

航空宇宙工学専攻・航空宇宙基礎工学講座・推進工学分野

スタッフ 教授 斧 高一 准教授 江利口 浩二

明日を拓くプラズマ科学

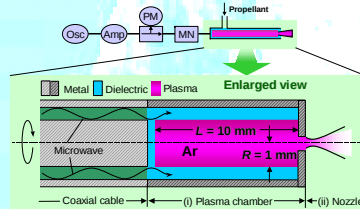
-宇宙工学，環境・エネルギー工学から，マイクロ・ナノテクノロジーまで-

次世代超小型・高機能衛星“シリコンナノサテライト”

質量が10kg以下，または1kgを切るような超小型衛星をナノサテライトと呼びます。このような衛星の小型化による大きな利点は以下のようなものが挙げられます。

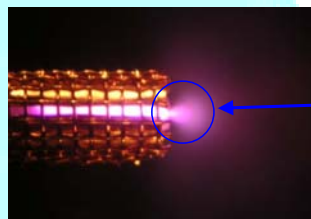
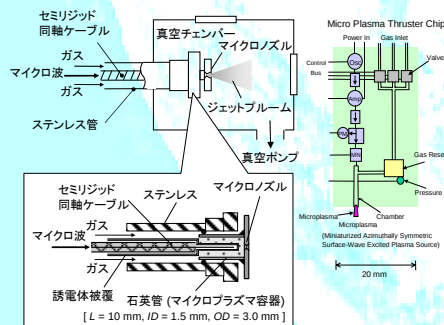
- (1) 衛星の構造を簡素化することで製作時間を大幅に短縮することが可能になります。
- (2) 小型ロケットで一度に複数個打ち上げたり，大型ミッションの便乗ペイロードとして打ち上げたりすることで現在の打ち上げコストを劇的に下げられます。

- (3) 複数の小型衛星を組み合わせることによりミッション全体の信頼性を向上させることができます。

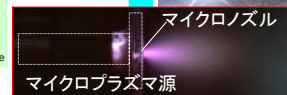


衛星の小型化がもたらす利点は非常に大きなものですが，1kg以下のナノサテライトでは，重量，体積，消費電力などの節約が極めて厳しいため，現行の衛星に利用されている技術の単純なスケールダウンによる小型衛星の開発は難しく，これまでにない新たな技術が必要とします。

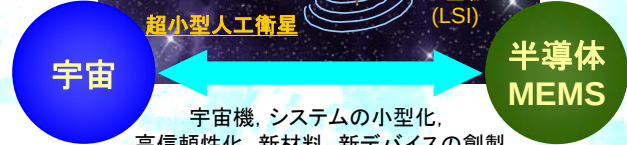
衛星の推進，姿勢・軌道制御に必要なアクチュエータ，いわゆるスラスタもその例外ではなく，化学推進，非化学推進の枠に捕らわれない新たな推進機の開発が要求されます。



プラズマ推進(小型推進器)
プラズマと宇宙機の相互作用
(宇宙用材料創製)



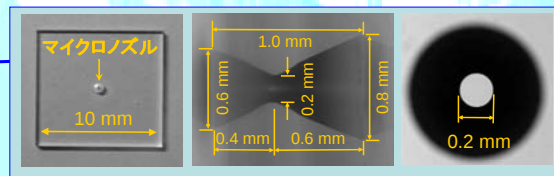
超小型プラズマ推進器



宇宙機，システムの小型化，
高信頼性化，新材料，新デバイスの創製

このような背景の下，特に，“シリコンナノサテライト”に注目しています。シリコンナノサテライトは，マイクロエレクトロニクスとMEMS（マイクロエレクトロメカニカルシステム）の混載デバイスの一つともいうことができ，衛星に必要な電子的・機械的な機能のほとんど全てを1～2枚のシリコン基板上に作り込んで超小型・高機能衛星を構成するものです。シリコンはアルミニウムと同等かそれ以上の強度，比重，熱伝導を有し，半導体だけでなく，衛星の構成材料としても優れているといわれます。さらに最近ではMEMSの材料としても用いられ，従来のシリコン半導体プロセスを駆使することも利点です。

まず，表面波励起マイクロ波プラズマによるミリメートルサイズの超小型プラズマジェットについて，スラスタとしての性能を評価し，より詳細なシミュレーションによるマイクロ波プラズマの解析，および実験による検証を進め，切手大サイズのワンチッププラズマスラスタの実現を目指します。

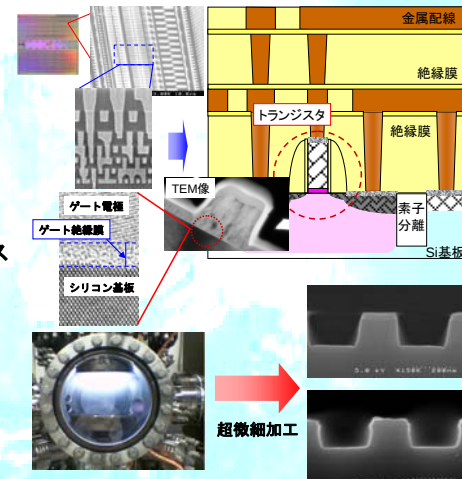


新規材料加工・創製のための先進的プラズマプロセス技術

情報化社会の高度化に伴い超大規模集積回路（ULSI）の集積度は増大し続けています。その変遷の中，ULSIデバイス作製（微細加工・形成技術）において中心的役割を担うプラズマプロセスの高精度化は重要なテーマです。

また，半導体微細加工には反応性プラズマが用いられますが，このプラズマは既存の材料を加工するのみならず，これまでになく新しい材料を生み出す可能性をも秘めています。ちょうど宇宙空間でこの地球という天体が生まれたように，プラズマという媒質中でこれまでに見たことがないものが生成されるのです。例えば，プラズマ中で自発的にダイヤモンドナノ結晶が形成され，ミクロな物質へと成長していきます。このような現象を積極的に利用し，ナノテクノロジーの要素技術を確立することも目指しています。

プラズマプロセス
(微細加工，デバイス創製)

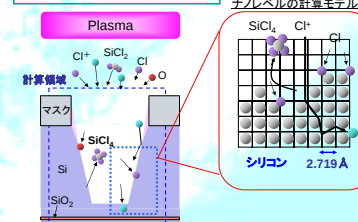


<プロセスプラズマ>

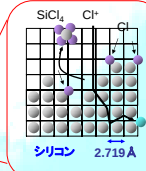
次世代ULSIに登場する高誘電率ゲート絶縁膜材料（High-k）やゲート金属電極材料などの新材料を，ナノメートル精度で成形できる超微細加工技術の実現を目指します。そのためには，プラズマプロセス中での，MEMS，ULSIデバイスの表面・界面の反応機構を解明することも重要です。

例えば，プラズマを構成するイオン，電子との相互作用により，ULSIデバイスの信頼性が著しく低下することが知られています。プラズマからなる宇宙空間を航行する衛星の構成材料においても同様です。新しい光学的・電氣的表面・界面解析技術やミュレーション技術を駆使し，ナノスケールでのプラズマとそれら機能素子表面・界面との反応機構の解明を探索します。

プラズマと素子の相互作用モデル



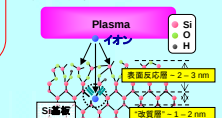
ナノレベルの計算モデル



<加工表面進展の様子>



<表面欠陥層形成メカニズム>



～“プラズマ科学”を通して，未来のナノサテライトや
高性能・高信頼性デバイスの実現を目指します。～