

ZOOM談話会

# デジタルテクノロジー

## 第1回 資源とエネルギーの消費

縮小社会研究会 理事 尾崎雄三

2020年9月16日

# デジタルテクノロジー

・コンピューター, 通信技術の進歩により急速に進化

新技術の普及率25%到達所要時間

電気:46年, 電話:35年 → フェイスブック, iPhone 3年

・進歩の原動力=経済成長のためのイノベーションの要請

1) AI, ロボット, コンピューター自体の新製品の生産, 消費増(投資効果)

2) 生産性向上・人件費抑制・・・資本主義は利息

デジタルトランスフォーメーション(DX)

IT技術浸透により, 人々の生活をあらゆる面でより良いものにする。

IoT(物のインターネット), クラウドコンピューター, 5G, AIなど

# デジタルテクノロジーの負の影響

## 1) 資源, エネルギーの消費

石油文明の時代において, 既にピークオイルを迎えている

## 2) 社会的影響

人工知能, ロボット...仕事の喪失, 格差拡大, 軍事利用

情報化時代...サイバー攻撃, 個人情報流出, 監視技術, フェイクニュース

暗号資産(仮想通貨), デジタル通貨

## 3) 人間自体への影響

AIなどへの依存

自然環境からの乖離...野生の喪失

環境汚染...電子ごみの増加

# コンピューター

コンピューター

= 本体 + ディスプレー, その他 (HD など)

本体の心臓部 = 集積回路 (IC)

... 集積回路実装基板として使用

集積回路実装基板

= 集積回路 + プリント基板



# 集積回路の製造

## 集積回路(IC, LSI)

シリコン基板にダイオード, 抵抗, コンデンサー, 配線形成

集積度: LSI・・・1万素子, ULSI・・・10万素子

## 製造工程

### シリコンウエハー製造

前工程      ダイオード, 抵抗, コンデンサー, 配線形成→半導体チップ形成

後工程      半導体チップ分離・・・パッケージ化

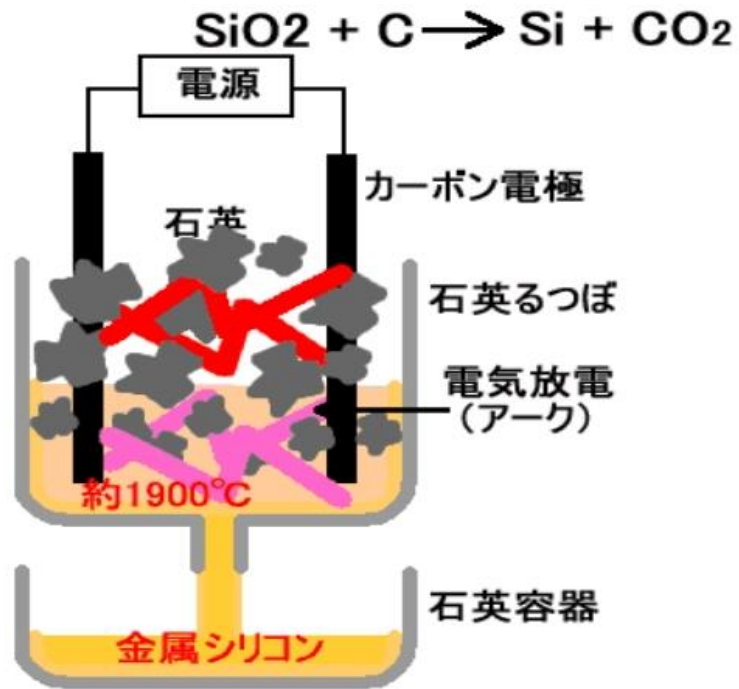
➡半導体パッケージ完成

回路基板製造→半導体パッケージなど電子部品装着

➡実装回路基板完成

# 金属シリコンの製造方法

## 金属シリコン



## カーボン電極・・・グラファイト製

### <製造方法>

石炭⇒コークス⇒粉砕

⇒混練(粉末・コールタールピッチ・ピッチコークス)

⇒成形⇒[焼成(約1000°C)⇒ピッチ含浸]

(2～3度繰返し)

⇒黒鉛化(2700～3000°C加熱処理)

⇒外面加工

⇒特殊処理・・・薬品, 樹脂, 金属などを含浸

耐酸化性, 耐薬品性、通電性などの改善

# シリコンウエハーの製造工程

## 製造工程

金属シリコン → 三塩化シランなどに転換(HCl処理) → 蒸留・精製  
( $\text{SiHCl}_3$ : bp 31.8°C)

→ 還元 → 高純度金属シリコン(不純物1千億分の1以下)

→ 約1420°Cに加熱溶融・単結晶インゴット作成(CZ法など)

→ 外周切削 → スライス → 研磨・洗浄

➡ シリコンウエハー(外径200mm,300mmなど; 厚さ1mm)



(Wikipediaより)

# 前工程（半導体チップの形成）

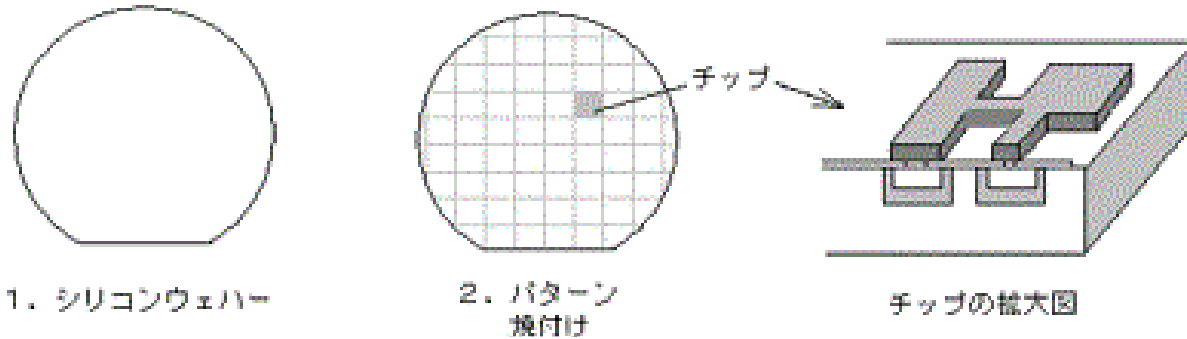
- ① ウエハー表面に酸化膜・窒化膜形成（酸化炉，窒化炉）
- ② レジスト塗布・露光・現像・・・パターン形成（レジスト塗布・現像装置）
- ③ エッチング（プラズマエッチング装置）
- ④ レジスト剥離・洗浄
- ⑤ 層間絶縁膜形成（コーター，CVD装置）
- ⑥ 平坦化（CMP）・・・絶縁膜を研磨して平坦化（CMP装置）
- ⑦ ゲート絶縁膜形成／ゲート電極層形成（PVD装置，CVD装置）

パターン形成→（イオン注入/アニール，回路形成など）→層間絶縁膜形成  
→CMP工程は繰り返して実行

➡半導体チップは多層構造・・・NAND型フラッシュメモリーで72層も実用化

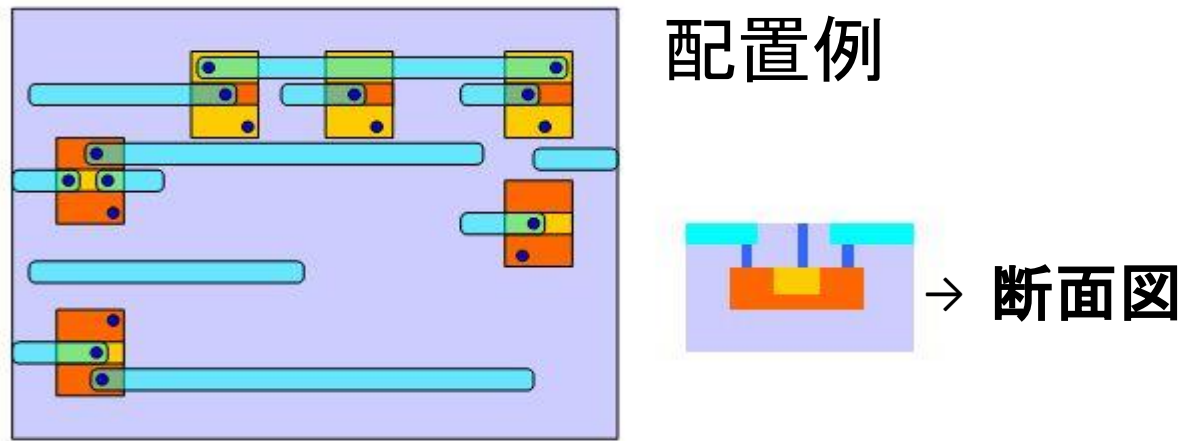


# 前工程



シリコンウェハーと前工程

消費電力: 1kWh/1チップ



## 前工程に必要な設備

- ・クリーンルーム
- ・加工機器
- ・防振装置 など

(<http://www.yusuke-ohara.com/>より)

# 後工程(パッケージ化)

## ① ダイシング (ダイシングソー)

半導体チップ 4mm×4mm 300mmウエハー ……4260個

## ② ダイボンディング ……チップをリードフレームに固定(ダイボンダー)

## ③ ワイヤボンディング (ワイヤボンダー)

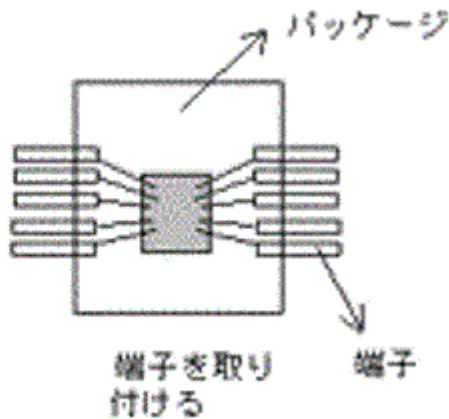
## ④ モールド (モールド装置)

ICパッケージ

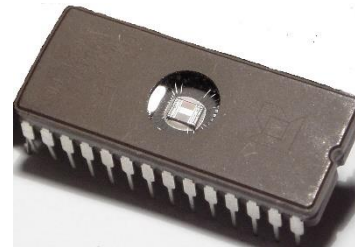


チップを  
切り離す

ダイシング



ダイボンディング



モールド

# 副資材の例

CMP用研磨パッド・・・ポリウレタン発泡体製＝石油化学製品

石油－原料化学物質（数種類）－反応・硬化－成形加工

CMP 化学機械研磨

蒸着（CVDなど）による層形成は凹凸発生⇒平坦化必要

## その他の副資材

プラズマエッチング・・・四フッ化炭素（ $\text{CF}_4$ ） シリコンを気化して除去

化学気相蒸着（CVD）・・・ $\text{PH}_3$ ,  $\text{SiH}_4$

クリーンルーム・・・HEPAフィルター（ガラス織布）

フォトレジスト・・・紫外線硬化樹脂など

洗浄・・・超純水

# プリント基板

## ガラスエポキシプリント基板

(ガラス繊維織布 + エポキシ樹脂) → 基板 → 電気回路

- ・ガラス織布の製造

材料溶融 (1300°C以上) → 紡糸 → 集束材塗布 → 巻き取り →

糊剤塗布 → 織布 → 脱油 → 巻き取り

- ・エポキシ樹脂・・・石油化学製品

- ・ガラス織布にエポキシ樹脂含浸・硬化 ➡ ガラスエポキシ基板

- ・回路形成

基板に銅層形成 (銅箔積層, 無電解メッキなど)

レジスト塗布 (スクリーン印刷) → エッチング, 洗浄

# ディスプレイ

## 液晶ディスプレイ

### ①バックライト

反射板－発光体－導光板－拡散板－プリズムシート⇒液晶シャッター

### ②液晶シャッター

ガラス基板－偏光板－画素電極－液晶－配光膜－対向電極  
－カラーフィルター－偏光板－ガラス基板

### ③画質向上フィルム層

反射防止フィルム, 位相差フィルム

### ④タッチパネル

下部電極板(ガラス)－透明電極膜(インジウム・錫)－ドットスペーサー－  
透明電極膜－上部電極板(PETフィルム)－ハードコート層

# AI,コンピューターのエネルギー消費

- 人間の脳の消費エネルギー(思考時) 21W

AI:アルファ碁 25万W (日経170727)

補助...サーバー1000台使用→10万kW以上

cf. 人間の消費エネルギー...約100W(基礎代謝1550kcal=75W)

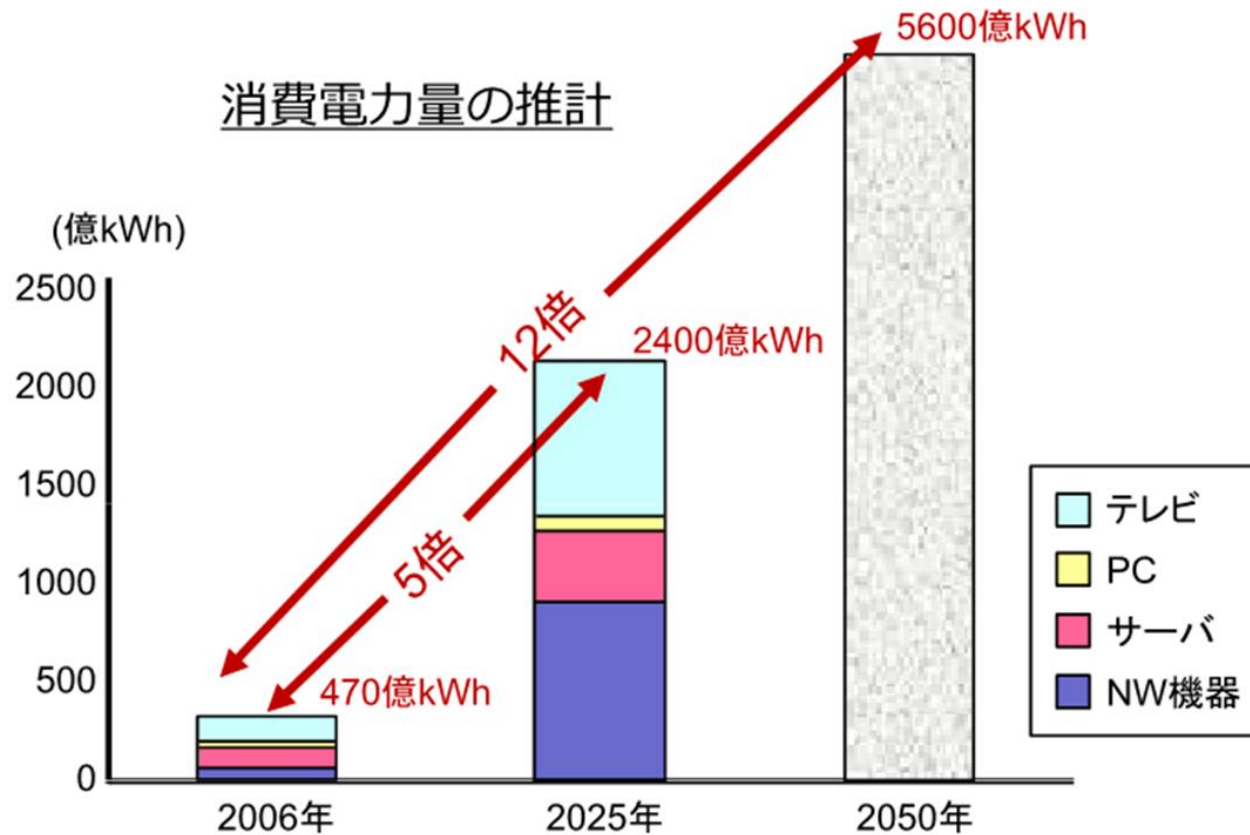
- コンピューターの消費電力

デスクトップパソコン 50~150W

ノートパソコン 20~30W

サーバー 500W(待機時)~700W(負荷時)

# 消費電力の推計(経産省)



<PC,サーバー, NW機器>  
消費電力量:約1300億kWh

<参考>

日本の最終消費電力量  
9340億kWh(2011年)



約13%がPC,サーバー  
NW機器で消費

# デジタルテクノロジーの課題

便利さは何物にも代えがたい。

経済成長には欠かせない。

原料素材, エネルギーの調達をどうするか。

廃棄物処理問題	電子ごみ	2019年	5360万トン
		増加率	21%/5年

どこかの段階で境界(閾値)オーバー・・・それまでに制限必要？

第1回 終了 ありがとうございました。