

DX時代の必需品「半導体」

その技術と産業の概要

SEMIジャパン マーケティング部 安藤洋一郎



CONNECT - COLLABORATE - INNOVATE - GROW - PROSPER

コンテンツ

- 半導体が足りない
- そもそも半導体とは何か
 - 半導体の作り方
 - 半導体の産業と市場
- まとめ/SEMIの学生専用リソース
 - 映画予告編

半導体が足りない

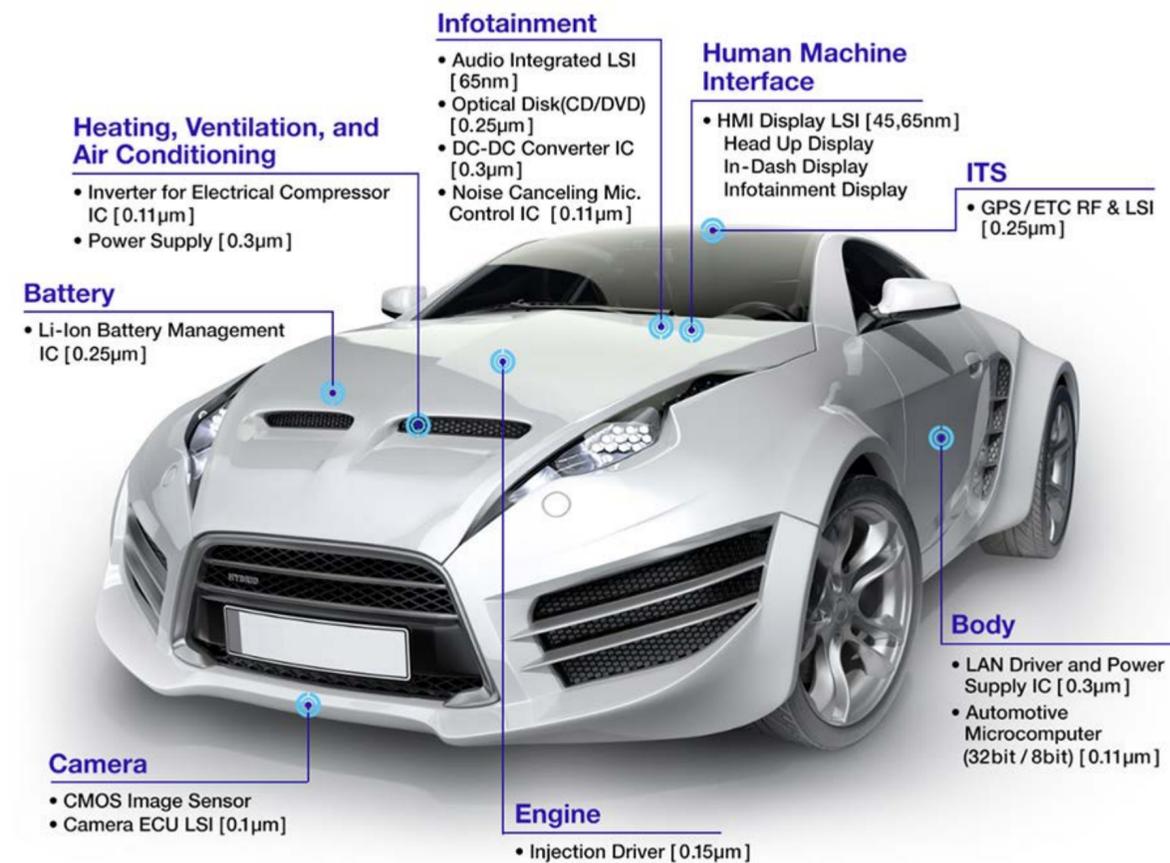


自動車業界の悲鳴

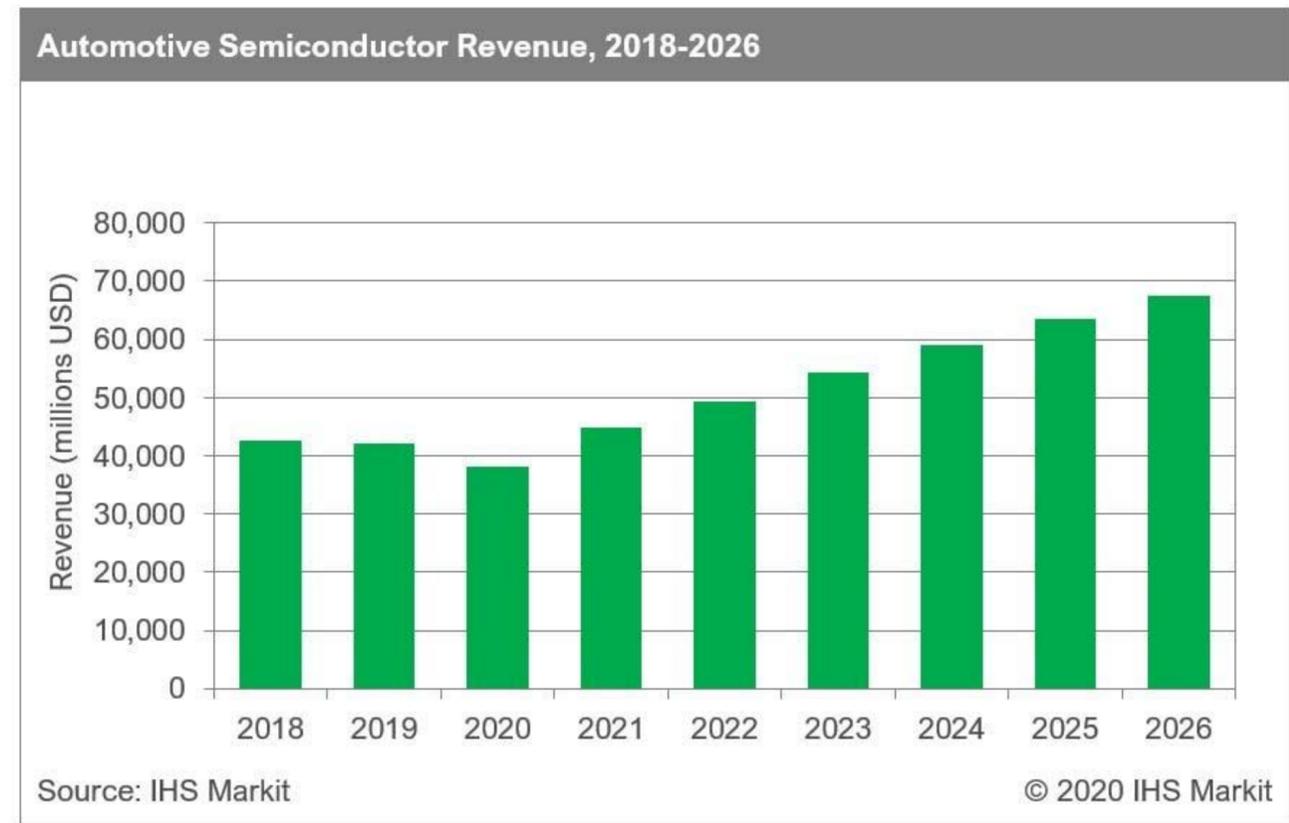


- 半導体不足で大手自動車メーカーが相次いで減産へ—2021/1/12 テレビ朝日
- 米政府、半導体製造強化に370億ドルを投資へ—2021/3/1 EE Times Japan
- 米大統領、大手企業と半導体不足を協議—2021/4/12 ロイター
- 「半導体不足は年内続く」 TSMC、投資3.3兆円に上積み—2021/4/15 日本経済新聞

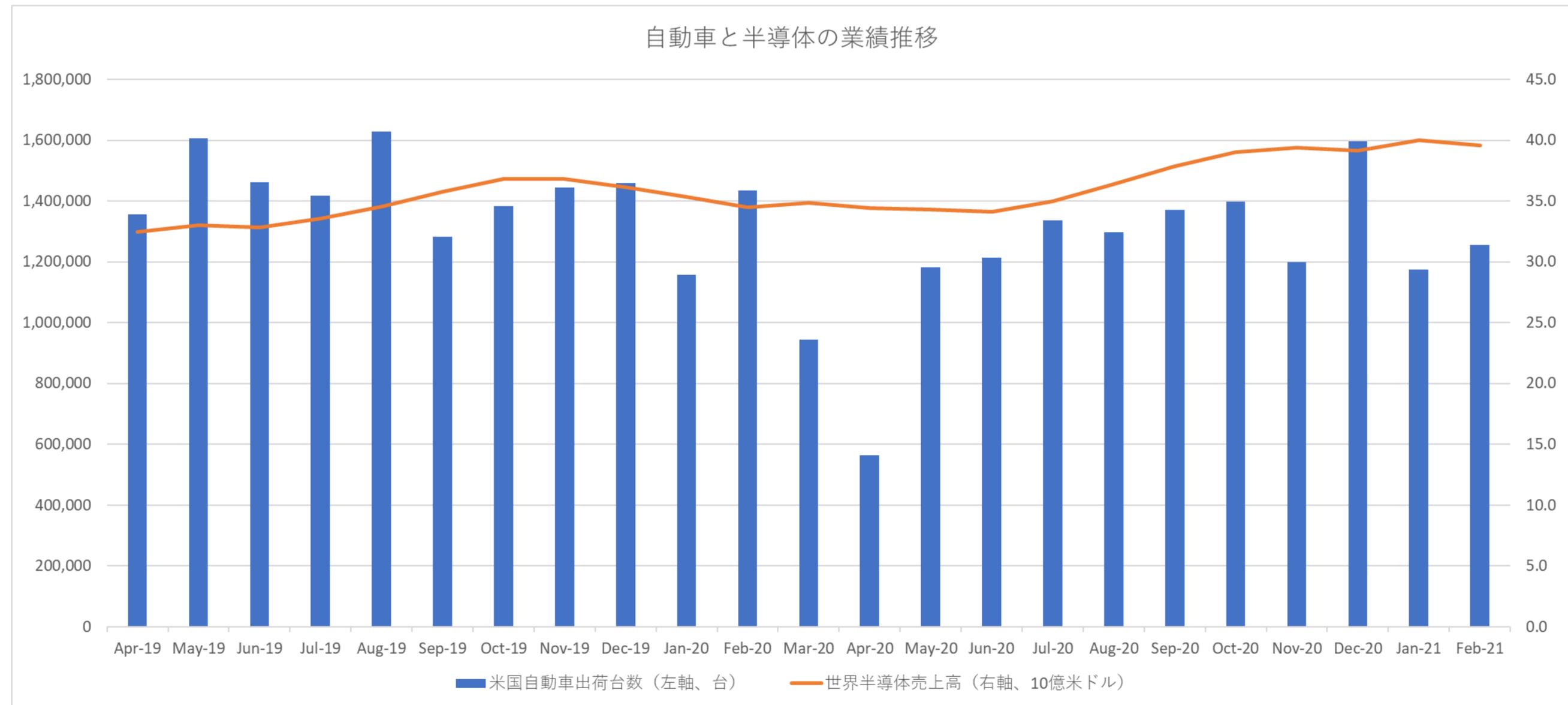
半導体がなければ車はうごかない



Source: Tower Partners Semiconductor

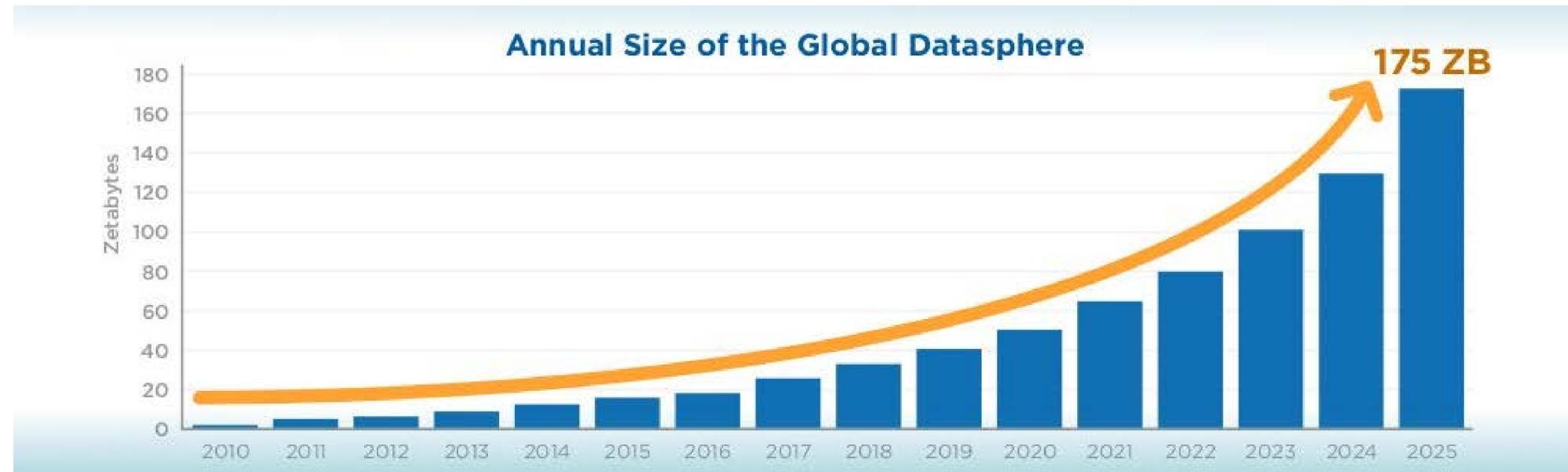


なぜ半導体は不足したのか



Source: U.S. Bureau of Economic Analysis, SIA

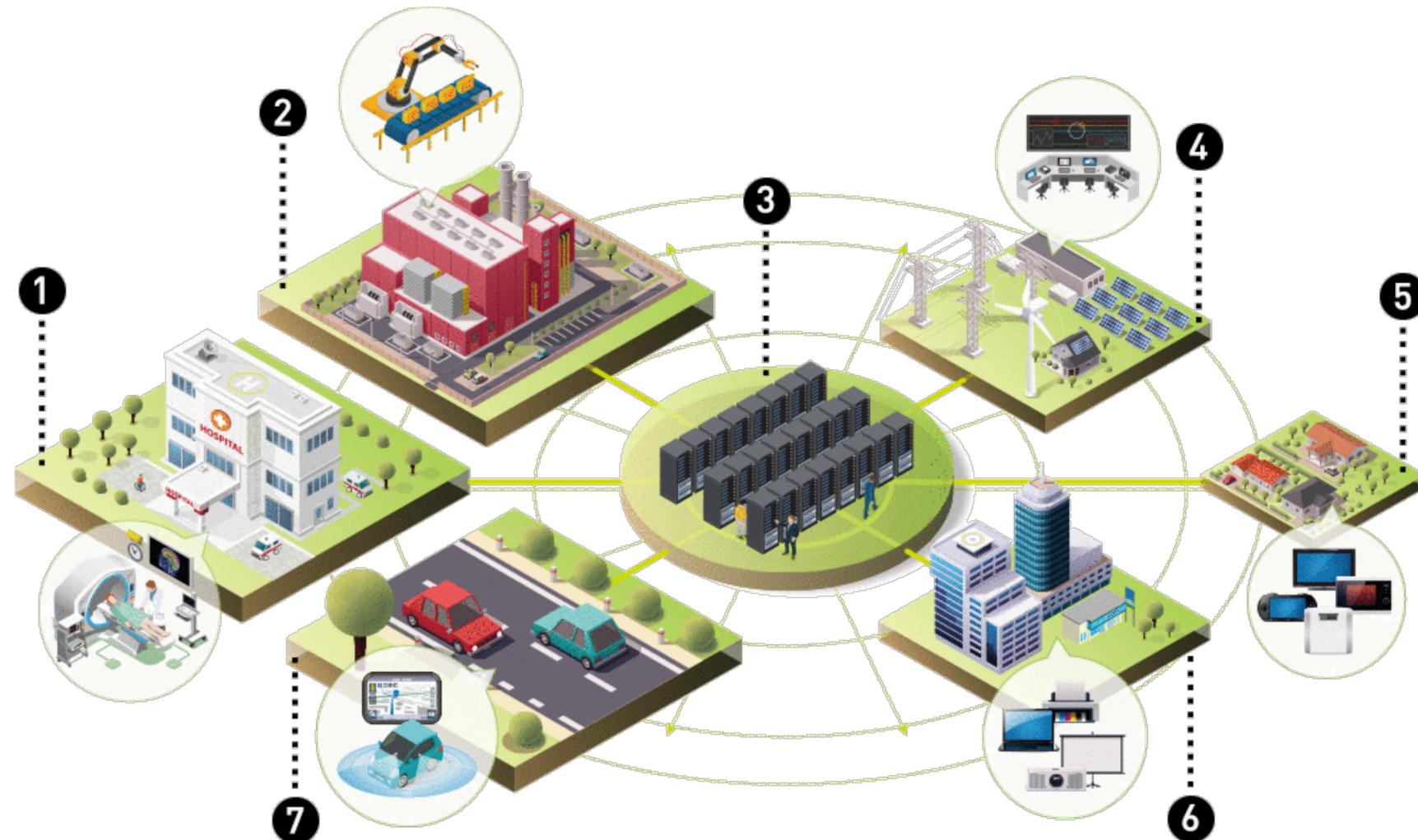
デジタルデータの爆発的増加



Source: IDC, Nov 2018, May 2020

- 新型コロナウイルス感染対策がDXを加速しデータ量を押し上げる
- 2020年のデジタルデータの総量は59ゼタバイトに上振れ(2010年の60倍)
- 2020~2022年の3年間に生成されるデータ量は過去30年の合計を上回る

半導体の利用の広がり



Source: 東京エレクトロデバイス

① Medical Products

医療現場を支えるCTスキャン、MRIなど

② Industrial

生産ラインの自動化を支える産業用ロボット、各種制御装置や最先端の放送機器など

③ Networking

IoT環境を実現するクラウド構築支援やデータセンター設備機器など

④ Infrastructure

快適・安全・安心な社会を支えるシステム監視・制御機器や空調省エネシステムなど

⑤ Consumer Products

健康で豊かな生活を支える家電、ヘルスケア機器など

⑥ Computer Applications

ビジネスに不可欠なパソコンやプリンター、プロジェクターなど

⑦ Automotive

エレクトロニクス化が進む自動車関連製品・機器など



Without This....

None of These

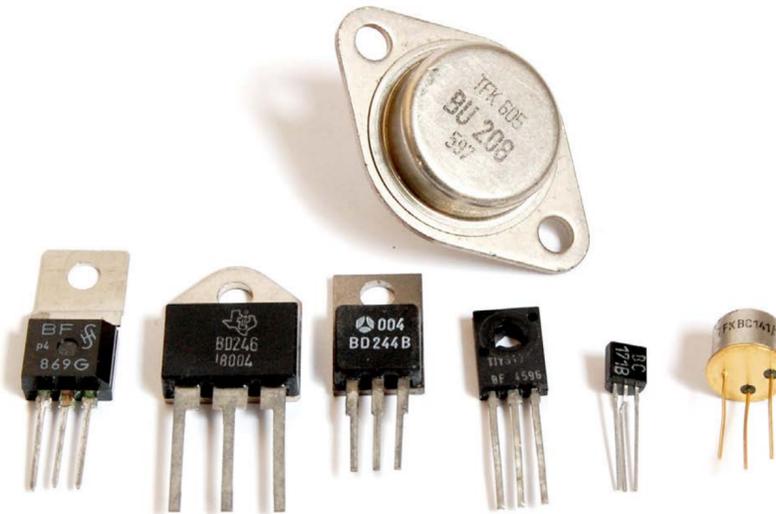
そもそも半導体とは何か

—

半導体の3つの姿



材料



素子



集積回路(IC)

半導体の役割

情報を取り込む

- イメージセンサー
- ジャイロセンサー

情報を処理する

- CPU/MPU
- マイコン
- GPU

情報を記憶する

- DRAM
- NAND FLASH

情報を通信する

- RFトランシーバー
- Bluetooth IC

電力を制御する

- パワートランジスタ
- ダイオード

エネルギーを 変換する

- LED
- 太陽電池

iPhone 11 Pro Maxの半導体



		Apple iPhone 11 Pro Max
Applications Processor		\$64.00
Baseband Processor		\$25.50
Battery		\$10.50
Camera / Image		\$73.50
Connectivity		\$10.50
Display / Touchscreen		\$66.50
Memory: Non-Volatile		\$58.00
Memory: Volatile		\$11.50
Mixed Signal		\$1.50
Non-Electronics		\$61.00
Other		\$21.00
Power Management / Audio		\$10.50
RF Component		\$30.00
Sensor		\$1.50
Substrates		\$16.50
Supporting Materials		\$7.50
Final Assembly & Test		\$21.00
Total		\$490.50

\$286.5
(58%)

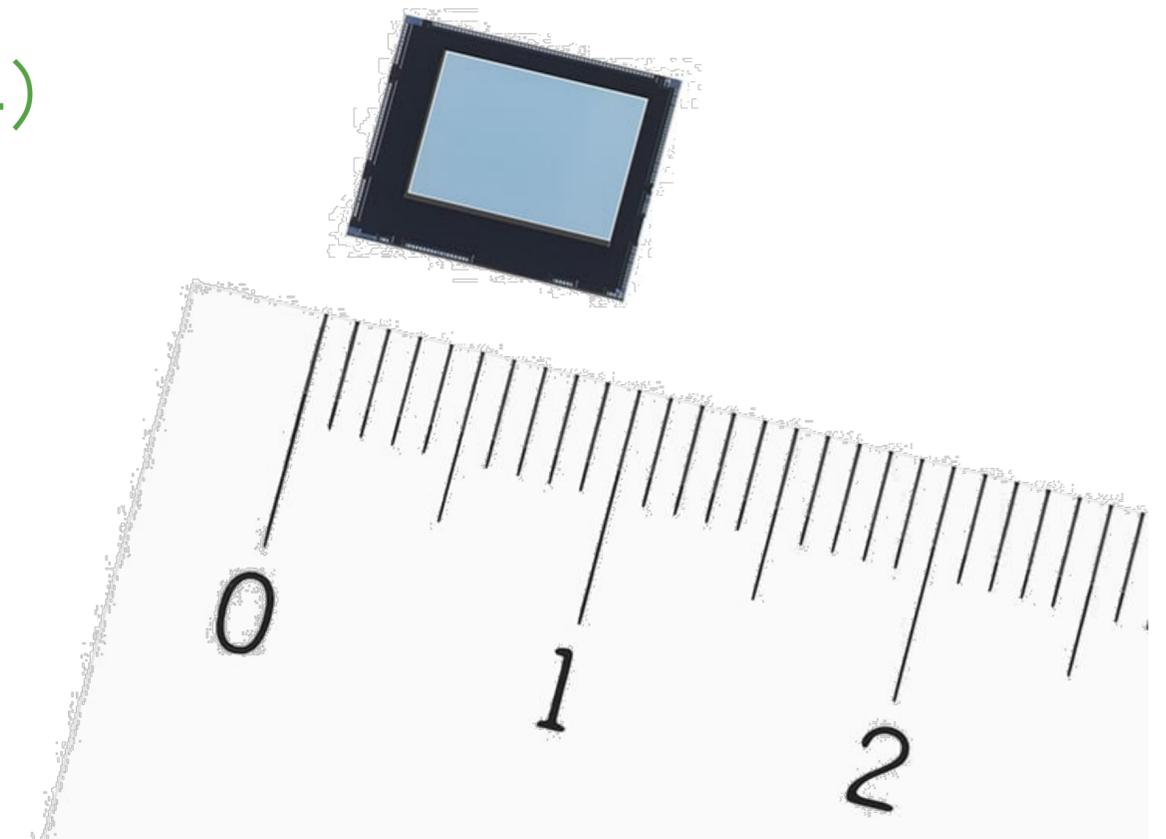
iPhone 11 Pro Max分解写真①



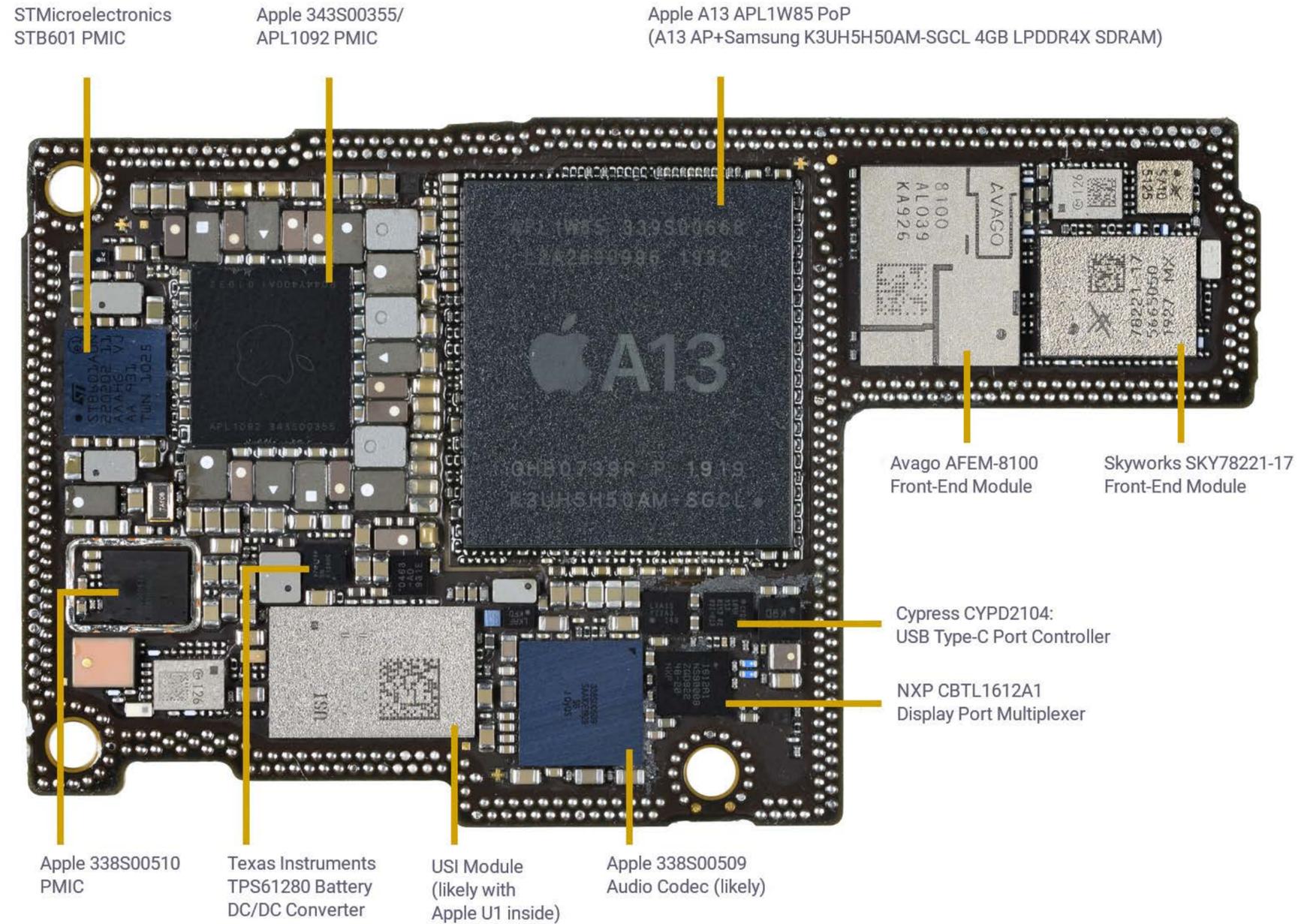
ITシステムの日 — イメージセンサー

• ソニー CMOSイメージセンサー

- iPhone 11 – IMX503 1220万画素 (4032 × 3024)
 - iPhone (2007) 200万画素
 - iPhone 4 (2010) 500万画素
 - iPhone 5 (2012) 800万画素
 - iPhone 6S (2015) 1220万画素
 - iPhone 14 (2022) 4800万画素?
- センサーサイズ (対角線長) 1/2.55インチ
- 製造工場 ソニー長崎テクノロジーセンター



iPhone 11 Pro Max 分解写真②



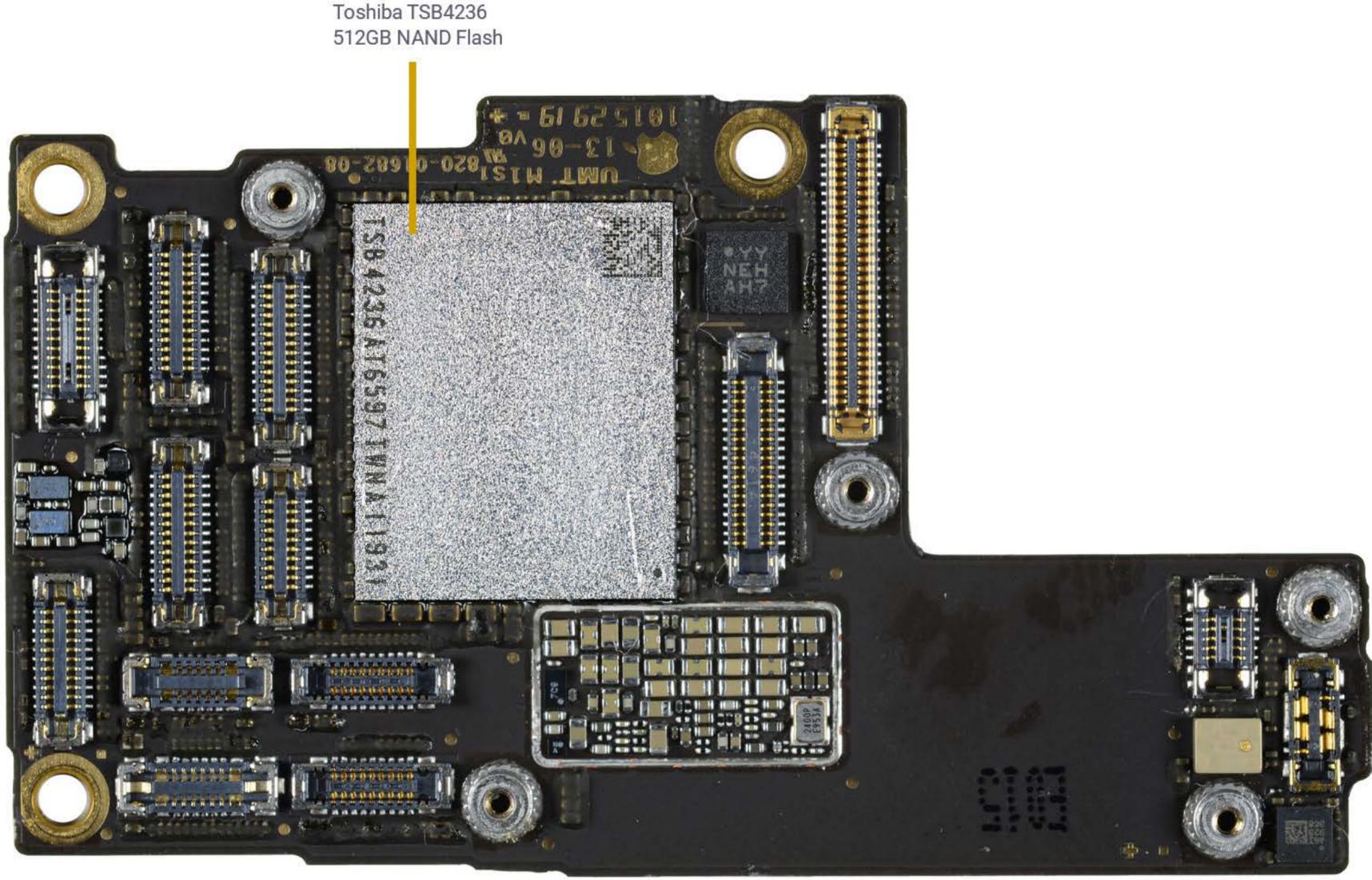
最先端微細加工技術 — CPU

- iPhone 12のCPU「A14 Bionic」

- トランジスタ数 118億個
- 製造プロセス 5nm
- チップサイズ 88mm²
- 平均トランジスタ密度 1億3,409万個/mm²
- 製造工場 TSMC(台湾)



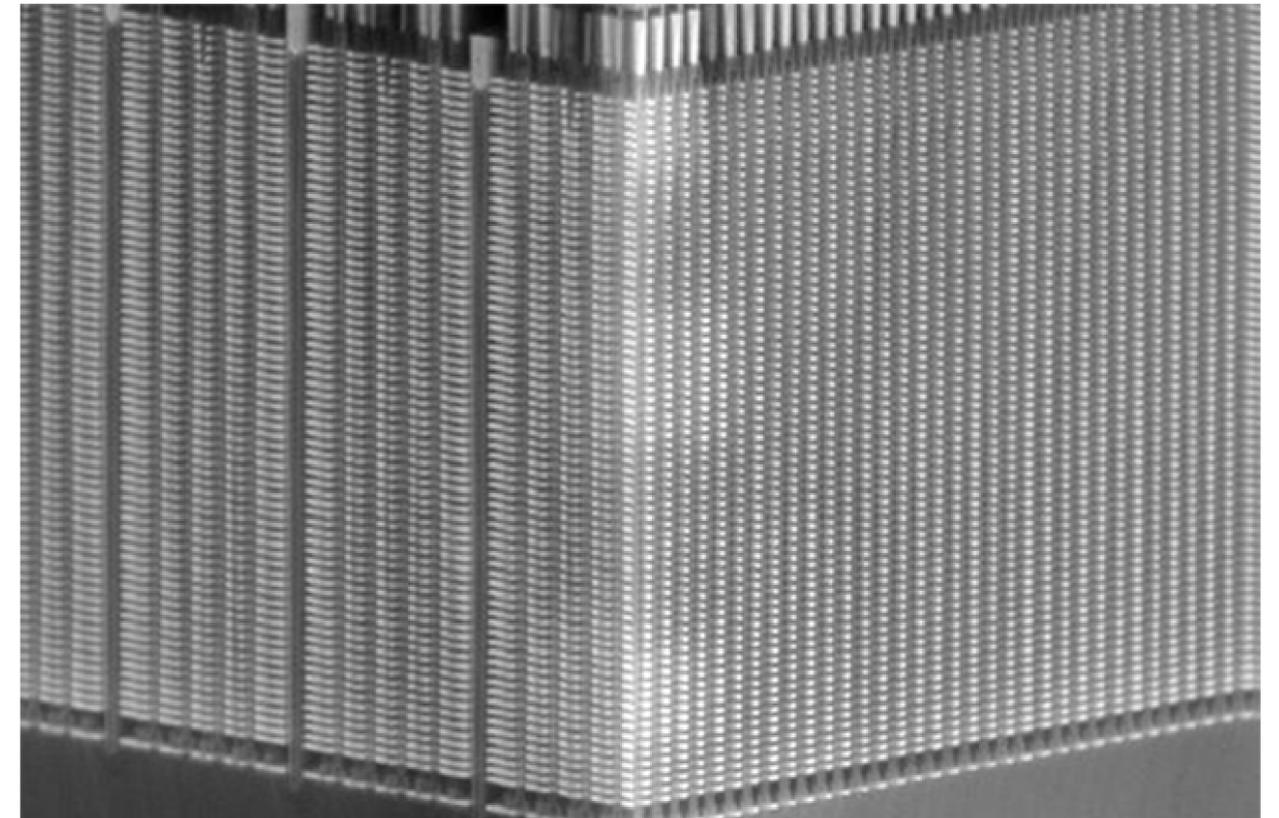
iPhone 11 Pro Max分解写真③



最先端3D製造技術 — FLASHメモリー

- 3D NAND FLASHメモリー TSB4236

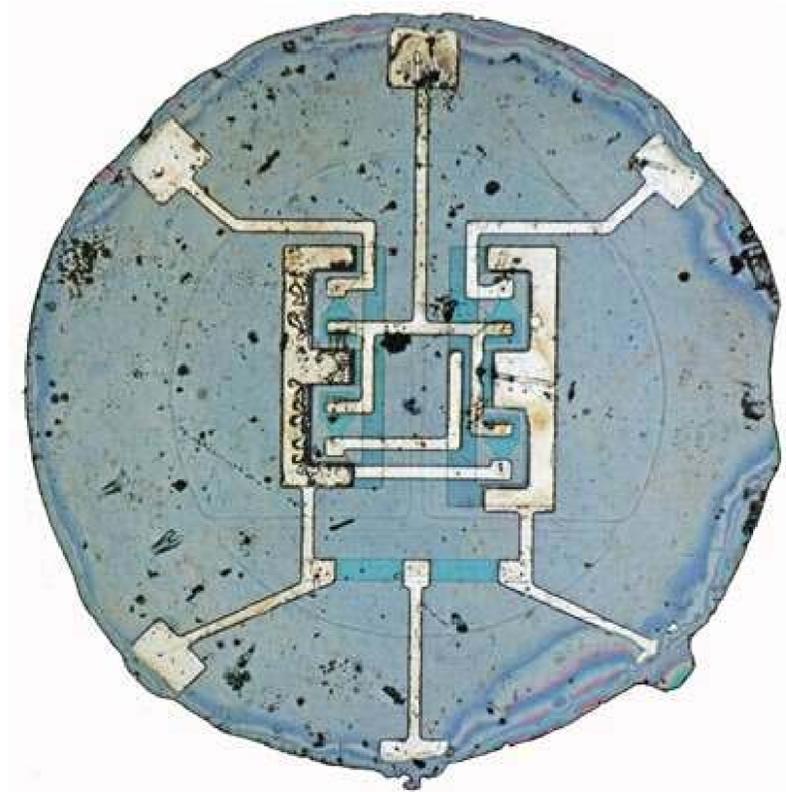
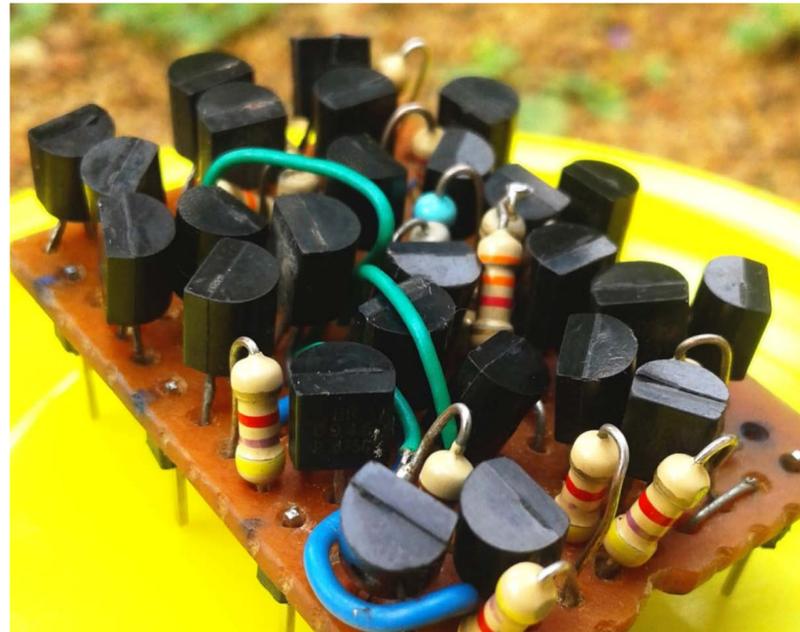
- 記憶容量 512Gbit
- レイヤー数 96層(昨年より112層量産開始)
- チップサイズ 86.1mm²
- 記憶密度 5.63Gbit/mm²
- 製造工場 KIOXIA(四日市)



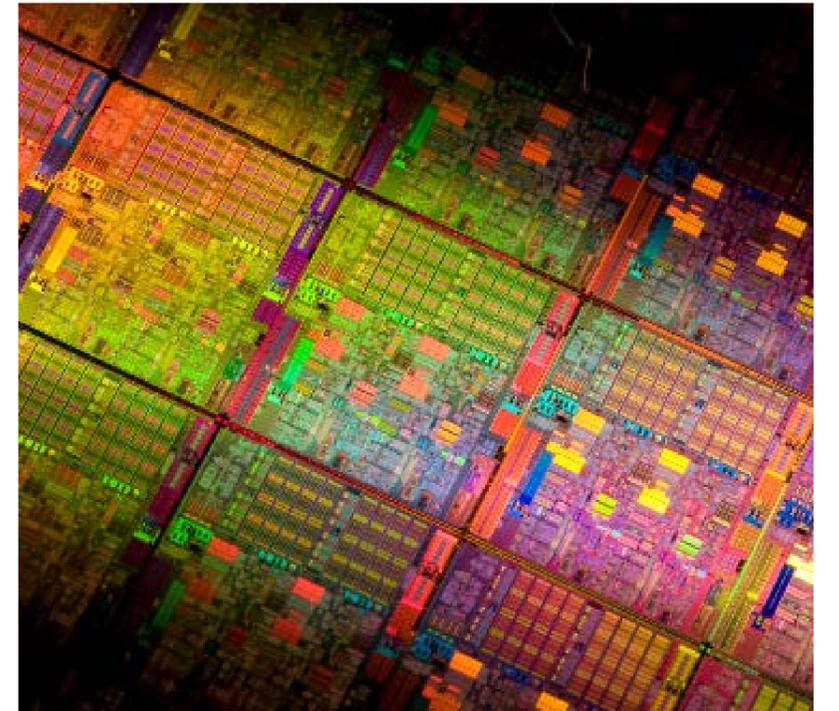
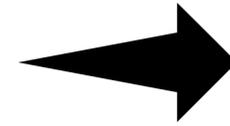
半導体の作り方

—

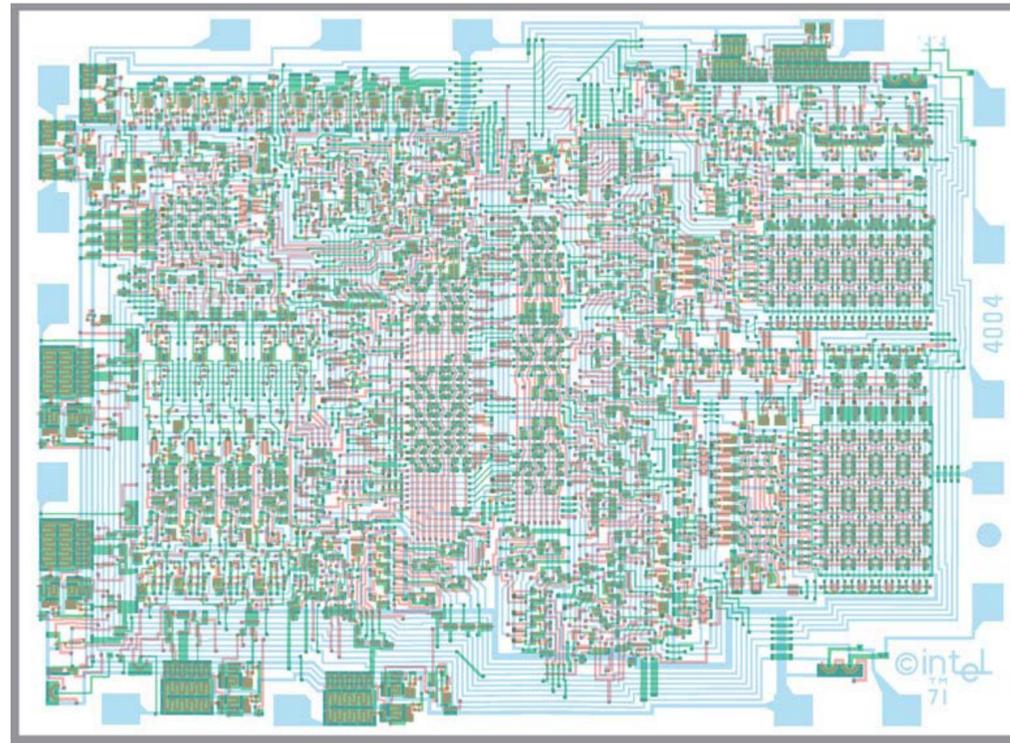
5nmの加工を実現する技術



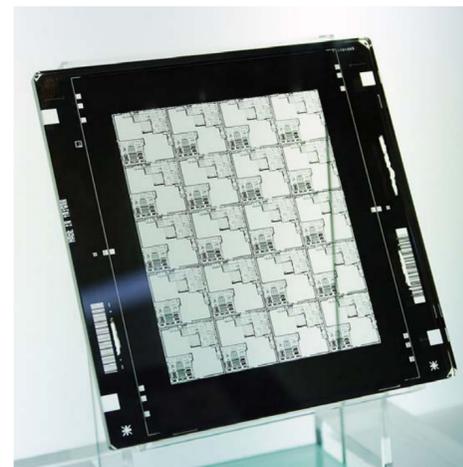
1959



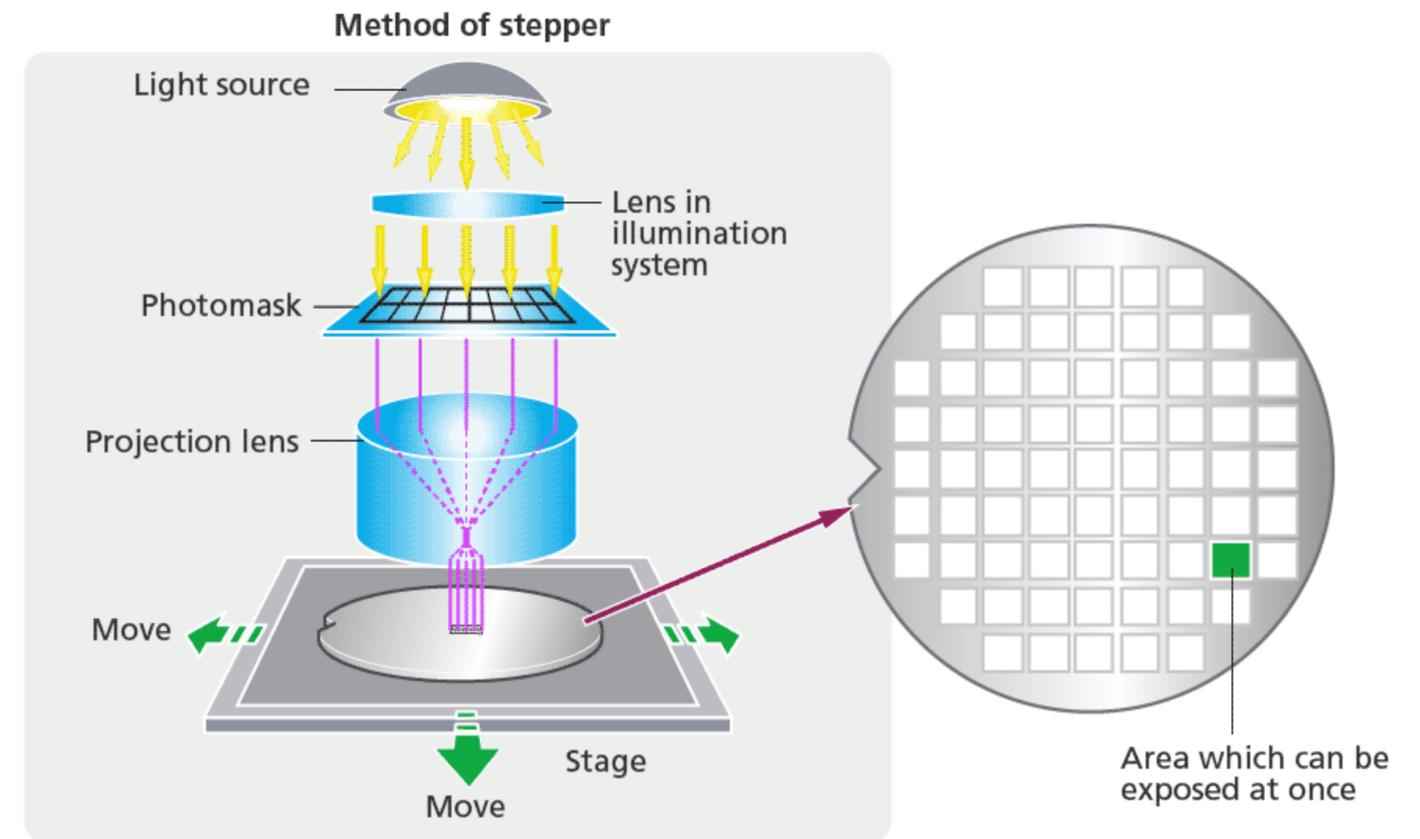
フォトリソグラフィによる回路パターンの転写



Source: 4004.com



Source: Wikipedia



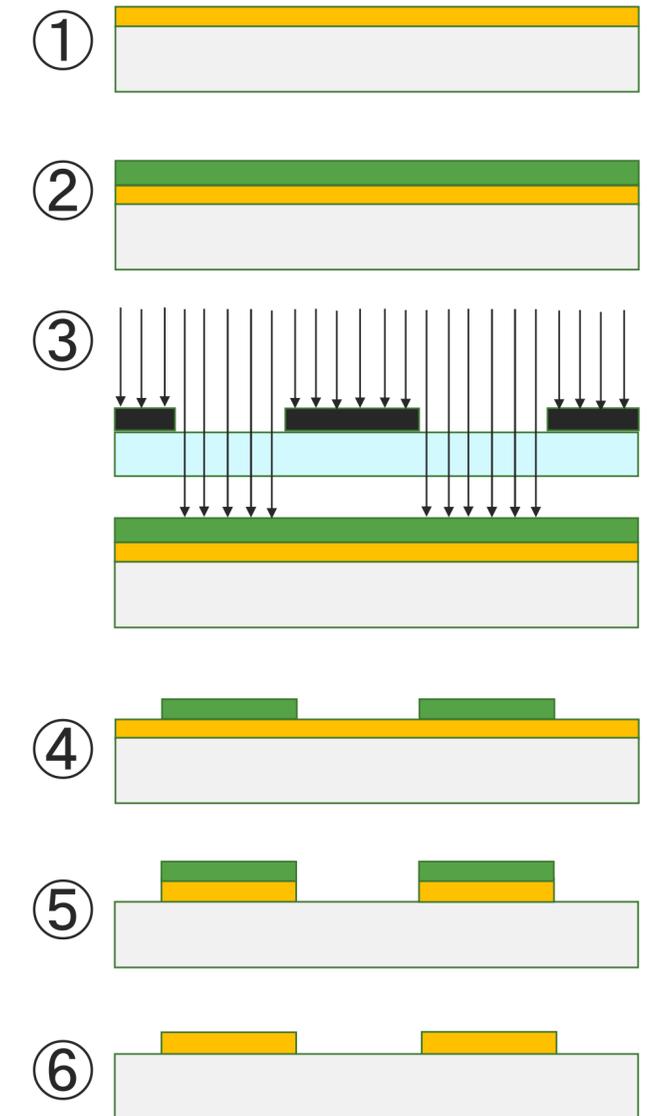
Source: Nikon

フォトリソグラフィの利点

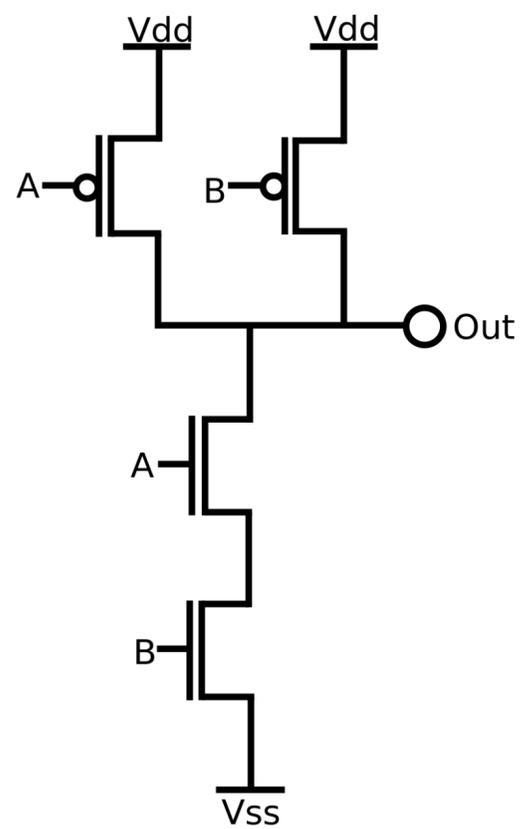
- 同じ回路を正確に繰り返し製造可能
 - 写真の焼き増しのように、回路パターンを容易に複製できる
 - 量産によるコスト低減を実現
- 縮小投影することで回路の微細化が可能
 - 回路が小さくなるとスピードとエネルギー効率が向上
 - 回路が小さくなると生産効率と材料効率が向上
- 光源を短波長のものに切り替えることで解像度が上がる

フォトリソグラフィのプロセス

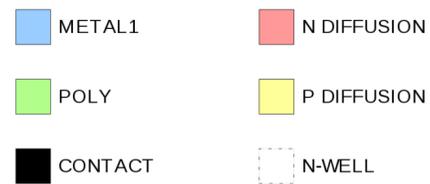
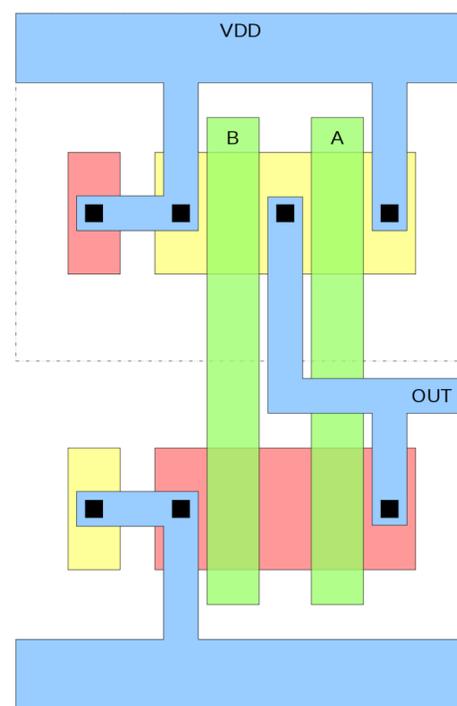
1. 半導体基板  に回路材料の薄い膜  をつける(成膜)
2. その上から感光材(フォトレジスト)  を塗布する
3. 原板(フォトマスク)  の回路パターンを基板に投影する(露光)
4. 感光した部分以外の感光材を溶剤で除去する(現像)
5. 露出した部分の膜を腐食性ガスでとりのぞく(エッチング)
6. 薄膜上に残っているレジストを取り除く(剥離)



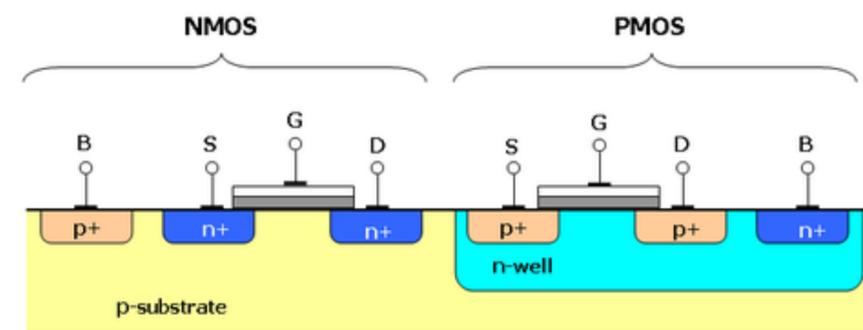
NANDゲートの形成



回路図



平面図

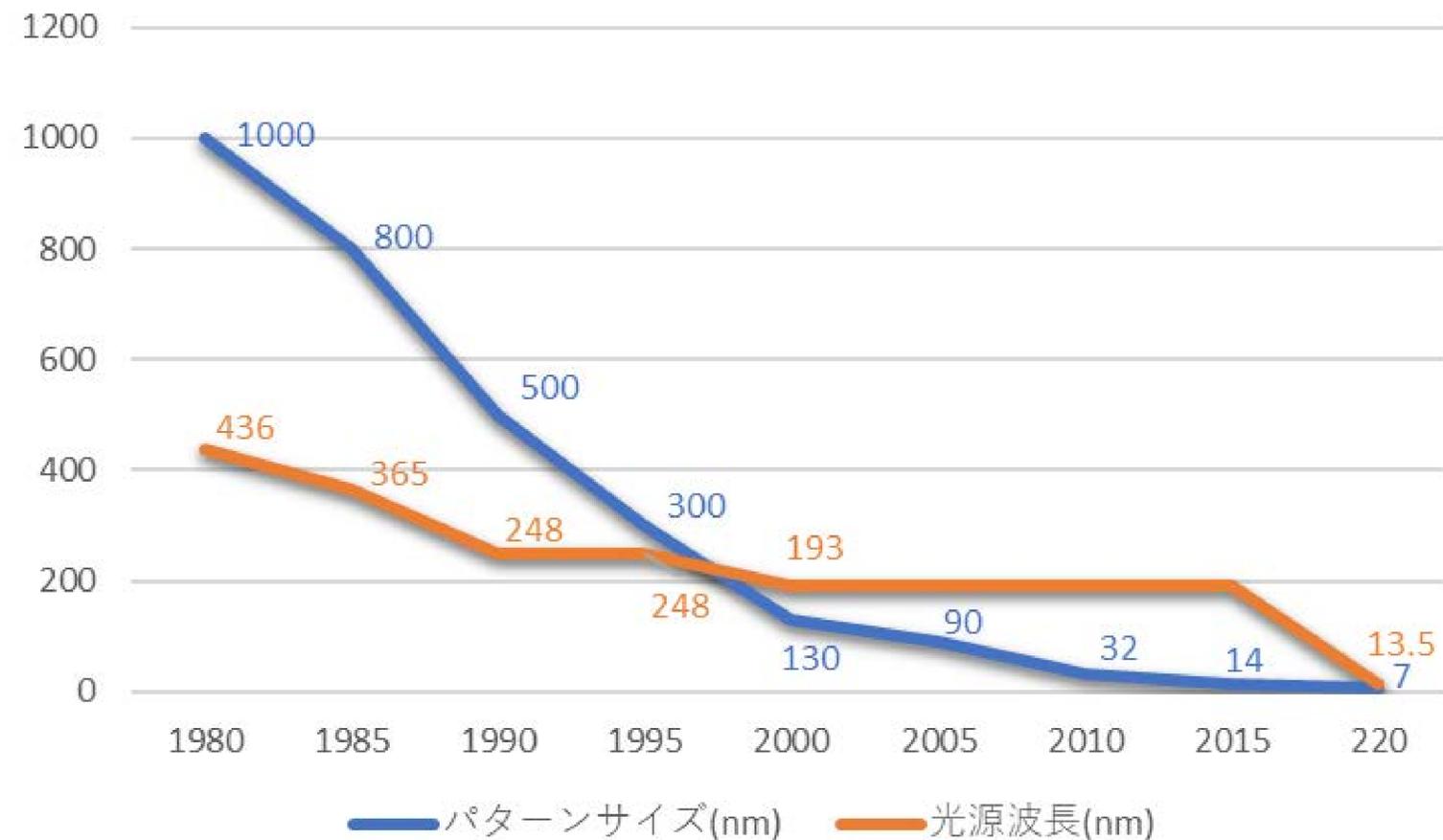


断面図

Source: Wikipedia "CMOS"

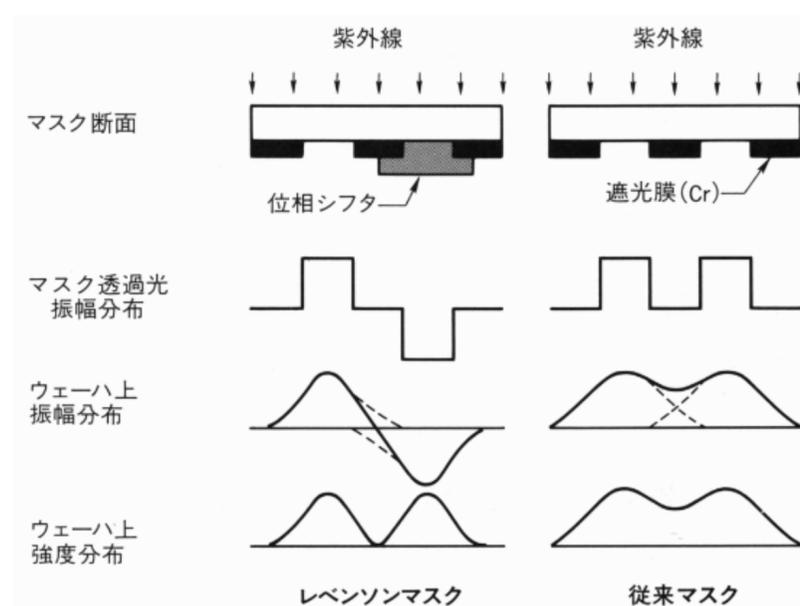
フォトリソグラフィ光源の短波長化

- フォトリソグラフィの分解能は、使用する光源の波長に依存する
- 波長193nmの光源を使用した場合の解像度は40nmレベル

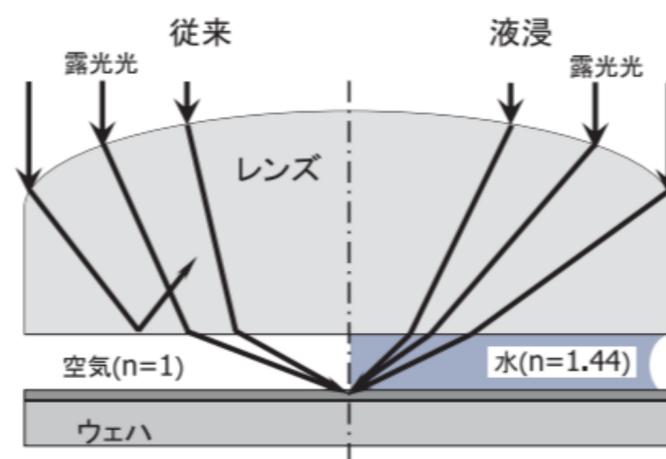


光源波長の限界を上回る解像度を求めて

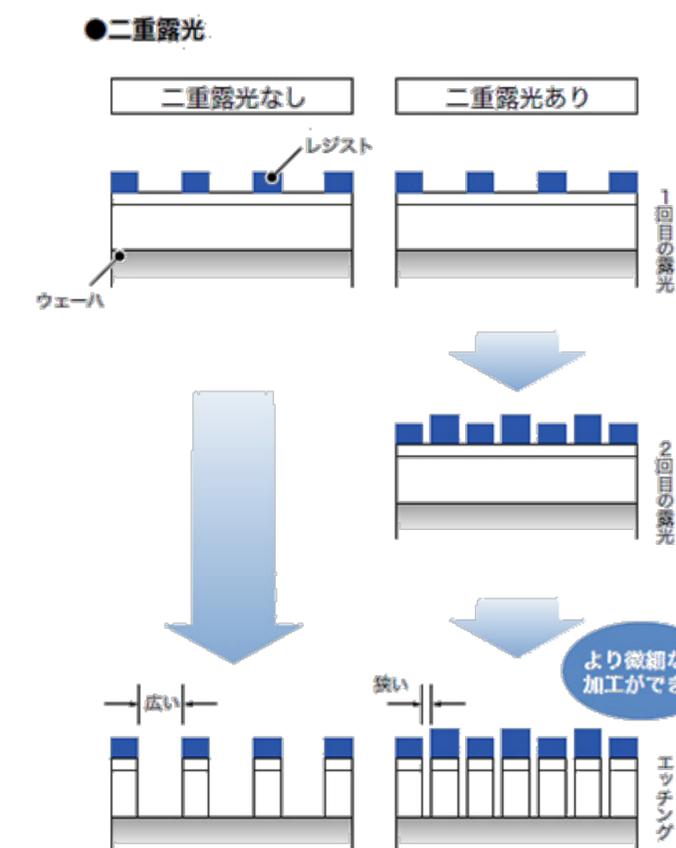
位相シフトマスク



液浸リソグラフィ



ダブルパターンニング



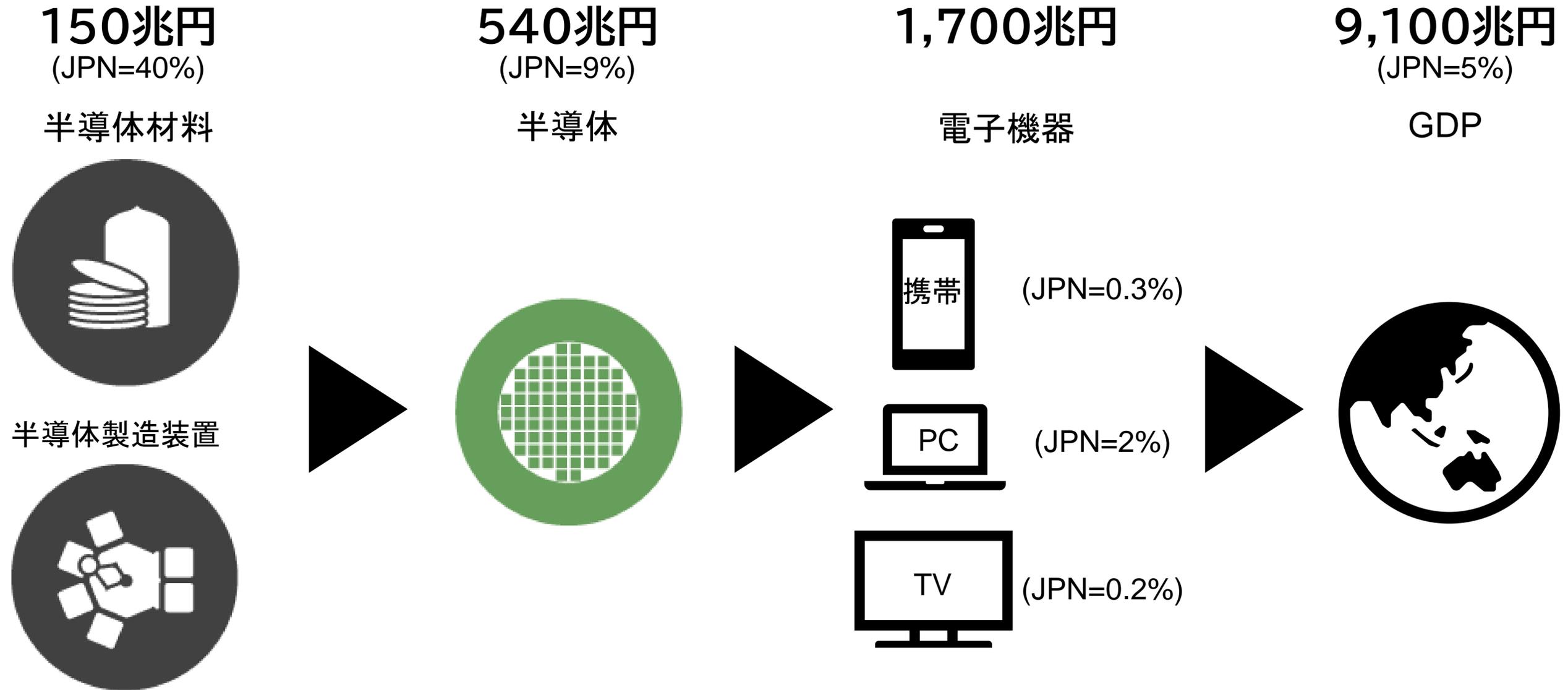
半導体の産業と市場

—

最先端半導体工場

- 数万平方メートルの工場内で数百種類、数千台の装置が休みなく稼働
- 装置1台の価格は数億円～数十億円
- ゴミや化学物質による不良品を防ぐため、手術室の10万倍の清浄度の中で完全な自動化で製造
- 最先端半導体工場を建てるには1兆円～2兆円が必要

半導体バリューチェーン



Source: The McClean Report 2018, IC Insights

半導体・装置企業ランキング

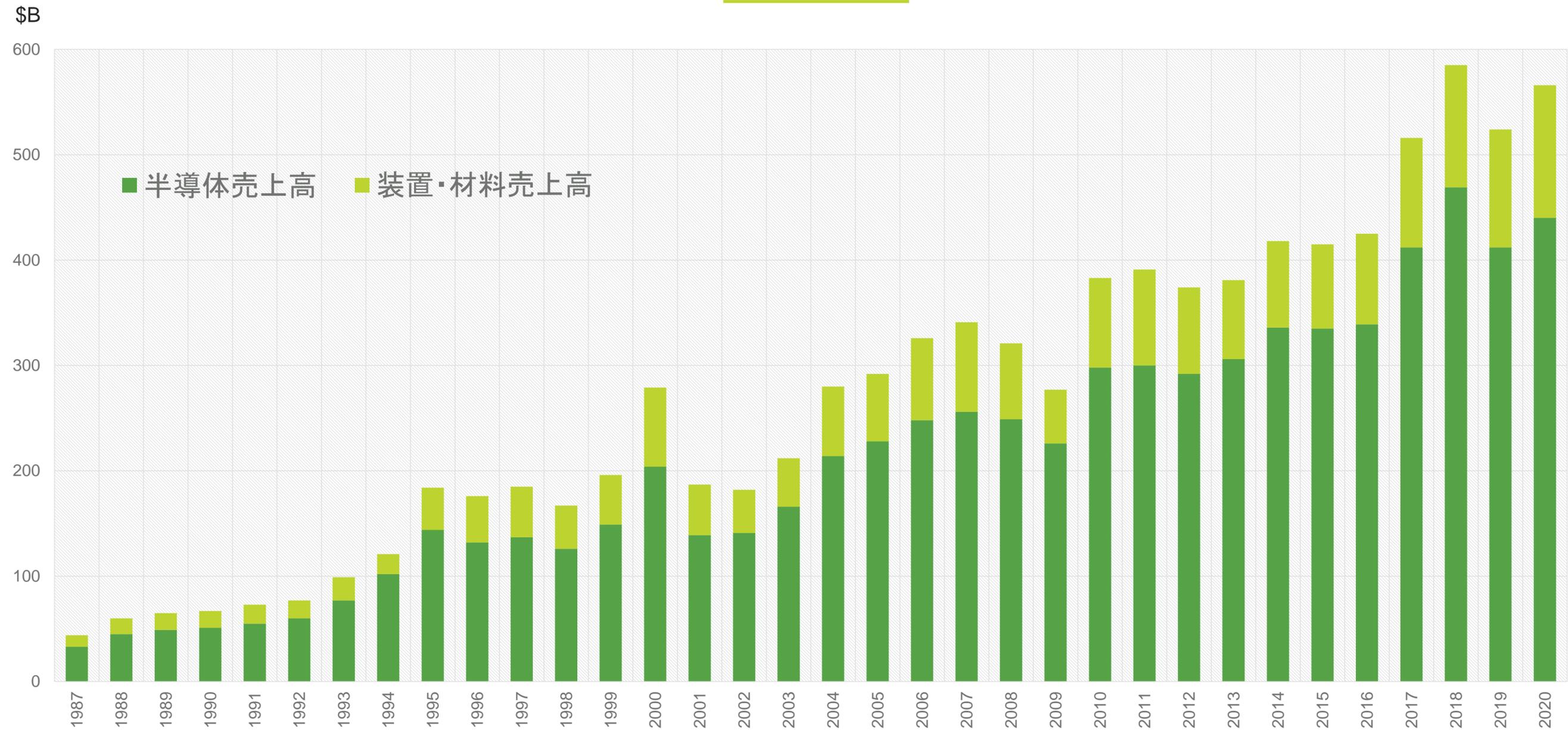
半導体企業

Rank	Company	HQ	Sales
1	Intel	USA	\$73,894M
2	Samsung	South Korea	\$60,482M
3	TSMC	Taiwan	\$45,420M
4	SK Hynix	South Korea	\$26,470M
5	Micron	USA	\$21,659M
6	Qualcomm	USA	\$19,374M
7	Broadcom	USA	\$17,066M
8	Nvidia	USA	\$15,884M
9	Texas Instruments	USA	\$13,088M
10	Infineon	Europe	\$11,069M
11	MediaTek	Taiwan	\$10,781M
12	Kioxia	Japan	\$10,720M
13	Apple	USA	\$10,040M
14	STMicroelectronics	Europe	\$9,952M
15	AMD	USA	\$9,519M

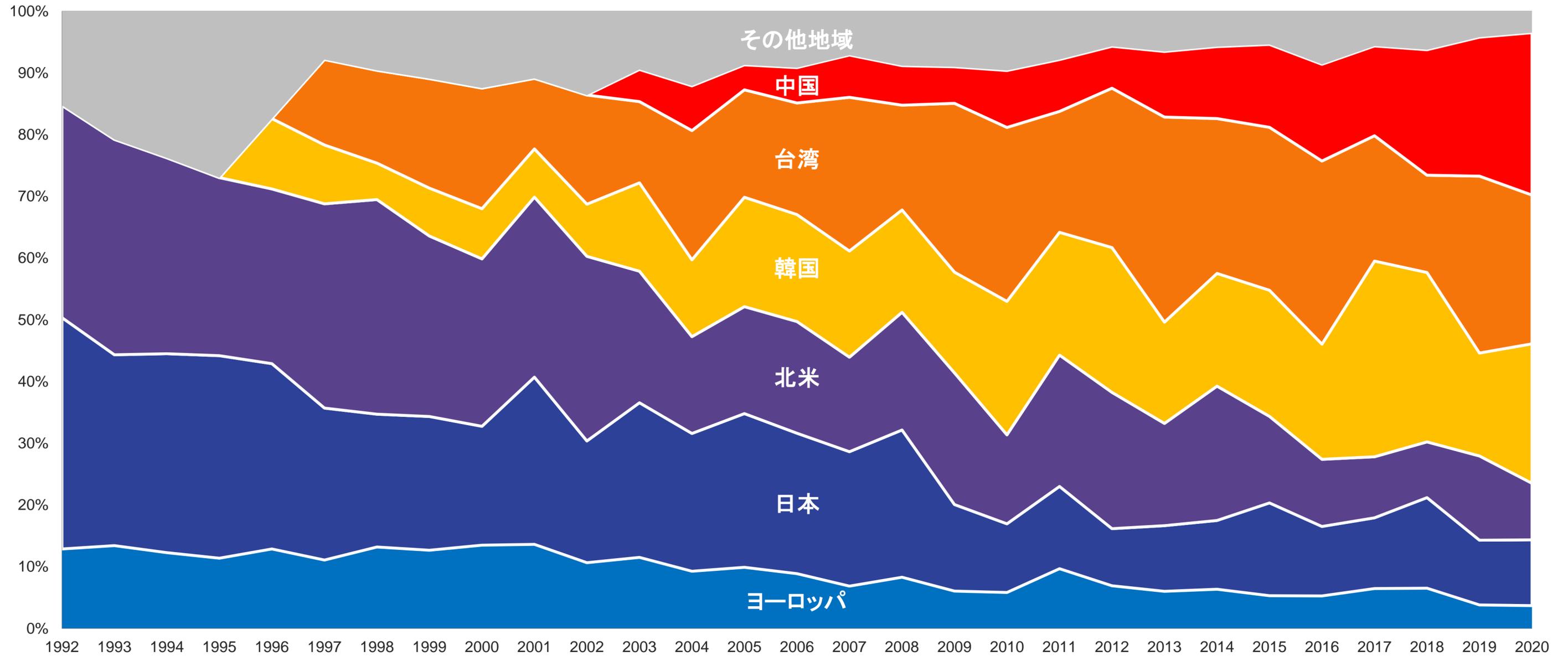
半導体製造装置企業

Rank	Company	HQ	Sales
1	Applied Materials	USA	\$16,365M
2	ASML	Europe	\$15,396M
3	Lam Research	USA	\$11,929M
4	Tokyo Electron	Japan	\$11,321M
5	KLA	USA	\$5,443M
6	Advantest	Japan	\$2,531M
7	SCREEN	Japan	\$2,331M
8	Teradyne	USA	\$2,259M
9	Hitachi High-Tech	Japan	\$1,717M
10	ASM International	Europe	\$1,516M
11	Kokusai Electric	Japan	\$1,455M
12	Nikon	Japan	\$1,085M
13	SEMES	South Korea	\$1,056M
14	ASM Pacific Technology	SEA	\$1,027M
15	Daifuku	Japan	\$940M

半導体サプライチェーン市場

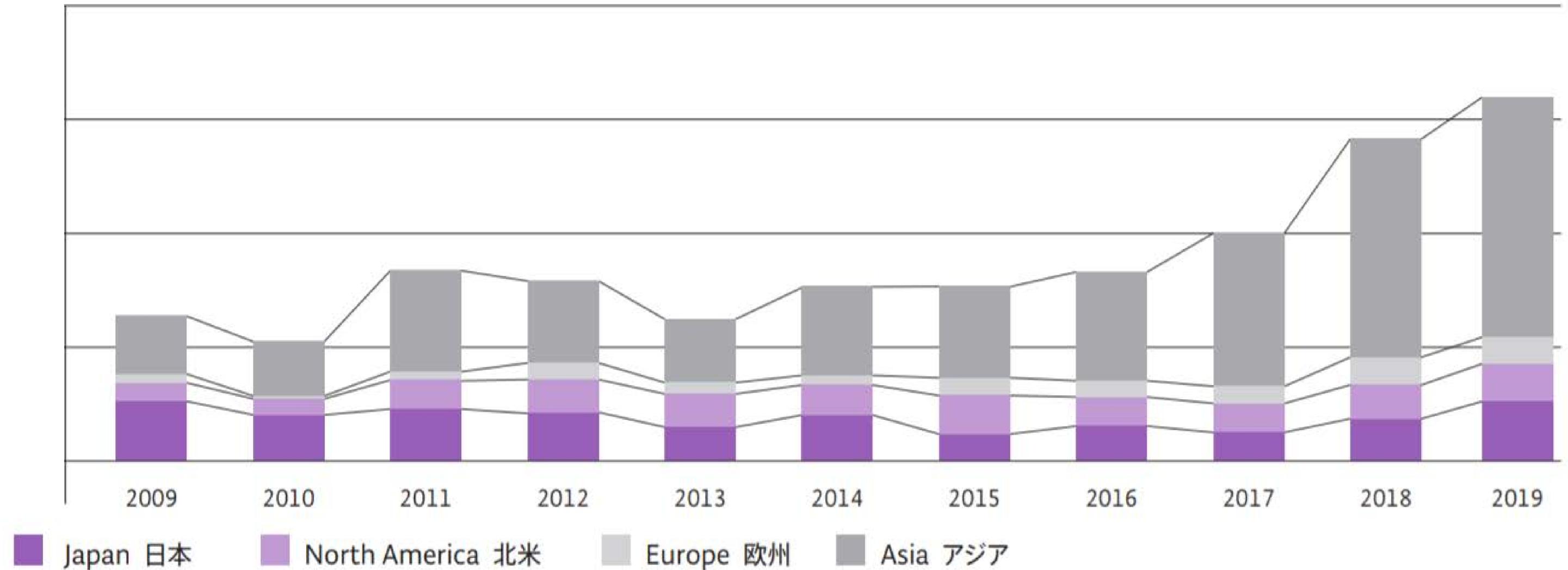


半導体製造装置の地域別購入額



Source: SEMI, SEAJ 1992-2019

国内大手装置メーカーの地域別売上推移



半導体がパワーバランスを左右する



- 中国・紫光がDRAM新工場 米中対立で「自給」体制 – 2020/6/26 日本経済新聞
- 米国超党派議員が米半導体ファウンドリ強化法案を議会に提出 – 2020/6/29 マイナビ
- 日本企業のサプライチェーン再構築、中国離れの恩恵は東南アジア – 2020/8/7 Bloomberg
- 中国の半導体企業が台湾当局から摘発 人材の引き抜きに警戒 – 2021/4/30 NHK
- 欧州が半導体確保に本腰へ、これまで「甘かった」 – 欧州委ブルトン氏 – 2021/5/5 Bloomberg

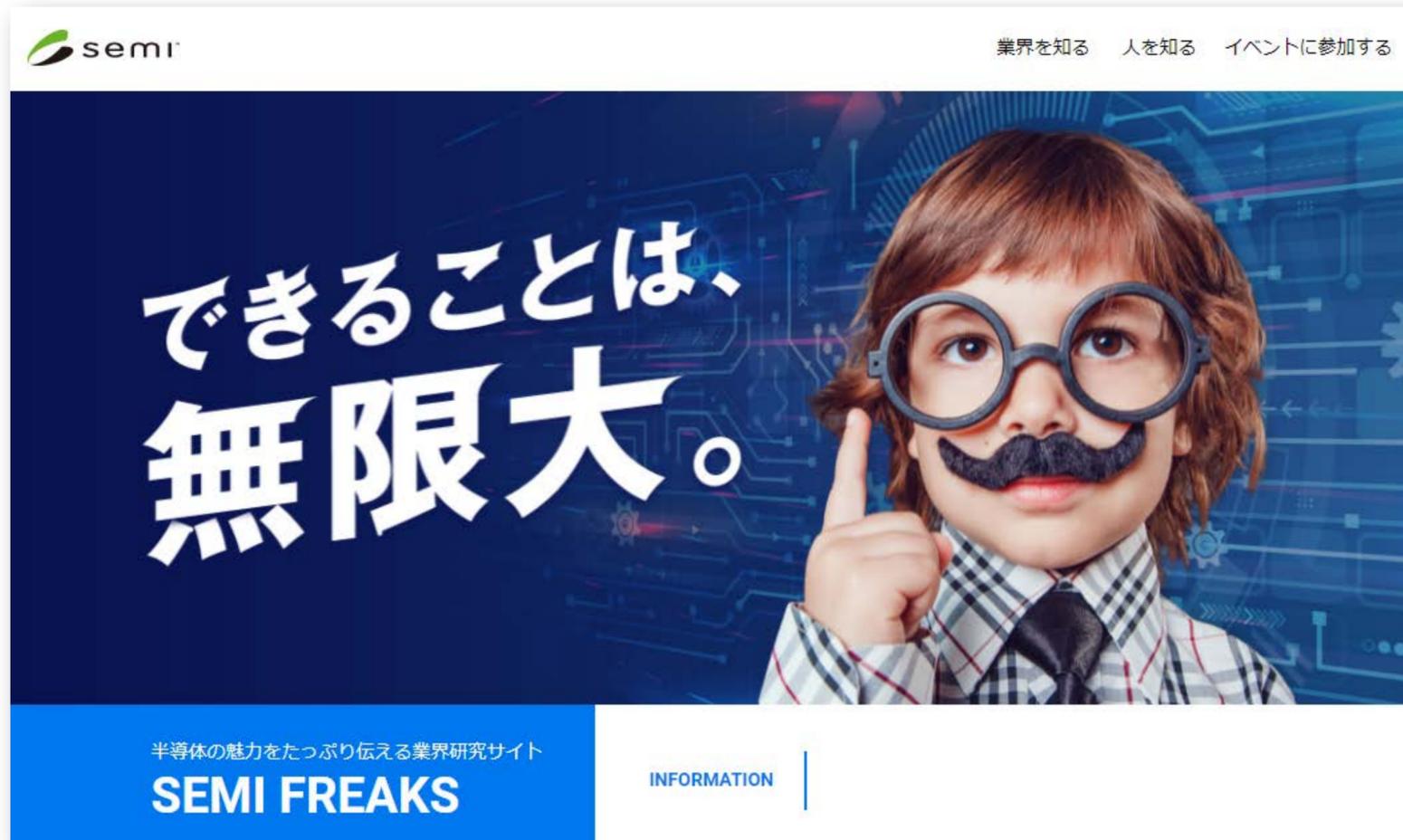
まとめ / SEMIの学生専用リソース

—

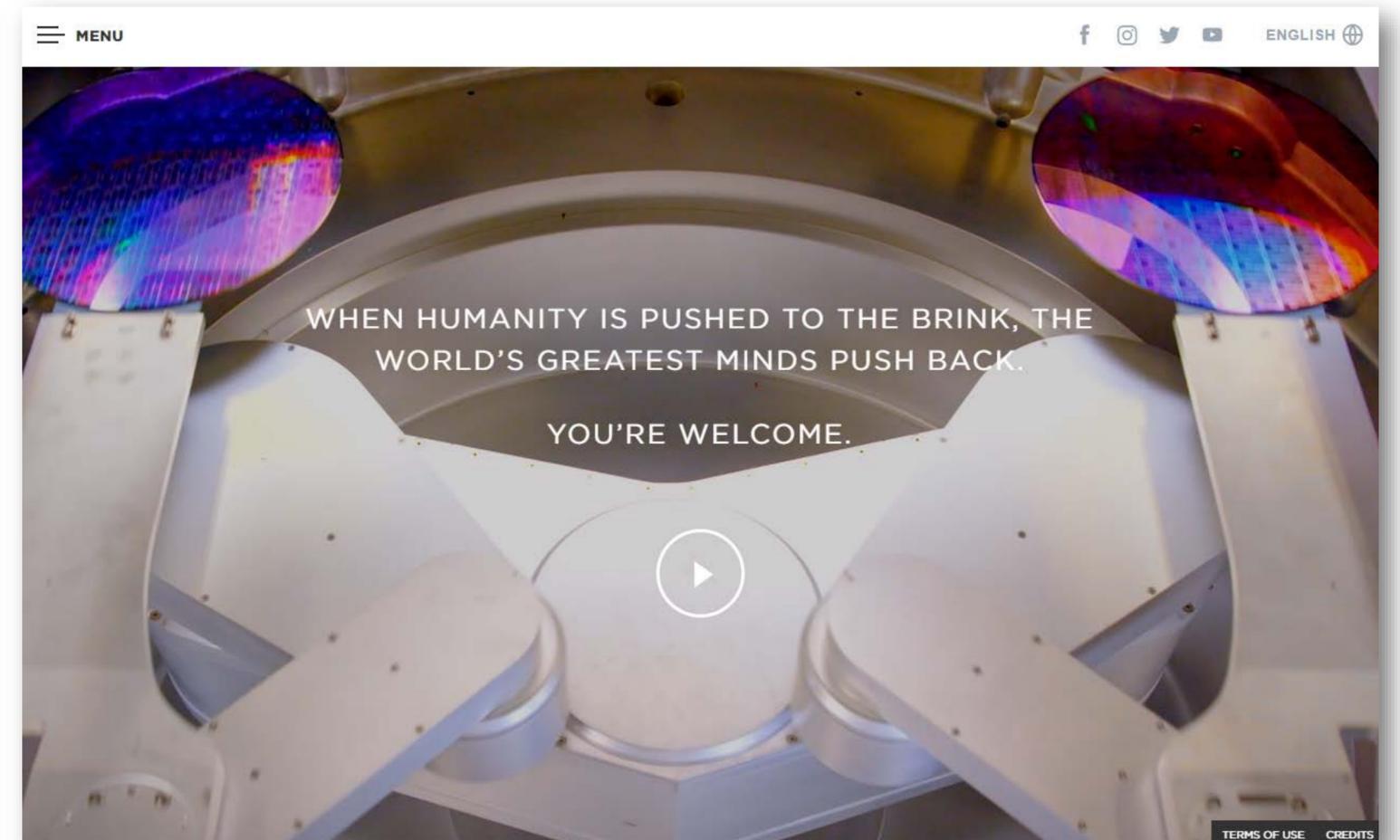
まとめ

- 半導体がなければ、あらゆる産業が成り立たない
- 半導体技術は1mm²に1億個のトランジスタを作り込む微細加工技術
- 半導体・装置・材料産業は70兆円規模の成長産業
- 半導体の技術力と製造力が世界の地政学的バランスを左右する

SEMIの学生専用リソース



<https://www.semijapanwfd.org/>



<https://yourewelcome.org/ja/>

映画予告編
CONTACT PROTOCOL

—
日本語字幕版

THE FOLLOWING PREVIEW HAS BEEN **APPROVED** FOR
APPROPRIATE AUDIENCES
BY THE GLOBAL MOTION PICTURE ASSOCIATION

www.yourewelcome.org

www.semi.org

ご清聴ありがとうございました

—