また本解析の具体的な応用として、PCDスキャナや、512ビットイメージセンサの設計試作を行い、LSI化の見通しを得た。

PCDの特徴は、二回の拡散工程と電極工程だけで、素子間分離せずに作れるため、歩留り良く集積度の高いLSIを実現できるところにある。一方、本質的に3次元デバイスなので、解析や設計が困難である。本研究に課された課題は、PCD改善のポイントがつかめ、最適設計出来る様な見通しの良い解析法を確立すると共に、PCDの特徴を生かした具体的な応用デバイスとして、撮像デバイスを実現する事であった。

PCDの解析は、PCDの基本エレメントであるコンダクタンストランジスタ(CDT)の解析と、CDT同士の結合、すなわち、プラズマ結合現象の解析に分けて2段がまえで行った。CDTの解析は、電流増幅特性やスイッチング特性を統一的に説明できる《線形パラメタモデル》の確立を狙った。具体的には、CDT中に注入され蓄積する少数キャリアの総量 Q_T に着目し、 Q_T がベース電流と一対一に対応しているとして、エミッタ電流とベース電流の間を結ぶ式を導出した。この解析の考え方の新しい所は、CDTに電荷制御モデルを適用した点と、CDTの中ではキャリアの蓄積が3次元的に起こることを解析に取り入れた点にある。この解析により、いままで異常現象として解明されていなかったCDTの電流増幅率やスイッチング特性の詳細が、ほぼ完全に説明できるようになった。

プラズマ結合現象については、《ピーク点電圧に関するオーム則》と呼ぶ法則を見いだし、これを

基本にして解析を行った。この法則はC D Tのベース電流に比例してピーク点電圧が低下するというもので、この比例定数を《結合抵抗》と名付けた。この結合抵抗は、プラズマ結合強度を最も端的に表現できるパラメタとなった。

しかし実際に、この結合抵抗を用いてP C Dの等価回路を組もうとすると、様々な疑問が生じた。この問題を整理するため、コンダクティブなバルクと、この中に散在している端子群からなる《バルク回路》といったものを思考モデルとして取り上げ、線形性の基本に立ちかえて、結合抵抗の意味を考察した。その結果、バルク回路は《2端子間のアドミタンス Y_{mn} 》を基本にして、実在の等価回路を構築すべきで、インピーダンスである結合抵抗を用いた等価回路は、物理的には存在しないことがわかった。この解析を通して、結合抵抗の意味と使用法を正しく把握出来るようになった。またP C Dシフトレジスタや、スキャナのように規則性のあるデバイスの場合には、この規則性を反映した《結合抵抗の固有値マトリクス》を導入すると、わずかの結合抵抗のセットで、P C Dを統一的に解析できることを示した。

これらの基礎検討をふまえて、実際のP C Dの中でおこるプラズマ結合現象を解析したところ、C D T同志が、単に電界的に結合する《電界結合状態》と、C D Tに流れ込んだ少数キャリアが、隣接したC D Tにまで拡がって結合する《電荷結合状態》があることがわかった。また結合抵抗のセットと電流増幅率に加え、電荷結合時に少数キャリアが、隣接素子に流れ込む割合を分流率と定義すると、実デバイス上でのプラズマ結合特性を完全に解析的に導けることを示した。

つぎにP C Dスキャナについて、動作マージン、高速性能、走査出力の取り出し方等について検討した。P C Dの解析を参考にして、様々の構造で試作したスキャナのパラメタ評価を通して、《非対象エミッタ構造》や《櫛状ベース構造》、あるいはベース・エミッタ間距離の短縮化が、上記性能向上のために極めて有用なことを示した。走査出力電極は、N型走査出力電極を取り上げ、その解析と最適化設計を行った。

以上の検討の具体的応用として、センサアドレス方式の、イメージセンサの設計試作を行った。このデバイスは、P C Dスキャナと、《High Low Junction Gate Transistor : HIT》を組み合わせたものである。H I Tは、このイメージセンサのために、新たに提案したホトセンサで、エミッタから基板に流れ込んだ少数キャリアが、ゲートのN N⁺接合に流れ込むことなく、コレクタに到達する事を動作原理にした、新しいスイッチングデバイスである。光感度も蓄積モードで受光すれば、極めて高感度な、数Lux secの感度が得られる。P C Dとも分離なしに集積化でき、全く同じ工程で作れるので、P C Dの特徴を生かすことが出来る。試作したイメージセンサは、絵素数512ビット、絵素ピッチ25 μ m、信号最高周波数は2 MHzの特性を示し、撮像実験にも成功した。

以上の研究によって、P C Dの設計法を確立すると共に、L S I化の見通しを得た。