

氏名・(本籍)	えん　　とう　　のぶ　　ひろ 遠　　藤　　伸　　裕 (東京都)
学位の種類	工　　学　　博　　士
学位記番号	工博乙第　　1　6　　号
学位授与の日付	昭和62年2月20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	超LSIプロセスにおける微細素子分離に関する研究

論文審査委員	(委員長)		
	教授	安藤隆男	
	教授	島岡五郎	教授 今井哲二
	教授	助川徳三	教授 熊川征司
	教授	畑中義式	

## 論文内容の要旨

現在、超LSIの主流はnチャンネルMOSデバイスであるが、将来CMOSデバイスに移行していくものと考えられる。CMOSデバイスは、nチャンネルMOSとpチャンネルMOSとから構成され、低消費電力と低電圧動作という長所をもつ。しかし、このCMOSの高密度化や高速化を計るために寸法を微細化していくと、2つの問題を生じる。第1は、同一基板内に反対の導電性を有するウェルを設けるために広い素子分離領域を要すること。第2は、寄生バイポーラトランジスタによるラッチアップという暴走現象が発生し易いことである。本論文の目的は、超LSIプロセス技術におけるこれらの問題を解決すべき新しい微細加工と微細素子分離を研究することである。

MOSLSIの微細加工技術として、シリコンの反応性イオンエッチング(RIE)法を主に検討した。RIEの反応ガス種、添加不純物ガスの存否などによって、加工形状やエッチング表面状態が著しく変化することが見出された。SF<sub>6</sub>などフッ素系ガスを多く含むガスを用いると、Siのエッチング速度を大きくし、レジストやSiO<sub>2</sub>との選択性を高める効果をもたらすが、マスク下にアンダーカットが生じる。一方、CCl<sub>4</sub>Fなど塩素系ガスを用いると、エッチング選択性は多少劣るものの、垂直ではほぼマスク寸法に忠実に加工できる。前者はプラズマ中のイオンやラジカルによる化学反応が主たるエッチング機構であることを示すのに対して、後者は加速されたイオンによる衝撃効果によるものである。ハローカーボンガスを用いるとSi表面に炭素などの不純物層の侵入が認められ

た。この汚染層は、酸化雰囲気中で熱処理することにより除去できた。SiCl を反応ガスに、かつ水分や酸素のない制御した真空中で用いると、炭素汚染層のない優れた形状をもつSiの異方性エッチングが可能になった。SiのRIEを中心とした全ドライプロセスを超LSIレベルの512Kbit ROMの試作に適用し、内蔵させた漢字パターンを正常に出力して本微細加工技術の有用性を検証した。

Siの選択エピタキシャル成長（SEG）とは、SiO<sub>2</sub>など非晶質絶縁膜をマスクとして露出Si基板上にのみ単結晶膜を堆積する方法である。SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>ガス系と減圧成長炉を用いた実験から、選択成長は圧力、温度、反応ガス濃度などのパラメータと関連を示すが、特にHClを添加する選択成長への効果は著しい。また、HClの添加は絶縁膜に接したエピ膜の結晶性を向上したり、露出表面積比によって成長速度が変化するローディング効果をなくすことも見出された。これは、反応生成物のSiCl<sub>2</sub>の作用をモデル化して説明でき、さらに選択成長機構も明らかにした。絶縁膜に隣接する選択エピタキシャル膜のファセットや積層欠陥密度も電気的特性と対応づけて評価した。すなわち、(100) Si基板に形成した絶縁膜矩形開口部の側壁材がSiO<sub>2</sub>で、方位を<100>とした場合に、平坦かつ低欠陥密度の選択エピタキシャル膜が得られた。この成長膜にMOSFETを形成し特性を評価した結果、従来素子分離に使用してきたLOCOS法と比較して、チャンネル幅シフトや狭チャンネル効果が著しく低減することが認められた。したがって、選択エピタキシャル成長を用いた新しい微細素子分離（SEG分離）法は超LSI技術として有効であることを示唆した。

最後に、SEG分離法をCMOSプロセスに適用した。p型基板にn型ウエルを形成する際、開口部内の所定領域にリンイオンを注入後、選択エピタキシャル成長工程を実施し、埋込みウエル構造とした。この高濃度埋込み層からのオートドーピング効果を評価すると、不純物遷移領域は基板界面から1 μm以内にあり、1.5 μm以上成長したエピタキシャル表面のバックグラウンド不純物濃度は10<sup>16</sup> cm<sup>-3</sup>以下と十分低いことが分かった。埋込みウエルの形成には、従来よりも低温かつ短時間の熱工程で行うことができるため、使用するp型基板の抵抗を下げることも可能である。SEG分離と埋込みウエルプロセスとを用いて、チャンネル長0.5 μmチャンネル幅1 μmという極めて微細なCMOSデバイスを試作し、良好なインバータ動作を得ることができた。また、新しい微細分離技術と埋込みウエルの組み合わせによる相乗効果から、寄生バイポーラトランジスタの電流利得が大幅に低下し、それに対応してラッチアップ耐性の大きい特性が確認できた。

以上のように、微細加工技術と成膜技術の1つであるSiの選択エピタキシャル成長法を微細素子分離プロセスに適用した結果、CMOSデバイスで大きな障害となっていたいくつかの問題点を解決することができた。また、本論文で述べた高制御性、高精度性、低温化、平坦化、高純度化、低汚染化は今後の超LSIプロセスの進展すべき方向に示唆を与えていると考えられる。