

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Routing Strategies for Critical Routing Layers in Modern Advanced Chips
著者(和文)	WANGZezhong
Author(English)	Zezhong Wang
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第381号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高橋 篤司,一色 剛,佐々木 広,藤木 大地,ISLAM A K M MAHFUZUL
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第381号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		Wang Zezhong	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	高橋篤司		教授		ISLAMA K M MAHFUZUL	准教授
	審査員	一色剛		教授	審査員		
		佐々木広		准教授			
		藤木大地		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「Routing Strategies for Critical Routing Layers in Modern Advanced Chips（最先端チップのクリティカル配線層のための配線戦略）」と題し、英文 6 章から成る。

第 1 章「Introduction（序論）」では、近年、集積回路の 3 次元実装技術の重要性が増しており、その中でもウエハとウエハを直接結合するボンディング技術が、高性能と低コストを両立する技術として、最先端の CMOS イメージセンサや NAND フラッシュメモリなどの製品で使われており、それら製品の CMOS 制御回路チップの配線設計では、アレイ状に配置されるボンディングパッドが障害物となり、従来の自動配線技術では良好な配線結果を得られていないことを指摘し、本論文で提案する配線戦略が 3 次元集積回路実装のための配線設計に大きく貢献すると述べている。

第 2 章「Channel Routing(チャネル配線)」では、関連研究について概観している。主に配線層 2 層のスタンダードセル方式において定義される配線領域を構成する従来型チャネルは、ネット端子がチャネル外周に配置されるのに対し、3 次元集積回路実装のクリティカル配線層で定義される一般型チャネルでは、ネット端子がチャネル内部にも配置され、水平方向もしくは垂直方向の一方の配線資源が限られることを指摘している。従来の自動配線技術では、このような制約下で良好な配線を得ることができず、短時間に良好な配線を得るために、各ネットを同一方向の単一幹線を持つスタイナ木により配線する一般型チャネル単一幹線配線手法の開発が必要とされることを指摘している。

第 3 章「Routing Framework(配線フレームワーク)」では、対象とする一般型チャネルに対する配線問題を、各ネットの幹線を配線トラックへ割り当てる割当問題として定式化し、幹線割当を逐次的に決定する配線フレームワーク Greedy Routing Framework with Guarantee (GRFG) を提案している。GRFG は、幹線割当が他の幹線との重なりが禁止されること以外に制約を受けず、使用できる配線トラック数が幹線の最大混雑度以上である場合に、幹線の配線トラックへの割当を完了することを保証する。一般型チャネルの配線設計のために GRFG を用いることで、配線の完了を保証しつつ、目的に応じ各ネットに幹線割当の優先度を与えることで、様々な特徴を持つ配線結果を得ることができる。

第 4 章「Length Minimization Algorithm(配線長最小化アルゴリズム)」では、一般型チャネルにおいて、幹線の鉛直方向の配線の削減を目的とする配線手法 SDG(Symmetric Difference General channel routing algorithm)を提案している。ネットの幹線を、配線トラック上下のネットの端子数の対称差が小さい配線トラックに割り当てることで、鉛直方向の配線の総長が小さい配線が得られる。SDG は、GRFG に基づく発見的配線アルゴリズムで、各ネットの優先度を配線トラックに対するネット端子数の対称差の大小に基づき定め、鉛直方向の総配線長が小さい配線を得ている。

第 5 章「Local Congestion Alleviation Algorithm（局所混雑度緩和アルゴリズム）」では、垂直配線の局所混雑度が配線設計完了の妨げとなることを指摘し、一般型チャネルにおいて、鉛直方向の局所混雑度削減を目的とする GRFG に基づく発見的配線アルゴリズム UE0(Under, Enclose, Over routing algorithm)を提案している。各ネットに対し、局所混雑度の増大に寄与する幹線を割り当てる配線トラックの範囲を定義し、その範囲の配線トラックへの幹線の割当をできる限り避けるようにネットの優先度を定めることで、鉛直方向の総配線長は SDG に比べ若干増加するものの、局所混雑度が SDG に比べて大きく緩和された配線を得ている。

第 6 章「Conclusion（結論）」では、提案する一般型チャネルに対する単一幹線配線アルゴリズムが、3 次元集積回路実装における配線設計の効率化に大きく貢献すると研究を総括するとともに、実設計で必要とされる制約に対応する必要性など今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、3 次元集積回路実装におけるクリティカル配線層のための配線戦略を提案するとともに、その有効性を明らかにしたものであり、工学上および学術上貢献するところが大きい。よって我々は本論文が博士(学術)の学位論文として十分価値あるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。