

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	VLSI物理設計におけるギャップチャンネル配線
Title(English)	Gap Channel Routing in VLSI Physical Design
著者(和文)	下田将之
Author(English)	Masayuki Shimoda
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第13号, 授与年月日:2024年12月31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 (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第13号, Conferred date:2024/12/31, 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	下田将之	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	高橋篤司	教授	ISLAM A K M MAHFUZUL	准教授
	審査員	一色剛	教授		
		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、「Gap Channel Routing in VLSI Physical Design (VLSI 物理設計におけるギャップチャンネル配線)」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、その中の一つである CBA 方式では、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、本論文で提案するギャップチャンネル配線手法が CBA 方式を用いる 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「Related Works (関連研究)」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従来型のチャンネルに対するレフトエッジ法などの配線手法は、多様な配線幅の配線を適切に扱うことが困難であること、従来の多様な配線幅を扱う配線手法や障害物が存在しない配線領域を対象とするエリア配線手法は、規則的に障害物が存在する配線領域では良好な解を得ることが困難であること、確率的探索手法や機械学習などを用いる手法は、一般に長い計算時間を必要とするため実設計への適用は困難であることを指摘し、アレイ状に障害物が存在する配線領域で良好な配線を効率よく得るための新たな配線手法が必要とされていることを指摘している。

第 3 章「Gap Channel Routing (ギャップチャンネル配線)」では、配線領域内に規則的に存在する障害物間に配線領域を横に貫通する矩形配線領域であるギャップを行状に定義し、それらギャップの総配線容量がそれらギャップを通過することが必要な配線の幅の総和とほぼ等しく、各ネットを単一の横幹線を持つスタイナ木として接続することが求められる状況をモデル化したギャップチャンネル配線問題の定式化を与えるとともに、この問題を配線面積の最小化、すなわち配線に使用するギャップ数の最小化を目的関数とする最適化問題とする場合、NP 困難問題であるビンパッキング問題を内包するため、ギャップチャンネル配線問題は一般に NP 困難であることを指摘している。

第 4 章「Gap Channel Routing to Minimize Routing Area (配線領域最小化のためのギャップチャンネル配線手法)」では、ギャップチャンネル配線問題において、配線面積の削減を目的とする各ネットの横幹線を逐次的にギャップに割当てる配線手法を提案している。提案配線手法は、レフトエッジ法をベースとする発見的手法で、配線面積の最適性は保証されないが、水平制約、区間制約、天井制約を横幹線の割当状況に応じて適切に更新することで、横幹線のギャップへの割当順序を、配線幅の大きい横幹線を優先しつつ適切に制御することで、従来手法と同等の時間計算量で、配線面積を削減している。実験では、提案配線手法は、理論的な配線面積の下限を多くの場合達成し、従来手法に比べ良好な配線結果を、実用上想定される入力ネット数においてに短時間に得ることを確認している。

第 5 章「Gap Channel Routing to Minimize Wirelength (配線長最小化のためのギャップチャンネル配線手法)」では、新たなギャップ選択順序と横幹線優先順序を提案し、それらを前章の提案配線手法で用いることで、各ネットの横幹線と端子を接続する縦配線の総長を削減する発見的配線手法、および後処理のための逐次改善手法を提案している。実験では、提案配線手法は、従来手法に比べ総縦配線長を 2 割以上削減するなど、良好な配線結果を短時間に得ることを確認している。

第 6 章「Conclusions and Future Work (結論と今後の課題)」では、ギャップチャンネル配線問題に対する提案配線手法が、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配線設計に対して、ギャップチャンネル配線手法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、工業上貢献するところが大きい。よって我々は本論文が博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認める。