

Title	Investigations of Rigidity Percolation and Fracton Dynamics of Low-Frequency Modes in Chalcogenide Glasses
Author(s)	中村, 充孝
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41585
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	中村充孝
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 14377 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Investigations of Rigidity Percolation and Fracton Dynamics of Low-Frequency Modes in Chalcogenide Glasses (カルコゲナイドガラスにおける硬さのパーコレーションと低振動数モードのフラクトンダイナミクスの研究)
論文審査委員	(主査) 教授 邑瀬 和生 (副査) 教授 阿久津泰弘 教授 木下 修一 教授 松尾 隆祐 助教授 井上 恒一 助教授 Slevin Keith M.

論文内容の要旨

典型的なネットワークガラスであるゲルマニウムカルコゲナイド系において低振動数領域のラマンスペクトルが振動数に対して非整数のベキ乗則を持つことを見出した。ベキ指数の値 \tilde{d} はスペクトル次元と呼ばれ、低振動数モードがフラクタル性を有することが明らかになった。

本論文では、低振動数モードのフラクタル性の観点から様々な組成のゲルマニウムカルコゲナイドガラスの特性について調べた。とくに、(1) 硬さのパーコレーション現象、(2) 四面体間相互作用、(3) ネットワーク次元性と局在した格子振動との相関性、(4) S原子とSe原子がネットワーク形成におよぼす影響の違いについて調べた。

構造のクロスオーバー長さ ξ と弾性のクロスオーバー長さ l_c を導入することにより、 $\text{Ge}_x\text{Se}_{1-x}$ ガラスにおける低振動数モードのフラクタル性について考察した。その結果、 $x < 0.20$ の場合 $\xi > l_c$ が成立し、低振動数側から順に音響フォノン、ベンディングフラクトン、ストレッチングフラクトンの各振動モードが寄与すると結論づけた。同様に、 $x > 0.20$ のときには $\xi < l_c$ となり、低振動数側から順に音響フォノン、ストレッチングフラクトンの各振動モードが寄与することがわかった。ベンディングフラクトンの出現は $x=0.20$ を境にしており、この値は硬さのパーコレーション現象で予想される値と一致していることを見出した。弾性のクロスオーバー長さ l_c が $x=0.20$ を越えると急激に長くなり、構造のクロスオーバー長さ ξ よりも長くなるのが硬さのパーコレーション現象の本質であると考えた。また、ストレッチング運動のスペクトル次元 \tilde{d}_s が格子振動の局在の度合を表し、ガラス構造の次元性を示す指標となることを明らかにした。

スペクトル次元による解析とラマン光学モードの解析から、 $\text{Ge}(\text{S}_x\text{Se}_{1-x})_2$ ガラスはSeに対するSの比が高くなるにつれて、隣り合う四面体間の相互作用が強くなることがわかった。 $(\text{GeS}_2)_{1-x}\text{Se}_x$ ガラスおよび $(\text{GeSe}_2)_{1-x}\text{S}_x$ ガラスについてもスペクトル次元による解析を適用して、S原子がネットワークに取り込まれやすい性質を持つことが明らかになった。

ガラス構造が持つネットワーク次元性について知見を得るために GeSe_2 薄膜における光誘起結晶化現象について研究を行い、光照射面積が大きい場合、成長する光誘起結晶は2次元結晶と3次元結晶が共存し、光照射面積が小さいときには2次元結晶のみが成長することを見出した。これらの照射面積依存性について、光照射部の温度分布に基づいたモデルを構築し、合理的な結論を得ることに成功した。この研究から、光による電子励起の効果が光誘起構造変化にとって必要不可欠であることが実験的に明らかになった。

論文審査の結果の要旨

カルコゲナイドアモルファス半導体は光誘起構造変化、低温熱伝導度異常、中性子やラマン分光のボゾンピークなど、強く乱れた系に特徴的な諸現象をしめすことが知られている。中村君はいろいろな組成比をもつゲルマニウムカルコゲナイド系において、広いエネルギー範囲でラマン分光を測定し、振動モードの解析により、構造に関する多くの知見をえた。

本研究は典型的なネットワークガラスの低振動数モードと光学的モードの解析から、構造の次元性、モードのフラクタル性および硬さのパーコレーションの関係をはじめて明らかにしたものであり、博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。