

Title	Low Temperature Growth Using Photo-Induced Process and Characterization of Dielectric Thin Films
Author(s)	毎田, 修
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43455">https://hdl.handle.net/11094/43455</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について <a href="#">ご参照</a> ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	まい だ おさむ 毎 田 修
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 7 1 8 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 14 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	Low Temperature Growth Using Photo-Induced Process and Characterization of Dielectric Thin Films (光励起プロセスによる誘電体薄膜の低温成長と評価に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 奥 山 雅 則  (副査) 教 授 高 井 幹 夫    教 授 岡 本 博 明

### 論 文 内 容 の 要 旨

現在の LSI デバイスは主に熱プロセス、プラズマプロセスを用いて作製されているが、LSI の微細化、高集積化が進むにつれ、プロセスの低温化、プラズマダメージの低減といった要請が増してきており、半導体デバイス作製における新たなプロセス技術の必要性が増してきている。光励起プロセスは低温、低ダメージ、反応の選択性といった特徴を有しており、従来型のプロセスにかわるプロセスとして期待される。本論文でこのような光励起プロセスのゲート絶縁膜作製工程、および配線工程への適用を検討した。

まず、第 2 章では重水素ランプを真空紫外光源として用いた光 CVD 法による極薄ゲート  $\text{SiO}_2$  膜、第 3 章では ArF エキシマレーザを用いた PLD 法による High-k ゲート  $\text{ZrO}_2$  膜の作製をそれぞれ試み、その電気的特性を明らかにするとともに膜質改善法としてラジカル酸素を用いたアニール処理を検討した。また、 $\text{SiO}_2/\text{Si}$  界面特性評価として界面ラフネスと界面準位の関係を明らかにするとともに、Fowler-Nordheim トンネル電流の振動現象を解析することで界面遷移層の影響を示した。また、 $\text{ZrO}_2/\text{Si}$  界面では Silicate 層の膜厚増加にともなう換算膜厚の増大を見出し、それに対するラジカル酸素アニールの有効性を示した。

第 4 章、第 5 章では、近年利用が盛んになりつつあるシンクロトロン放射光 (SR) を光源とした SR 励起プロセスの配線工程への適用を検討した。第 4 章では poly-tetra-fluoro-ethylene (PTFE) の放射光エッチングを試み、その分解脱離反応過程を検討することで、将来、層間絶縁膜として導入が期待される有機ポリマーのエッチングガスを用いない、高速、高アスペクト比、光エッチングの可能性を示した。また、第 5 章では放射光アブレーションによるフルオロカーボン層間絶縁膜形成を試み、その電気的特性を明らかにし、製膜温度の上昇による構造変化を見出した。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

誘電体薄膜は超高集積回路 (超 LSI) において、基幹部となる電界効果トランジスタのゲート膜、コンデンサ、配線間絶縁として非常に重要である。今後超 LSI が更なる高集積化する中で、現在の誘電体薄膜作製プロセスでは不純物拡散やイオン損傷のため素子性能への悪影響を与えるが、光励起をプロセスに用いることによりこの悪影響を大

きく低減できると期待される。本論文は、誘電体薄膜を光励起プロセスにより、低温かつ低損傷で作製するプロセスを開発するとともに、微視的構造、電子的・光学的性質を評価し、実用化への検討を行った一連の研究結果をまとめたものである。

まず、重水素ランプを真空紫外光源として用いた光 CVD 法により低温で極薄  $\text{SiO}_2$  膜を作製し、静電容量、絶縁破壊特性評価等から、現在実用化された熱酸化膜と同等の電気的特性が得られることを示した。次に、原子オーダーの表面平滑性を制御した Si 上では、界面準位密度が界面ラフネス低減とともに減少することを示した。また、トンネル電子の干渉による Fowler-Nordheim (FN) トンネル電流の振動現象を見出し、理論解析から光 CVD  $\text{SiO}_2$  膜の界面遷移層幅が熱酸化膜より薄いことを示した。

次に次世代 LSI 用 High-k ゲート絶縁膜として  $\text{ZrO}_2$  膜を PLD 法により作製し、XRD、SEM、AFM 観察、電気的特性等から優れた特性を有することを示した。ここで、 $\text{ZrO}_2/\text{Si}$  界面にシリコン酸化膜が形成されていたが、ラジカル酸素アニールにより界面酸化膜の増大を抑えて膜質改善ができることを示した。

高輝度光科学研究センターのアンジュレータからの軟 X 線 poly-tetra-trifluoro-ethylene (PTFE) に照射し、高光量照射では光誘起過程による蒸発が生じ、低光量照射では膨張が生じることを見出した。この現象は、軟 X 線による内殻励起に判う主鎖の切断に伴うフラグメントの離脱または多孔質構造の生成により起こることを解明した。さらに蒸発種を基板に堆積させることにより大きな製膜速度で低誘電率のフルオロカーボン絶縁膜を得ることに成功した。その構造的・電気的特性から超 LSI の層間絶縁膜として有望であることを示した。

以上述べたように、本論文は、光励起プロセスにより超 LSI 用のゲート絶縁膜や層間絶縁膜等の誘電体薄膜作製技術を確立し、その微視的・電気的特性評価から実用化に導く重要な成果を得ており、学位（工学）論文として価値のあるものと認められる。