

氏名	上田 尚宏		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	工学		
学位授与番号	博乙第	4524	号
学位授与の日付	2020年 9月25日		
学位授与の要件	博士の論文提出者  (学位規則第4条第2項該当)		
学位論文の題目	小型アナログ IC に関するパッケージ起因応力の可視化と IC の高精度化設計手法に関する研究		
論文審査委員	教授 紀和 利彦	教授 五福 明夫	教授 平木 英治
<b>学位論文内容の要旨</b>			
<p>本研究は半導体集積回路において、特にチップサイズが1mm角程度の小型 IC チップを対象に、パッケージ起因応力の可視化とそれを用いた IC 設計手法の高精度化を実現することを第一の目的に実施した。小型 IC チップの代表例として電源管理 IC がある。近年 Wireless Sensor Network の普及に伴い、IoT 機器を駆動する電源管理 IC に対する小型化と高精度化の要求が高まっている。特に高精度化については、リチウムイオン二次電池の安全使用の観点からも社会的な要求が強い。本研究の第二の目的として、Pt 超薄膜型の水素センサーの基礎的な評価を実施した。Wireless Sensor Network 機器の構成要素であるセンサーへの理解が、それを駆動する電源管理 IC にとっても重要であり、その技術的改良を進めることが将来の高度ネットワーク社会の実現に貢献する、という考えのもとに基礎的な研究を実施した。</p> <p>まず第2章では、報告例の少ないチップサイズが1mm角程度の小型 IC チップのパッケージ起因応力分布の可視化に取り組み、本研究で考案した手法によってパッケージ起因応力分布が再生できることを示した。</p> <p>第3章では、電源管理 IC への適用が多い QFN パッケージと WL-CSP に対して、パッケージ起因応力を調査した。QFN パッケージについては、報告例の少ない小型 IC チップの応力分布に関する多くの知見を得た。WL-CSP については、回路の直上に配置されている Copper pillar に関してその近傍で発生する局所的な応力分布を明らかにした。</p> <p>第4章では、パッケージ起因応力によるアナログ回路の性能劣化を IC 設計段階で予測する手法について報告した。ネットリストをベースにした現在の回路設計手法に対して、MOSFET の相互コンダクタンスと抵抗体の抵抗値のそれぞれを、その場の応力分布に応じて個々に変調させることで、応力起因の影響を反映したネットリストを作成し、それを用いた回路シミュレーションと実製品の測定結果が良い一致を示すことを実証した。</p> <p>最後に第5章では、ガスセンサーの一種である水素センサーに対して実施した基礎的な研究成果を示すとともに、センサー構造の製造上の課題を抽出し、その解決方法を提案した。</p>			

## 論文審査結果の要旨

学位論文は、半導体集積回路(IC)において、特にチップサイズが1 mm角程度の小型ICチップを対象に、パッケージ起因応力の可視化とIC設計手法の高精度化を実現した結果をまとめたものである。

研究では、報告例の少ないチップサイズが1 mm角程度の小型ICチップのパッケージ起因応力分布の可視化に取り組み、本研究で考案した手法によってパッケージ起因応力分布が可視化できることを示した。また、電源管理ICへの適用が多いQFNパッケージとWL-CSPに対して、パッケージ起因応力を調査した。QFNパッケージについては、報告例の少ない小型ICチップの応力分布に関する多くの知見を得た。WL-CSPについては、回路の直上に配置されているCopper pillarに関してその近傍で発生する局所的な応力分布を明らかにした。加えて、パッケージ起因応力によるアナログ回路の性能劣化をIC設計段階で予測する手法について報告した。ネットリストをベースにした現在の回路設計手法に対して、MOSFETの相互コンダクタンスと抵抗体の抵抗値のそれぞれを、その場の応力分布に応じて個々に変調させることで、応力起因の影響を反映したネットリストを作成し、それを用いた回路シミュレーションと実製品の測定結果が良い一致を示すことを実証した。以上のように、パッケージ起因応力による局所的な応力分布を明らかにし、応力分布に応じて個々の素子を変調させることで応力起因の影響を反映した回路シミュレーションを提案し、実製品の測定結果と良い一致を示すなど半導体デバイス分野に大きく波及する有用な成果を挙げた。

さらに、ガスセンサーの一種である水素センサーに対して実施した基礎的な研究成果を示すとともに、センサー構造の製造上の課題を抽出し、その解決方法を提案することに成功するなど、センサーデバイス分野に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文に値すると認める。

なお、論文発表会では適切な説明が行われ、また質疑に対する応答も適切であった。これにより、十分な学力を有することを確認でき、研究者として自立して研究活動を行うために必要な能力を有することも認められた。