

【基盤研究(S)】 大区分B



研究課題名 水素化物の室温超伝導化とデバイス化の研究

大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授
しみず かつや
清水 克哉

研究課題番号： 20H05644 研究者番号：70283736

キーワード： 超伝導、高圧合成、水素化物

【研究の背景・目的】

近年、水素化物が高圧力条件下で 200 K を超える超伝導を示すことが実験的に明らかにされ、いよいよ室温超伝導が視野に入ってきたといえる。高圧力下では様々な水素化物において室温またはそれ以上の転移温度の超伝導体になると予測されている。本研究では、高圧力の技術を駆使して、現在その実現に最も近いと考えられる水素化物を対象とし、室温超伝導は実現できるのか、超伝導転移温度はどこまで上げることができるのか、を追究する。そして、室温で動作する超伝導デバイスの形成を目標に、①室温超伝導体を高圧力下で合成すること、②超伝導体によるデバイス回路を高圧装置内で動作させることを目的とする。これまで我々が築いてきた高圧力を用いた物質合成および物性測定技術をより高度に拡張し、室温超伝導の実現にとどまらず、社会実装へ具体的につなげる指針を示すことをめざす。高圧力技術と微細デバイス技術の協同によって、室温超伝導の実現と利用を先導する。

【研究の方法】

水素化物を合成するための出発原料は、元素と水素である。原料となる元素を水素とともに高圧力発生装置：ダイヤモンドアンビルセル (DAC) に封入して圧縮し、高圧力条件下でレーザー加熱等により目的の水素化物を合成する (図 1)。この手法はこれまで多く用いられてきたが、限られた水素化物にのみ合成の報告がされ、他の多くの水素化物は報告がない。これは水素を扱うことに難しさにくわえ、適切な合成 (加熱) 手法の探索が重要であると着意した。したがって、低温下の加圧、ジュール加熱など新規な合成経路および合成法にチャレンジする。原料元素が複数となる 3 元系の水素化物にはさらに高温の超伝

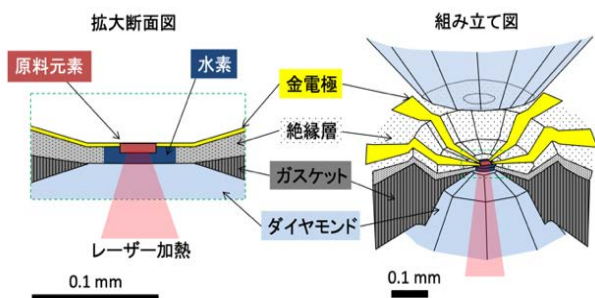


図 1 超伝導水素化物合成法の模式図

導が理論予測されているものがあるなど、様々な金属水素化物の中から理論計算と精密結晶構造解析により候補物質を見極め、高温高圧合成を行う。

これらと同時に、高圧装置内でデバイス形状に成型した超伝導体を合成し、高圧力下の超伝導デバイスの構築を行う。圧力下で動作する超伝導デバイスの研究はこれまでほとんど行われていない。既存超伝導体を用いた動作検証により、圧力下超伝導デバイス構築のノウハウを確立させ、高温超伝導体を超伝導材料としてデバイスへ組み込む。

【期待される成果と意義】

室温超伝導が社会に与えるインパクトは計り知れない。広くエネルギーシステムやエレクトロニクス・通信システムにおいて、人類の将来に大きな影響をもつ重要性をもつ。本研究は、水素化物をその候補として高圧力環境での実現に加えて、高圧力を保持したままの利用に挑戦する。これは、室温超伝導の社会実装への指針を与え、さらには実用に叶う低圧力での実現、そして常圧力下の実現に向けた研究へ発展させる契機となる。本研究が目指す最終形である「室温動作超伝導デバイス」の例として室温で動作する高感度磁気センサーなどが考えられる。

本研究の学術的背景には、「物質の究極の姿の追究」があり、それに基づいて設定した研究課題は「室温超伝導は実現できるのか」そして「それを利用できるのか」の問いに答えることである。物質の極限状態の追究に物理の本質があるという研究代表者の信念に基づき、超高圧力をもちいた室温超伝導実現に挑戦し、その恩恵を享受できるのかを追究することでこの「問い」に答えたい。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ M. Einaga, K. Shimizu *et al.*, “Crystal structure of the superconducting phase of sulfur hydride”, *Nature Phys.* 12, 835–838 (2016).
- ・ M. Sakata, K. Shimizu *et al.*, “Superconductivity of lanthanum hydride synthesized using AlH₃ as a hydrogen source”, *Supercond. Sci. Technol.* 33 (2020) 114004 (6pp).

【研究期間と研究経費】

令和 2 年度－6 年度 151,200 千円

【ホームページ等】

<http://www.hpr.stec.es.osaka-u.ac.jp/shimizu@stec.es.osaka-u.ac.jp>