

名古屋大学工学研究科 エネルギー理工学専攻
エネルギー材料工学講座

エネルギー機能材料・表面ナノ構造創製グループ

柚原淳司 (准教授)

博士後期課程0名、博士前期課程3名、学部1名 (2020年度の実績)

研究分野と研究方針

【概要】

IoT社会の実現のためにはエレクトロニクスの省エネルギー化は必須要素である。消費電力を大幅に低減させるためには、これまでのトップダウンによるLSI微細加工技術に代わる新しい発想に基づくナノデバイスの開発とそれを支えるナノ材料や原子層物質等の素材開発が必要不可欠である。本研究グループでは、新たなナノマテリアル、特に、ポストグラフェン物質の有力な候補とされてい二次元14族ハニカムナノシートの創製と構造・物性評価を精力的に行っている。今年度より、ハイパーマテリアルの創製研究を開始した。具体的には、金属酸化物の準結晶および近似結晶の創製と構造解明に関する研究を行なっている。

【キーワード】

表面科学、新素材、低次元材料、高次元材料、ポストグラフェン、ゲルマネン、スタネン、プランベン、ハイパーマテリアル、準結晶、近似結晶、金属酸化物、超薄膜、走査型トンネル顕微鏡、低速電子回折、光電子分光、放射光、第一原理計算

【主な研究と内容】

・低次元材料の創製と評価

ゲルマネン、スタネン、プランベンを初めとするポストグラフェン物質や二次元合金の創製と結晶構造、物性評価を行い、省エネルギーのための新素材の開発を目指している。

・高次元材料の創製と評価

最近発見された金属酸化物からなる準結晶の創製と結晶構造の解明を目指している。

2020年度の研究・教育の概要

【研究背景と内容】

単原子層材料としてよく知られているグラフェンは、電気伝導性が高く、また、曲げなどに対して頑丈といった特徴があるが、電気伝導性の制御が難しかった。そこで、グラフェンの結晶構造を維持したまま、グラフェンを構成している炭素元素を周期律表で同族元素であるシリコン、ゲルマニウム、スズ、鉛原子に置き換えた物質を創製する研究が注目されている(図1)。プランベン以外のポストグラフェン

物質は、シリセン、ゲルマネン、スタネンがあるが、それぞれ 2012 年、2014 年、2015 年に実験的に創製することに成功しており、次々と研究成果が報告されている(図2)。一方で、周期律表において同族でもっとも重い元素である鉛元素で作るプランベンの創製方法を発見することは、至高の目標(Holy Grail)とされ、世界中でポストグラフェン物質の開発研究が行われてきました。

本研究グループでは、パラジウム結晶表面に鉛を蒸着後、真空加熱しパラジウム鉛合金薄膜を作製。その後試料を冷ますと、合金薄膜表面に「プランベン」ができることを見出した(図3)。走査型トンネル顕微鏡(STM)により直接観察した原子分解能 STM 像を図4に示す。我々は、パラジウム鉛合金薄膜を作製するにあたり、「ナノスケールのバブル構造」を偶然発見した(図5)。表面科学の約 50 年間の歴史において、初めて発見された大変ユニークな結晶構造である。「ウォーターキューブ」と外観のそっくりなナノスケールの物質であることから、「ナノウォーターキューブ」と命名した。

13	14	15
5 B	6 C	7 N
13 Al	14 Si	15 P
31 Ga	32 Ge	33 As
49 In	50 Sn	51 Sb
81 Tl	82 Pb	83 Bi

図1 炭素元素と似た性質をもつ14族元素

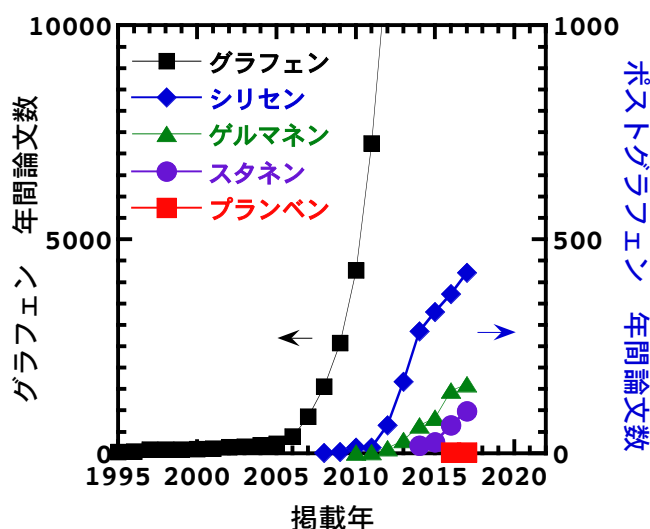


図2 グラフェン及びポストグラフェン物質の論文掲載数

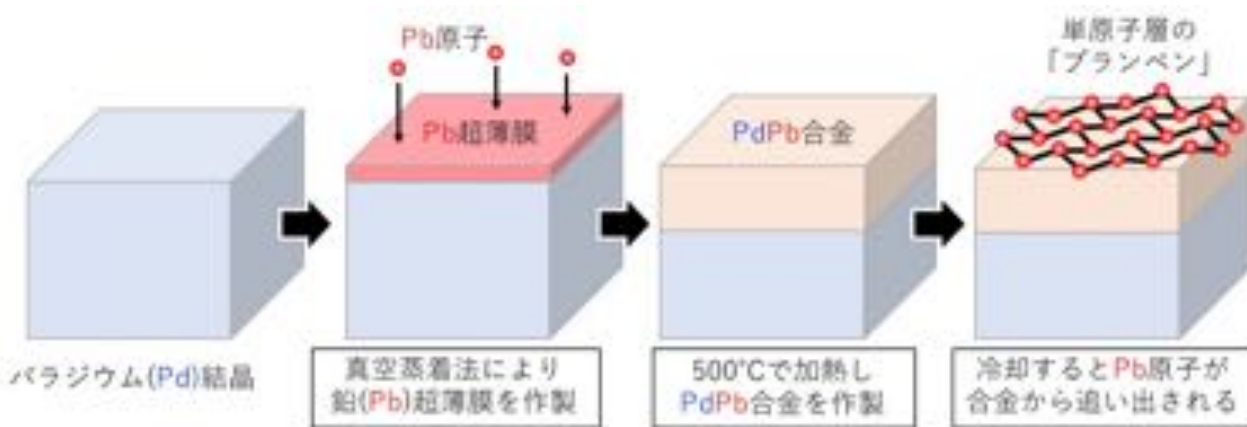
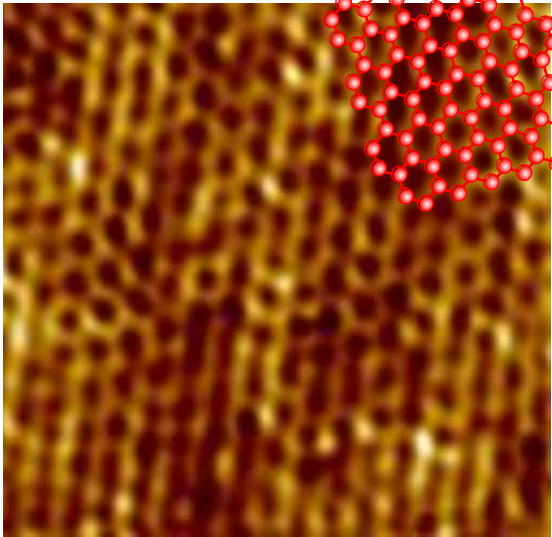


図3 プランベンの作製方法

(a)



(b)

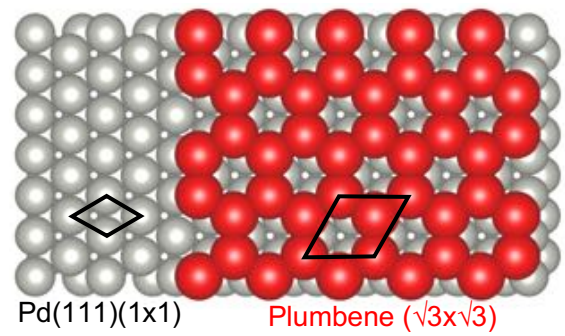


図4 (a) プランベンの原子分解能 STM 像 (b) プランベンの原子配列モデル

(a)



(b)



図5 (a) Pd(111)基板状の Pd-Pb 合金表面の STM 像。ナノウォーターキューブと命名。(b) 北京オリンピックの水泳会場。通称ウォーターキューブ。(http://www.water-cube.com/en/)より引用

【本年度の研究成果発表の概要】

	国内会議発表	国際会議発表	国際会議予稿	学術論文
教員	2	0	0	6
学生	2	0	0	2

本年度の卒業論文・修士論文・博士論文のタイトル

【卒業論文】

後ほど公表予定

【修士論文】

・Pd(111)表面上におけるスタネンの創製と構造評価

その他・特記事項

1) 専門書の出版

「ポストグラフェン材料の創製と用途開発最前線 ～構造解析、評価、創製から合成、応用展開まで～」

＊発刊:2020年4月

＊B5版 37項目、448頁

＊監修:柚原 淳司

＊執筆者:柚原 淳司 他 50名

＊発行元:株式会社エヌ・ティー・エス

2) 外部資金の獲得状況

① 研究種目:新学術研究(公募研究) 期間:令和2年度～令和3年度 研究経費:845万円

研究課題:「金属酸化物準結晶の創製と構造解明」

役割 :研究代表者