

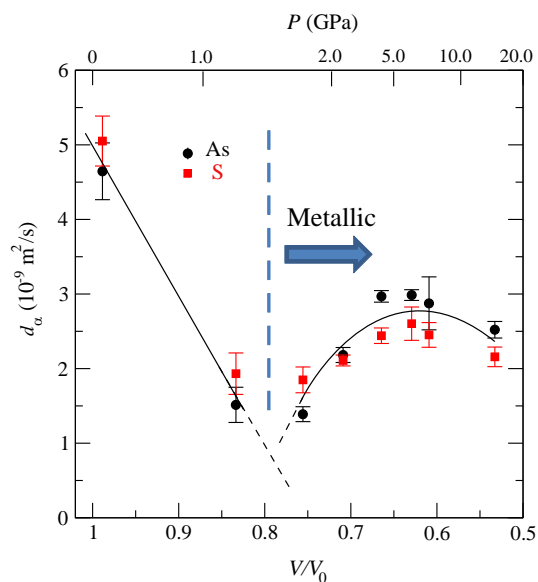
E-1 第一原理分子動力学法による液体 AsS の圧力誘起構造変化

熊大院自然^A 大村訓史^A, 下條冬樹^A

液体 AsS や液体 Se に代表される液体カルコゲン系は、加圧に伴い金属化することが知られている。しかしながら、その詳細なメカニズム、金属化した後の性質についてはあまり知られていない。これまでに我々は、第一原理分子動力学法を用いて、液体 Se の加圧に伴う金属化の詳細なメカニズムを解明した。¹ 我々の計算によって、液体 Se の金属相には鎖構造の名残、つまり、共有結合の名残が局所的に存在していることが分かった。このような結果をうけて今回、分子性液体の液体 AsS について、第一原理分子動力学シミュレーションを行い、加圧に伴う金属化のメカニズムを詳細に調べた。図は、計算から得られた拡散係数の圧力依存性である。この図から、金属化が起こった後に、拡散係数が圧力と共に上昇しているのが分かる。これは、液体 SiO₂ などの共有結合性液体に見られる性質であり、液体 AsS の金属相にも共有結合が存在している証拠である。講演では液体 AsS の金属化のメカニズムに加え、金属相

における共有結合について議論する。

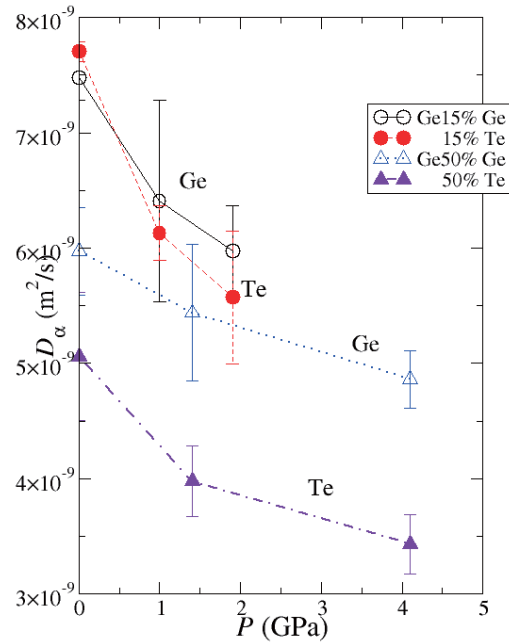
1. S. Ohmura, *et al.*, PRB **83** 134206 (2011)



E-2 液体 GeTe 混合系の動的性質の圧力依存性

熊大院自然^A, 熊大学生支援部^B 高良明英^{A,B}, 大村訓史^A, 下條冬樹^A

A7 的な局所構造を持つ V 族や IV-VI 族混合系液体の静的・動的性質と局所構造の関係を明らかにする目的で、これまで多くの実験的・理論的研究が行われている。これまでに我々は第一原理分子動力学法を用いて、液体 GeTe 混合系における Ge 原子、Te 原子の平均二乗変位 (MSD) の傾きに大きな差が生じることを報告した。今回、我々は液体 $\text{Ge}_x\text{Te}_{1-x}$ 混合系 ($x=0.15, 0.25, 0.33, 0.5$) に対して第一原理分子動力学法に基づく計算機シミュレーションを行い、動的性質の圧力および組成依存性について詳しく調べた。図は Ge15% と 50% 組成における 1000 K での拡散係数 D_{Ge} 、 D_{Te} の圧力依存性を示している。圧力の増加に伴って拡散係数が減少していくが、特に 50% では Te の拡散係数の減少が大きく、拡散係数に差が生じていることがわかる。講演では、動的性質の圧力・組成依存性について、構造変化等と関連づけて議論する。



E-3 Theoretical analysis of the physical properties of ion conducting polymers

Grad.Sch.Sci.Tech., Kumamoto Univ.^A Sahara^A, 安仁屋勝^A

Recently, the temperature dependence of the viscosity of trehalose-water-lithium iodide system has been investigated by the means of the Bond Strength-Coordination Number Fluctuation (BSCNF) model, which has been found to reproduce perfectly the VTF behavior. The result of the analysis indicated that the viscosity of the system is controlled by the connectivity of the structural units of trehalose molecules. This finding is interesting, because the physical properties of the system can be changed largely by controlling the chemical composition of the system. On the other hand, it is expected that the optimization of the ionic conductivity could be searched by studying the viscosity-conductivity correlation. Based these backgrounds, in the present work, the physical properties such as viscosity and fragility of some ion conducting polymers are investigated by using the BSCNF model and other models widely used in the literature such as VFT and WLF equations. The interrelation between the parameters of these models will be presented.

E-4 イオン伝導と場に依存する電気分極の相関

熊大院自然科学^A 池田祥典^A, 安仁屋勝^A

固体中のイオン伝導を説明するモデルの一つである結合揺らぎモデルによると、イオン伝導には原子周りの電子雲の変化のしやすさ(電子分極)が重要な役割を果たす。このモデルから、光学的性質の一つである非線形光学定数とイオン伝導の間に相関があるとの予測が立てられ、その正しさは最近の研究で確認された。今回の報告では、固体の力学的及び熱的性質を特徴付ける量である圧縮率の温度依存性と熱膨張率から、外場に依存する電気感受率を取り出す試みを紹介する。次いで、イオン導電体の電気感受率の非線形性と弾性的性質の相関を議論する。高いイオン伝導性を示すAgハライドは、アルカリハライドと比べ圧縮率の温度依存性が大きい。圧縮率の温度依存性は原子間ポテンシャルの非調和項に起因する為、Agハライドでは原子間ポテンシャルの非調和性がアルカリハライドより大きいことが分かる。またAgハライドの圧縮率の温度依存性は、イオン拡散と密接に関係する欠陥濃度の温度依存性にも依存する。外場に依存する電気感受率は原子間ポテンシャルの非調和性に大きな影響を受けるが、Agハライドでは電気感受率の温度依存性や電場依存性(分極の非線形項)が大きい。特に電気感受率の非線形項の増加は、分極の増大を生み、結合電子の電子雲分布に影響を与える。つまり結合の揺らぎ易さも増加する。モデルから、欠陥濃度の増加に加え、相関を持ったイオン伝導の背景が理解できる。

E-5 アルカリボロハイドライドにおける体積弾性率と生成エンタルピーの相関

熊大院自然科学^A 野口雄大郎^A, 貞国治人^A, 安仁屋勝^A

現在、固体水素化物による水素貯蔵材料が注目され、多くの研究がなされている。その中でも特に、10-20 mass %程度の高い水素貯蔵能を有するボロハイドライド(B-H系)の研究が活発化している[1]。このような研究の過程の中で、LiBH₄の高いイオン伝導度[2]、Mg(BH₄)₂が示す異常な熱膨張[3]などの振る舞いが見出されている。

金属ボロハイドライド系に関する研究の主流は、水素吸蔵と放出過程の理解、およびそれらの現象の利用にあるように思えるが、本研究では、異なる観点から金属ボロハイドライド、特に、アルカリボロハイドライドの基礎物性を理解することを試みる。

材料という観点からこれらの物質を見た場合、重要なパラメータの一つに水素放出温度がある。この温度は物質の安定性や物質の硬さ、つまり凝集エネルギーや体積弾性率と関係していると思われる。予備的検討の結果によると、この予想は単純な形では成り立たないが、生成エンタルピー密度という観点から見た場合、体積弾性率との間に興味深い相関があることを見出した。同様の相関は最近、単体金属においても見出された[4]。

References

- [1] 砥綿真一, 李海文, 折茂慎一: セラミックス 46 (2011) 183.
- [2] M.Matsuo, Y.Nakamori, S.Orimo, H.Maekawa, H.Takamura: Appl. Phys. Lett. 91 (2007) 224103.
- [3] Y.Filinchuk, R.Černý, H.Hagemann: Chem. Mater. 21 (2009) 925.
- [4] S.Wacke, T.Górecki, Cz.Górecki, K.Książek: J. Phys. Conf. Ser. 289 (2011) 012020.

E-6 高イオン伝導体の Anderson-Grüneisen パラメータ

熊大院自然科学^A 貞国治人^A, 安仁屋勝^A

AgCl と AgBr は融点以下の高温域で異常に高い欠陥濃度をもつことで知られている。また、2 価の金属のハロゲン化物には、CaF₂ や PbF₂ に代表されるような、高温域で非常に高いイオン伝導度を示すものがある。この振る舞いもこれらの結晶がもつ非常に高い欠陥濃度によるものであると理解されている。一方、イオン性結晶の高い欠陥濃度はイオン伝導性だけでなく、弾性スティフネス定数などの弾性パラメータにも大きな影響を与える [1,2]。

弾性定数の温度依存性を記述する上でよく用いられる Anderson-Grüneisen パラメータは物質に対する多くの情報を含む。その中でも特に、非調和性と当該パラメータとの関係を明らかにしておくことはイオン伝導を理解する上で重要である。そこで、本研究では融点以下の高温域で異常に高い欠陥濃度を示す AgCl, AgBr, PbF₂ などの Anderson-Grüneisen パラメータを求めた。その結果、当該パラメータは通常あまり温度に依存しないとされているが、これらの物質では非常に大きな温度依存性をもつということが分かった。

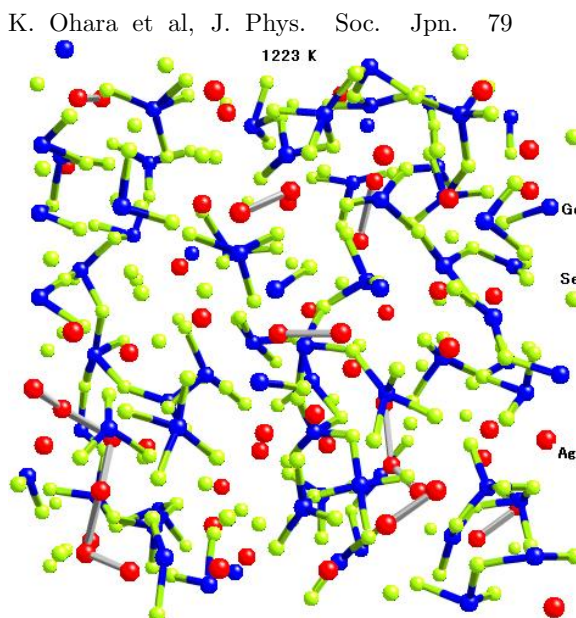
Reference

- [1] M.H. Dickens, W. Hayes, M.T. Hutchings, W.G. Kleppmann: J. Phys. C 12 (1979) 17.
- [2] L.S. Cain, G. Hu: Phys. Rev. B 64 (2001) 104104.

E-7 RMC modeling of Ag_{0.5}(GeSe₃)_{0.5} superionic glass by EXAFS, x-ray and neutron diffraction

Fac.Sci./Kyushu Univ^A, JASRI/SPring-8^B, J-PARC/JAEA^C, RISSPO/HAS^D, PAL/POSTEC^E, LLBF^F Kumara^A, Ohara^B, Kawakita^C, Jovari^E, Hidaka^A, Sung^E, Beuneu^F, Takeda^A

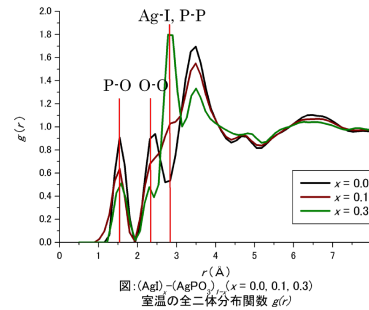
Chalcogenide glasses of the Ag-Ge-Se system are good solid electrolytes with a high Ag ionic conductivity at room temperature [1]. We focused to study the structure of Ag-Ge-Se superionic glass by X-ray and neutron diffraction and EXAFS of each Ge, Se and Ag *K* edges. It has been observed that the distribution of Ag ions in the GeSe_{4/2} tetrahedral network is inhomogeneous suggesting the presence of Ag conduction paths in the covalent network [2]. Fig. 1 shows atomic configuration model of the chalcogenide glass network and Ag distribution at 1223 K. The local surrounding of Ag atoms by the FT magnitude was obtained for the glass at Ag *K* edge in our EXAFS study. [1]M. Mitkova et al, Phys.Rev.Lett. 83 [2]



E-8 銀系超イオン伝導体の構造解析

九大院理^A, JASRI/SPring-8^B, 原子力機構 J-PARC^C, 広大院総合科^D, PAL^E
安永晃教^A, 尾原幸治^B, 島倉宏典^{A,C}, 川北至信^C, 乾雅祝^D, 梶原行夫^D, 小原真
司^B, Y.J.Park^E, 武田信一^A

AgI-AgPO₃混合系の銀イオン伝導経路を定量的に解析するため、混合系の構造因子の組成変化をポーハン加速器実験所の X 線回折装置 (3C2) と SPring-8 の高エネルギー X 線 (BL04B2) を用いて測定した。さらに中距離構造を詳細に解析するため SPring-8, BL04B2 のイメージングプレートを用いた小角散乱実験を行った。図に SPring-8 で測定した $x = 0.0, 0.1, 0.3$ の室温でのガラスの全二体分布関数を比較している。約 $r = 1.5, 2.4, 2.9(\text{\AA})$ の各ピークは、PO₄四面体の P-O, O-O, P-P の各相関を表している。講演では、(AgI)_x-(AgPO₃)_{1-x}の組成変化に伴う PO₄ネットワークの中距離構造の変化に注目して議論する。

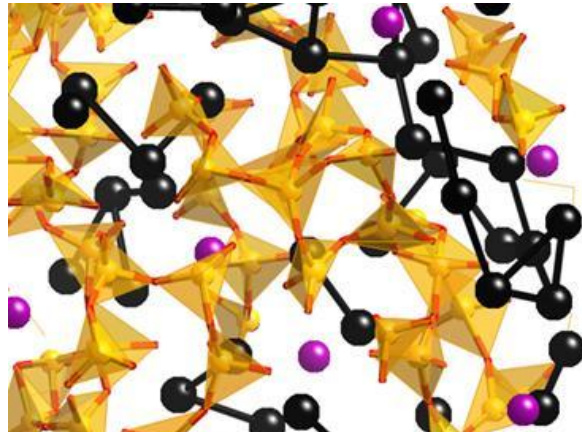


E-9 超イオン導電ガラスの伝導と構造の相関

九大院理^A, JASRI/SPring-8^B, 原子力機構 J-PARC^C 八尋惇平^A, 安永晃教^A,
尾原幸治^B, 川北至信^C, 小原真司^B, 武田信一^A

室温でも高いイオン伝導度を示す超イオン導電ガラスは固体電解質としてバッテリーやフラッシュメモリ等への応用が期待されている。AgPO₃単体ではほとんど導電性を示さないが、AgI をドーブした超イオン導電ガラス (AgI)_x(AgPO₃)_{1-x}は $10^{-3}(1/\Omega\text{cm})$ 程度の高いイオン伝導度を示すことが知られている。その交流電気伝導度を測定すると AgI の割合によって 10MHz 以上の高周波数領域では伝導度の周波数依存性に違いが見られる。これは Agイオンの伝導経路の次元性に関係しているとの報告がなされている。我々は (AgI)_x(AgPO₃)_{1-x} ($x = 0, 10, 30$) について交流インピーダンスの測定を行い、周波数依存性のある伝導度の結果を得た。また、SPring-8 の BL04B2 での X 線回折実験の結果を再現する構造モデルから得られた Agイオン分布と、得られた伝導度との関係を調べた。Agイオンには協動的に伝導し

ていくというキャタピラー拡散機構モデルが唱えられている。Ag-Ag相関がこのモデルに対応していると考え、伝導度の周波数依存性が変化する組成比近傍でその相関を見ると変化があることが分かった。図は AgI-AgPO₃の構造モデル (黒 Ag、灰 I、四面体 PO₄) である。今回は交流伝導度の変化と Ag-Ag相関の変化との関係について報告する。



E-10 イオン液体 [Bmim][PF₆] の構造モデリング

九大院理^A, SPring-8/JASRI^B, 原子力開発機構/J-PARC^C, アドバンスソフト(株)^D, 京大院理^E, PAL^F 脇阪有衣子^A, 尾原幸治^B, 島倉宏典^{A,C}, 川北至信^C, 森田秀利^D, 八尾誠^E, 永谷清信^E, Y.J.Park^F, 武田信一^A

イオン液体は、陽イオンと陰イオンの分子組成から形成される常温常圧で液体の化合物である。我々は複雑な分子(イオン)を成すイオン液体[Bmim][PF₆](図1)の構造を詳細に調べるため、SPring-8のBL04B2ビームラインにおいて高エネルギーX線を用いた回折実験を、ポーハン加速器実験所の3C2ビームラインにおいて低波数側で精度の高い回折実験を行った。実験により得られた構造因子 $S(Q)$ を再現するような構造モデルを得るために、分子構造を分子力学(MM)法で拘束し、分子間構造についてを逆モンテカルロ(RMC)法で決定するRMC-MM^[1]を用いた。図2は構造モデルから導出されたイミダゾリウム環内のC2・C4・C5と陰イオンのPとの部分二体分布関数 $g_{ij}(r)$ である。二つのNに挟まれたC2の $g_{C2-P}(r)$ は4Åと6Åに二つのピークをもち、6ÅのピークはC4, C5側にPが存在すると考えられる。今回、得られた構造モデルから[Bmim][PF₆]の配向分布(図3)を決定し、イオン間の相関を詳細に見ていく。

クをもち、6ÅのピークはC4, C5側にPが存在すると考えられる。今回、得られた構造モデルから[Bmim][PF₆]の配向分布(図3)を決定し、イオン間の相関を詳細に見ていく。

[1]H.Morita, S.Kohara and T.Usuki *J.Mol.Liq.* 2009, 147, 182-

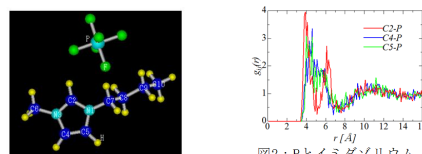


図1: イオン液体[Bmim][PF₆]

図2: Pとイミダゾリウム環内のCの二体分布関数

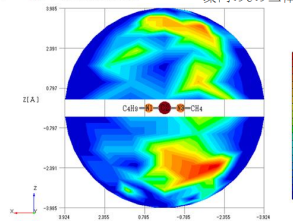


図3: [Bmim]⁺イオンの周りの[PF₆]⁻イオンの配向分布

185

E-11 連続比熱測定法

九大院理^A 金崎直史^A, 矢山英樹^A

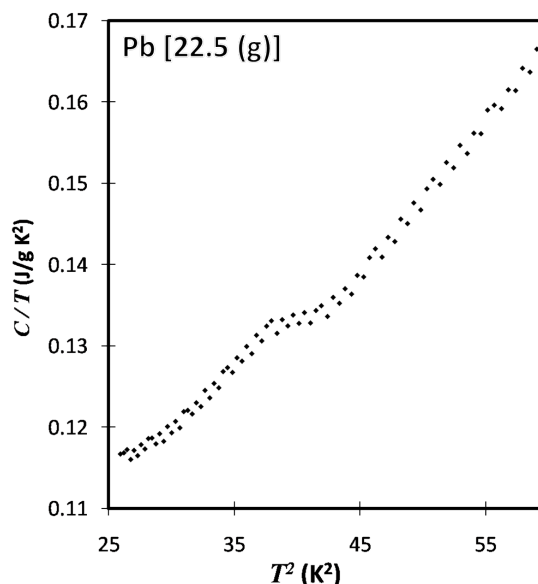
比熱は、物質の温度を1 K 上昇するのに必要な熱量であり、物性研究では相転移により起こる比熱の変化から、相転移点の観測等で用いられるパラメータである。超伝導-常伝導相転移のような二次相転移では転移点で比熱の跳びがあるが、この大きさは非常に小さく、高い測定精度が必要である。

本測定法では $C = \frac{dQ}{dT} \cdot \left(\frac{dT}{dt}\right)^{-1}$ の式を用いて比熱を求める。 $\frac{dQ}{dt}$ は、熱結合体により低温部へ逃げる熱量であり、用いた熱結合体により、 $\frac{dQ}{dt} = \frac{S}{l} \int_{T_A}^{T_B} \kappa dt$ と計算で求めることができる。よって本測定法では、連続的な温度変化 $\frac{dT}{dt}$ を計測することで、高速かつ精密に比熱の測定を行う。

これまでに、図のような鉛の二次相転移による比熱の跳びを観測しており、本実験では断熱消磁冷凍機を用い、更に低温での転移の観測を目的とする。断熱消磁冷凍機は、ヘリウムフリーで1 K 以下まで温度を下げる性能を持つが、消磁後に自然昇温があり、数十分しか低温

を維持できない為、高速で測定可能な本測定法が有効な手段である。

当日は、高純度アルミニウムの $T_C = 1.2K$ での二次相転移について測定結果を発表する。

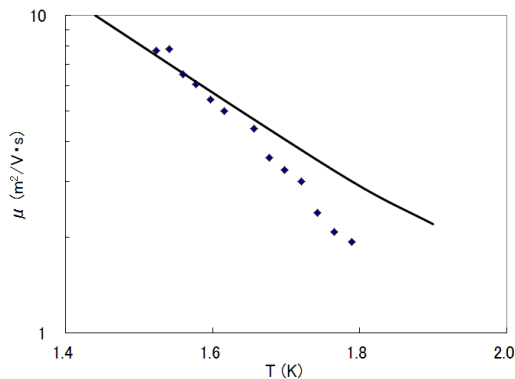


E-12 振動条件下での He 表面電子の電気伝導度測定

九大院理^A, 九大理^B 八山陽介^A, 内山啓介^B, 下田悠太^B, 吉崎聡一郎^B, 矢山英樹^A

液体ヘリウム液面に垂直上向きに直流電場を印加し電子を供給すると、電子は液面に押さえつけられ2次元の電子系が形成される。この系を実現するためには、2 K 以下の低温が必要である。我々は GM 冷凍機を搭載した無冷媒希釈冷凍機を用いて 10 mK までの低温で実験することを計画している。その際、GM 冷凍機が発生する振幅数 μm の振動が液面に波を生じ、実験に影響を及ぼすことが予想される。今回、振動の振幅と電気伝導の関係を調べるため、前実験として、移動度の温度依存性を測定し他の実験値と比較した。実験には液体ヘリウムクライオスタットを用い、振動源としてバスポンピングを油回転ポンプで行った。その結果、平方方向に $1.8\sim 1.9\ \mu\text{m}$ 、鉛直方向に $0.9\sim 1.0\ \mu\text{m}$ の振動振幅が観測された。そのときの電子の移動度を、図中に四角の点で示す。この電子系は、鏡像ポテンシャルにより液面から 10 nm

上のヘリウムガス中に存在しているため、 $0.8\sim 2\ \text{K}$ の温度範囲ではヘリウムガスによる散乱が支配的で、図中の実線で示したような高温で移動度が低下する電気伝導の温度依存性を示すことが知られている。今回得られたデータは、実線で表された過去の実験データとよく一致している。この結果から、振幅が数 μm 程度であれば影響を受けないことが明らかになった。

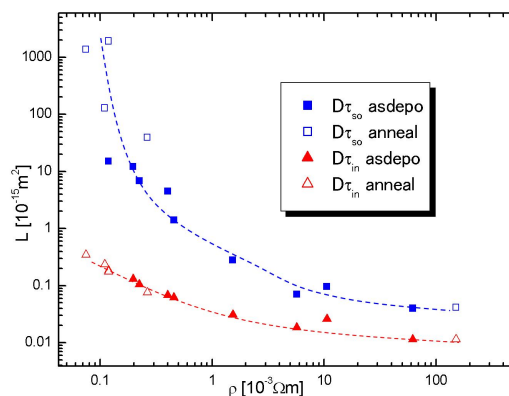


E-13 In-Zn-Ga-O 3次元膜の磁気抵抗、電子局在と熱処理効果 II

九大院理^A, 情通機構^B, 電通大情報理工^C, 出光興産先進研^D 日高和也^A, 江崎翔平^A, 牧瀬圭正^B, 山田和正^A, 小久保伸人^C, 浅野貴行^A, 篠崎文重^A, 菅井重和^D, 矢野公規^D, 中村浩昭^D

In 酸化物に代表される縮退半導体のキャリアは主として酸素欠損に由来する電子が担っていると考えられている。抵抗率 ρ はスパッター作成時の条件、特に O_2 濃度に大きく依存する。又、成膜後の熱処理によっても ρ 、キャリア数 n を制御でき、金属的特性から半導体特性まで幅広く変化することが可能である。前回 IZGO を大気中で熱処理し、 $\rho(T)$ 、ホール係数 $R_h(T)$ 、および磁気伝導度 $\Delta\sigma(T,H)=1/\rho(T,H)-1/\rho(T,0)$ の測定を行い、 $\Delta\sigma$ の解析から求まる非弾性散乱頻度 $1/\tau_{in}$ とスピン-軌道散乱頻度 $1/\tau_{so}$ の比 τ_{so}/τ_{in} の変化と関連させて議論した。今回我々はスパッタ作成時の酸素濃度を変化させ室温で異なる ρ を持つ Asdepo 膜を作成し調べた。図 1 は、 $T=15\text{K}$ での $D\tau_{so}$ と $D\tau_{in}$ と ρ のグラフである。温度を変えて熱処理した膜と酸素濃度を変化させて作った asdepo 膜との振る舞いはガイドラインである破線が示すよ

うに τ_{so} と τ_{in} は作成状態によらず ρ のみに依存する分かる。講演では事実と自由電子モデルで予想される ρ 依存性矛盾を交えて議論する。



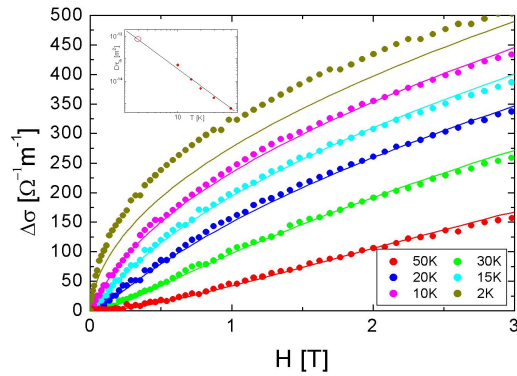
E-14 透明導伝膜 In-Sn-Zn-O の輸送特性

九大理^A, 九大院理^B, 情通機構^C, 電通大情報理工^D, 出光興産先進研^E
 鈴川慎一郎^A, 江崎翔平^B, 日高和也^B, 牧瀬圭正^C, 山田和正^B, 小久保伸人^D,
 浅野貴行^B, 篠崎文重^B, 苫井重和^E, 矢野公規^E, 中村浩昭^E

縮退半導体である indium-tin-oxide, indium-zinc-oxide 薄膜は高い電気伝導度、可視光透過率を併せ持つ。最近 indium-zinc-gallium-oxide (IZGO) や indium-tin-gallium-oxide(ITZO) が注目されている。今回 ITZO をスパッタ法で、蒸着時の酸素分圧を変化させ、膜厚 350nm の試料を作成し、 $2.0\text{K} \leq T \leq 300\text{K}$, $-5\text{T} \leq H \leq 5\text{T}$ の温度、磁場範囲で電気抵抗の振る舞いを調べた。電子局在理論を適用することで、非弾性散乱長 $\xi_L = \sqrt{D\tau_{in}(T)}$ を磁気伝導度 $\Delta\sigma(T, H) = [1/\rho(T, H) - 1/\rho(T, 0)]$ の解析から求めることが出来る。

図に 1h 大気中アニールした ITZO 膜の $\Delta\sigma(T, H)$ を示す。実線は ξ_L をパラメータに選び実験にあわせた理論線である。 $T \leq 10\text{K}$ では理論、実験は良い一致を示す。しかし、 $T=2.0\text{K}$ については、挿入図に示す。 $\xi_L^2(T)$ を $T=2.0\text{K}$ に外挿して得られる。

$\xi_L^2(T)$ を用いても、理論曲線は実験値を再現しない。充分低温では他の散乱機構が考えられるが、はっきりしたことは分からない。

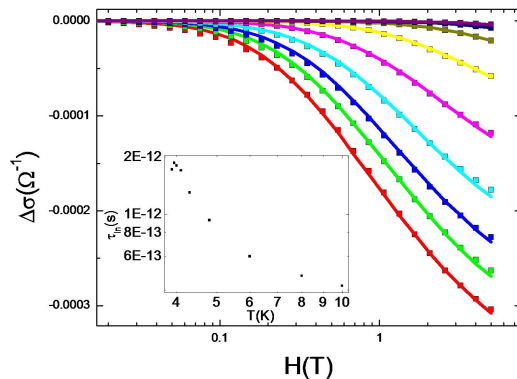


E-15 超伝導 NbN 薄膜の磁気伝導度と非弾性散乱時間

九大院理^A, 情通機構^B 尾堂智隆^A, 江崎翔平^A, 浅野貴行^A, 山田和正^A, 牧瀬圭正^B, 寺井弘高^B, 山下太郎^B, 三木茂人^B, 王鎮^B, 篠崎文重^A

近年、超伝導現象を用いた量子情報通信技術の一つに超伝導単一光子検出器 (SSPD) があり、その代表的な材料に窒化ニオブ (NbN) がある。これは超伝導転移温度 T_c が 17K と高いため、GHz を超える周波数光に対応できる利点がある。転移もシャープで良質の超伝導特性を示す。今回我々は、平滑な単結晶 MgO 基板上に NbN を epitaxial 成長させ、膜厚の異なる NbN 薄膜を作製した。そして、膜厚の異なる NbN 薄膜の T_c , 移動度 μ に加えて $\Delta\sigma$ を極めて T_c 近傍まで精密に測定した。図は NbN 薄膜 (膜厚 $d=2.6\text{nm}$) で様々な温度に固定したときの $\Delta\sigma$ - H (磁気伝導度 $\Delta\sigma=1/R_{sq}(H) - 1/R_{sq}(0)$) の結果をまとめたものである。実線は磁気伝導度の揺らぎ理論を表す。この理論式には非弾性散乱時間 τ_{in} が含まれており、実験値と合うように τ_{in} を決めた。挿入図は、 τ_{in} - T の結果を表す。 τ_{in} は低温側でピークを持ち、これは他の異なる

膜厚の試料についても同様の結果が得られた。今回の発表ではさらに NbN 薄膜の $T \gg T_c$ の常伝導領域における特徴的な $R(T)$ を議論する。



E-16 超伝導 NbN 薄膜のゆらぎ伝導度と対破壊パラメータ

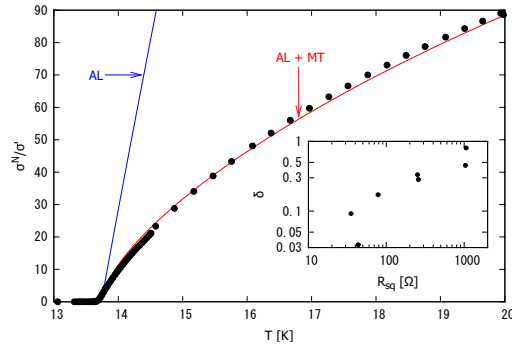
九大理^A, 情通機構^B 江崎翔平^A, 尾堂智隆^A, 浅野貴行^A, 山田和正^A, 牧瀬圭正^B, 寺井弘高^B, 山下太郎^B, 三木茂人^B, 王鎮^B, 篠崎文重^A

近年、SIS ミキサや TES を用いた高性能検出器の研究が盛んに行われている。今回研究対象とした窒化ニオブ (NbN) は、テラヘルツ受光器や単一光子検出器として応用されている。そのような NbN の基礎物性を詳細に調べることによってさらなる応用の展開が期待される。

今回我々は、DC マグネトロンスパッタ法により MgO(100) 基板上に異なる膜厚の NbN 単結晶薄膜を用意した。膜厚は、2nm-20.2nm である。各試料について、300K-2K の温度範囲で面抵抗 R_{sq} の温度依存性を測定した。

測定結果について、超伝導ゆらぎ理論を用いて解析を行った。図に NbN(膜厚 13nm) の $\sigma^N/\sigma' - T$ を示す (σ^N : 常伝導状態の伝導度, $\sigma' = \sigma(T) - \sigma^N$: ゆらぎ伝導度)。青線は、超伝導ゆらぎ理論の Aslamazov-Larkin 項 (AL 項) を表す。また、赤線は他の超伝導ゆらぎ理論の

Maki-Thompson 項 (MT 項) と AL 項の和から得られた計算結果である。MT 項は対破壊パラメータ δ を含み、すべての試料について実験を再現するように δ を求めた。挿入図は、 δ の R_{sq} 依存性を表す。 δ は R_{sq} の増加に伴い増加するという結果が得られた。この振る舞いは局在理論から得られる $\delta = \pi\hbar/8k_B T\tau_{in}$ (τ_{in} : 非弾性散乱時間) と τ_{in} の R_{sq} 依存性から説明できる。



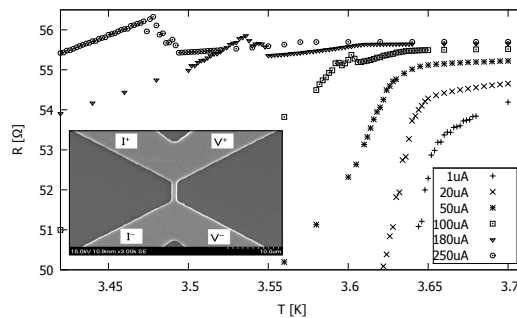
E-17 超伝導細線の温度 - 抵抗特性

九大理^A, 電通大情報理工学部^B 上原広大^A, 江崎翔平^A, 多持洋孝^A, 小久保伸人^B, 山田和正^A, 篠崎文重^A

微細加工技術の進歩に伴い、ミクロ、ナノスケールサイズを有する試料が作成でき、メソスコピック超伝導体の研究が可能になった。1990 年代以降、バルクの超伝導体では現れない超伝導細線特有の輸送特性が明らかになり、盛んに研究されてきた。特徴の一つに「臨界温度 T_c 近傍で抵抗値が極大値をとり、常伝導状態の抵抗 R_n を上回る」という Anomalous Peak Resistance (APR) がある。これには i) サイズ依存性、ii) 磁場依存性、iii) 印加電流依存性など様々な振る舞いが報告されている。

今回我々は APR の原因を調べる目的で実験を行った。試料はスパッタ法で作成したアモルファス NbGe 薄膜をリフトオフ法で細線加工した。形状を挿入図に示す。試料幅 $w=678\text{nm}$, 膜厚 $d=200\text{nm}$ である。図は転移温度付近における抵抗の温度依存

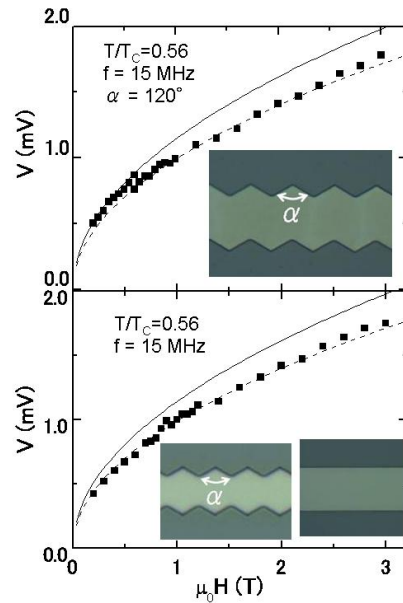
性を示す。各マークは印加電流 I_{ex} が異なる。i) I_{ex} を増やすと、 $I_{ex}=50\sim 80\mu\text{A}$ 付近で APR が発生し始める。ii) I_{ex} 増加に伴い、APR は増加する。また、iii) $I_{ex}=250\mu\text{A}$ の場合、APR の高温側に微細なステップ構造が現れる。講演では APR に与える磁場効果、及び臨界電流の温度依存性等を議論する。



E-18 駆動状態における磁束格子の方位と試料端の形状効果

九大院理^A, 電通大情報理工^B 多持洋孝^A, 小久保伸人^B, 篠崎文重^A

第二種超伝導体において電流駆動された磁束量子のフロー状態は、駆動速度に応じて磁束配列の並進・回転対称性が動的に変化し、動的固化や格子方位の回転など多彩な物理現象を伴う大変興味深い問題である。今回我々は試料形状に着目し、これが駆動状態での磁束格子の方位に与える影響についてアモルファス MoGe 超伝導膜 ($T_c=7.2$ K) を用いて調べた。上図はジグザグ形状 ($\alpha=120^\circ$) に整えた試料の結果を示す。低磁場で格子方位が平行から垂直へ回転した。ストレート形状の試料 (下図インセット右) やジグザグ形状の位相差を半周期分ずらした試料 (下図インセット左) ではこのような方位回転は見られず、全ての磁場範囲で垂直な格子方位となる。特に後者では、平行な格子方位に整合するジグザグ形状 ($\alpha=120^\circ$) に整えても、垂直な格子方位運動が現れる。これらの結果は磁束格子の方位運動が試料端の形状で定まらないことを示す。



モードロック共鳴電圧の磁場依存性
実線は平行、破線は垂直な格子方位
の共鳴条件を表す。(インセットは
測定に用いた試料の顕微鏡写真)

E-19 超伝導のエネルギーギャップと転移温度の比 ($2\Delta(0)/k_B T_c$) が4より大きくなる理論モデル

熊本大^A, 兵庫県立大^B 岸木敬太^A, 上野開^A, 長谷川泰正^B

BCS 理論では、電子間の有効引力相互作用のエネルギー依存を無視した場合、 $\frac{2\Delta(0)}{k_B T_c} \leq 4$ となることが知られている。実際、多くの超伝導体では、 $\frac{2\Delta(0)}{k_B T_c} \leq 4$ である。しかしながら、4よりも大きな値になる超伝導体はいくつか存在する。特に、高温超伝導体ではかなり大きな値が実験により評価されている。例えば、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ では、 $6.8 \sim \frac{2\Delta(0)}{k_B T_c} \sim 22.1$ 、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ では、 $3.6 \sim \frac{2\Delta(0)}{k_B T_c} \sim 7.7$ という評価がトンネル実験からされている。本研究では、電子間の有効引力相互作用と状態密度にエネルギー依存を考慮し、BCS 理論において $\frac{2\Delta(0)}{k_B T_c}$ が4よりも大きくなるかどうかを吟味する。

E-20 ダイヤルゲージを用いたヤング率の測定 II – ザールとの比較

久留米工大^A 篠田啓介^A, 巨海玄道^A

ダイヤルゲージを用いたヤング率の測定Ⅱ–ザール法との比較久留米工大、篠田啓介、巨海玄道
初年次物理学実験のテーマの一つに、ヤング率の測定がある。代表的な実験法としてこれまでユーイングの装置が知られている。この装置を用いた場合、金属棒のたわみ量が非常に小さく、測定が難しいばかりでなく、光学系の調整などに時間がかかり、2コマの実験時間内に終わらない場合がある。そこでこのたわみ量の測定にダイヤルゲージを用いたところ、測定に要する時間が1/3に短縮でき、低コスト・省スペースで実験が可能であり、測定の難易度もそう高くないと感じる学生が多いという利点があることを昨年本学会で報告した [1]。今回新たに、ヤング率の測定方法としてザールの装置を用いた場合にどのような利点があるかを調査した。この方法はまだいくつかの大学で使われているようである。その際、実験の精度、実験に要する時間、実験者のこの方法を用いた時の感想などの観点から、上で述べた2つの方法を含めたそれぞれの測定方法の長所と短所を比較検討した。本講演では、ザールの装置の原理や具体的な実験方法を簡単に紹介し、これを用いた場合の利点と、ダイヤルゲージや光てこを用いた測定方法との詳細な比較を報告する予定である。

[1] 篠田啓介、巨海玄道：第116回日本物理学会九州支部例会（長崎大学、平成22年）B-15。

E-21 大学全入時代の基礎物理教育

久留米工業大学教育創造工学科^A, 九州大学大学院理学研究院^B 巨海玄道^A, 野田常雄^B

現在進学を希望する高校生の90%近くが大学生となっており、この数字は近いうちに100%になること、即ち大学全入が予想されている。また大学進学者は18歳人口の50%を超えているが、4年制の私立大学の40%は定員割れを起こしており、定員確保のため各私立大学はオープンキャンパスや多様な入試などを行っている。九州内にはすでに全入に近い大学や学部もあるようである。新しく入ってくる学生の基礎学力の背景は多様であるため、そのことを考慮した新しい基礎教育の構築が望まれる。本研究においてはこの多様な基礎学力をつかむため新入生の学力調査を行うとともにそれを基にした物理基礎教育の試みを行ったので紹介したい。

E-22 空気抵抗を考慮した水平投射された物体の運動の解析

福岡教育大学 物理教室^A, 福岡教育大学 物理教室^B 古賀直哉^A, 三谷尚^A

理科の課題として、一般人が陥りがちな「力が働かなければ静止し、一定速度で走るものには力が働いている」という、いわゆるアリストテレス的な認識から、児童生徒をこれから引き離すことが挙げられる。しかし、児童生徒は、学校における理想的な実験で見られる運動はニュートン力学に基づくが、帰宅後に見る前述の様な物体の運動はニュートン力学の適用外だと考えるかもしれない。1つの解決策として、これら日常で見られる運動について、(1) 空気抵抗を含めたニュートン方程式の解の提示、(2) 空気抵抗を含んだボールの運動の軌跡を解析し、方程式の解の再現を試みる。特に、この実験解析は中等教育現場で期待される。

(1) 空気抵抗(粘性抵抗)を含めたニュートン方程式(x 、 y 成分)は、

$$m \frac{dV_x}{dt} = -bV_x \dots (a) \quad m \frac{dV_y}{dt} = -bV_y - mg \dots (b)$$

と表され、それぞれを解き、時間を消去すると、軌跡が得られる。

$$y = \frac{x_\infty}{V_x} (V_{y0} + mg/b) + mg^2/b^2 \log\left(\frac{b}{m} \frac{x_\infty}{V_{x0}}\right) \dots (c)$$

(2) 空気抵抗を含んだボールの運動の実験: 軌跡の解析

微傾斜した斜面を転がり投射された後のボールの運動実験を行い、基本的に(c)式との比較を試みた。しかし今回の実験では、偶然に水平方向位置の漸近する位置 x_∞ が認識できなかった。そのため、(a)式に戻って、 $X = x - x_\infty$ として、 $\log(X) = \log(v_{0\infty}) - \log(\beta) - \beta t$ の式が、直線になるグラフを、 x_∞ を少しずつ大きな値を与えて探した。ただし、この x_∞ 値を以て「直線になった」との判別は、非常に微妙で、確定的な x_∞ を得たとは考えにくい難点があった。

E-23 2次元における磁性モデルの相転移

福岡工業大学 工学部 電子情報^A 時田正彦^A, 善明和子^A, 松木裕二^A, 曾根泰之^A

現在まで磁性体の性質を理解するために、数多くの研究が行われてきた。その一番簡単なモデルとして、1925年にE. イジングはよく知られているイジング・モデルを提案した。このモデルは1次元では相転移が起こらないことが知られている。また、2次元イジング・モデルは、1944年にL. オンサーガーが厳密解を得ることに成功し、2次の相転移が起こることを示した。しかし、2次元イジング・モデルに磁場を入れた場合や、3次元のイジング・モデルは未だに厳密解が得られていない。本研究では磁性体のモデルとしてイジング様モデルを採用し、その相転移について調べる。ここでのイジング様モデルとは、スピンの大きさを1(スピンの状態: +1, 0, -1)にとり、更に各スピン準位に縮退を導入したモデルである。近似法として、平均場近似と、それを改良したベーテ近似を考える。この2つの近似法を用いて、このモデルにおける相転移(転移温度と相転移の次数)を調べた。数値計算の結果は、発表時に報告する。

参考文献: 1) H. Nakano, Prog. Theor. Phys. 53 (1975)1566.