

シリコン上に密な四角錐台配列を エッチングで作製

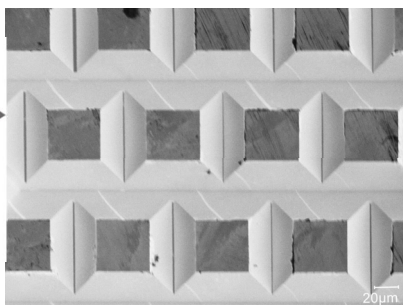
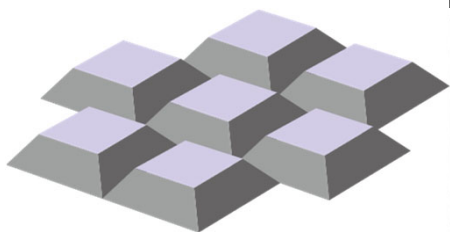
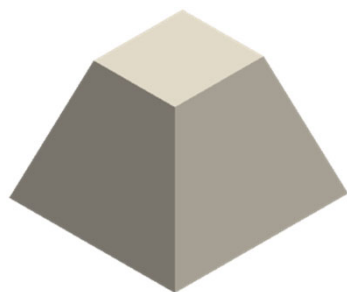
立命館大学 理工学部 機械工学科

教授 安藤 妙子

2025年10月9日

本技術のポイント

- 単結晶シリコンのアルカリ溶液によるエッチングで、凸構造（四角錐台）配列を製作すること

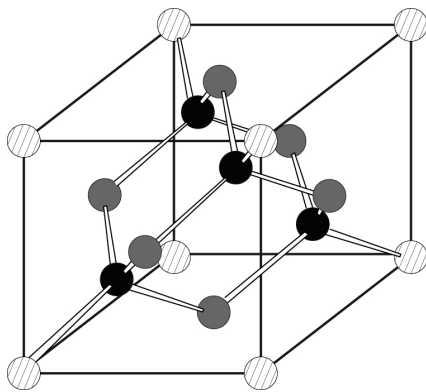


四角錐台の各稜線が直線で構成

四角錐台を縦横に高密度に配列が可能

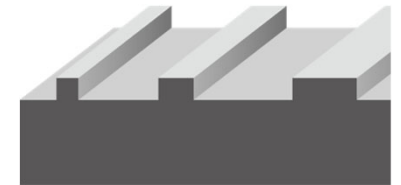
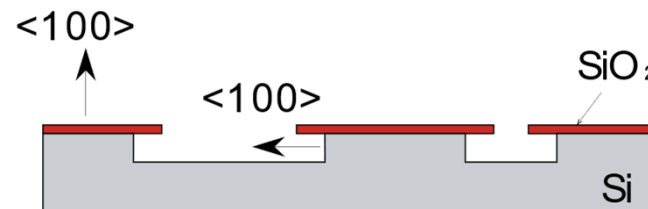
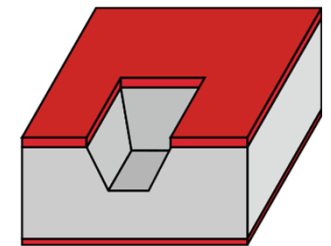
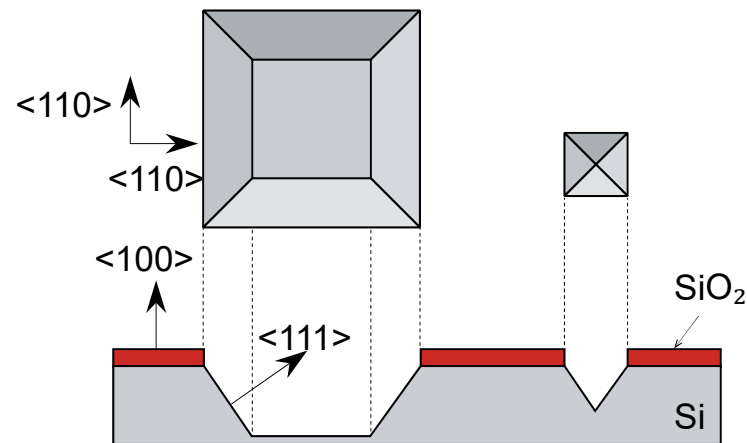
一般的に用いられている技術

- 単結晶シリコンのウェットエッチングにおいて、エッチング速度の **結晶異方性** を利用した構造製作



- 格子の頂点
- 格子の面中央
- 格子内部

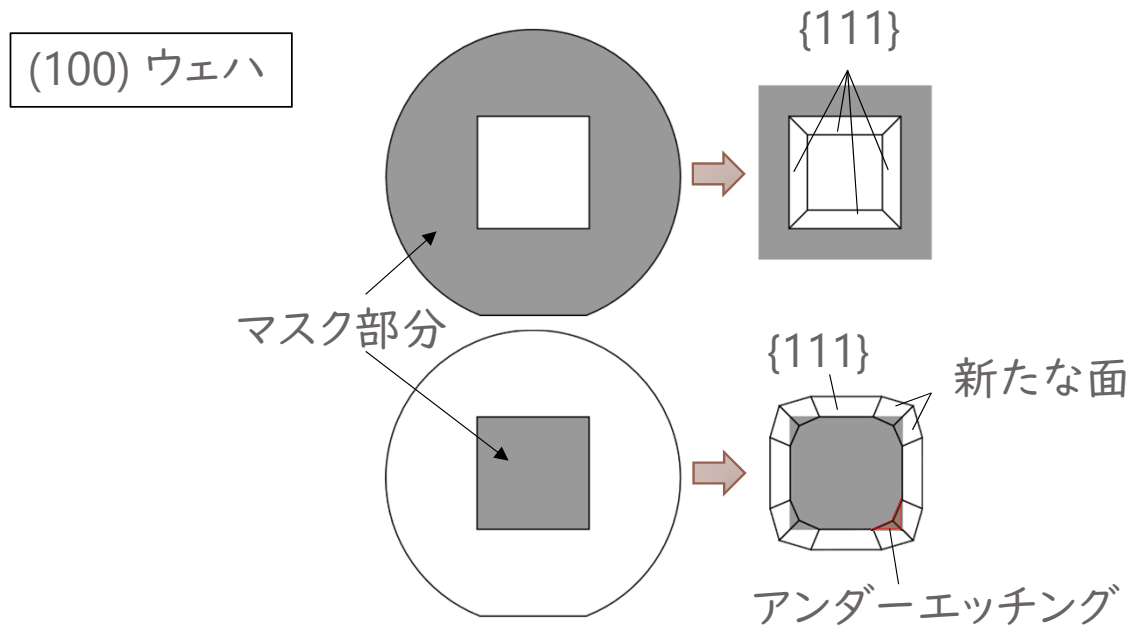
ダイヤモンド構造の単位格子



シリコンの異方性エッチングの問題点

- シリコンの凹構造の製作に用いられているが、凸構造の製作ではアンダーエッチングが生じてしまう。

すなわち稜線がどんどんエッチングされていく



凹形状のコーナーは
 $\{111\}$ 面同士が稜線を作る。

凸形状のコーナーは
 $\{111\}$ 面同士の稜線からエッチングが
進行する。

シリコンの凸構造の製作の問題点

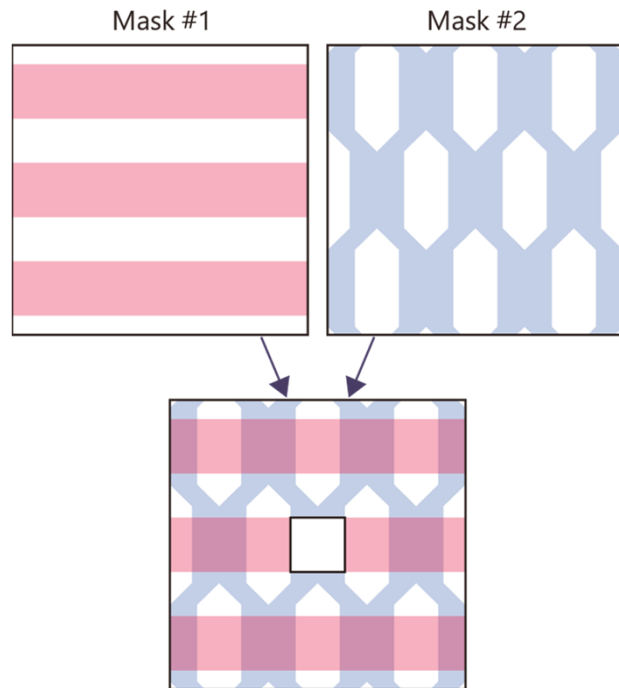
- 凸構造の製作には、補償パターンを追加する試みが進められてきた。
ただし、一つの構造により広い面積を必要とする



- 本技術は補償パターンを必要とせず、高密度に構造を配列することが可能となる

シリコン四角錐台の製作方法

- 二段階の工程（フォトリソグラフィ+エッチング）で作製



2階のリソグラフィでパターンニングするそれぞれのマスクにおいて、横方向、縦方向の溝を作製するためのパターンを用意している。

（図中白抜き部分が溝となる）

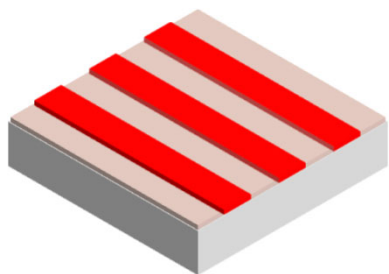
右図は四角錐台が六角格子状に配列されるパターン

（資料2ページの写真）

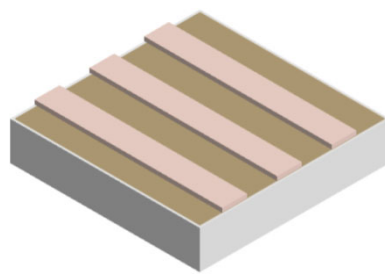
シリコン四角錐台の製作方法

- 二段階の工程（フォトリソグラフィ+エッチング）で作製

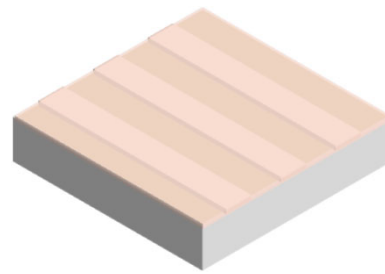
1.熱酸化
フォトリソグラフィ



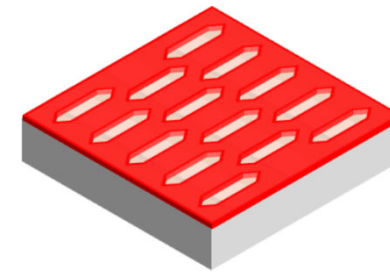
2.酸化膜エッチング



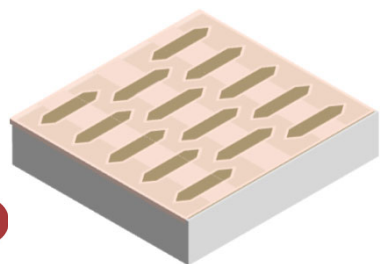
3.窒化膜形成



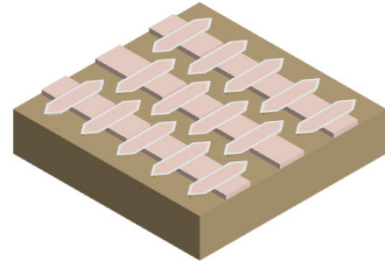
4.フォトリソグラフィ



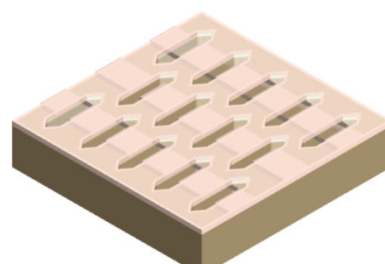
5.窒化膜エッチング
酸化膜エッチング



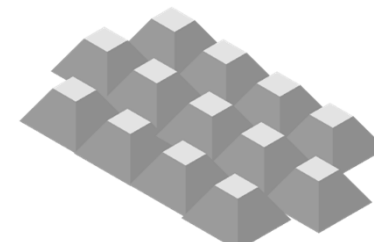
6.Siエッチング



7.熱酸化
窒化膜エッチング

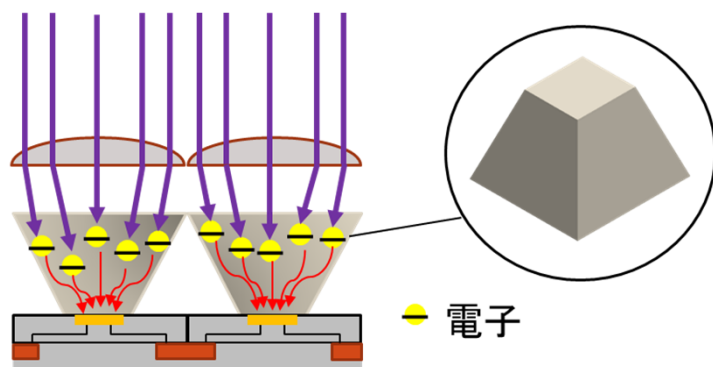


8.Siエッチング
酸化膜エッチング



想定される用途

- 本技術は、シリコンの四角錐台をイメージセンサの光電変換層に利用することでイメージセンサの高速化を実現できる*1ものである。



四角錐台を光電変換層とするイメージセンサ

- 四角錐台上面にセンサを作り込み、アレイ化したセンサの土台として利用可能である

*1 Goji. Etoh, "Light-In-Flight Imaging by a Silicon Image Sensor: Toward the Theoretical Highest Frame Rate", Sensors, 2019

実用化に向けた課題

- イメージセンサとしての応用を考えた場合
 - 寸法の微細化
 - 四角錐構造の斜面への不純物ドーピングの均一性
 - センサ層となるウエハとの接合
- より一般的なセンサアレイの台座応用を考えた場合
 - 四角格子配列用のマスクの設計
 - 配線層の取り出し方法
 - パッケージング等におけるシリコンやガラスなどでの接合

企業への期待

- 構造体を持つシリコンの研磨および接合技術
- 構造体への不純物ドーピング
- センサ（イメージセンサ含む）への応用

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : ガイド構造およびガイド構造の製造方法
- 出願番号 : 特願2024-100782
- 出願人 : 学校法人立命館
- 発明者 : 安藤妙子

産学連携の経歴

- 2009年-2014年 株式会社シリコンテクノロジー
共同研究・受託研究実施
- 2014年-2021年 日本電子材料株式会社
共同研究・技術指導実施

(2015-2016年 兵庫県C O Eプログラム推進事業
(応用ステージ) 事業に採択)

お問い合わせ先

立命館大学

研究部 BKCリサーチオフィス

T E L 077-561-2802

e-mail liaisonb@st.ritsumei.ac.jp