



Title	真空紫外光直接励起型光CVD法によるSI02膜の低温成長に関する研究
Author(s)	井上, 幸二
Citation	大阪大学, 1989, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/36460">https://hdl.handle.net/11094/36460</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">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> >大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名・（本籍）	いの	うえ	こう	じ
	井	上	幸	二
学 位 の 種 類	工	学	博	士
学 位 記 番 号	第	8 6 8 7	号	
学位授与の日付	平 成 元 年	3 月	24 日	
学位授与の要件	基礎工学研究科物理系専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当			
学 位 論 文 題 目	真空紫外光直接励起型光 C V D 法による S i O <sub>2</sub> 膜の低温 成長に関する研究			
論 文 審 査 委 員	(主査)			
	教 授	浜川	圭弘	
	(副査)			
	教 授	難波	進	教 授 小林 猛

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は真空紫外光直接励起型光 CVD 法による SiO<sub>2</sub> 膜の低温成長に関する一連の研究についてまとめたもので、5 章より構成されている。

第 1 章では、まず高集積半導体デバイス作製における低温処理技術の必要性を述べ、その観点から光励起プロセスの有効性を明確にした上で、今日までの光化学気相成長（光 CVD）プロセスの発展の経過を要約し、本研究の意義とその目的を明らかにしている。

第 2 章では、単一の真空紫外光源を用いた直接励起光 CVD 法による、SiO<sub>2</sub> 膜成長の低温化について述べている。まず、重水素ランプの真空紫外光（～160nm）を用いて、酸素とジシラン原料ガスを直接励起することにより、常温でも SiO<sub>2</sub> 膜の作成が可能となり、また、膜中の欠陥が減少することを明らかにしている。さらに、Kr 共鳴線ランプの 123.6nm 真空紫外光を用いてジシランのみを選択励起することにより、反応過程を制御して膜質を改善できることを示している。最後に SiO<sub>2</sub> 膜堆積直前に弗素ガスによる Si 基板処理を行うことにより、SiO<sub>2</sub> - Si 界面準位密度が大幅に減少することを見い出し、 $5 \times 10^9 \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$  という小さな値が得られることを実証している。

第 3 章では、真空紫外光に加えて紫外光を照射することにより、酸素を活性の強い高励起準位へ効率よく励起する二重励起光 CVD 法の開発と、それによる膜質の改善について述べている。ジシランと酸素を用いて二重励起光 CVD 法により SiO<sub>2</sub> 膜の成長を行い、Si-OH 結合や膜中固定電荷密度を単一の真空紫外光源光 CVD に比べて減少させることに成功している。その際、酸素をさらに効率よく励起する方法として、マイクロ波による酸素励起を導入することによって、常温で作成された膜においても Si-H 結合が消滅することを確認し、気相中の反応を質量分析を用いて解析してその反応機構について考察して

いる。また、ジシランよりも活性で大きな光吸収を持つトリシランを用いた $\text{SiO}_2$ 膜作成についても研究し、膜成長速度が増加することを見い出している。

第4章では、光CVD法により低温で作成された膜の真空紫外域の光物性の測定とその解析結果について述べている。まず、シンクロトン放射光を用いて測定された5 – 25 eVの領域の反射スペクトルを示し、Kramers – Kronig変換を用いた解析より帯間遷移吸収領域の複素屈折率のエネルギースペクトルを求めている。その結果、常温で作成された膜では、その複素屈折率が小さいが、基板温度が上昇すると大きくなることを見い出している。ついで、6 – 9 eVの領域の光吸収スペクトルの測定から、基礎吸収端近傍の7.6 eV付近に吸収ピークがあり、膜作成の基板温度と共に増大することを見い出している。酸素雰囲気中のアニール結果よりこのピークが酸素欠乏による欠陥であることを推測し、基板表面での欠陥形成過程について検討をおこなっている。

第5章では、第2章から第4章までの研究成果を総括し、本研究で得られた主要な結論、成果についてまとめると共に、その今後の応用について簡単に述べている。

## 論文の審査結果の要旨

近年、情報処理の巨大化にともなって、“常により多くの情報を、より微少なエネルギーで処理する”新技術の開発が強く望まれている。こうした状況から、現在の情報処理技術の中核機能をまかなっている半導体IC（集積回路）については、各電子素子の高密度集積化と共に、3次元集積化への要素技術の確立に大きな期待がかけられている。本研究は、こうした背景にもとづいて、ICの高密度3次元集積化への鍵技術とされている $\text{SiO}_2$ 膜の低温成長に関する一連の基礎研究をまとめたものである。

本論文では、従来のプラズマCVDに用いられるモノシランと比べて、低温で分解効率の高いジシランと酸素ガスを原料として、ジシランの分解エネルギーに重水素ランプの真空紫外光を用いた光CVDを試み、従来の熱CVD法によって700°C以上の基板温度で得られる $\text{SiO}_2$ 膜と同等の高品質膜を常温で堆積することに成功し、その膜質ならびに界面の物性を明らかにした。次いで、光源としてKr共鳴線ランプを用いたジシランの選択励起法ならびに、真空紫外光と紫外光により生成した酸素原子ラジカルを用いる二重光励起法を開発し、SiとOの選択励起が可能となり、従来独立に制御することが不可能とされていた二種類の励起種の量とその成分比の制御を可能にした。また、こうした気相反応における励起種を質量分析その他によって詳細に調べあげ、分解反応とそれらの分子種が膜として組み込まれる堆積機構を解明した。

本技術によって得られる低温成長 $\text{SiO}_2$ 膜は優れた基礎特性を示し、特に二重光励起CVDによる膜は、従来膜質劣化の原因とされてきたO–H結合が極めて少なく、MOSFETとしての電氣的ドリフトの原因となる固定電荷密度や界面準位密度も桁違いに少ないことが明らかとなった。本研究ではさらに、出来た膜の熱処理効果、堆積前の基板の弗素処理効果など、成長膜とその界面の電氣的特性、光学的特性を詳細に調べあげ、半導体集積回路とその3次元集積化への実用技術に必要な重要なテクニカルデータを明ら

かにした。

以上のように本研究は、I C の高密度集積化と3次元集積化の壁とされていたSiO<sub>2</sub>膜の低温成長に新技術を開発し、高品位SiO<sub>2</sub>膜の堆積機構を明らかにし、半導体素子工学の進歩に寄与するところ大きく、工学博士の学位論文に価値あるものと認める。