

MERIT 国内インターンシップ 報告書 (日本語版)

MERIT 8 期生(化学系)

東京大学 工学系研究科 マテリアル工学専攻

霜垣研究室 大高 雄平

[インターンシップ先]

株式会社ジャパン・アドバンスト・ケミカルズ(JAC) プロセス開発センター

[実施日程]

2024 年 2 月 6 日 ~ 3 月 9 日

[行った内容と詳細]

様々な原料を用いた薄膜形成プロセス開発

① SiN および SiCN の化学気相成長(CVD)法を用いた薄膜形成プロセスの開発

CVD法は、原料である化学物質を試料が配置された炉内に流入させ、気相状態にて化学反応を炉内および試料表面上で行うことで、薄膜を形成させるプロセスであり、半導体デバイスや電子デバイスの製造に広く利用されています。

SiN は、化学的安定性に優れていることから、マスク材料、絶縁膜、バリア膜などに用いられています。また、SiCN は、シリコン、炭素、および窒素の元素から構成され、高い耐食性と絶縁性を持ち、半導体デバイスやエレクトロニクスアプリケーションで使用されています。

本インターンシップ内では、JAC 社内 CVD 装置を用いて、既存原料 A を用いて SiN を、および新規原料 B について SiCN を製膜する実験を行いました。温度や供給分圧など様々な条件における実験を 35 回程度行いました。出来た薄膜に対して、分光エリプソメトリーを用いた膜厚および FT-IR や XPS を用いた膜組成などの依存性を調べました。最終的に、高速かつストイキオメトリーな SiCN が新規原料 B を用いて製膜できることを示しました。

②酸化ハフニウムの原子層堆積(ALD)法を用いた薄膜形成プロセスの開発

ALD 法は、製膜のための原料を交互に流すことで、原子層単層での製膜を行うことで、非常に薄く均一性の高い薄膜を作成するプロセスです。高性能な太陽電池パネル、メモリや CPU など電子デバイスなどに用いられます。

酸化ハフニウム(HfO_2)は、誘電率が 18~25 と非常に高いこと、熱安定性が良好であることから High-k(κ)材料(高比誘電体)として期待されている物質です。主に CMOS (相補性金属酸化膜半導体) の FET(電界効果トランジスタ)におけるゲート絶縁膜に加え、今後ディスクリートのコンデンサーやシリコンキャパシター等に用いられることが期待されています。

次世代の、数 nm またはそれ以下とされる半導体への酸化ハフニウムの導入に

は、ALDのような非常に均一なプロセスが必要ですが、その原料については高速な成長・原料費用などで、まだ探索が続けられています。

本インターンシップ内では、JAC 社内 ALD 装置の改善を行いながら、既存原料 C および新規原料 D について、温度や供給分圧など様々な条件における実験を 35 回程度行い、出来た薄膜に対して、分光エリプソメトリーを用いた膜厚および FT-IR や XPS を用いた膜組成などの依存性を調べ、よりよいプロセスとなる条件を提案しました。

③ BN の ALD 法を用いた薄膜形成

本インターンシップにおいては、トレンチやピットなどといった複雑な構造内に、高耐熱、低誘電率、低摩擦などの優れた特徴をもつ BN(窒化ホウ素)膜を均一につける実験についても行いました。ごく薄い膜を均一につける必要があったため、先述した ALD 法を用いました。良好に狙い通りの膜厚である BN 薄膜が形成されたことを確認しています。

そのほか、プラズマ ALD/CVD を用いたプロセスについても、見学などを行いました。

[本インターンにて特に身についた要素について]

- ・プロセス開発のための効率的な実験条件の決定と実験における作業の円滑化

原料探索を行うために、実際に実験し膜ができるかどうかを確かめるため、実験を行うことは必須ですが、なるべく実験回数は少なく、それでいて必要となる情報については多く取得するため、効率的な実験条件を理論的に構築する必要がありました。本インターンシップでは慣れてくると、また行っている内容について勉強が進むごとに、より効率的な実験ができたものと考えています。また、時間内になるべく多く実験するための円滑化を考えられたことも良かったと考えています。

- ・装置の理解、および装置の改造や修理などの手法

CVD や ALD 装置およびその装置から吸気系、排気系への配管など、実験を行い、適切に後処理を行うのに必要なメンテナンスや改造などについても、JAC 社員の指導のもと行わせていただき、スキルが付いたものと考えています。また、装置の理解についても必要であったため、その一環で CVD や ALD 装置の構造、および装置に必要なバルブ等の部品などの理解も進みました。

[インターンシップ先において]

本インターンシップにおいては、JAC 社の社員の方々に非常にやさしくしていただきました。研究や開発に集中できる環境で、非常に親切に指導等をしていただきました。受け入れてくださり感謝いたします。MERIT プログラムにて学んだ研究遂行および成果発表等のスキルが、企業内部における成果の最大化と、進捗の共有の効率化に活かされた上、俯瞰的に物事を捉える能力が、大学での研究と企業での研究の繋がりを意識する際に非常に有用であったと考えております。