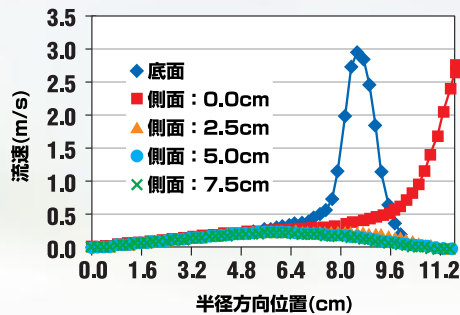


CFDによるVLSIのCVDプロセス改善

資料提供：日本大学工学部情報工学科，東京大学工学部化学システム工学科

化学気相成長(CVD)とは，エレクトロニクス業界で集積回路やその他の部品用の薄膜製造に広く使用されているプロセスです。低濃度の反応ガスが低い圧力に保たれた反応器に送り込まれ，加熱されたサセプター上のシリコンサブストレート(ウェハー)上で反応し，所望の電気特性を持つ化合物の薄膜を形成します。サブストレート面で化学的組成と厚みが均一な，高品質な薄膜となります。

CVDは，超大規模集積回路(VLSI)のウェハー製造によく使用されます。最近，日本大学と東京大学の研究者らが，このシミュレーションにFLUENTを使用しました。この研究では，CVD反応器のガス入り口は固定とし，ウェハー上で薄膜の品質を最適化するために出口の位置と穴の数を変えています。使用されたガスは，六フッ化タングステン(WF₆)とシラン(SiH₄)です。最初に，既存の簡単な形状の反応器で実験をし，反応スキームをモデリングしました。6種類を超える反応を含むラジカル連鎖反応スキームで，タングステンシリサイド



サセプター上の半径方向ガス流速分布をガスの出口位置の関数として表したものである。最も均一なガス流速分布は，側面出口がサセプタープレートより上にある場合に得られている。

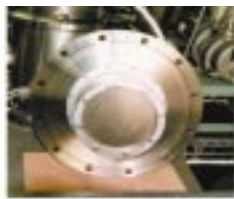
(WSi_x)がウェハー上に生成される過程をシミュレートしました。予測された薄膜の膜厚と組成は実験データときわめてよく一致し，誤差は6%以下であったため，研究者らはCVD反応器の最適化について研究を開始しました。

何種類かの出口構成について，生成された薄膜の品質を評価するため，流れ場の特性をいくつかチェックしました。1つめは，サセプタープレート付近のガス半径方向流速分布です。プレート下部に出口を配置した場合，プロファイルがきわめて不均一

になるため，表面反応が起きる場所での流れが均一にならず，生成される薄膜に悪影響を与えることがわかりました。出口を側面に配置すると，半径方向の速度プロファイルははるかに均一になりました。次に，反応器側面にある出口の穴の最適な配置と数を見つけるため，WSi_xの生成速度を半径方向位置の関数として調べました。側面の出口の数を1～9個の範囲(等間隔)で変え，その結果を，リング状の_SLOTを使用した場合と比較しました。予想通り，出口の数が多くなるにしたがい，均一性はリング状の_SLOTを使用した場合に近くなりました。最後のテストは，出口の配置を変えた場合の薄膜の組成を半径の関数として比較しました。この場合もやはり，穴の数が9個のとき(約半周に相当)に最も均一な結果が得られました。最終的な反応器の設計では，ウェハー全域で薄膜厚さの変化は3%以下であり，FLUENTを使用してVLSI製造におけるCVDプロセスを最適化できることが確認されました。



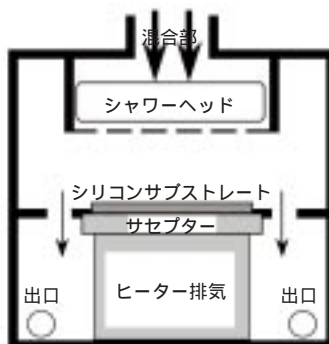
CVD 反応器



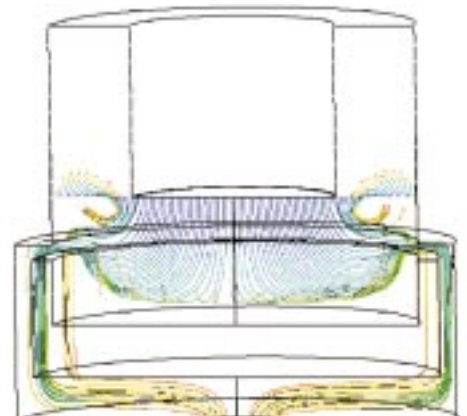
シャワーヘッド



ガス出口



CVD 反応器の断面



サセプタープレート上5cmの位置に側面出口がある場合のガスの経路。出口がこの位置にある場合，プレート上の速度分布が最も均一になる。

CVD 反応器と内部の重要な構成部品。断面図にはリアクター内部品の配置を示す。