

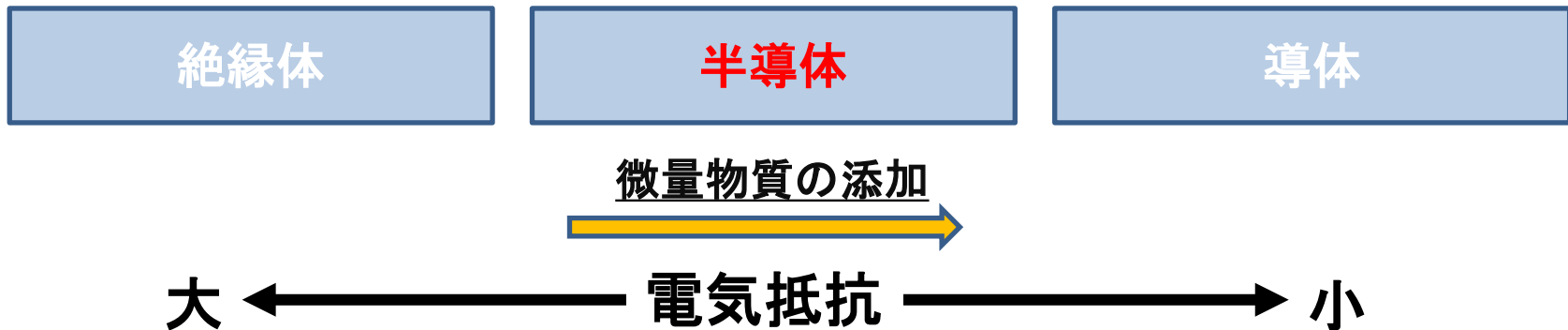
**熊本大学における次世代半導体に向けた
研究教育活動の取り組みについて**
**Education and Research Programs
for Advanced Semiconductor Industry
at Kumamoto University**

熊本大学 半導体・デジタル研究教育機構
Kumamoto University
Research and Education Institute
for Semiconductors and Informatics

青柳 昌宏
Masahiro Aoyagi

半導体技術の入門編

半導体は、本来、絶縁体であるが、微量物質（不純物）を添加することにより、電気抵抗が徐々に小さくなり、導体に近づいていく。



$$V = IR$$

ここで、

V : 電圧

I : 電流

R : 抵抗



オームの法則

Si単結晶インゴットから円盤状に切り出したSiウエハ

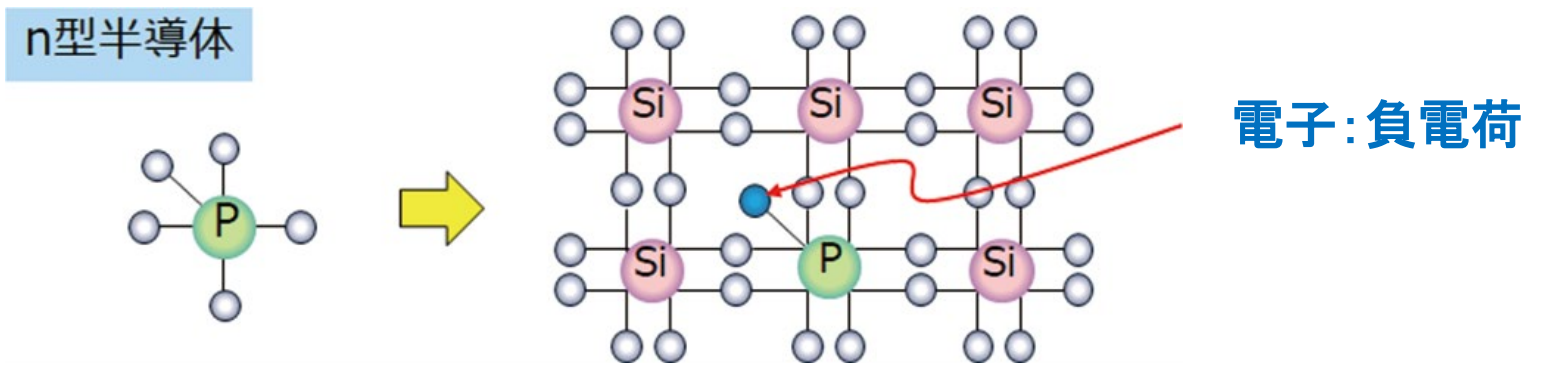


- ・単結晶インゴットは、多結晶Siを石英ルツボに入れて1420°Cで熔融させ、種結晶棒を引き上げて、製造

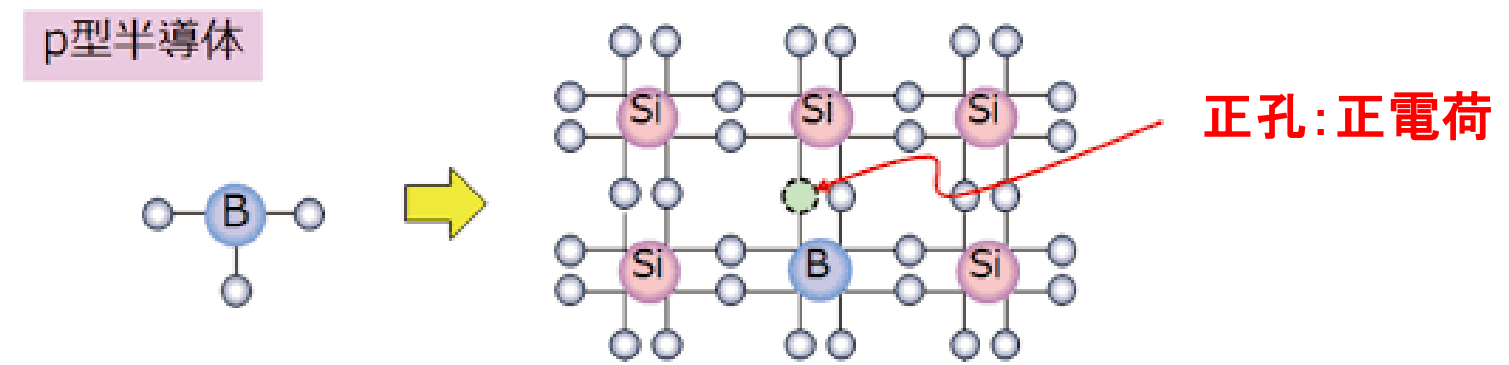
- ・微量物質を添加して抵抗率を制御



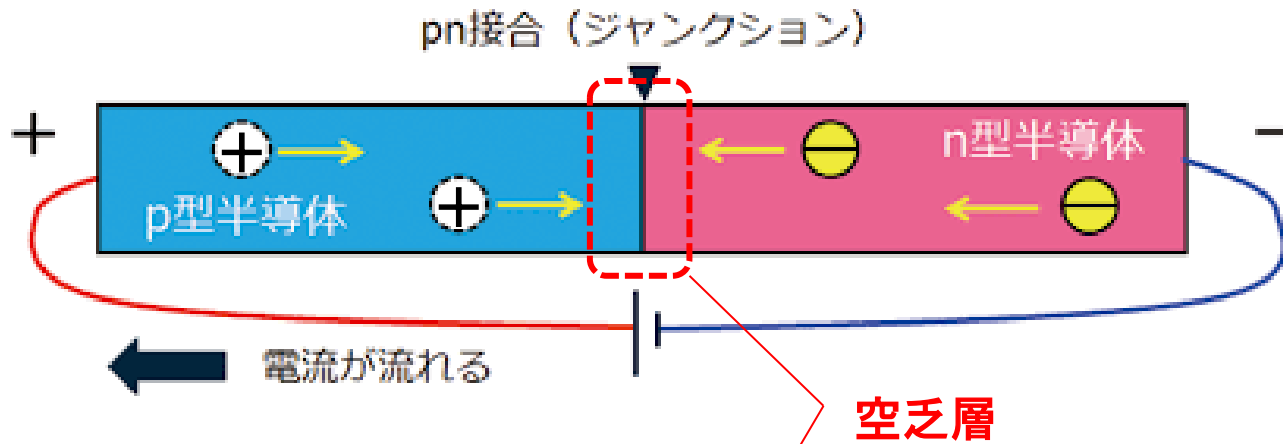
IV族のSiに対して、V族のPに置き換えると電子が余分な状態になる



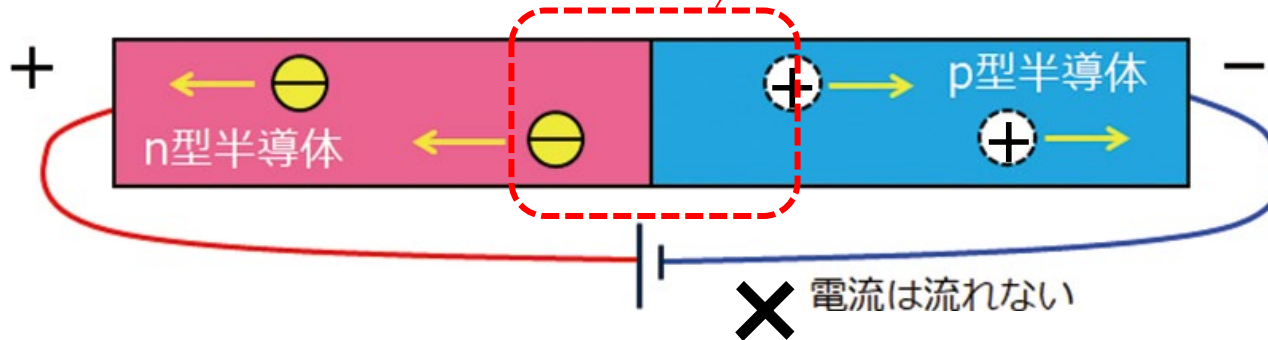
IV族のSiに対して、III族のBに置き換えると電子が不足の状態(正孔)になる



Pn接合の順方向に電圧印加すると電流が流れる



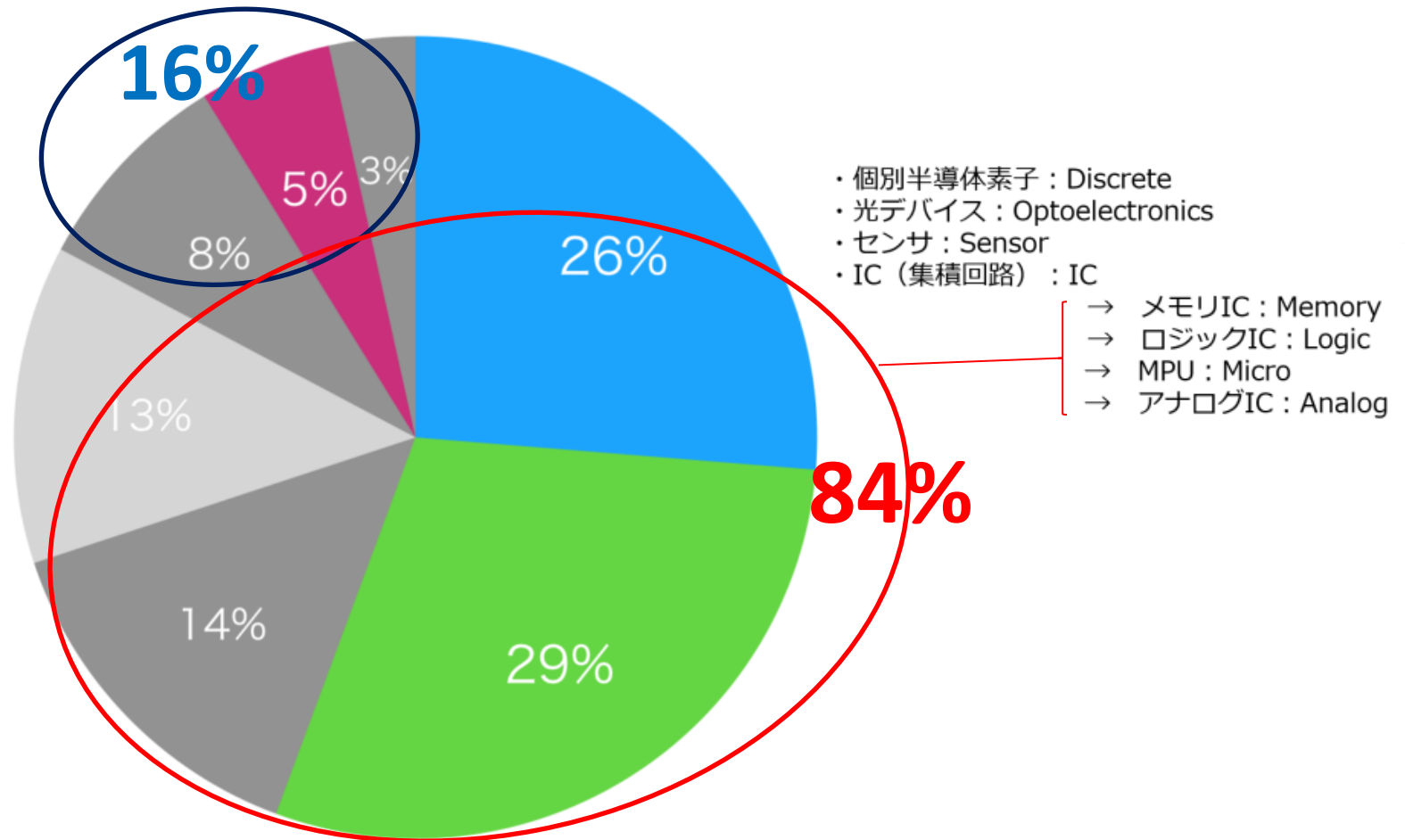
Pn接合の逆方向に電圧印加すると電流が流れない



国際半導体市場統計での半導体デバイスの分類

WSTSによる品種別半導体総出荷額の2021年予測に基づくシェア

● Logic ● Memory ● Micro ● Analog ● Opt ● Discrete ● Sensor



集積回路 IC とは:

サイズが数mmから20mm角程度のシリコン基板上にトランジスタ、ダイオード、抵抗、コンデンサなどの回路素子を作りこみ、素子間を相互にAl, Cu, ポリシリコンなどで配線することにより、高度な機能をもった電子回路ブロックとして機能させたものでICチップと呼ばれる。

このままでは電子機器に組み込めないので、樹脂製のパッケージに入れて、外部と接続できるようにして、利用される。

集積回路がもたらすメリット:

小型化・軽量化

プリント基板1枚分の電子回路が数mmサイズのICチップに収まる

高性能化

半導体素子、配線を微細にすることで処理性能が向上する

高機能化

多くの半導体素子を1個のICに集積して、高機能な電子回路となる

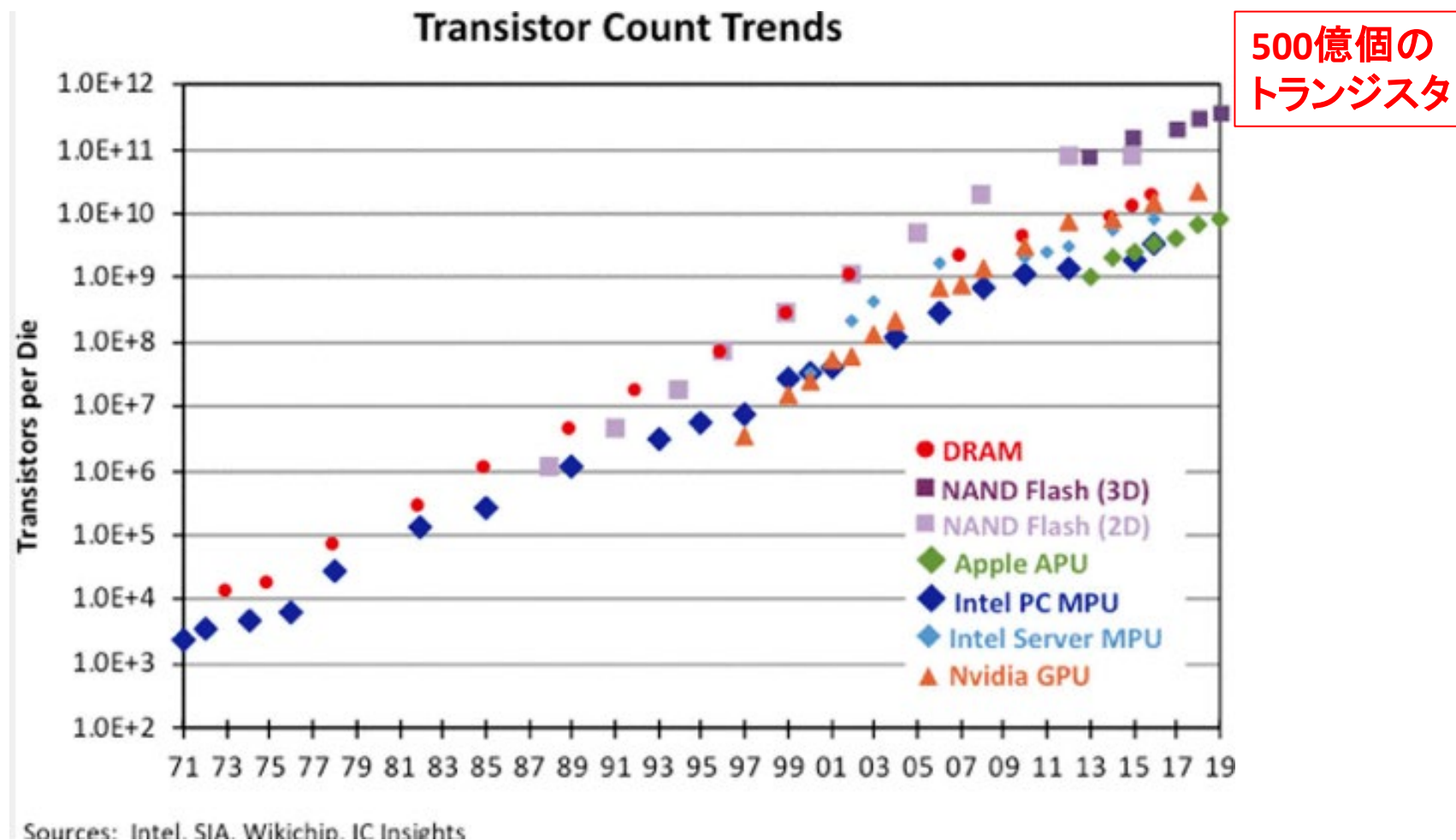
低消費電力化

半導体素子の小型化と配線容量の短縮で消費電力が大幅に減少

コストダウン

Siウエハ上に多数のチップを一括して、効率的に生産できる

ICデバイスの1チップ内に集積されたトランジスタ数の推移



ムーアの法則(予測:1965): 毎年集積度が2倍 → 2年で集積度が2倍

EUV光を用いた露光装置の利用により微細加工コストが大幅増大



出展: Yole Development社

微細化の限界: 技術的限界+経済的限界

コンピューターの中央処理装置CPU機能を実行できるように算術回路、論理回路、制御回路などの必要な回路を組み込んだ集積回路ICで、MPU (Micro Processor Unit)とも呼ぶ。

1971年にIntel社より日本の電卓メーカー(ビジコン社)からの注文で開発された4ビットのマイクロプロセッサ4004が発表された。

処理できるデータ幅により、4ビット、8ビット、16ビット、32ビット、64ビット、128ビットがある。

連続的な命令コードからなるプログラムによって様々な機能を柔軟に実現できることが特徴。



最初のマイクロプロセッサ
4ビット4004 (Intel)

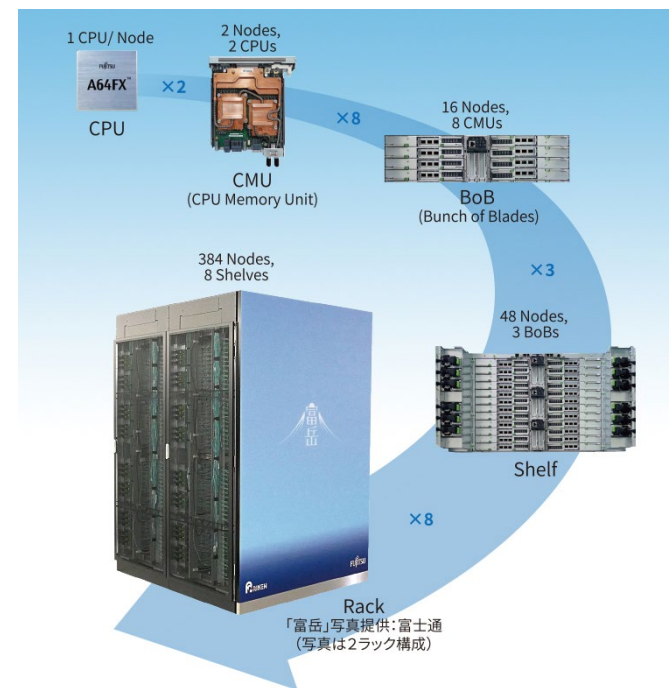


最新のマイクロプロセッサ
64ビットRyzen (AMD)

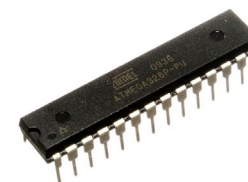
スマートフォン、パソコン、デジタル家電から自動車、インターネット、サーバーまで広範囲にマイクロプロセッサMPUが活用されている。

スーパーコンピュータでは、膨大な数のMPUを用いた並列処理システムが利用されている。

また、制御や組込みシステムに使うために開発され、メモリやI/Oポートなどもひとつの集積回路にまとめて、クロック周波数を低くして消費電力を抑えたものをマイクロコントローラと呼ぶ。



スーパーコンピュータ富岳
158,976個のA64FX

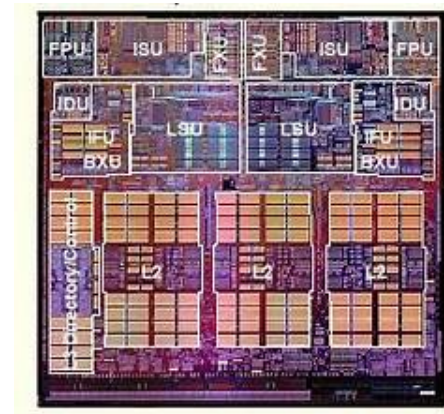


マイクロコントローラ
Atmega328 (Atmel)

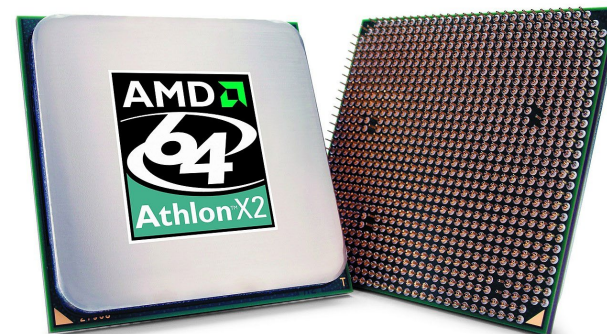
MPUの性能向上について、動作周波数を増加させる方向では、消費電力の増大、発熱量の増大が問題となるため、低い動作周波数で動作するCUPコアを複数個活用したマルチコアシステムが採用されている。

IBMが2001年に最初のデュアルコアMPUを発表した。

性能が要求されるワークステーション、サーバーに留まらず、パソコンPCでも、消費電力の増大、放熱処理の課題、動作周波数向上の停滞などにより、マルチコアへのシフトが進んでいる。



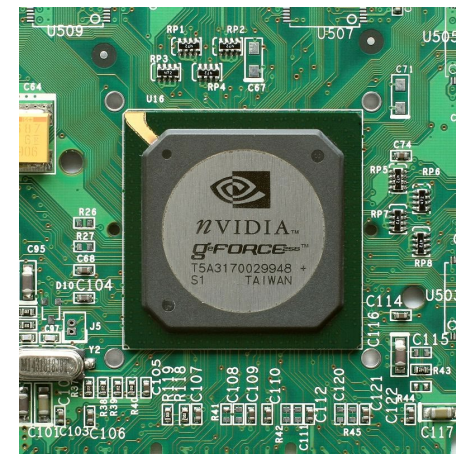
デュアルコアMPU Power4
(IBM)



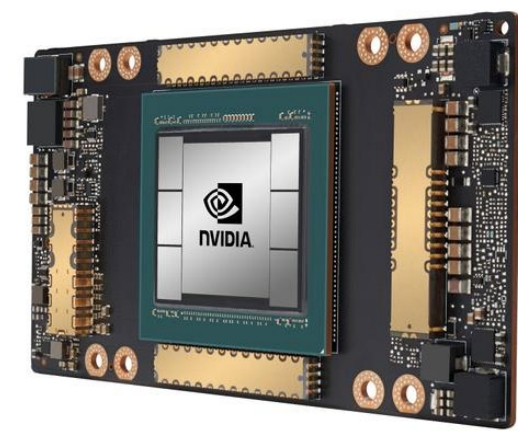
デュアルコアMPU Athlon X2
(AMD)

GPU (Graphics Processing Unit) は、特定の 3D レンダリング・タスクの加速化のための専用 ASIC として開発され、小型で特殊なコアを多数搭載したプロセッサIC。多数のコア間で処理タスクを分割して処理しながら、これらのコアが連携して動作し、圧倒的な画像処理能力を実現。

GPU の主な機能として、グラフィックスおよびゲームでリアルな動画を提供し、さらに、より汎用性の高い並列プロセッサとしても進化しており、AI処理(深層学習)への応用が広がっている。



最初のGPU (NVIDIA)



最新のGPU (NVIDIA)

半導体人材育成の取り組み紹介

TSMCが熊本に新工場建設予定(2021プレスリリース)

TSMC plans to build new factory in Kumamoto (2021 press release)

- 計画発表:
2021年11月
- JASMの株主:
TSMC(過半数株主)
ソニーセミコンダクタソリューションズ
株式会社(20%未満株主)
株式会社デンソー(10%超株主)
- 主要製品:
ロジック半導体(22/28nmプロセス
ならびに12/16nm FinFETプロセス)
- 生産能力:
5.5万枚/月(300mmウェーハ換算)
- 総従業員数:
1,700名
- 稼働計画:
2022年4月-建設開始
2023年2月-開所式
2024年12月-生産開始

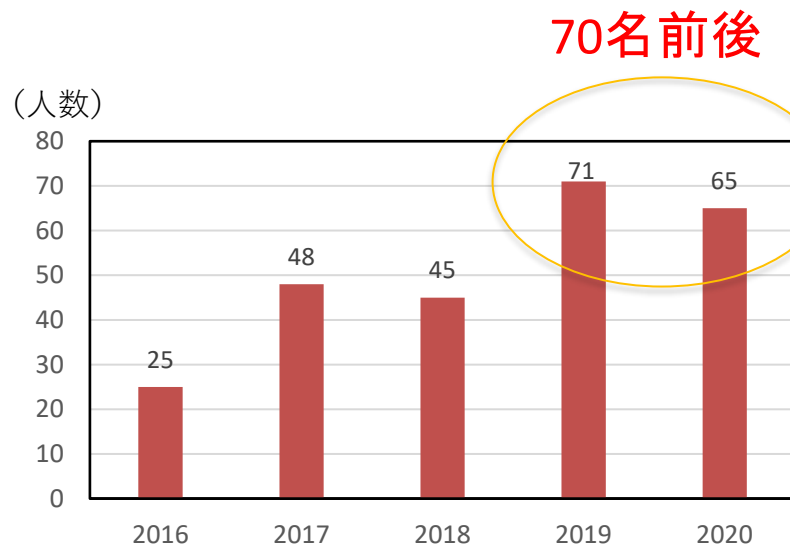


完成したTSMCの新工場
2024年2月、菊陽町
Completed new TSMC factory
February 2024, Kikuyo Town
(Bloomberg)

Current status and issues regarding the production of human resources in the

【半導体人材輩出の現状】 semiconductor industry at Kumamoto University

- 熊本大学は、これまで半導体企業へ多くの卒業生を輩出し、トップや幹部として九州の半導体産業を牽引してきた。近年、人材需要が高まり、就職者数は**2016年25名から2020年65名**と大幅に増え、**九州で半導体企業への人材輩出数が最も多い大学**となっている。
- 2018年にソニーセミコンダクタマニュファクチャリング(株)(SCK)との共同研究講座を設置して、鈴木裕巳氏を特任教授として招聘した。本研究室には、**33名** (学部生20名、大学院13名) が在籍 (内8名がSCKに就職)。



【課題と社会からの要請】

- 熊本大学は、地域産業（半導体）に対応した半導体教育コースがないため知識不足のまま、工学系学生・大学院生の1割強が就職している。
- 今後の半導体産業の高い成長見込みに加え、TSMCの熊本進出により、研究教育体制の充実と半導体教育を受けた人材の供給(質量の両面)が強く求められている。

県内半導体関係企業への
就職状況



2028年以降、熊本大学より現状の2倍程度を目標に毎年140名を超える人材を半導体関連企業へ輩出する

Establishment of the Semiconductor Research and Education Center

大学院先端科学研究部附属
半導体研究教育センター
Forefront Research and Education Center for Semiconductors
in Kumamoto University

設置目的 (令和4年4月1日設置)

- 最先端の基盤研究からシステム応用までを網羅する半導体研究開発を推進
- 産学官共同研究や国内外の研究機関・企業との連携体制を構築
- 社会的ニーズに対応した半導体教育カリキュラムを準備
 - 実践的教育を受けた多数の**高度技術者**・**研究者**を輩出

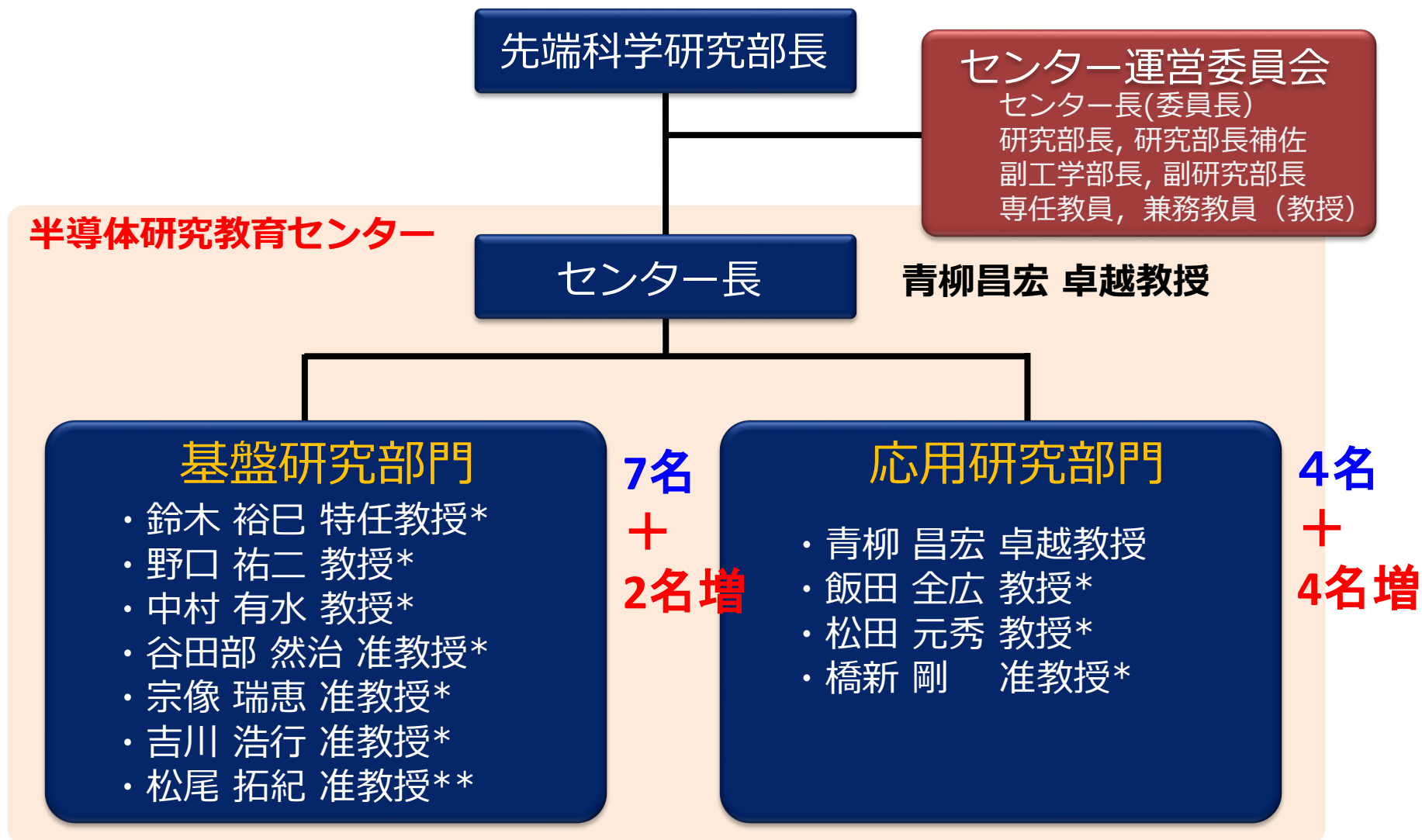
センター組織

基盤研究部門

半導体に関する材料・デバイス評価技術、デバイス製造プロセス技術など基盤研究の推進

応用研究部門

半導体に関する三次元実装技術、LSI設計技術、システム応用技術など応用研究の推進



* 兼務教員 9名 (先端科学研究部 (工学系))

** 兼務教員 1名 (国際先端科学技術研究機構)

産学官連携・半導体人材育成

Industry-academia-government collaboration and semiconductor human resource development

大学院先端科学研究部附属
半導体研究教育センター

設置場所：
オープンイノベーション
センター内

産学官一体による半導体研究・人材育成の強化

半導体産業

TEL
TOKYO ELECTRON
東京エレクトロン
九州

SONY
ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング

tsmc
(JASM)

熊本・九州の半導体関連企業

教育・研究機関

県内教育機関

国内外の半導体研究大学・機関

熊本高専
熊本県立技術短期大学校
Kumamoto Prefectural College of Technology

東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

産総研
東北大学

経済産業省
Ministry of Economy, Trade and Industry

熊本県
Kumamoto Prefecture

文部科学省

内閣府
Cabinet Office

令和5年4月1日設置

半導体・デジタル研究教育機構長

小川久雄 学長

半導体部門

半導体部門長

飯田 全広 教授

9名 基盤分野

- ・野口 祐二 教授
- ・中村 有水 特任教授
- ・佐藤 幸生 教授
- ・谷田部 然治 准教授
- ・宗像 瑞恵 准教授
- ・吉川 浩行 准教授
- ・松尾 拓紀 准教授
- ・鈴木 裕巳 特任教授
- ・慶児 幸秀 特任教授

8名 応用分野

- ・青柳 昌宏 卓越教授
- ・飯田 全広 教授
- ・松田 元秀 教授
- ・橋新 剛 准教授
- ・大川 猛 准教授
- ・久保木 猛 准教授
- ・瀬戸 謙修 准教授
- ・長名 保範 准教授

3名 先端分野

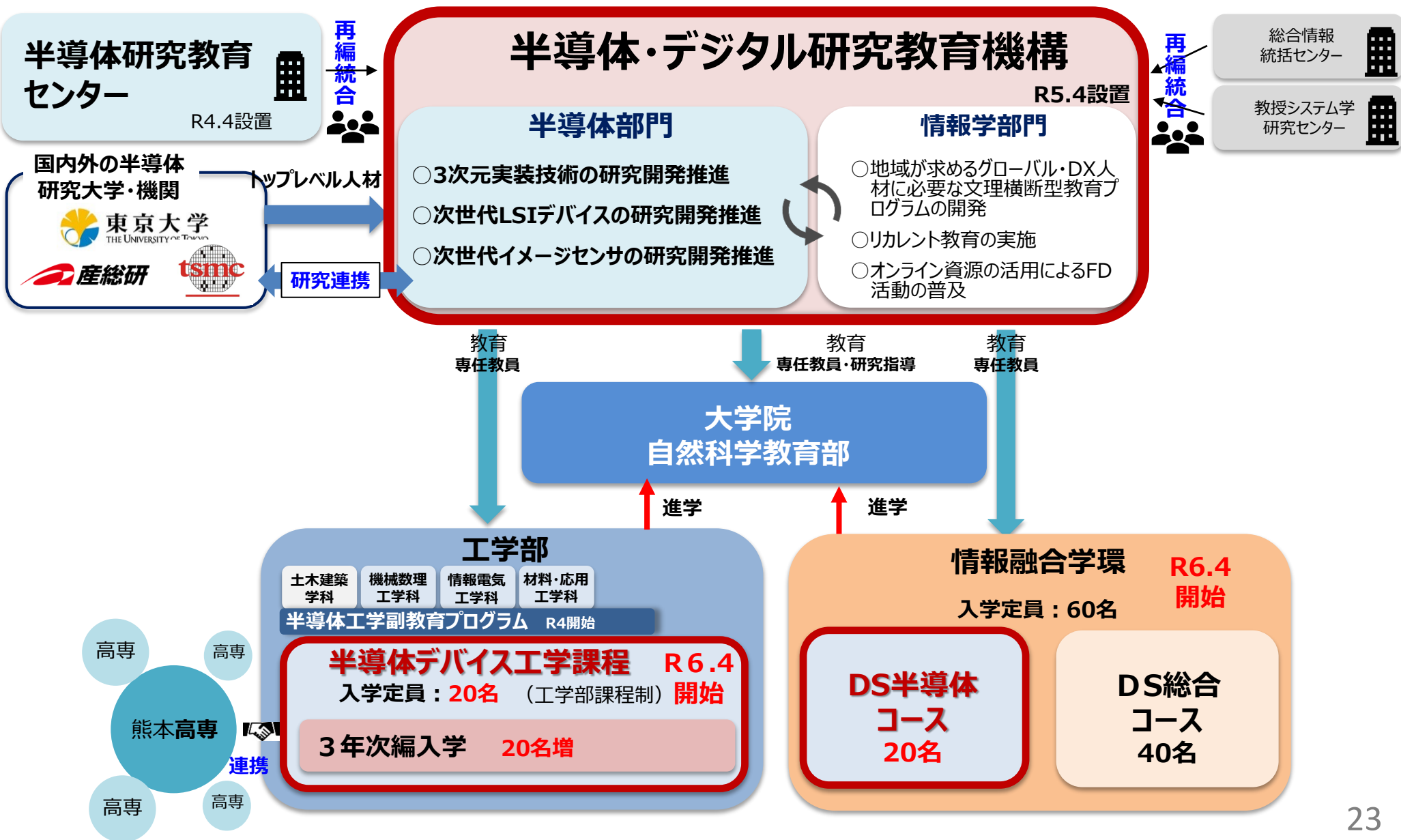
- ・百瀬 健 教授
- ・分島 彰男 教授
- ・山本 圭介 教授

R6年度より先端分野で2名増

半導体教育プログラムの準備

Preparation for Semiconductor Education Programs

半導体関連の教育課程を学士課程に2つ設置



半導体デバイス工学課程の設置 (熊大HPより)

Establishment of the Semiconductor Device Engineering Course (from Kumamoto University Website)

2024年4月新設!

熊本大学工学部では、時代の期待に応えるために、令和6年度4月より、国内の大学で初めてとなる半導体技術者・研究者の育成に特化した学士課程「半導体デバイス工学課程」を創設します。

この課程は学科と同等の組織です。学科は一つの学問分野を集中的に学習するのに対して、課程では1つの応用分野に向けて必要なことを学問分野を超えて学習します。


半導体デバイス工学課程では、半導体の専門領域の学習を軸にしつつ、必要な学問については既存の学科(材料・化学・電気・電子・情報・機械など)の枠を超えて学習します。

特徴としては、半導体デバイスの研究開発に必要な数学・物理・化学・材料・機械分野の基礎科目から、半導体デバイスのプロセス、システム設計、評価技術などの高度な専門的能力を習得できることがあります。

また、企業と連携して行う課題解決型(PBL)の講義や半導体関連企業での企業実習をカリキュラムに取り入れ、産業界からの声を直接聞くことができる機会を設けています。


特徴

Point 1




半導体工学の基礎学問を学修した上で、半導体デバイスプロセスや半導体システム設計、デバイス評価技術などの高度な専門性を高めます。

Point 2



授業は、最先端の半導体研究を行っている教授陣に加え、企業の第一線で活躍中の研究者/技術者や経営者が担当し、インターンシップなど、企業との連携による実践的な科目が揃っています。

Point 3



社会的要請の強い半導体関連分野において、世界で活躍するための英語運用能力とコミュニケーション能力を高める厳選されたプログラムを用意しています。

課程パンフレット



一年次入学パンフレット

工学部
半導体デバイス工学課程
創設

入学案内 2024



Faculty of Engineering

工学部 半導体デバイス工学課程の強み

人 試

1年次入学 2024年4月 特別選抜及び一般選抜の募集開始中

入学科目	1年次前期(2024.4)	1年次後期(2024.9)	2年次前期(2025.4)	2年次後期(2025.9)
工学部基礎科目	電気回路(1)	電気回路(2)	半導体工学(1)	半導体工学(2)
半導体デバイス工学	半導体デバイス工学(1)	半導体デバイス工学(2)	半導体デバイス工学(3)	半導体デバイス工学(4)

第3次編入学学生募集要項パンフレット

[Web Pamphlet](#)

熊大ホームページで最新情報公開

https://www.eng.kumamoto-u.ac.jp/sdp/

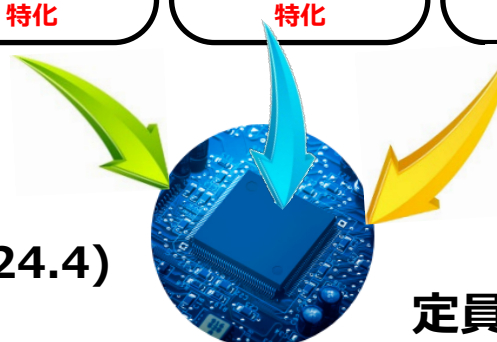
熊本大学工学部では、時代の期待に応えるために、令和6年度4月より、**国内の大学で初めてとなる半導体技術者・研究者の育成に特化した学士課程「半導体デバイス工学課程」を創設**しました。従来の学科は一つの学問分野を集中的に学習するのに対して、課程では1つの応用分野に向けて必要なことを学問分野を超えて学習します。半導体デバイス工学課程では、半導体の専門領域の学習を軸にしつつ、必要な学問については既存の学科（材料・化学・電気・電子・情報・機械など）の枠を超えて学習します。

特徴としては、**半導体デバイスの研究開発に必要な数学・物理・化学・材料・機械分野の基礎科目から、半導体デバイスのプロセス、システム設計、評価技術などの高度な専門的能力を習得**できることがあります。



**「半導体デバイス工学」
を軸に各分野の科目を網羅**

新設課程(2024.4)



半導体デバイス工学課程

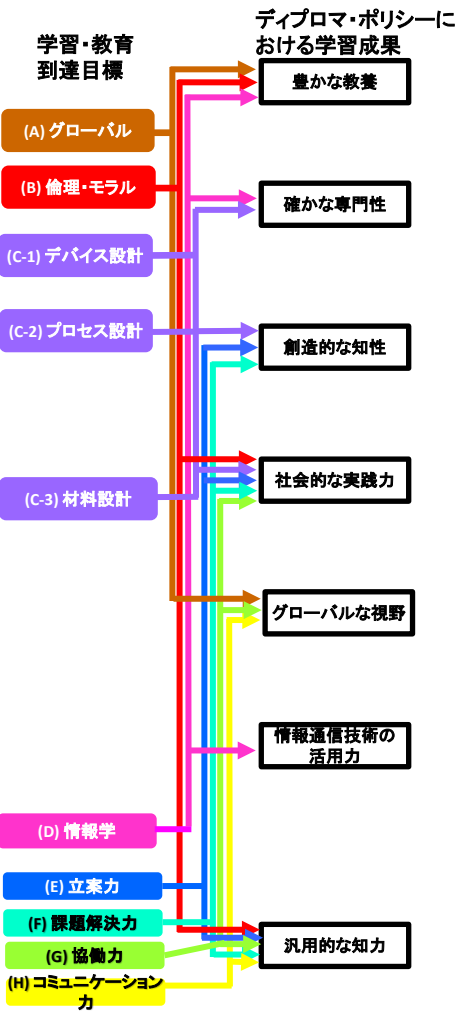
定員(1年生) 20名
+ 3年次編入生 20名

「半導体デバイス工学」を軸に各分野の科目を網羅

半導体デバイス工学
物理化学
数学
情報基礎
総合実験・実習


赤字: 新設科目

1年次	2年次		3年次		4年次
英語A-1, A-2, 英語B-1, B2	工学英語 I	工学英語 II	工学英語 III	工学英語 IV	
教養科目 (Multidisciplinary Studies科目等)					
		工学倫理	安全工学		知的財産権
半導体概論 論理回路 論理回路演習	電気回路 I 電気回路演習 I 電気回路 II 電気回路演習 II	アナログ電子回路 半導体デバイス I 半導体プロセス I 半導体プロセス II	半導体デバイス II 半導体プロセス II プラズマ工学	デバイス外電子回路 集積回路設計学 半導体実務演習 半導体実務演習 II	半導体実務演習 III 半導体実務演習 IV パワーエレクトロニクス
	固体エレクトロニクス基礎 物性物理学基礎	電気計測 物性物理学 結晶回折学 固体内の拡散	流体工学 I 伝熱工学 量子力学 電子材料工学	流体工学 II 流体機械 電気電子材料 機器分析学	
物理・化学 I	物理・化学 II	化学物質管理 状態図と熱力学 有機化学基礎 電磁気学 I 電磁気学演習 I	無機化学基礎 電磁気学 II 電磁気学演習 II	電気化学	卒業研究
線形代数 II 数学演習 II	線形代数 II 数学演習 II	電磁気学 II ベクトル解析 微分方程式 確率統計	フーリエ解析		
情報学入門 情報学演習	情報学入門 情報学演習	情報理論 コンピュータシステム論 クリエイティブデザイン	アーキテクチャ システムエンジニアリング		
	社会と企業	半導体工学実験 I 半導体工学実験 II	産学連携PBL (Project Based Learning)	半導体実習	
工学基礎実験			インターンシップ		



情報融合学環の創設（熊大HPより）

Establishment of School of Informatics
(from Kumamoto University Website)



熊本大学
Kumamoto University

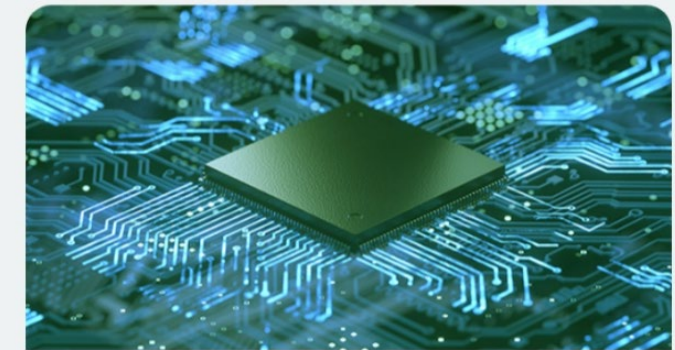
紡ぐ、半導体産業の未来を
挑む、デジタルの最先端へ

文理融合型で学ぶ

情報融合学環 創設

データサイエンスをベースにこれからの社会課題・企業課題に取り組む力が身に付く2つのコースを用意。
社会を、自分をトランスフォーメーションし、挑み続けるための学びを提供します。

文理融合、実践的教育、学内連携、地域連携、大学間連携によりDX、数理・データサイエンス人材を育成します。



DS半導体コース

Data Science Semiconductor course

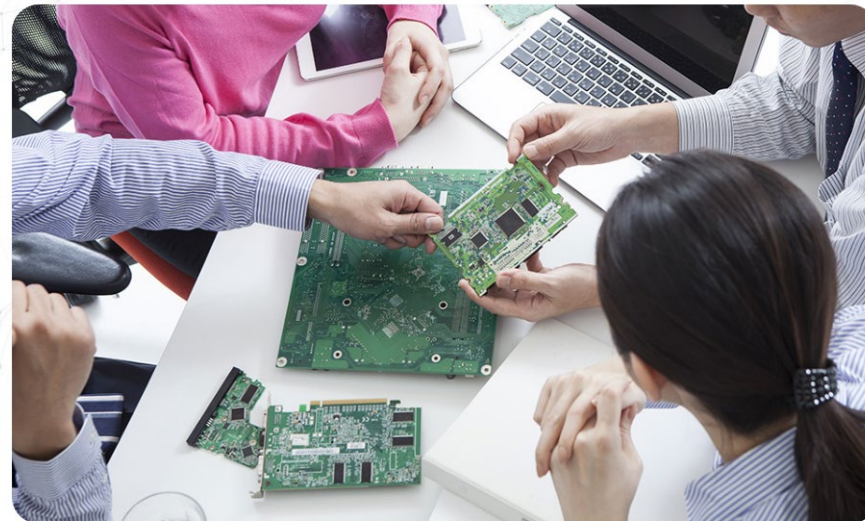
基礎となるデータサイエンスに加え、専門的な半導体の知識を学ぶことで、半導体を含む製造DX課題に対応できる力が身に付く

DS半導体コースを詳しく見る



熊大ホームページで最新情報公開
<https://www.soi.kumamoto-u.ac.jp/>

Establishment of Data Science DS Semiconductor Course (from Kumamoto University Website)



本コースでは、半導体製造プロセスを俯瞰することができる設計工程から製造工程まで、さらに、各工程における品質管理に関する基礎知識を体系的に教育するとともに、データサイエンスの視点から半導体製造分野で活躍するために必要な専門科目を学びます。

回路設計支援ツールを用いた実習科目や、実際の半導体製造プロセスを模した実験・実習科目、熊本地域の半導体関連企業・半導体製造関係企業でのインターンシップなどを含めた実践力を涵養する教育プログラムを提供します。

熊大ホームページで最新情報公開

<https://www soi.kumamoto-u.ac.jp/informatics/semiconductor/>

Information on the 3rd Year Transfer Exam (from Kumamoto University Website)

2023年10月28日に最初の高専向け3年次編入試験

くまもとから世界へ
半導体の
未来を切り拓く

令和6年
4月

工学部
半導体デバイス工学課程
創設

入学定員：20名

Feature
独自の特色

半導体教育に特化したカリキュラム

Point 1
半導体工学の基礎を学修し、システム設計、デバイス開発技術などの高度な専門性を高める。

Point 2
産業界、最先端の半導体研究を行っている機関と協働し、企業の一線で活躍中の研究者・技術者と協働学習し、インターンシップなど、企業との連携による実践的な教育を行う。

Point 3
社会実装性の高い半導体製造現場において、教育で培ってきた高度な運用能力とコミュニケーション能力を活かすプログラムの構築。

https://www.eng.kumamoto-u.ac.jp

工学部

> 工学部紹介

令和6年度工学部第3年次編入学（半導体デバイス工学課程） 学生募集要項

学生募集要項や提出が必要な出願書類は以下で確認してください。

入試区分	必要書類（様式）	出願受付期間	試験日	合格者発表
工学部第3年次編入学 学生募集要項 （半導体デバイス工学課程） 【令和5年8月30日公表】	<ul style="list-style-type: none"> 人物調書 (PDF) 人物調書 (Word) PDF版 デジタルパンフレット版 	令和5年 9月19日（火） ～ 9月26日（火）	令和5年 10月28日 （土）	令和5年 11月13日 （月）

※出願資格(4)に該当する方は、所定の出願書類に加えて「高等学校等専攻科課程証明書」を提出してください。（様式例は [こちら](#)）

出願書類（志願票・写真票・受験票・住所票・検定料振込関係書類他）の請求方法

「出願書類」は、9月上旬から配付予定です。

封筒の表面に「令和6年度工学部第3年次編入学（半導体デバイス工学課程）出願書類請求」と朱書きし、レターバックライト：青色（返送先の郵便番号、住所、氏名）を明記したものを必ず同封して、次の請求先宛てに請求してください。

なお、入試課窓口にて、配付期間の平日（8:30～17:15）に直接お受け取りが可能です。

【請求先】

〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目40番1号

熊本大学 学生支援部 入試課（電話 096-342-2148）



Semiconductor Portal Site Launched (from Kumamoto University Website)

熊本大学半導体のすべてがここに。

Kumamoto University Semiconductor Portal

KS PORTAL

KS PORTALとは

熊本大学半導体ポータル

Kumamoto University Semiconductor Portalのことです。

ここは、熊本大学の半導体の全ての情報への入り口です。

半導体を学びたい高校生から、共同研究をお考えの企業の方まで全てのニーズにお応えした必要な情報へのリンクが揃っています。

熊本大学の半導体組織

半導体・デジタル教育研究機構



授業実施・研究指導

工学部 半導体デバイス工学課程



大学院自然科学教育部

半導体・情報数理専攻



情報融合学環



大学院自然科学教育部

半導体・情報数理専攻



熊大ホームページで最新情報公開
<https://semicon.kumamoto-u.ac.jp/>

2024年度入学者まで

		専攻	入学定員
自然科学教育部	博士前期課程 (修士課程)	理学専攻	110
		土木建築学専攻	75
		機械数理工学専攻	65
		情報電気工学専攻	103
		材料・応用化学専攻	90

2025年度入学者から

		専攻	入学定員
		理学専攻	110
		土木建築学専攻	75
		機械システム工学専攻	55
		電気電子工学専攻	63
		材料・応用化学専攻	90
		半導体・情報数理専攻	120

※博士後期課程（定員22）も新設

・半導体システム教育プログラムと情報数理教育プログラム

・数理・データサイエンス、情報工学、半導体デバイス工学に関する確かな基礎学力と論理的思考能力を基板に、より高度な専門知識・技術を身に付け、社会の持続的反転に貢献できる人材を育成

・AIやデータサイエンス関連科目を履修

・半導体、情報、数理以外のバックグラウンドを持つ入学生には、基礎学力を補足するリメディアル教育系科目を提供

Image of the human resources to be developed

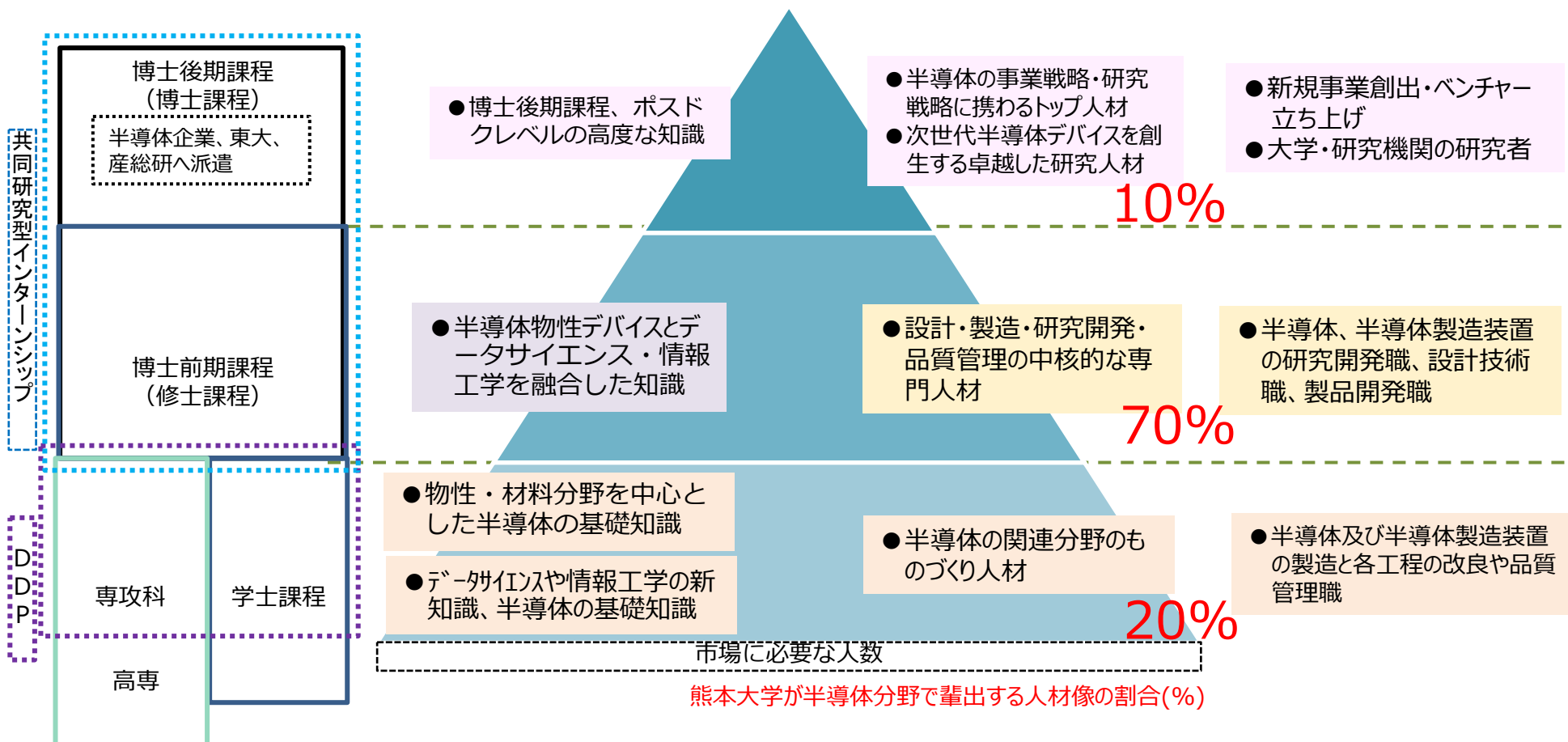
- 地域企業からニーズが高く、**設計・製造・開発等を担う博士前期課程修了者をボリュームゾーンとして人材育成を行う。**
- 次世代半導体等の新規事業の創出を担う**研究人材**、半導体の事業戦略・研究戦略を担う**トップ人材**、**ベンチャー起業家を、半導体企業・東大・産総研等への派遣を通じて育成し、半導体産業をリードする人材を育成。**

教育課程

習得する知識

輩出される人材像

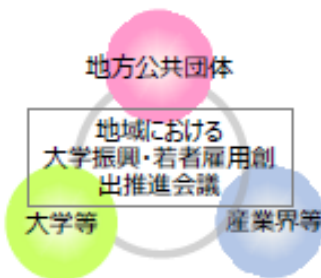
活躍の場



半導体研究開発の取り組み

Strengthening industry-academia-government collaboration through local university and regional industry creation grants

事業概要・目的

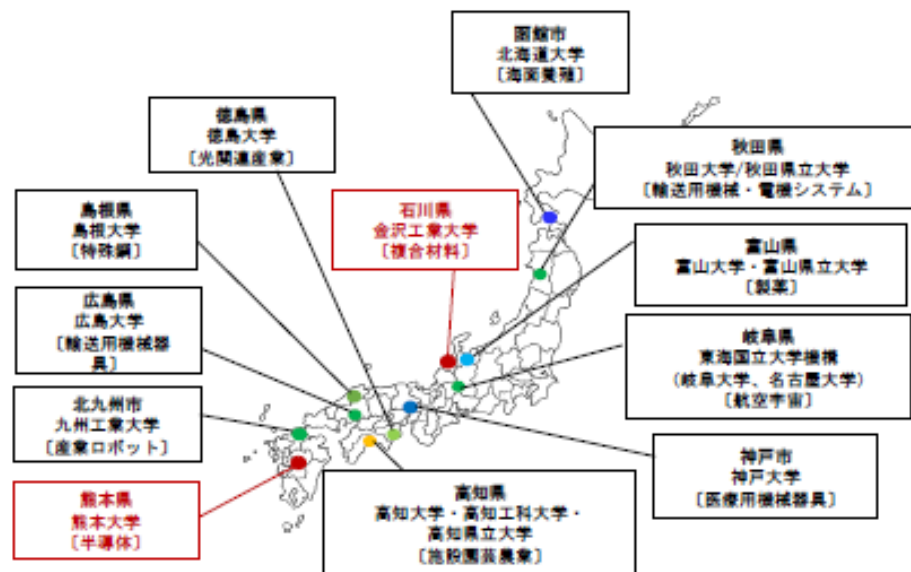


- 「地方大学・産業創生法」に基づき、首長のリーダーシップの下、デジタル技術等を活用し、**産業創生・若者雇用創出を中心とした地方創生と、地方創生に積極的な役割を果たすための組織的な大学改革**に一体的に取り組む地方公共団体を重点的に支援
- 地域産業創生の駆動力となり特定分野に圧倒的な強みを持つ地方大学づくりを進め、地域における**若者の修学・就業を促進**
- 10年間の計画を総理大臣が認定し、原則 **5年間交付金により取組を支援**
- 国費支援額の目安は、**5千万円～7億円** ※国費95億円（R5年度予算案）

採択状況

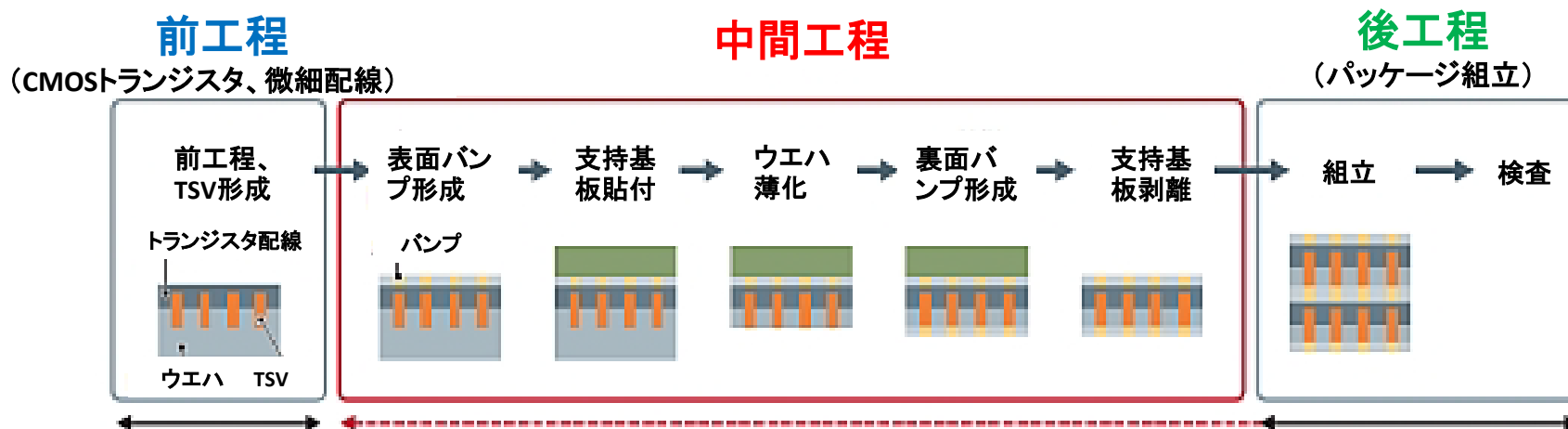
※支援開始年度を記載

- 平成30年度：富山県、岐阜県、島根県、広島県、徳島県、高知県、北九州市
- 令和元年度：秋田県、神戸市
- 令和4年度：函館市
- **令和5年度：石川県、熊本県**
(令和5年4月1日※事業開始予定)
- 採択にあたっては、「地域における大学振興・若者雇用創出事業評価委員会」において、書面評価・現地評価・面接評価からなる複層的な評価を実施



熊本大学と熊本県が緊密に連携して、**内閣府地方大学・地域創生交付金事業**として、半導体三次元積層実装(中間工程)産業の創出を目指した、産学官連携プロジェクトを推進

- 前工程 : MOSTランジスタ、微細配線を形成する工程
- 後工程 : ウエハーから切り出したチップをパッケージに組込工程 **熊本県 : かつての後工程産業集積地**
- 中間工程 : 前工程と後工程の間でシリコン貫通ビアTSV形成、表バンプ形成、薄化工程、裏配線・裏バンプ形成からなる3次元積層実装工程 **熊本県 : 3次元積層実装を起爆剤に後工程産業復活**



ファンドリー
の領域

TSMC(台湾), Samsung(韓国),
UMC(台湾), GlobalF(米国)など

ファンドリーとOSATがそれぞ
れ事業拡大を狙う状況

OSATの領域

ASE(台湾), Amkor(米国),
JCET(中国)など

高コスト
が課題

独立した事業領域の可能性

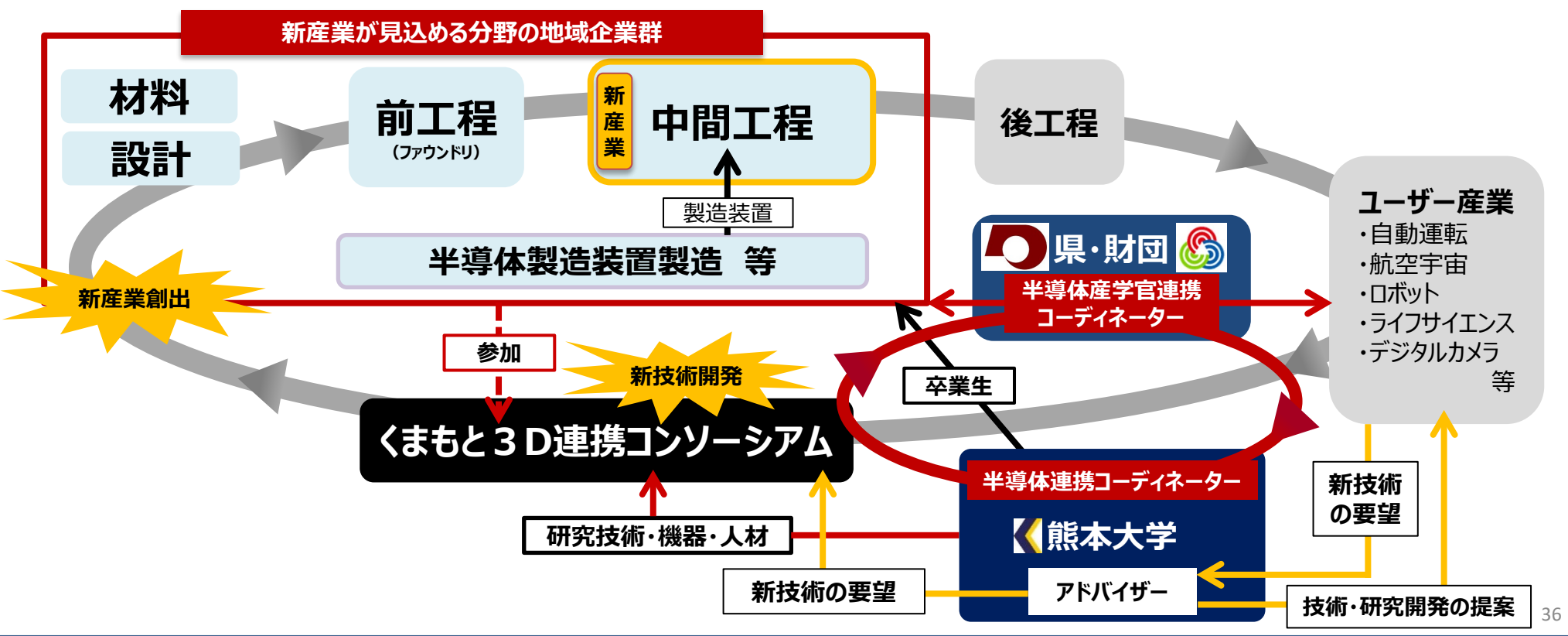
低コスト化
の可能性



Creating a semiconductor industry ecosystem through grant projects

- **大学改革により、トップ人材誘致等で半導体分野に強い大学**を目指す。また地域企業（設計、製造装置製造企業）へ専門人材を輩出し続ける。
- **三次元積層実装（中間工程）産業の確立で、設計や製造装置等関連産業にも新産業を創出**。既に存在する「前工程・製造装置製造産業」の優位性が活かされるだけでなく、**三次元積層の設計分野でも国内トップ**を目指す。
- 半導体関連企業が集積している強みを生かし、**産学が連携した「くまもと3D連携コンソーシアム」を中心に新産業を創出**。事業成果を県内外のユーザー産業へ展開し、研究をビジネスに結び付ける**エコシステムの形成**を目指す。

三次元積層実装技術をコアとした半導体産業エコシステム





Current status and issues of the semiconductor industry in Kumamoto

- **半導体産業**は、**工業出荷額・雇用ともに熊本県を支える県内最大の産業**であり、日本の半導体産業が衰退するなか、**この10年間で出荷額が76%成長**(2009年4,699億円→2019年8,290億円。県全体の29.1%)、**雇用は17.3%増加**(2009年18,146名→2019年21,281名。県全体の22.6%)。
- 今後も成長が見込まれる一方で、いわゆる「シリコンサイクル」や「ムーアの法則」といった**不確定な状況も存在**。熊本県においても一貫して順調とは言い難い状況（過去には後行程の撤退や大規模リストラ等）。
- 特に**熊本県の課題**としては、**世界的シェアの高い、大手企業のサプライチェーンに頼り切った産業構造**であり、**地域大学の研究力も乏しく、産学連携の仕組みも特定の企業に限定**されていた。

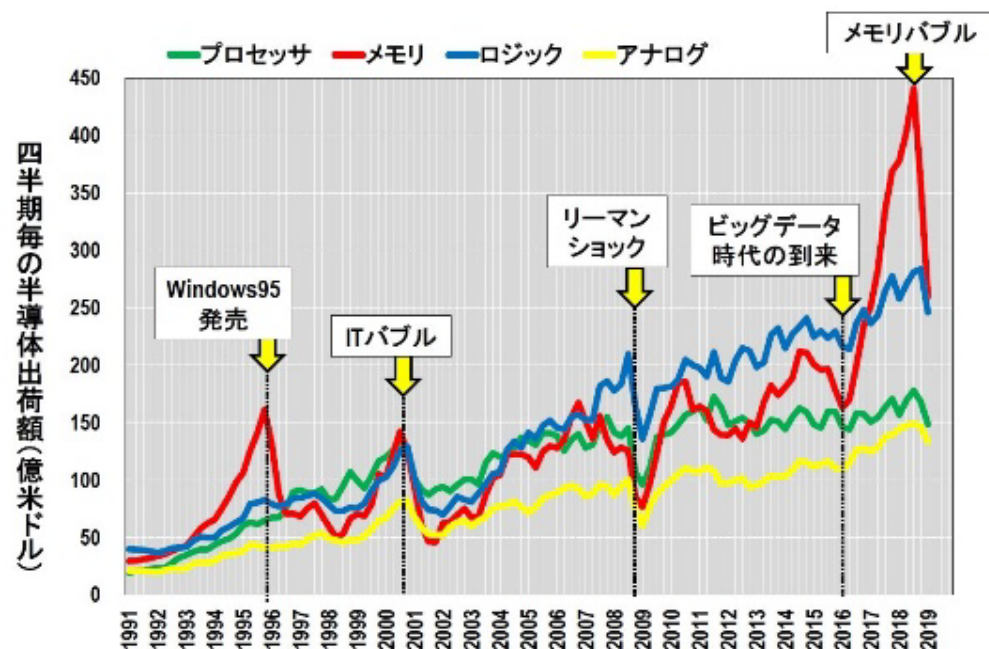
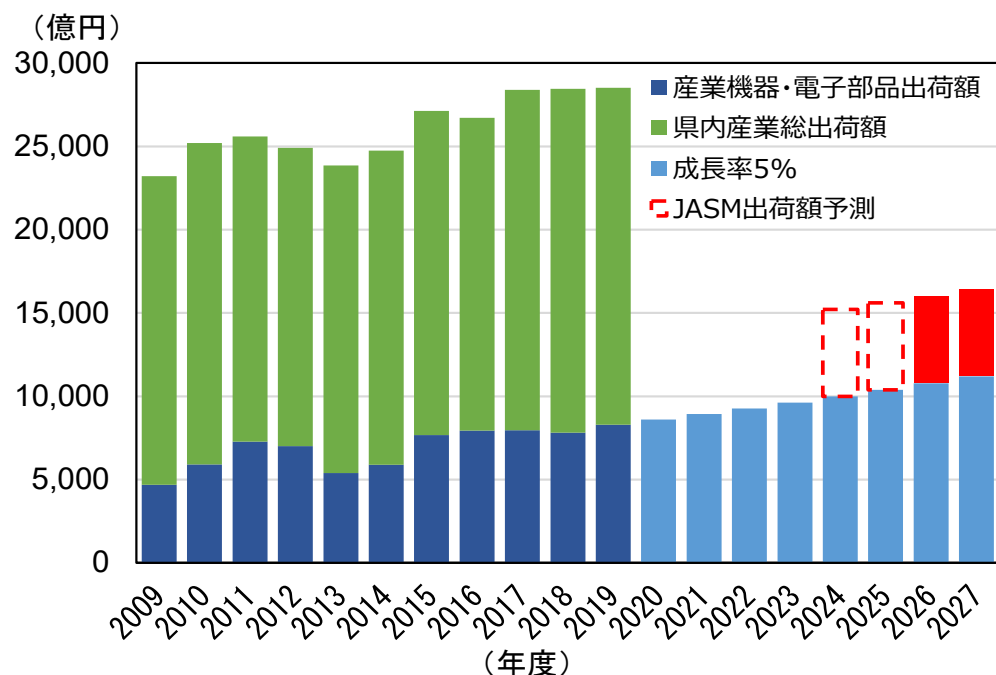


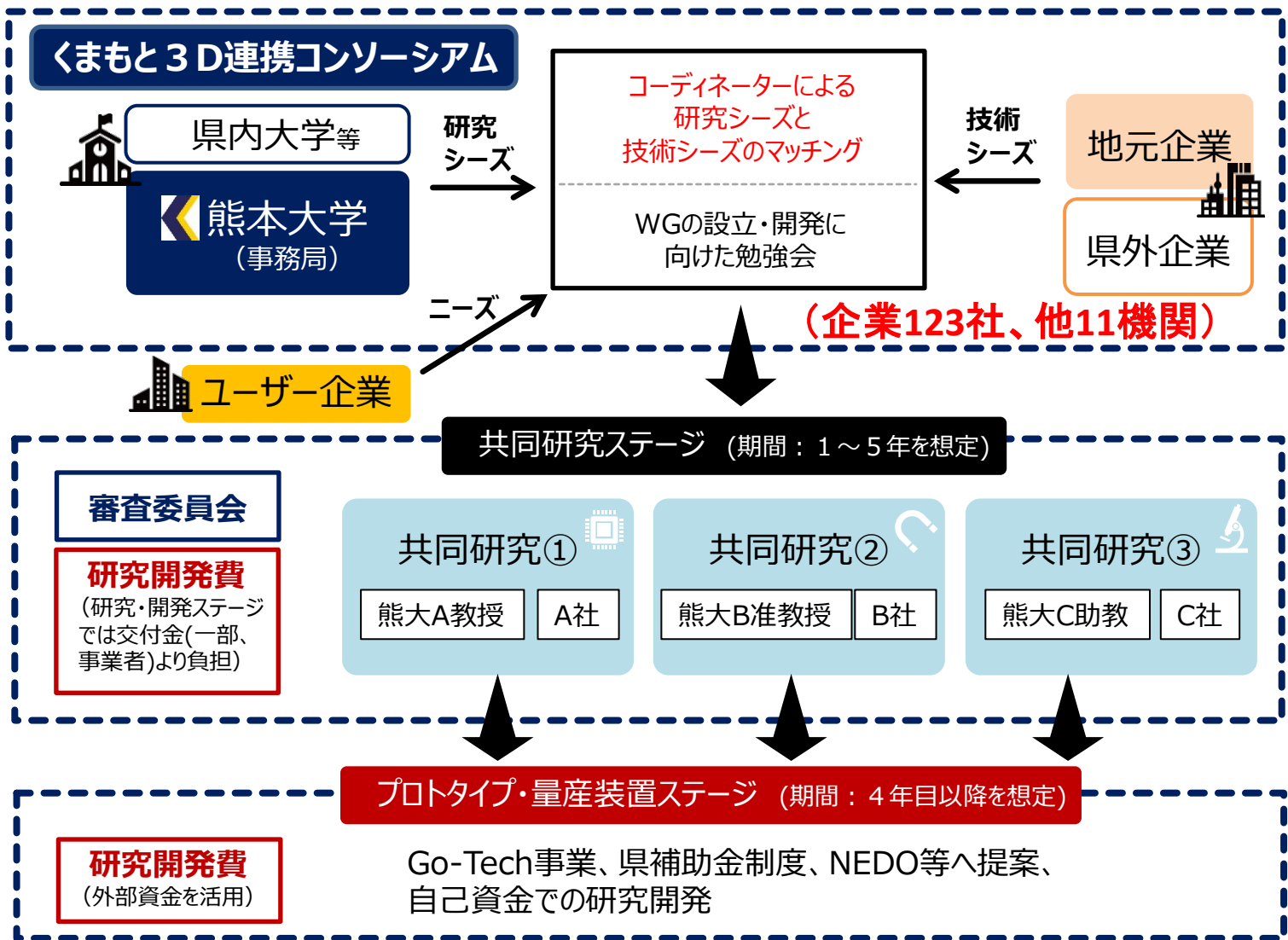
図. 熊本県の工業出荷額と半導体関連製品出荷額、今後の成長見通し

【出典】EE Times Japan「メモリ不況の夜明けは近い、市場動向から見たDRAMとNANDの挙動」(2019年6月)

くまもと3D連携コンソーシアム

Kumamoto 3D Collaboration Consortium

- 地域の中小企業と大学との**共同研究**により、地域中小企業の半導体関連事業への**新規参入を推進**する
- リスクが大きい初期の研究開発投資を肩代わりすることで、地域企業の参画を誘因して、新産業創出へ導く。
- ユーザー企業からのニーズ収集により、新技術開発、新産業創出となるような研究テーマを創出する。

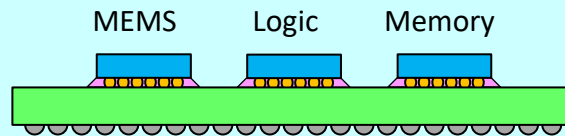
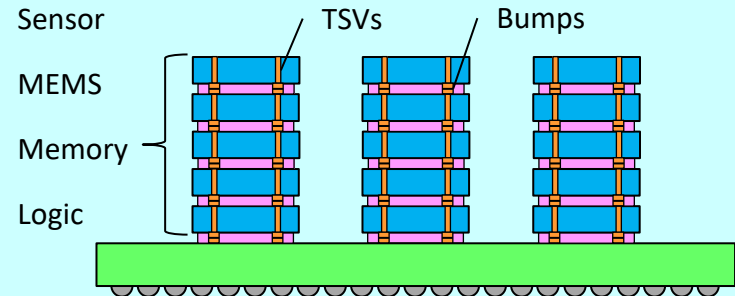


1. 連携を希望する地域の中小企業から半導体産業に関連する新規事業の企画を募集。
2. 開発を企画する装置に応じた県内企業をピックアップし、提案・連携調整を行う。
3. 半導体産業連携コーディネーターが、地域企業のニーズをヒアリングし、熊本大学や熊本高専等で研究者の探索、事業の波及効果を評価。
4. 地域企業と研究者がディスカッションを行い、共同研究テーマを設定。
5. 委員会を経た後、研究者に研究費を配分して共同研究を実施。

マイクロバンプ接続技術
バンプサイズ: 1 ~ 50 μm

三次元チップ積層

フリップチップ接合



ワイヤボンディング



高集積化 / 高速化 / 高機能化

バンプ接続技術に要求される項目

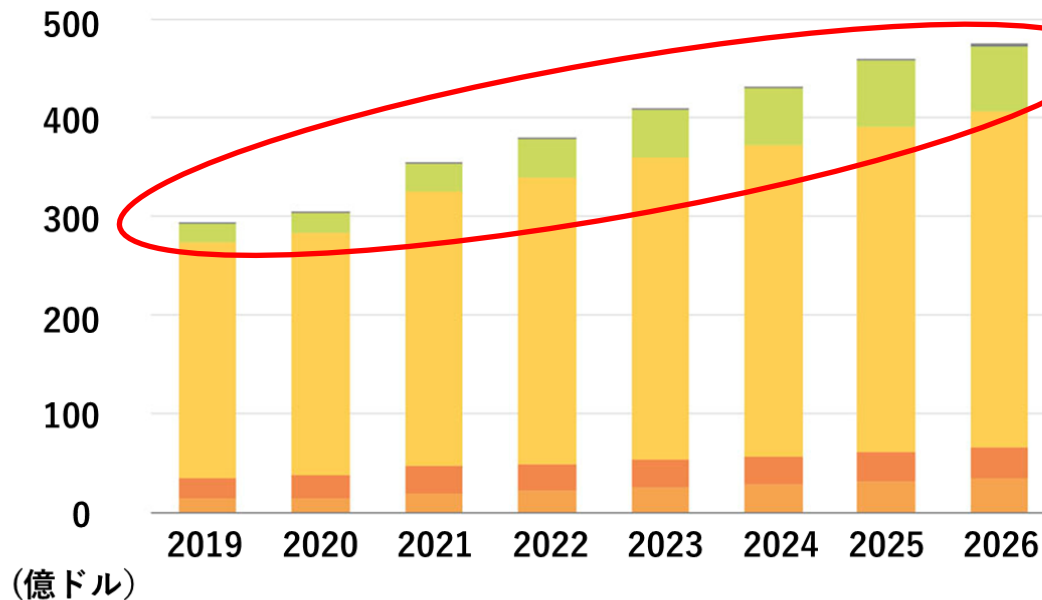
- 低ストレス実装 (低温・低荷重化)
- バンプの高密度化 (微細化、狭ピッチ化)

三次元積層実装技術の市場予測

Market forecast for 3D stacked packaging technology

- 2020年に300億ドル規模であった世界の先端半導体パッケージング市場は、年平均成長率(CAGR)8%で成長し、2026年には475億ドル (5.7兆円) に達する
- (仏調査会社Yole の報告資料に基づく)
- 先端半導体パッケージングとしているのはFan-out、WLCSP、Flip-chip、3DIC(3次元積層)、ED(組み込みダイ)などといった新しいパッケージング技術で、中でも3DICはCAGR22%、EDが同25%、ファンアウトは同15%で2020年から2026年にかけて急成長すると予想

2019 - 2026 世界における
半導体先端パッケージング市場の予測



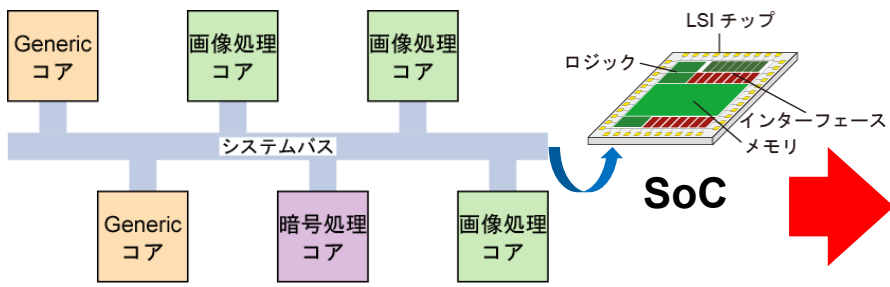
3DIC
3次元積層
年率22%増
急成長

Fan-out WLCSP Flip-chip 3D-stacked Embedded

Achieving low power, high functionality, compact size and weight reduction through 3D stacked packaging

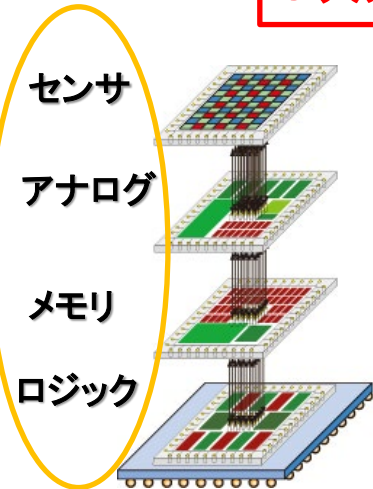
- 電子情報通信機器システム全体の**低消費電力化、高機能化、小型軽量化**が必要。
- 半導体チップを**最短かつ超並列バス**で3次元積層接続することで、**動作周波数の大幅な低減による低消費電力化**を実現。
- さらに**3次元積層技術**でメモリ・ロジック等の異なる機能をもつ半導体LSIチップを自由に組合せて活用する**新しいアーキテクチャ**により、**低消費電力化、高機能化、小型軽量化**を同時に実現可能。

現状の平面システム

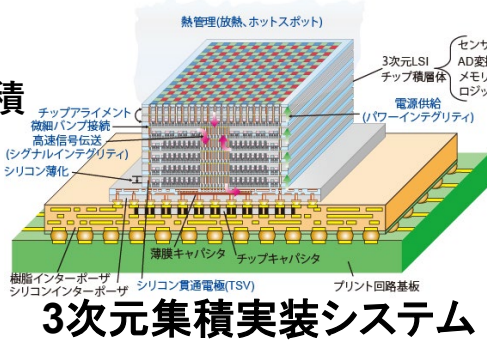


- 従来の問題点
- チップ間の接続距離が長い
→ **大きな配線容量のため消費電力大**
 - 少ない信号線
→ **高速な信号伝送が必要で消費電力大**
 - 異種チップ（メモリ、ロジック、センサ）の集積が困難
→ **ヘテロジニアスな高機能化が困難**
 - デカップリングキャパシタへの接続距離大
→ **電源回路の不安定動作のため、高電圧駆動化に伴う、消費電力大、不要輻射の増大**

3次元積層実装システム



- ◎3次元積層実装システムの利点
- チップ間の**接続距離が短い**
→ **小さな配線容量のため消費電力小**
 - 超並列バス**の形成
→ **動作周波数を低減し消費電力小**
 - 異種チップ**（メモリ、アナログ、ロジック、センサ）集積が可能なアーキテクチャ
→ **Mooreの法則の限界を超えて高機能化**



- デカップリングキャパシタ**の短距離接続
→ **電源回路の安定動作による低消費電力化、不要輻射の低減化**

3次元集積実装システム

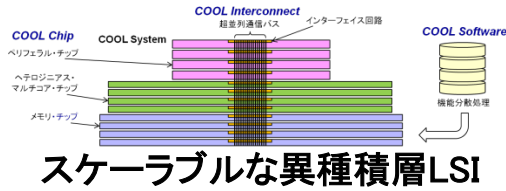
三次元積層LSIエミュレータの開発

Development of a 3D stacked LSI emulator

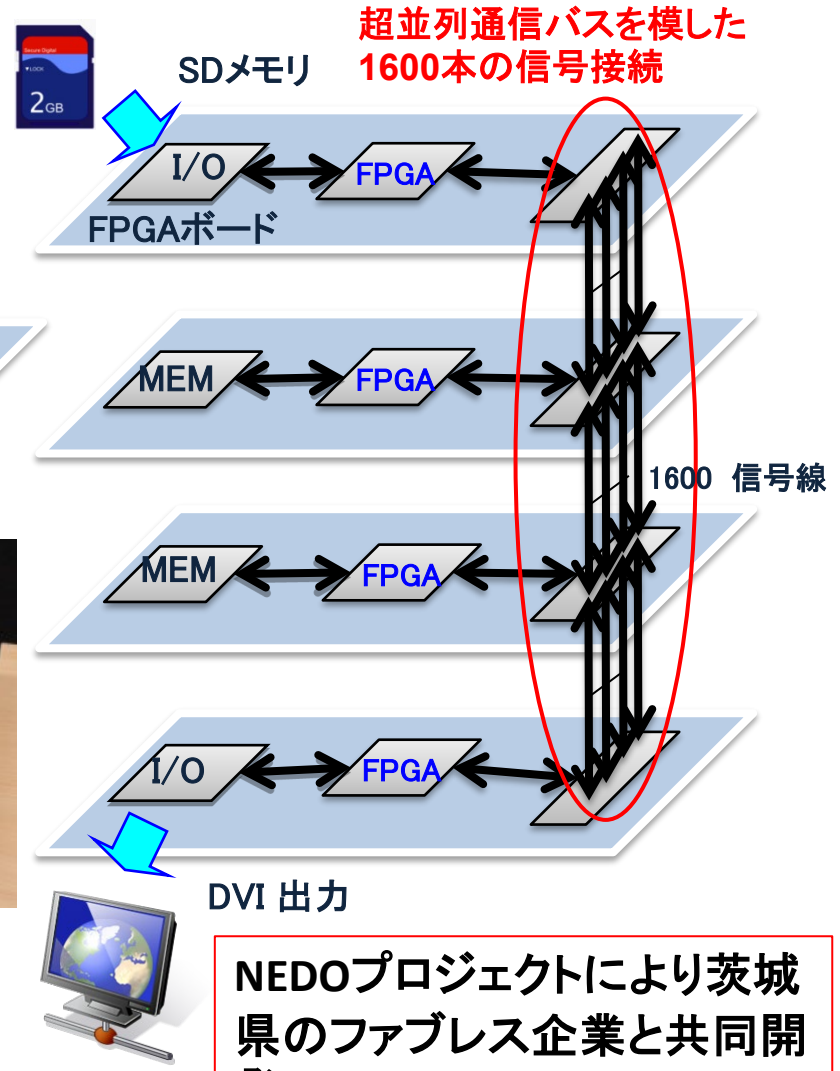
三次元積層LSIのシステム設計シミュレーション環境を整備する

目的:

- ・スケーラブルな「3次元積層LSIの機能検証」を可能にする

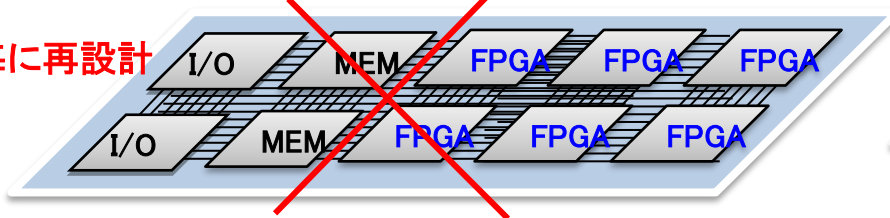


3次元積層LSIの機能検証エミュレータ



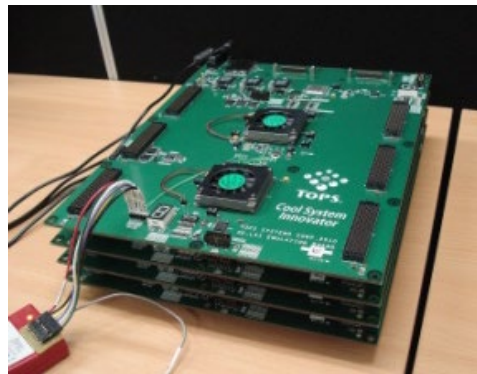
【課題】

- ・積層構成毎に再設計
- ・配線困難
- ・大規模化



システム仕様:

- ・動作周波数: 50MHz
- ・基板間接続信号数: 1,600
- ・基板間通信速度: 6.4GByte/s
- ・エミュレーション対象
 - プロセッサチップ
 - メモリチップ
 - I/Oチップ

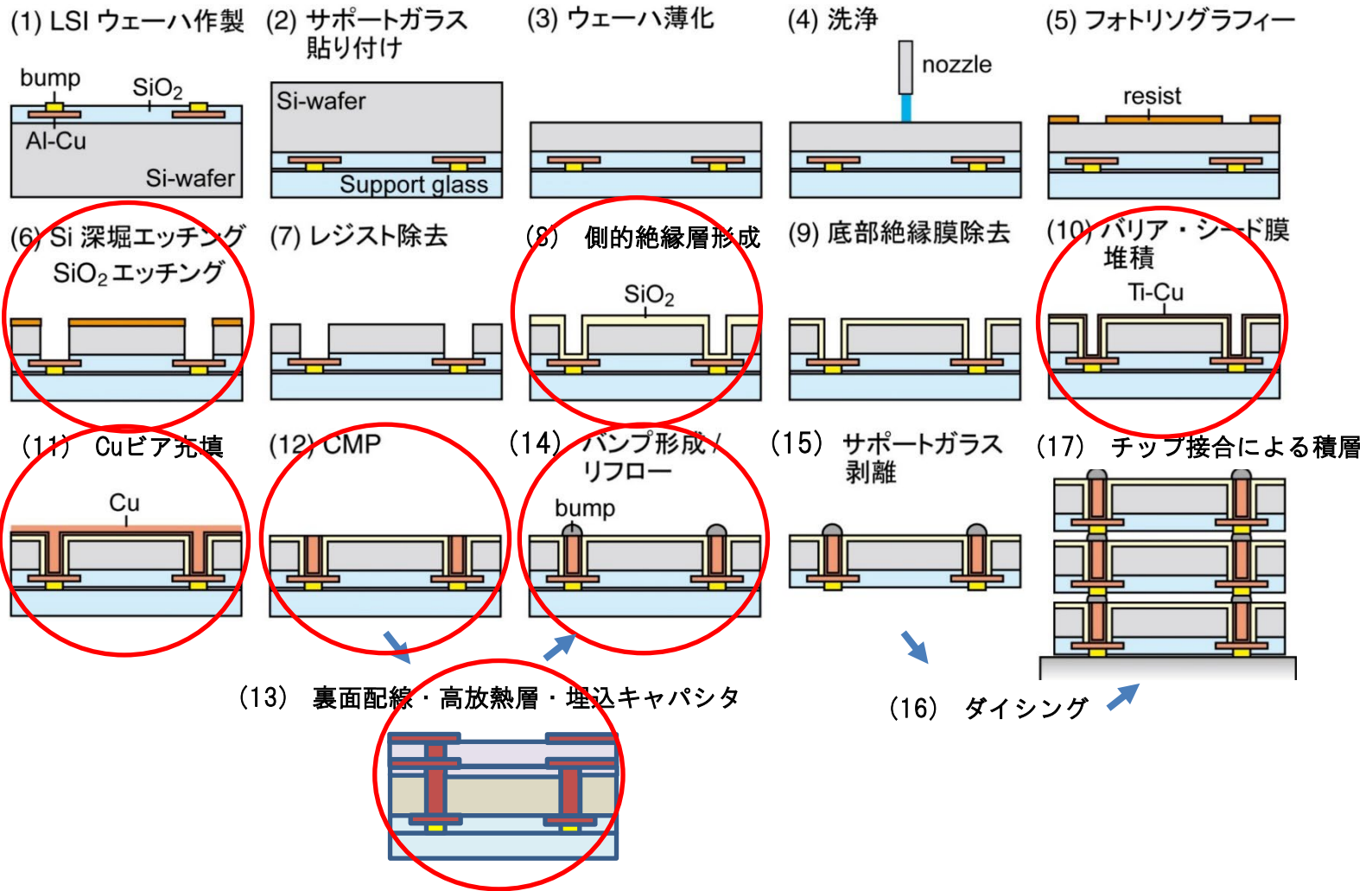


試作したチップと同じ速度で動作
実時間でソフトウェア動作を含むシステム評価が可能!

NEDOプロジェクトにより茨城県のファブレス企業と共同開発

三次元積層実装のボトルネック製造工程の研究開発

Research and development of the bottleneck manufacturing process for 3D stacked packaging



シリコン貫通ビアTSV形成、裏面配線、微細バンプ形成など(赤枠)で工程改善必要

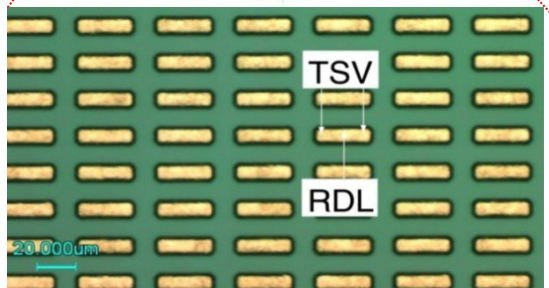
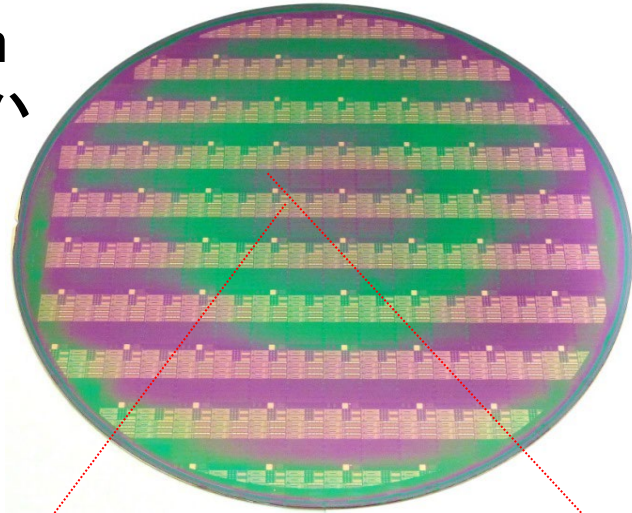
200mmウエハTSV形成プロセス確立（産総研）

Establishment of 200mm wafer TSV formation process (AIST)

- 6 μm ϕ TSVのチップ歩留まり：83%以上を確立。
(200mm径ウェーハ面内の116個のチップ上に20,000個のTSVが存在)
- 定電圧TDDB試験の結果、使用電圧5 VでのTSV絶縁膜寿命は10年超を確認。

(光学顕微鏡観察結果)

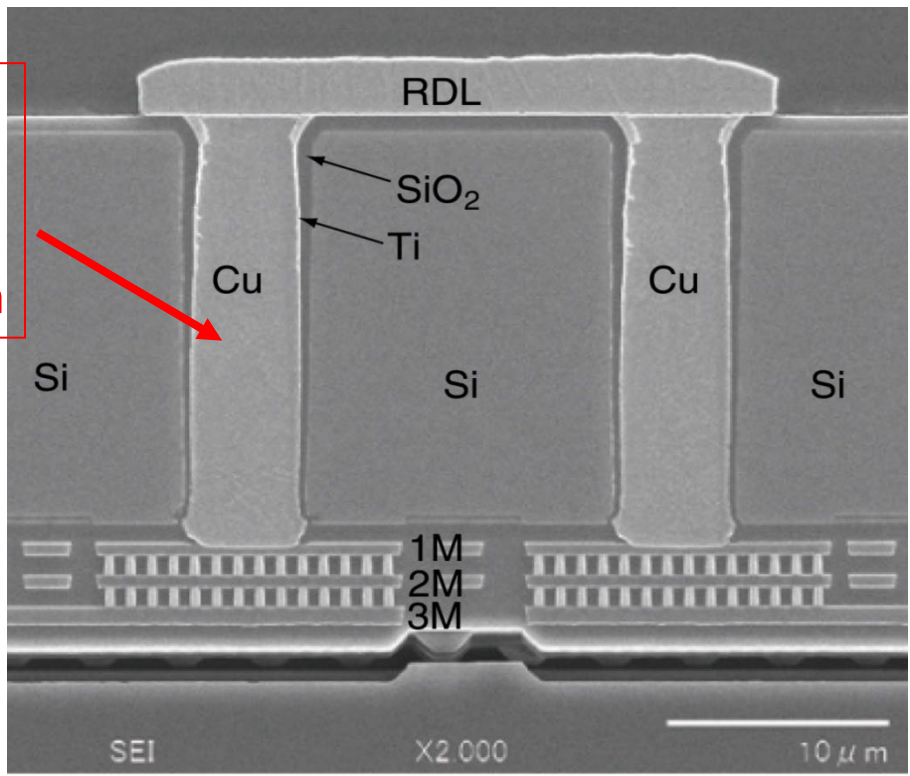
200mm
ウェーハ



20,000個のTSVを含むダイジー
チェーンパターンの写真

(断面SEM観察結果)

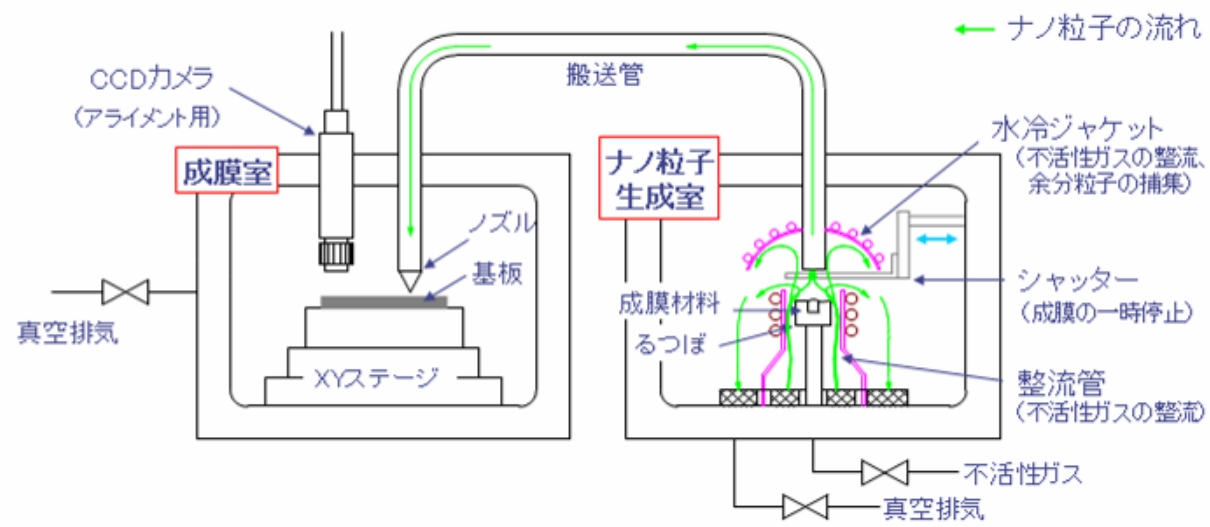
直径
6 μm
深さ
22 μm



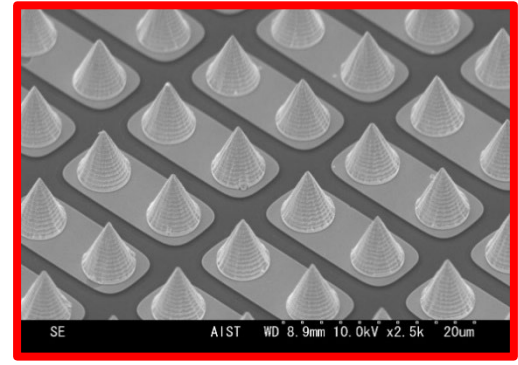
NEDOスマートデバイスPJの研究成果(産総研)

円錐バンプ形成用ナノ粒子堆積技術の開発 (産総研)

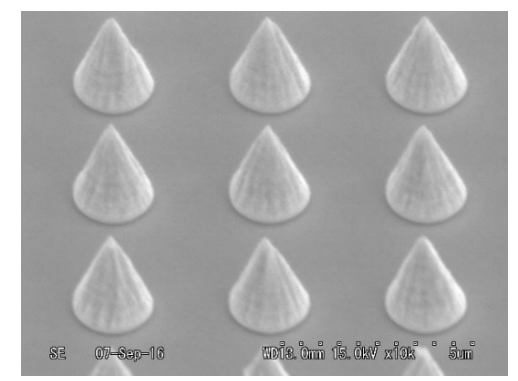
Development of nanoparticle deposition technology for forming conical bumps (AIST)



金ナノ粒子堆積プロトタイプ装置



10 μmピッチ6 μmΦの円錐Auバンプ

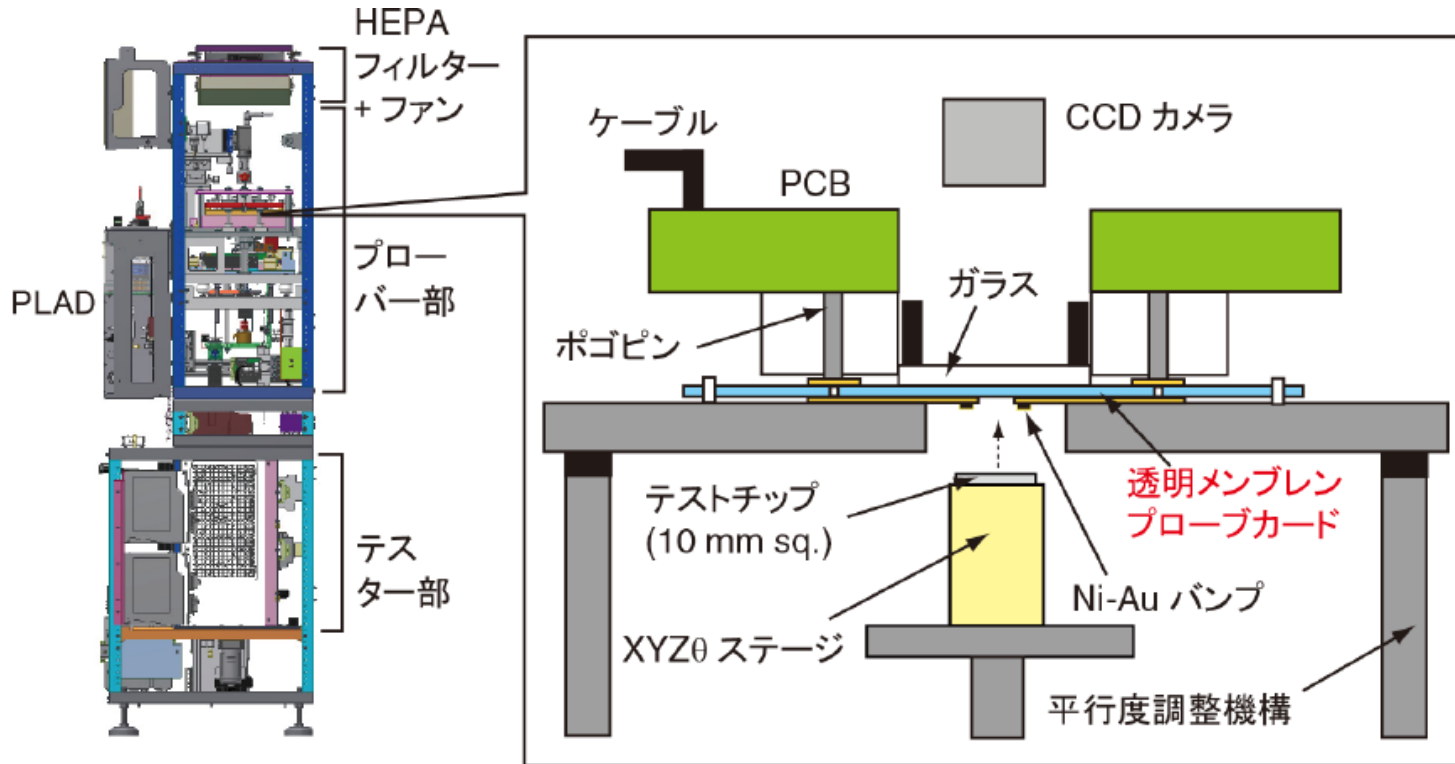


4 μmピッチ2 μmΦの円錐Auバンプ

長野県の中小企業とサポイン事業で共同開発

三次元積層LSIチップ検査装置の開発（産総研）

Development of 3D stacked LSI chip test equipment (AIST)



メンブレンプローブとチップXYZ回転ステージで透過アライメント

大分県の中小企業とサポイン事業で共同開発

ご清聴ありがとうございました