

ゲルマニウムの工学 — 電子・光・熱・スピン IV族半導体の新展開—

開催報告

- ・主催：15. 結晶工学
- ・日時：2017年3月18日（日）13:00~17:25
- ・場所：早稲田大学・52号館・C304会場
- ・世話人：中塚理（名古屋大学）、澤野憲太郎（東京都市大学）、牧原克典（名古屋大学）

・企画主旨：近年、ゲルマニウム（Ge）および関連するIV族混晶半導体のエレクトロニクス応用に注目が集まっている。高移動度トランジスタ、光電・熱電変換デバイス、スピントロニクスなど様々な応用に関する報告が相次ぐ一方で、それらの報告は結晶工学、シリコンテクノロジー、フォトニクス、熱電・磁性応用など多岐のセッションにわたっており、その全体像を見渡すのは難しい部分がある。今回、本シンポジウムにおいて、Geのデバイス応用に焦点をあて、それぞれの分野で活躍される研究者を講演に招いた。また、あわせて一般講演も募集した。本シンポジウムによってGeの工学応用に関する最新の研究成果と現状課題を共有し、今後の展開に関する議論を深めて、次の段階の新たな連携につながることを期待した。

・プログラム：下記の6件の招待講演、および4件の一般講演によって構成した。Geの材料物性制御、ナノ構造形成、固体物性の分析・制御から、光電子・スピン・熱電デバイスに向けた応用技術の進展まで広く話題を盛り込み、情報共有と分野間の議論の深耕を図った。

『ゲルマニウム電子デバイスに向けた界面制御』

鳥海 明（東京大学）

『Si-Ge系コア・シェル構造の高密度集積と光・電子物性制御』

宮崎 誠一（名古屋大学）

『ゲルマニウムを用いた中赤外集積フォトニクスへの展開』

竹中 充（東京大学）

『ゲルマニウムスピンドバイスのための物性解明と応用展開』

浜屋 宏平（大阪大学）

『熱電デバイス応用に向けたIV族半導体ナノ構造における電子・フォノン輸送制御』

中村 芳明（大阪大学）

『IV族混晶のマイクロ熱電変換デバイス応用』

渡邊 孝信（早稲田大学）

・講演概要：シンポジウム前半において、はじめに世話人の中塚より、応用物理学分野におけるGe工学の現状と本企画の主旨について述べられた。東京大学・鳥海先生には、MOS構造をはじめとするGe特有の界面物性の特徴と課題、その制御技術の重要性について講演頂いた。イットリウムなどの元素添加による化学的構造制御によって、Ge酸化膜の弱点を効果的

に改善できることが示された。名古屋大学・宮崎先生には、Si-Ge コア・シェル構造に特徴づけられるナノ構造の創成とその量子構造、光電物性について講演いただいた。独自技術によって Ge コア・Si シェル量子ドットの高密度形成が実現され、その近赤外発光特性から特徴的なエネルギーバンド構造制御の成果が示された。東京大学・竹中先生には、中赤外デバイス応用に向けた Ge-on-insulator (GeOI) 基板の形成技術、これらを用いた諸パッシブ素子やキャリア注入光変調器などの開発が報告され、技術の空白領域である中赤外光集積回路を Ge によって実現できる可能性と将来展望が述べられた。後半においては、大阪大学・浜屋先生より、Ge スピントロニクスのための薄膜結晶成長、電極界面形成技術と Ge におけるスピン緩和現象の詳細分析が報告され、スピndeバイス実用化に向けたスピン散乱機構制御の重要性が論じられた。大阪大学・中村先生からは、Ge 熱電変換デバイス高効率化に向けた Ge ナノドット構造による熱電物性制御について報告された。ナノ構造の適切な制御によって電気伝導と熱伝導の独立制御を実現し、熱電変換性能に優れる薄膜ナノ構造の詳細が述べられた。最後に、早稲田大学・渡邊先生から、IV族混晶とナノ構造を活用したマイクロ熱電発電デバイスの設計と熱電特性の分析が報告された。Ge をはじめとするIV族材料の混晶化とナノワイヤ構造の相乗効果によって、フォノン散乱を制御し、熱電特性を効果的に向上できることが示された。

これら招待講演に加えて、一般講演においても産総研、九州大学、東京大学、筑波大学等のグループから、極薄膜 Ge のバンド構造、金属/Ge 界面の障壁制御、Ge/強磁性ヘテロ構造におけるスピン伝導現象、絶縁膜上多結晶 Ge の大粒径化と移動度改善といった、結晶工学、固体物性学、デバイス工学など様々な分野に向けても興味深い報告がなされた。

・成果：当日の会場では最大 120 名程度のご参加をいただき、盛況のうちに閉会した。会場を見渡しても学生や若手からベテラン研究者、大学教員から企業人まで、幅広い層の方々にご参加いただけたことを確認できた。各講演においても会場から活発な質問がなされ、分野間の議論も大いに盛り上がった。本シンポジウムを通して、最先端シリコンテクノロジーにも立脚して進展する Ge ナノエレクトロニクスの現状と、フォトン、フォノン、スピンなどを活用する様々な新規量子デバイスの融合、集積に向けた Ge への期待と課題を多様な視点から浮き彫りにできた。色々な分科から Ge をキーワードに集まっていたいただき、現状の最新技術と課題を共有できたことは、本領域の新たな展開に向けて、たいへん有意義であった。

・謝辞：本シンポジウムの開催にあたり、講演をご快諾頂いた招待講演者の先生方、最新の研究成果をご投稿頂いた一般講演者の皆様に心より御礼申し上げます。ご多忙の中、来場頂いた聴衆の皆様にも感謝申し上げます。また、本企画をご承認いただき、ご支援いただいた『結晶工学』分科プログラム編集委員諸氏に感謝申し上げます。



図. シンポジウム会場の様子。