



「情報通信審議会 技術戦略委員会 宇宙センシング・通信WG」
第4回「宇宙×ICTに関する懇談会」

Space-by-Wirelessのための 宇宙ナノRFエレクトロニクス技術

2017年2月6日

川崎 繁男

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所 教授

1. 研究目的



宇宙×ICTにおけるSpace-by-Wirelessの意義

資源の枯渇、温暖化問題、食料不足を解決し、
サステナブル社会におけるグリーンライフを実現



S127E011210



地球

スペースシャトルからの写真

サステナブル社会と自然との共存 → 「宇宙文化」の礎

➤ 孤立系(僻地や宇宙)での人の生活条件

→ 衣食住 + 医療情報輸送電力、Wireless技術の適用(オールワイヤレス化)

1. 研究目的



宇宙×ICTにおけるSpace-by-Wirelessの意義

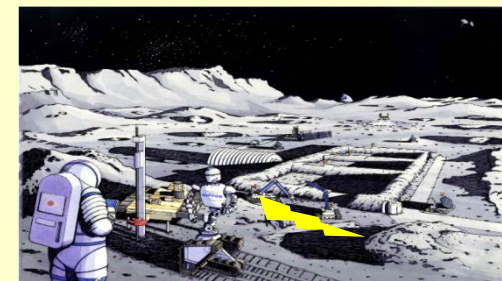
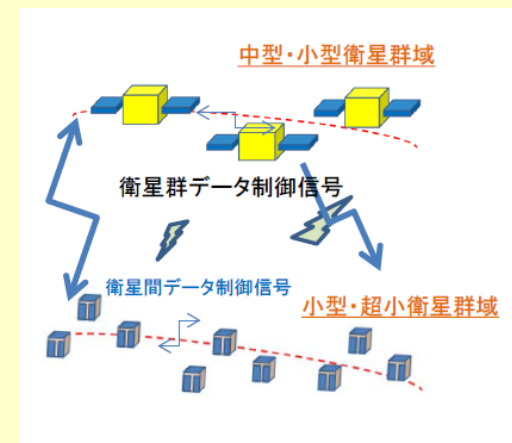
資源の枯渇、温暖化問題、食料不足を解決し、
サステナブル社会におけるグリーンライフを実現

目的

- ・サステナブル社会時代の宇宙情報通信エネルギー技術によるグリーンエコ宇宙開発
- ・宇宙ナノRFエレクトロニクス技術による宇宙産業イノベーション活性化・実用化への加速

(開発例)

先端基盤技術を用いた小型・超小型衛星コンステレーションによる地球観測、惑星探査基地の建設

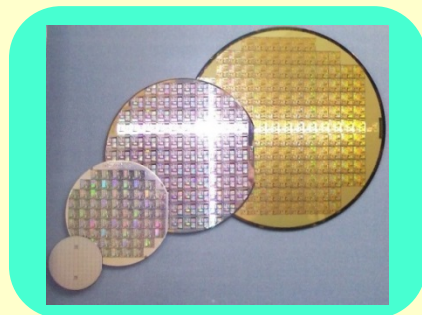


2. ICT無線技術

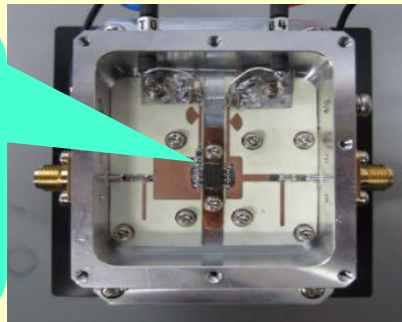


高周波無線技術:

- ◆ ワイヤレス化技術ーマイクロ波ミリ波の利用
情報・通信と計測ー>センサ情報・データ通信・無線電力伝送
- * センサハーベスター>RF系ーセンサ(弱電力検波)から高耐圧検波素子による
強電力(高出力->発電)への活用
- ◆ マイクロ波・ミリ波・テラヘルツ波による通信センシング機器
デバイス・回路・モジュール・アンテナの設計・製作・評価技術
+ 信号処理技術



半導体デバイス



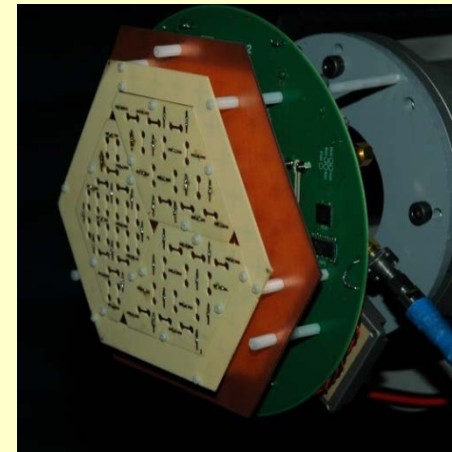
固体増幅回路

+



平面アンテナ

>



アレーアンテナ
モジュール

2. ICT無線技術



先端ICT基盤技術 <ナノRFエレクトロニクス>

技術	デバイス	回路	機能モジュール	システム
規模	微小	小	中	大
要素・システム	<ul style="list-style-type: none">• Si• 化合物半導体 (GaAs、GaN、InP、SiC、ダイヤモンドなど)	<ul style="list-style-type: none">• HIC• MMIC• HySIC• ASIC• ファーム• 電子細胞チップ	<ul style="list-style-type: none">• アクティブ集積アンテナ(AIA)• フェーズドアレーアンテナ(PAA)	<ul style="list-style-type: none">• ワイヤレスセンサ• 追跡レーダ

RF・HySIC(混成半導体集積回路)

> 電子細胞チップ

(各種電子デバイスによる集積回路とファームによる高機能性)

> リコンフィギャラブルフェーズドアレー

(超高速通信回線確立のためのビーム制御)

> IoT端末としての自律的ICETワイヤレスセンサ

* 研究開発ステップ:

ベンチマークと現在の技術レベル(TRL: 実用化や技術完成度)の確認

3. 宇宙ナノRFエレクトロニクス



➤ 新しい高密度高周波IC・HySIC+アンテナ ナノRFエレクトロニクス

(微細加工技術を用いた高周波電子機器):

→ デバイス・回路・モジュール・アンテナ

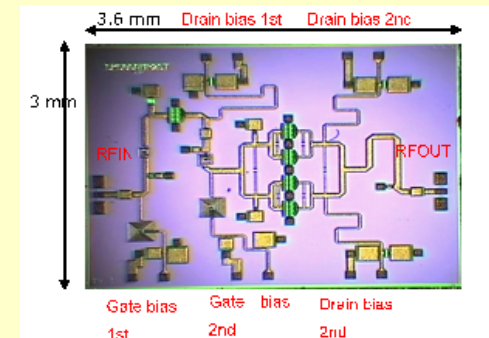
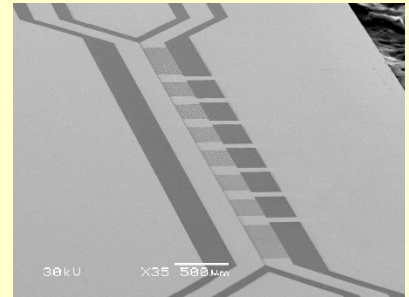
- ・Si・RFIC、SiデジタルアシストIC
- ・化合物半導体MMIC
(GaAs、GaN、InP、SiC、ダイヤモンド)
- ・実装(接着・接合)技術

➤ イノベーションテクノロジーとしての電子細胞チップ

ナノRFと融合する制御・信号処理:

→ Si集積回路

- ・Mixed Signal (アナログデジタル信号) ASIC
- ・ファームウェア(専用機能)
- ・システムオンチップ(高周波回路・制御信号処理回路
・アンテナが一つのチップ上に混成される)



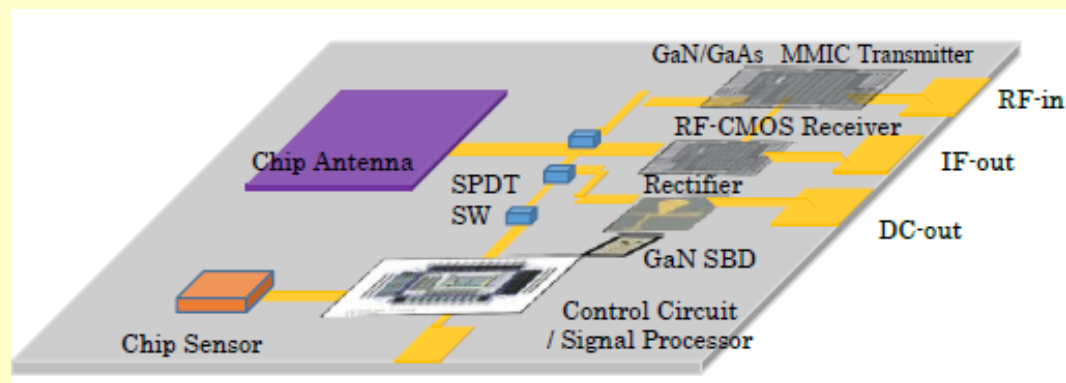
3. 宇宙ナノRFエレクトロニクス



宇宙イノベーションテクノロジーとしての電子細胞チップ

◆ 電子細胞チップ要素技術

- ・デバイス・IC
- ・高周波MMIC
- ・アナログデジタルASIC
- ・信号処理IC
- ・放射素子(アンテナ)
- ・センサハーベスタ
(RF、サーマル、by MEMS)



◆ 宇宙用

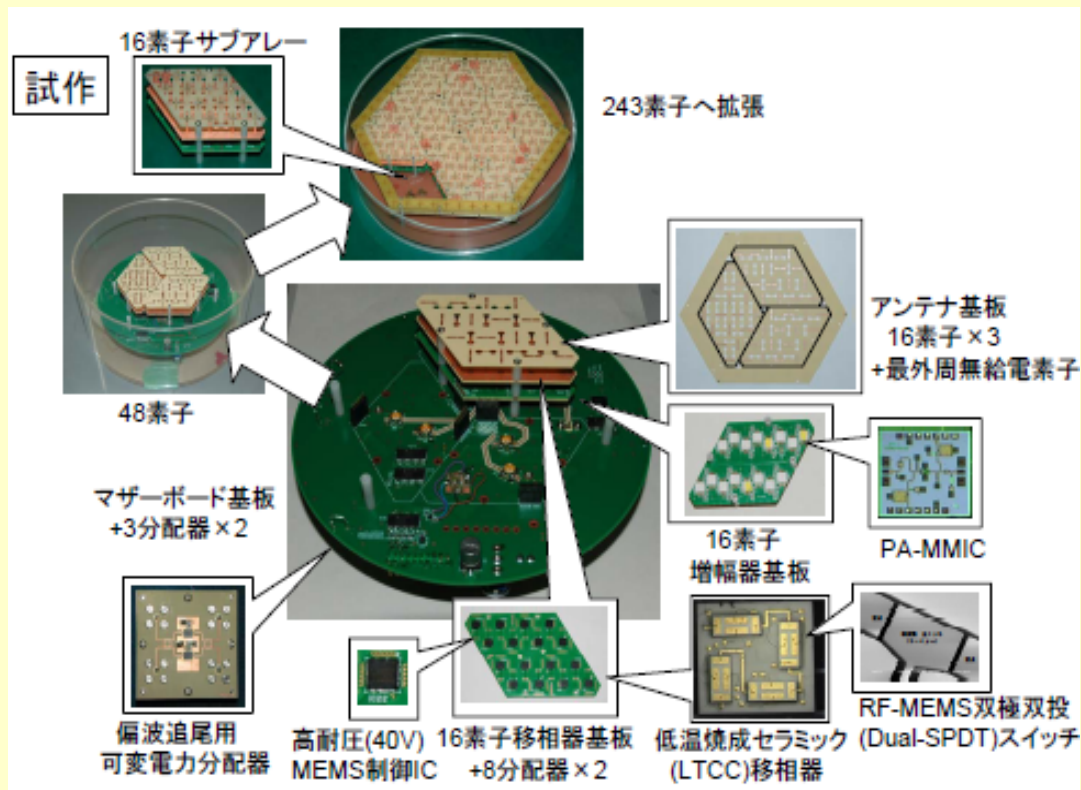
- ・耐環境性(温度、振動、放射線)
- ・コンパクト(小型軽量)化、省電力化
- ・少量・多種・高品質

電子細胞チップのイメージ

3. 宇宙ナノRFエレクトロニクス



リコンフィギュラブルフェーズドアレー(HySICユニット集合体型)



*** 各種技術のTRLの確認、システムオンチップ**
(総合ナノエレクトロニクスによる基本システム機能のチップ化)

4. 宇宙×ICTシステム



ワイヤレス化技術－マイクロ波ミリ波の宇宙利用

(電磁波)情報・通信と計測

－>IoT端末ワイヤレスセンサ情報

・大容量データ伝送通信

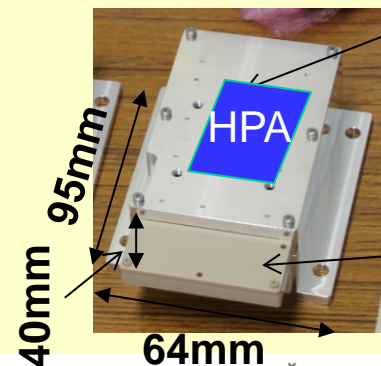
・無線電力伝送とエネルギーハーベスタ

- 通信－>MPT(無変調キャリア伝送)／センサー－>ハーベスタ－>IoTの宇宙端末にシンプルAIによる自律系ワイヤレスセンサ
- 無線電力伝送－>宇宙におけるICT(通信と計測)とエネルギーハーベスタ(電源・発電)
- 信号&電力伝送の高信頼性(2トーンオペレーション)－>超高速情報伝送(テラヘルツキャリア)＋高信頼通信ネットワーク(回線ロック技術(マイクロ波ミリ波キャリア)－追跡技術(レトロディレクティブ(自律ランデブードッキング)))
- 宇宙でのセンサハーベスタ技術利用(宇宙センサハーベスタ(情報発電))－>通信や制御などの人為的な電波、宇宙からの電磁波・粒子、ロケット発射時に発生する振動、太陽光による熱
- 新アーキテクチャ衛星(組み立て衛星群)システム－>複数の低軌道衛星によるマルチホップ、Cub-Satコンステレーション、オールワイヤレス化衛星システム
- 取り組みと施設－>産学機構連携、宇宙研ナノエレCR、NICTなどの研究機関と連携・協調

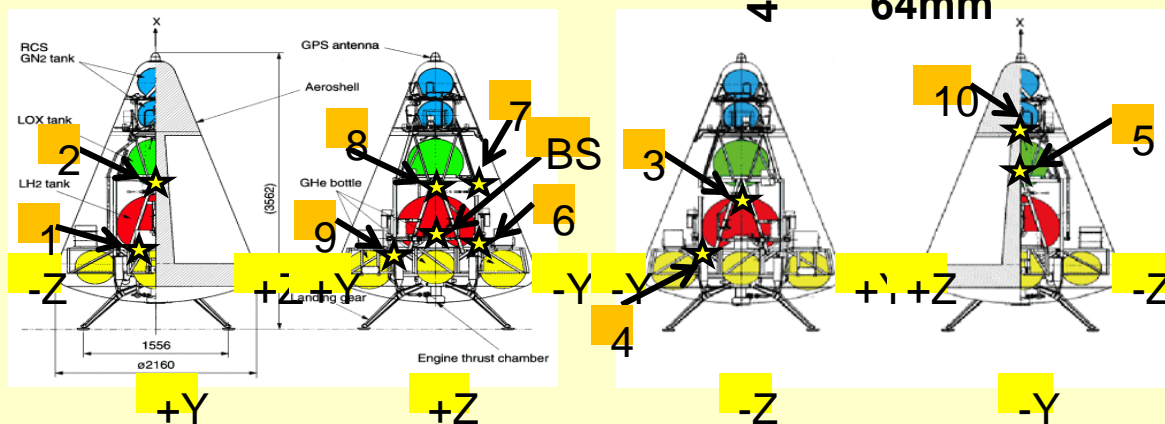
4. 宇宙×ICTシステム



再使用ロケット内ワイヤレスセンサシステム



Transceiver
Antenna*
Circuits

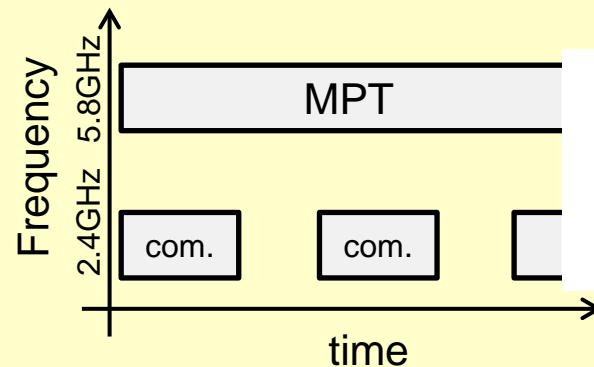
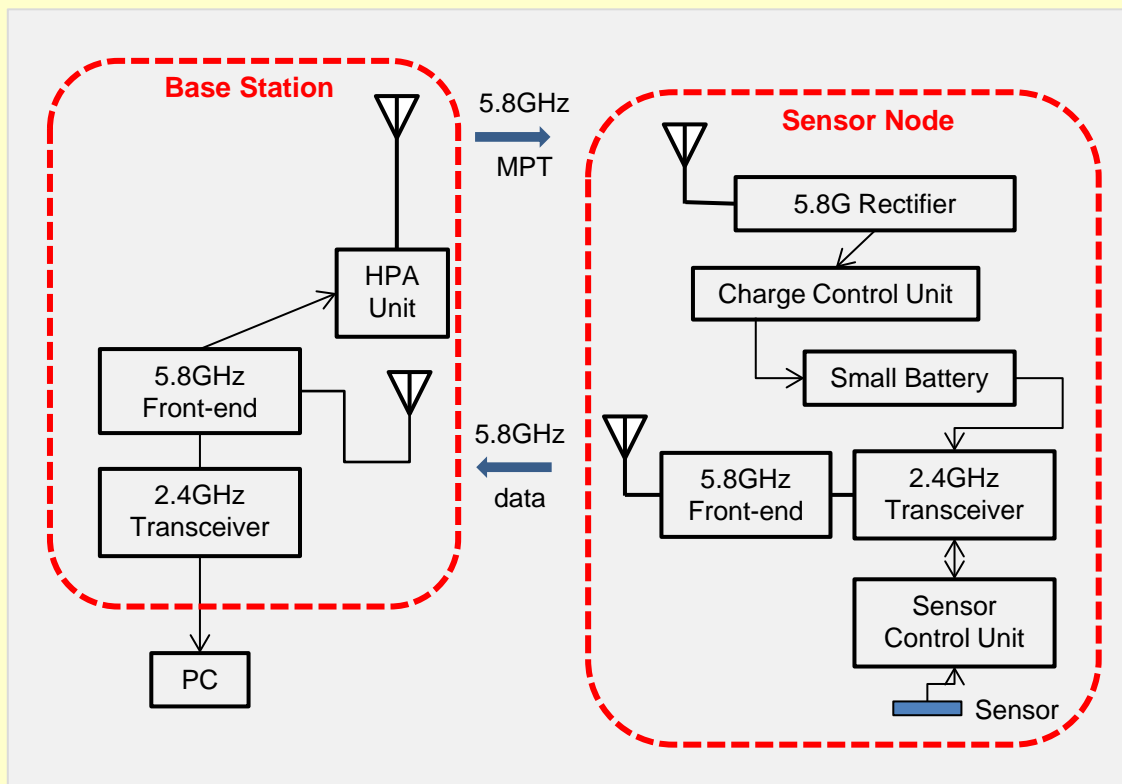


(利点) 宇宙機内ワイヤハーネスフリーによる重量低減と瞬測再稼働チェックング

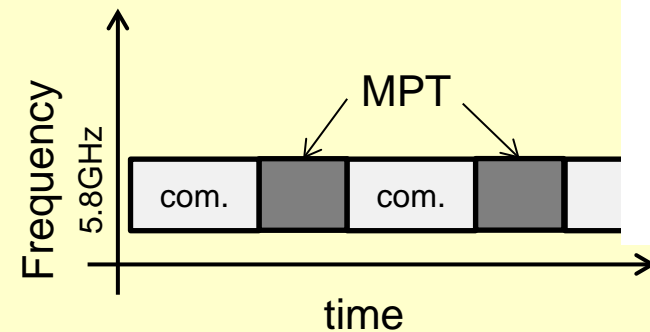
4. 宇宙×ICTシステム



マイクロ波電力伝送と無線通信の両立方法



周波数分割方式
(two tone)



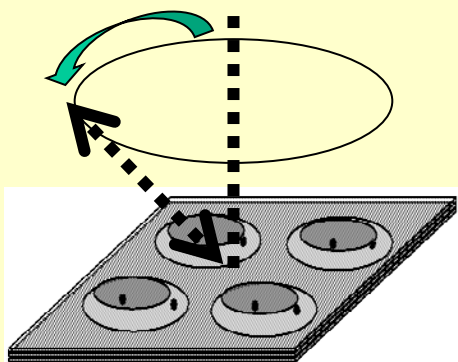
時分割方式
(single tone)

4. 宇宙×ICTシステム

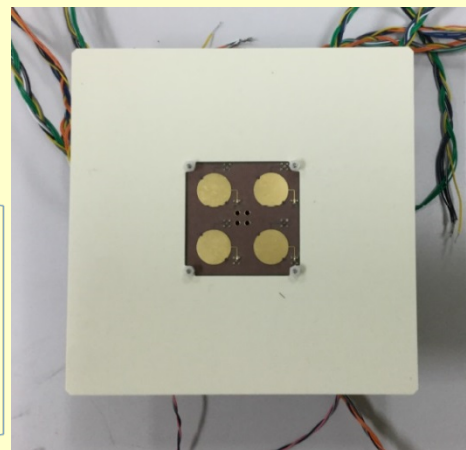
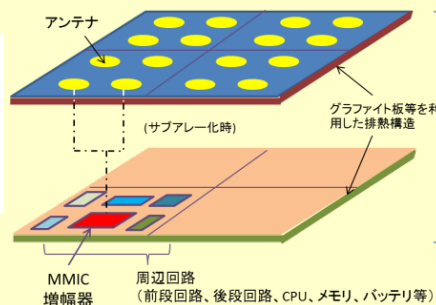


HySICを用いた薄型レトロディレクティブアレーアンテナ ＜ランデブードッキング用コンパクトRFセンサ＞

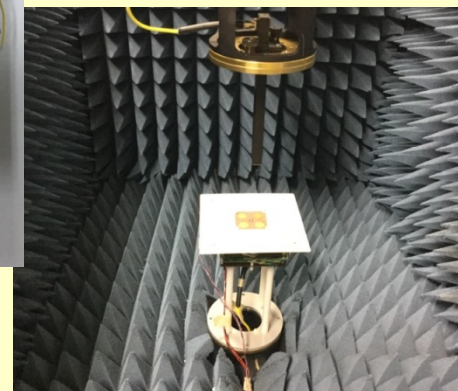
2x2レトロディレクティブアレーアンテナ



到来方向探知



外観



近傍界特性計測

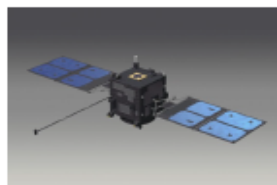
RF・HySIC送受信モジュールユニットの構成

4. 宇宙×ICTシステム



スペースファクトリーでの組み立てCub-Sat

必要なユニットをねじ・プラグインするだけで装着できる小型衛星の組み立てシステム

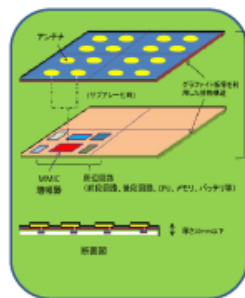


小型衛星(システム)

ワイヤレス化(サブシステム)
[スペースファクトリーでの組み立ても可能]



電子細胞チップを用いた機能モジュールの形成(地上)



機能モジュール



集積化アンテナアレー



アクティブ集積アンテナ

半導体集積回路



RF/MMIC

制御用LSI



信号処理用DSP



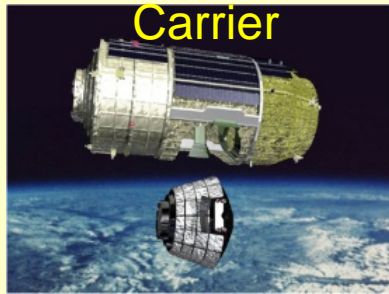
信号処理用DSP

電子細胞チップを用いた
パネル式機能モジュールによる
超小型衛星製造工法
(注文から完成までの時間短縮)

4. 宇宙×ICTシステム



情報通信・観測センシング・電力伝送のワイヤレスシステム およびスペースファクトリーでのサブシステム組み立て

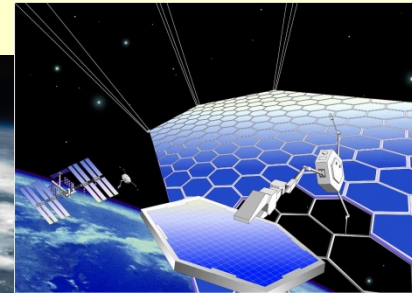


Carrier

輸送ロケットヘルスモニタリング・エネルギーハーベスト

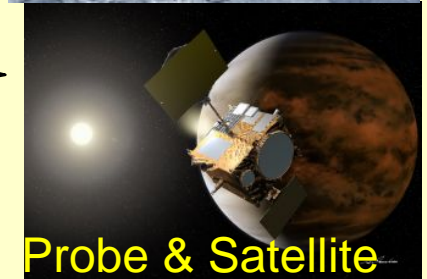


Space Station



衛星間通信と追跡

スペースファクトリー(ハーネスフリーによるサブシステムの簡易組み上げ)



Probe & Satellite

惑星探査内部(観測・ブロック間通信・電力供給・エネルギーハーベスト)



Earth Station



衛星内部のワイヤレス化と
衛星間/衛星・地上間情報通信の総合無線技術

深宇宙通信と追跡
(Range Order : 1 au=10E11 m)

システムオンチップ技術の研究開発



研究開発技術

- ・デバイス開発のノウハウ (ISASクリーンルームの活用)
- ・回路設計 (アナログ回路、デジタル回路の設計スキル)
- ・デバイスと回路技術を熟知したコンポーネント開発
- ・「衛星内ハーネスフリー化」への部品提供

研究開発法人としての充実した人材育成

「衛星内ハーネスフリー化」

宇宙×ICT研究の協働作業

(設計・BBM製作・評価)

宇宙研ナノエレCR

The Class 1 clean room
(more than 100m²)
and 24 Dust removal
hepa filters



イノベーション拠点・相模原CR
チップ作製プロセス、デバイス開発が可能

オールワイヤレス化技術

スペースファクトリー内ロボットによる組立
(ハーネスフリーによる組立の容易さ)

サブシステム

機能ブロック

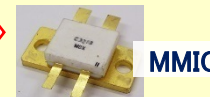
大学・機構等研究機関

アナログデバイス開発

デジタルデバイス開発

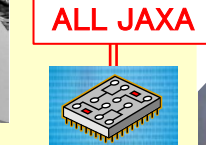


MEMS

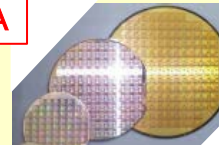


MMIC

高周波デバイス



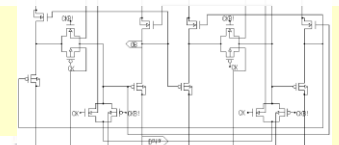
電子細胞チップ
HySIC



ASIC



ファブダリー



回路設計

Design and Discussion

設計ツール・評価計測器材

5. まとめと課題



まとめ

- サステナブル社会時代の宇宙情報通信エネルギー技術によるグリーンエコ宇宙開発の一検討した。
- 宇宙情報通信エネルギー技術分野において共通となるナノRFエレクトロニクス技術を用いたシステムオンチップ(HySIC、電子細胞チップ)とモジュール(ワイヤレスセンサ/リコンフィギュアラブルフェーズドアレー)を示した。
- ICT(通信と計測)とエナジーハーベスタ(電源・発電)を用いた宇宙×ICTシステムと研究開発について紹介した。

今後の課題

- ✓ 産・学・機構連携によるICT用システムオンチップの加速と固体素子によるパネル型モジュール組み立て技術
- ✓ 信頼性の高い宇宙用ナノエレクトロニクスの確立と若手人材育成。