

ネット時代の応物コミュニケーション

Science Communication of the Internet Age in Applied Physics



佐藤勝昭のホームページによるこそ
Welcome to Katsuaki Sato's Web site!



to English Page

サイト内検索 powered by Google

物性に関する検索は物性なんでもQ&Aのサイトで行ってください。

Updated 2015.02.13

佐藤勝昭の応用物理学学会業績賞(教育業績)の受賞が応用物理2015年2月号でアナウンスされました。

このホームページの目次

Sato-gallery 佐藤ギャラリー	Q&A:Materials 物性なんでもQ&A	Publications 刊行・発表・出版	Invited Lectures 招待講演・講習資料	Lectures 授業資料・パワポ	Job site 勤務先リンク	Cultural Activities 文化活動リンク	Miscellaneous その他
updated:15.01.17 220000 since 2007/3/16 世界のスケッチ(14.10.05) 日本のスケッチ(15.02.01) 街の俯瞰図 古い街並み 日本の寺社 植物のスケッチ(15.01.17) 油絵(15.01.14) 展覧会記録(14.05.15) 2015年カレンダー ギャラリー更新記録(14.12.15)	updated:2015.02.01 540312 since 2007/7/21 最新のQ&A(#1300~)New Q&A(4)#1000~#1299 Q&A(3)#700~#999 Q&A(2)#300~#699 Q&A(1)#1~#299 50音順キーワード表21 (2013.11.28) 「物質の不思議」(2008.01.02) Crystal Letters「質問コーナー」	updated:15.02.11 著書(Books) 原書論文(Papers) 総説/解説/巻頭言(Reviews) 研究会等テキスト(Texts) エッセイ(Essays) 国際会議発表(Conferences) 研究報告書(Reports) 口頭発表(Oral Presentation) 授賞(Awards) 2012~2015年の刊行NEW Research Gate	updated:14.11.19 市民講座等 2014.11.19 特別講演 2014.02.19 招待講演 2014.11.03 スクール・講習会 2014.09.01 JS「関係」レク 2014.01.28	updated:2014.10.25 基礎から学ぶ光物性 (e-Learning) 磁気光学入門 (e-Learning) 物性工学概論(2006年) 電磁気学(2004年) 慶応・物性物理学特論A(09年) 法政・磁気工学特論(05年) 国際コミュニケーション演習 基礎から学ぶ光物性 e-テキスト 上	JST科学技術振興機構 さきから佐藤領域 2013.3.3 終了 研究総括のページ(2013.09.27) New JSTインタビュー(2011.12.28) GRDS計画横断Q(2012.03.30) CRDSメンバーチーム(2013.05.08) 理教学習支援(2012.11.28) 連絡先:アクセス(2011.12.01)	(社)日本画府(日府展) 麻生区文化協会(テスト版) (2014.11.01) 麻生区美術家協会(2014.10.17) 佐藤勝昭スケッチ展2013 (2013.3.14~3.26) アルテリッパ新分り美術展2015 (2015.3.9~3.15)	サイトマップ(12.02.29) 自己紹介(09.01.18) ホームページ最新情報 (15.02.13) 佐藤勝昭ニュース(15.02.13) 東京農工大学 旧佐藤研の研究内容(09.01.17) 旧佐藤研究室OB会(13.12.09) 太陽光発電関係(15.01.17) 観察ムービー(11.11.18)

<p>教科書をきかせるQ&A 好評につき第2刷出版! ソフトバンククリエイティブ ¥1,000</p>	<p>半導体物性なんでも 好評発売中 講談社 ¥2,730</p>	<p>太陽電池のキネン 2011年4月23日発売 ソフトバンククリエイティブ ¥1,575</p>	<p>磁気工学入門 2014年6月29日発売 共立出版 ¥2,700</p>	<p>facebook 名前: Katsuaki Sato メール: katsuaki.sato@nif.ty.com</p>	<p>Academic Societies 学協会リンク</p> <table border="1"> <tr> <td>JSP(社)応用物理学会</td> <td>結晶工学分科会</td> </tr> <tr> <td>多元系化合物・太陽電池研究会</td> <td>スピントロクス研究会</td> </tr> <tr> <td>MSJ(社)日本磁気学会</td> <td>JACG(社)日本結晶成長学会</td> </tr> <tr> <td>JPS(社)日本物理学会</td> <td>IPAP:物理系学術誌発行センター</td> </tr> </table>	JSP(社)応用物理学会	結晶工学分科会	多元系化合物・太陽電池研究会	スピントロクス研究会	MSJ(社)日本磁気学会	JACG(社)日本結晶成長学会	JPS(社)日本物理学会	IPAP:物理系学術誌発行センター
JSP(社)応用物理学会	結晶工学分科会												
多元系化合物・太陽電池研究会	スピントロクス研究会												
MSJ(社)日本磁気学会	JACG(社)日本結晶成長学会												
JPS(社)日本物理学会	IPAP:物理系学術誌発行センター												

佐藤勝昭

科学技術振興機構(JST), 東京農工大学名誉教授

Katsuaki Sato (JST, TUAT)

応用物理学会業績賞(教育業績)
受賞記念講演2015.3.11

第15回応用物理学会業績賞(教育業績)受賞者と受賞理由

件名・インターネット書籍等を通じた 応用物性分野の教育・普及活動への貢献

佐藤勝昭氏は、長年にわたり、インターネットや書籍等を通じて応用物理学に関わる科学技術をわかりやすく解説することにより、広く若手研究者・技術者の育成と社会における普及活動を行い、応用物理分野に多大な貢献を果たしてきた。

2000年にインターネットのWEBサイト「物性なんでもQ&A」を開設し、半導体・金属・光・磁性・結晶工学などを中心とした応用物性に関する質問を幅広く受け、わかりやすく適切な回答を迅速に掲載し、小中高生、大学・大学院生、企業研究者・技術者などからの1300件余りの質問に回答してきた。それらのQ&Aには索引がつけられ、キーワードを調べることで、容易に目的とする項目にたどりつけるようにしている。これらの活動により、若手研究開発者や応用物理学に興味をもつ青少年や一般人の知的基盤の底上げに貢献してきた。閲覧数も多く、2007年以降でも60万件を超えている。インターネット時代の理工系教育に対してまさに先鞭をつけた業績である。

さらに、学協会での招待講演、大学での講義や市民講座などで使用したパワーポイントファイルをWeb公開するほか、eラーニングに積極的に取り組むなどインターネット公開をフルに活用した教育活動を行ってきた。また、書籍出版に関しても、数多くの一般・初学研究者向けの書籍を執筆し、科学知識の普及に努めてきた。

学会活動の一環として、「物性なんでもQ&A」をコンパクトにまとめた連載記事は応用物理学会結晶工学分科会の会誌『Crystal Letters』に毎回掲載され、2014年9月号の最終回までに22回を数えた。以上のように「インターネット・書籍等を通じた応用物性分野の教育・普及活動への貢献」に関する同氏の業績は、学生・若手研究開発者の育成・啓発、科学技術に関する青少年、一般人への啓発に大きく貢献する卓越したものであるといえ、応用物理学会業績賞(教育業績)として誠に相応しいものである。

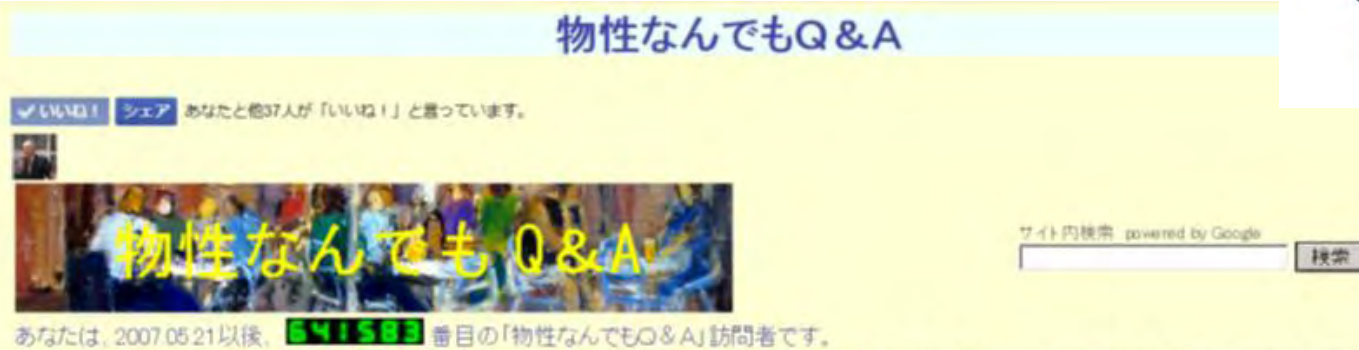
はじめに

- いま、イノベーションを進めるための人材育成が強く求められています。「人材育成」は農業と同じです。土を作り、種をまき、苗を育て、花を咲かせ、初めて果実を得るのですから、手間と時間がかかります。



- いま、インターネットであらゆる情報を取得できる時代です。この便利な手段を、人材育成に活用しない手はありません。

64万アクセスを超えた 「物性なんでもQ&A」



- 私は、応物分野の人材育成には、科学コミュニケーションが重要だと考え、2000年以來、インターネットを活用した双方向の対話「物性なんでもQ&A」を進めてきました。

このたび栄えある応用物理学会業績賞（教育業績）をいただくこととなりました。長年にわたって進めてきた地道な努力が評価されたものと、大変嬉しく存じます。

1996年

佐藤研究室のホームページ事始め

1995年～1996年にかけて、研究室の院生(M2)秋田君が、佐藤研究室のホームページを作成し、私にホームページ作成法を指南し、1996年3月研究室を後にしました。

それ以来、私がtext fileにhtml tagをつける形でホームページをメンテすることになりました。

当時のWhat's newの記載によると、

- 1996/7/26 佐藤教授の講義の項に、電子物性工学Ⅱの質問回答例および光物性工学の質問回答例がリンクされました。

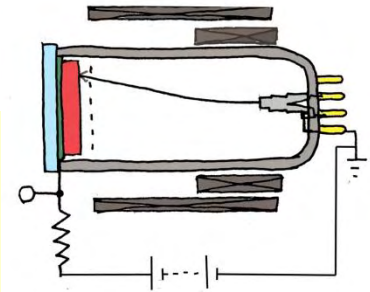
とあるように、学生からの授業内容についての質問と回答が、最初にネット公開されました。



それは電子物性工学Ⅱの授業での
学生の質問と回答から始まった

電子物性工学Ⅱ 1996. 10. 24

10/17の質問への回答



Q：テレビカメラ（CCDでないもの）の原理を知りたい

- A：撮像管という真空管の仲間です。画像は撮像管の窓のすぐ後ろにある光導電体（光が当たると電気を通しやすくなる半導体材料）でできたターゲットに結像され、光の強さに応じた正電荷が蓄えられます。これを電子ビームが走査したときに、電荷に応じた電流が回路に流れます。

Q：フレームメモリの原理を教えてください

- A：テレビ信号はアナログですからそのままでは扱えませんので、A/D変換してデジタル信号になおして、画素毎にRAMに記録させます。1フレームというのは、1枚の画面（1秒間には30画面が送られています）のことです。実際には、テレビ信号はインターレースとって、1走査線おきに伝送されています。その荒い画面をフィールドといいます。フレームメモリでは2フィールド分をため込んで1フレームを作ります。最近のパソコンではテレビ信号の処理ができますが、コンピュータの中のRAMをフレームメモリとして使用しているのです。

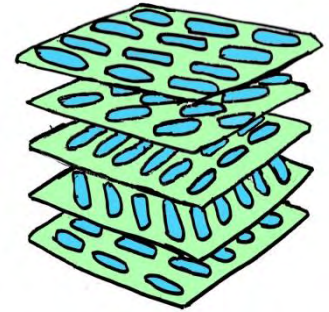
Q：普通のテレビジョンとハイビジョンの違いを教えてください

- A：まず横／縦比が普通のTVは4：3であるのに対し16：9です。走査線の数も、普通の方式では525本であるのに対しハイビジョンでは1125本です。水平解像度も現行方式の約2倍と鮮明になっています。伝送方式も、ハイビジョンでは静止画成分と動き成分をわけて送るなどの工夫をしています。現在は信号をアナログで伝送していますが、将来は、デジタル伝送方式になる予定です。

10/17の質問への回答（つづき）

Q：偏光の制御とはなにか

- A：液晶ディスプレイでは液晶分子の配向（並び方）を電圧で制御することによって偏光の回転を制御し、検光板を透過してくる光の量を制御します。（詳細は光物性工学：3年前期で）



Q：材料を冷やすことで伝送受信能力が高くなるのはなぜか

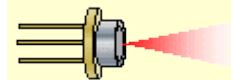
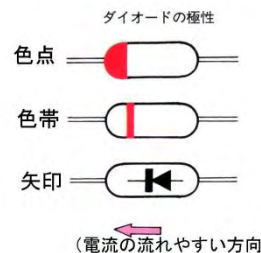
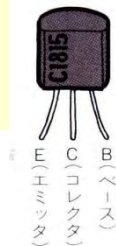
- A：熱雑音は kT に比例しますから、一般に低温にすれば雑音が減少し、弱い電波を増幅することができるようになります。

Q：不純物半導体の導電率のアレニウスプロットにおいて出払い領域が見られない場合はないのか

- A：あります。いきなり、折れ曲がる場合があります。

Q：デバイスとは何か

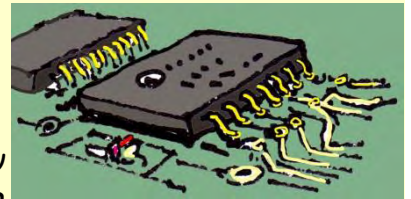
- A：英語でdeviceと書きます。仕掛けとか小細工という意味で、一般には、半導体デバイスは、日本語では半導体素子と訳されていることが多いようで、トランジスタ、ダイオード、集積回路、発光ダイオード、半導体レーザ、ホトダイオードなどのことを呼んでいます。



10/17の質問への回答（つづき）

Q：半導体で温度を上げると抵抗が上がるのか、導電率が上がるのかよくわからなかった

- A：半導体では、温度とともにキャリア密度が増加するので電気が流れやすくなります。すなわち、導電率が上がるのです。一方、金属では、キャリアの増加がほとんどありませんから、格子振動（フォノン）によるキャリアの散乱が効いて高温では、電気が流れにくく（抵抗が高く）なります。



Q：半導体が実際の機械の中でどういう役割をしているか

- A：テレビやパソコンの中を覗くと、ムカデのように足のたくさんある部品が基盤に半田付けしてあるのが見えるでしょう。あのムカデの黒いプラスチックをどけて中を見ると小さな半導体のチップがあります。ダイオードでもトランジスタでもプラスチックで保護されていますが、中には、1 mm程度の小さな半導体のチップが納めてあるのです。半導体素子は、ホトダイオードのようにセンサとして使われたり、トランジスタのように増幅器として使われたり、RAMのように論理回路素子として使われたりしています。

Q：温度によって抵抗が急激に変化する半導体をどのように制御するのですか。

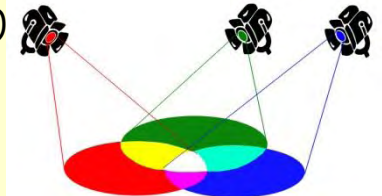
- A：出払い領域の所ではそんなに大きく変化しませんから、ドーピングの程度をよく制御すれば、そんなに使いにくくありません。

電子物性工学Ⅱ 佐藤勝昭教官 96.11.21

11/7の質問への回答

Q: TVやプロジェクタでは赤、緑、青で構成されているが、プリンタでは黒、黄、シアン、マゼンタで構成されているものがあるが、この違いは何か。

➤ A: 原色を混ぜて任意の色を作る方法に加色混合と減色混合があります。カラーテレビは加色混合、カラースライドは減色混合です。加色混合の3原色はR（赤）、G（緑）、B（青）ですが、減色混合の3原色はY（黄）、C（シアン=空色）、M（マゼンタ=赤紫）です。RGBを加色混合すると白になりますが、YCMを減色混合すると黒になります。ただ、混ぜ具合でいろいろな黒になるので、プリンタの場合、黒を別途加えているのです。（黒の作り方についての質問がありました。上の説明でもうおわかりと思います。



Q: たしか、色の3原色は赤、青、黄だったような気がするが・・・

➤ A: 上に述べたように減色混合の場合の3原色はYCMなのですが、C（シアン）、M（マゼンタ）はなじみのない色なので、小中学生に教える場合、Cの代わりにGを、Mの代わりにRを使って説明するのです。

Q: 緑は目に優しい、赤は活動的、青は心を落ち着かせるなどといわれるがこれは波長、反射率どちらに関係があるか。

➤ A: ものの色は、白色光のうちどの波長をよく反射または散乱するかによって決まっています。この色がどのような心理的効果を持つかは、物理的な性質ではなく人間の心理学的な性質です。

11/7の質問への回答（つづき）

Q: TVでは真の色は表せないといったが、人間も真の色を見ていないということか。

➤ A: 人間が見ることのできる色の範囲を全部は表現できないという意味です。

Q: 金属の色は自由電子の集団運動が原因だということだが、半導体の色はどのように見えるのか。

➤ A: 半導体の色は、主として光学吸収端の波長で決まります。どのような波長領域の光を透過するかで色が決まります。本日の講義で説明しますが詳しく知りたい方は山田、佐藤他著「機能材料のための量子工学」（講談社サイエンスフィク）第4章の問4.17の略解(p.196)も参照してください。



Q: 黒に熱が集中するのはなぜか。白の場合はどうなるか

➤ A: 黒は可視光のすべての波長の光を吸収する場合の色です。吸収された光のエネルギーは熱に変わるので、熱が集中するように思えるのです。白というのは、可視域の波長を波長にかかわらず同程度反射または散乱する場合をいいます。したがって、白色の物体は光を吸収しないので光をあててもあまり加熱されません。

Q: 金銀銅の自由電子の重さが違ってくるといえるのはどういう意味か。

➤ A: 話をわかりやすくするために有効質量が違うとして説明したのですが、この説明は正確ではありません。実際にはプラズマ（角）周波数 ω_p は、 $\omega_p^2 = Ne^2/m^* \epsilon_\infty$ で与えられ、実効的な誘電率が物質によって異なることから ω_p の違いが生じています。

2000/6/23これまでの講義Q&Aを項目別に整理
「物質の不思議Q&Aコーナー」を新設。

- 材料一般
- 金属の物性と電子状態
- 物質の硬さと強さ
- 金属と光・色
- 合金・金属間化合物

<http://www.tuat.ac.jp/~katsuaki/metalQ&A.html>

金属についてのQ&A

材料一般

1. 構造材料と機能材料の違いがよくわからない→自動車のボディを作るに鋼板は構造材料です。しかし鉄を磁性体としてみたらそれは機能材料ということになります。
2. 金属は昔からよく使われているが、今現在でも精製法に改良が加えられているか→A. 省資源、省エネルギー、環境適合性などの観点から、改良が行われています。特に環境汚染物質をどうすれば出さないで作れるかが大きな課題になっています。すべてのプロセスの見直しがなされているようです。
3. 金は食べたりするが毒性はないか→A. 金はさびにくいものですが、他の分子と結合しにくく体内にほとんど取り込まれません。金は安定で蓄積作用もないので安全性には全く問題ありません。
4. 金属元素の結晶構造にはプリントに乗っている以外のもあるか→A. プリントのはあくまで室温で、1気圧で安定な相のみです。高温相では別の構造をとるものもありますとるものもあります。
5. なぜアルミは軽いのか→A: Alの原子番号は13、原子量は27ですから、Mg(原子番号12、原子量24)について軽い金属です。実用金属としてAlの次に軽いのはTi(原子番号22、原子量48)ですから、はるかに軽いことは明らかです。(このことは、高校生でも知っていると思うのですが)
6. マイクロチップのボンディングにAuが使われているそうだが、Agの方が電気伝導率も低く、引っ張り強さも大きく有利ではないのか。ボンディングワイヤはCuの方がよいと思うが。→A: AgはAuよりさびやすいです。CuはAuに比べて軟らかくないので、**圧着や超音波ボンディングが難しいので使いません。**
7. 金について18Kと24Kはどう違うのか→A: 純金が24K(カラット)、18Kは金の含有量が18/24の合金です。
8. 純粋な鉄はさびにくいと言われたがどのくらいですか→A: ステンレス並とっておきましょう。
9. 鉄にも固体・液体・気体という相は存在するのでしょうか→A: **はい、存在します。**高温にしますと、融液という液体になります。溶鉱炉の中の鉄はどろどろに溶けた液体です。また、高温の鉄融液からは鉄の気体が蒸発しています。**真空蒸着**で鉄の薄膜が出来ますが、気体となって飛んでいくのです。
10. 先生がちらっとおっしゃった透明な誘電体が気になる→A. 誘電体でなく電気伝導体です。透明電極などといいます。In-Sn-Oの化合物の薄膜です。これは金属ではなく縮退した半導体といって伝導電子がたくさんある半導体です。ZnOも透明電極になります。

金属の物性と電子状態

11. 金属は自由電子を持っているがどうやって結合しているか分からない→A: マイナスの電荷の海にプラスの電荷が浮かんでいて、プラスの電荷が等間隔に並ぶと静電エネルギーが低くなるのです。
12. 金属の電気的性質は原子の配置で変わるのですか→A: 金属は金属結合という結合の仕方では電気的性質が決まっていますが、その移動度などの詳細は、電子構造によってきまっており、電子構造は結晶構造つまり原子の配置によって変わります。
13. 金属の自由電子は全ての電子でなく最外殻電子ですか→A: その通りです。さらにフェルミ準位付近のエネルギーを持つ電子のみです。
14. 授業でCuは1価だということだった。1価の金属なのにイオンになると2価になるのは何故でしょう→A. Cuの電子配置はアルゴンの閉殻($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$)の外に $3d^{10} 4s^1$ という外殻電子をもっています。4s電子を1個もって、これが金属結合に関与していることが1価金属である由来です。硫黄と結合するときにはこの1個の電子が硫黄との共有結合に使われ Cu^+ となります。しかし、酸素と結合すると、4s電子1個と3d電子1個がイオン結合に使われて結果的に Cu^{2+} になります。つまりイオン価数は、金属の価数とは関係なくアニオンの種類や結合の性質によって変わります。遷移金属はイオンになるといろいろの価数をとります。例えば $Cr(3d^5 4s^1)$ はGaAsに添加されたとき、 $Cr^{+1}(3d^5)$ 、 $Cr^{+2}(3d^4)$ 、 $Cr^{+3}(3d^3)$ のいずれの価数をもとることが知られています。
15. なぜAuがよく伸び、金属の中にはほとんど伸びないものもあるのはなぜですか→A: Auなど貴金属の結合にはs,p電子が寄与していますが、Fe、Tiなど遷移金属の結合にはd電子が寄与しています。金属結合は、原子の外殻電子のうちs,p電子が結晶全体に広がることによって全エネルギーが低下することが原因ですが、このことが通常金属(Na, Mg, Alなど)や貴金属(Cu, Ag, Au)の柔らかさをもたらします。一方、d電子は隣接原子付近に局在しており、このことが結合の強さをもたらしています。

物質の不思議Q&Aコーナー—登場

物質のふしぎコーナー

「材料一般」

1. 構造材料と機能材料の違いがよくわからない→A. 自動車のボディーを作っている鋼板は構造材料です。しかし鉄を磁性体としてみたらそれは機能材料ということになります。
2. 金属は昔からよく使われているが、今現在でも精製法に改良が加えられているか→A. 省資源、省エネルギー、環境適合性などの観点から、改良が行われています。特に環境汚染物質をどうすれば出さないで作れるかが大きな課題になっています。すべてのプロセスの見直しがなされているようです。
3. 金は食べたりするが毒性はないのか→A. 金はさびにくいものですが、他の分子と結合しにくく体内にほとんど取り込まれません。金は安定で蓄積作用もないので安全性には全く問題ありません。
4. 金属元素の結晶構造にはプリントに乗っている以外にもあるか→A. プリントのはあくまで室温で、1気圧で安定な相のみです。高温相では別の構造をとるものもありますとるものもあります。
5. なぜアルミは軽いのか→A: Alの原子番号は13, 原子量は27ですから、Mg(原子番号12, 原子量24)について軽い金属です。実用金属としてAlの次に軽いのはTi(原子番号22, 原子量48)ですから、はるかに軽いことは明らかです。(このことは、高校生でも知っていると思うのですが)
6. マイクロチップのボンディングにAuが使われているそうだが、Agの方が電気伝導率も低く、引っ張り強さも大きく有利ではないのか。ボンディングワイヤはCuの方がよいと思うが。→A: AgはAuよりさびやすいです。CuはAuに比べて軟らかくないので、圧着や超音波ボンディングが難しいので使いません。
7. 金について18Kと24Kはどう違うのか→A: 純金が24K(カラット)、18Kは金の含有量が18/24の合金です。
8. 純粋な鉄はさびにくいと言われたがどのくらいですか→A: ステンレス並とっておきましょう。
9. 鉄にも固体・液体・気体という相は存在するのでしょうか→A: はい、存在します。高温にしますと、融液という液体になります。溶鉱炉の中の鉄はどろどろに溶けた液体です。また、高温の鉄融液からは鉄の気体が蒸発しています。真空蒸着で鉄の薄膜が出来ますが、気体となって飛んでいくのです。
10. 先生がちらっとおっしゃった透明な誘電体が気になる→A. 誘電体でなく電気伝導体です。透明電極などといいます。In-Sn-Oの化合物の薄膜です。これは金属ではなく縮退した半導体といって伝導電子がたくさんある半導体です。ZnOも透明電極になります。

物質のふしぎコーナー

金属の物性と電子状態

1. 金属は自由電子を持っているがどうやって結合しているか分からない→A: マイナスの電荷の海にプラスの電荷が浮かんでいて、プラスの電荷が等間隔に並ぶと静電エネルギーが低くなるのです。
2. 金属の電気的性質は原子の配置で変わるのですか→A: 金属は金属結合という結合の仕方で電気的性質が決まっていますが、その移動度などの詳細は、電子構造によってきまっており、電子構造は結晶構造つまり原子の配置によって変わります。
3. 金属の自由電子は全ての電子でなく最外殻電子ですか→A: その通りです。さらにフェルミ準位付近のエネルギーを持つ電子のみです。
4. 授業でCuは1価だということだった。1価の金属なのにイオンになると2価になるのは何故でしょう→A. Cuの電子配置はアルゴンの閉殻($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$)の外に $3d^{10} 4s^1$ という外殻電子をもっています。4s電子を1個もっていて、これが金属結合に関与していることが1価金属である由来です。硫黄と結合するときにはこの1個の電子が硫黄との共有結合に使われ Cu^{1+} となります。しかし、酸素と結合すると、4s電子1個と3d電子1個がイオン結合に使われて結果的に Cu^{2+} になります。つまりイオン価数は、金属の価数とは関係なくアニオンの種類や結合の性質によって変わるのです。遷移金属はイオンになるといろいろの価数をとります。例えばCr($3d^5 4s^1$)はGaAsに添加されたとき、 $Cr^{1+}(3d^5)$, $Cr^{2+}(3d^4)$, $Cr^{3+}(3d^3)$ のいずれの価数をもとることが知られています。
5. なぜAuがよく伸び、金属の中にはほとんど伸びないものもあるのはなぜですか→A: Auなど貴金属の結合にはs,p電子が寄与していますが、Fe, Tiなど遷移金属の結合にはd電子が寄与しています。金属結合は、原子の外殻電子のうちs,p電子が結晶全体に広がることによって全エネルギーが低下することが原因ですが、このことが通常金属(Na, Mg, Alなど)や貴金属(Cu, Ag, Au)の柔らかさをもたらします。一方、d電子は隣接原子付近に局在しており、このことが結合の強さをもたらしています。

「物質のふしぎコーナー」に、農工大学生や 検索でたどり着いた方からメールで質問

- 農工大学生「音波」「超音波」「光の波動性」
- 他大学学生（阪大、埼玉大、東大、阪府大、豊田工大）
- 日テレ「伊東家の食卓」
- 公共機関（警察大学校・・・）
- 企業（鉱物科学研究所、T社、TK社、S電機、I技研、X社、A社、K精鋼・・・）
- 「物性なんでもQ&A」コーナーを作ることに

「物性なんでもQ&A」コーナーを新設

- 2000/10/24 メールで寄せられたさまざまなご質問への回答を記した「物性なんでもQ&A」コーナーを新設(2000/1/7 以来のQ&Aを遡ってアップ)

日付	質問項目	分類	質問者
2000.6.1	「光と磁気」	磁気光学	阪大M.Y.さん
2000.5.21	フェライト	磁性	埼玉大澤田さん
2000.5.10	「光と磁気」	磁気光学	阪大M.Y.さん
2000.5.9	光速を超音波の速度まで落とせるか？	光物性	農工大Nさん
2000.5.9	黄錫鉱は人工的に作れるか	結晶成長学	鉱物科学研究所の####
	金属の反射スペクトル	光物性	TS社\$\$\$\$
2000.4.24	音波	音波物性	農工大Nさん
	「光と磁気」(初版)	磁性	M.Y.さん
2000.03.31	アルミパイプの中を磁石が回りながら落ちる	磁性	伊東家の食卓リサーチ担当さん
	スチール缶が方位磁石になる	磁性	伊東家の食卓リサーチ担当さん

2001/07/14 物質のふしぎコーナーに 物性なんでもQ&Aの質問を合体



物質の不思議Q&A Updated 2015.03.07 11:50:23

金属・ダイヤモンド・光物性・半導体・誘電体・・・モノの不思議に答えます

農工大在職中の講義でのQ&A、および、「物性なんでもQ&A」にきた質問へのQ&Aを項目別に分類しました。理工系大学生・研究者のふつうの疑問にお答えします。(ホームページの移行に伴い一部リンク切れが発生しています。修正中ですのでご了承ください。)

<p>1. ● 金属の不思議</p> <p>講義のQ&Aから</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 硬さと強さ 2. 合金 3. 金属のこじりしろ 4. 金属の物性と電子構造 5. 金属の色と反射 <p>物理(なんでもQ&Aより)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 金属結合 2. 金属結合について 3. 金属結合と共有結合 4. 金属結合の原子モデル <p>光学的性質(なんでもQ&Aより)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 亜鉛(光吸収係数) 2. 金属の色(ドルーデ則、バンド間遷移) 3. 金属の色(貴金属) 4. 金属(吸収係とプラズマ振動数) 5. 金属(なぜ光る) 6. 金属の光 7. 金属の反射率 8. 金属の反射率(斜め入射) 9. 金属の反射(中赤外) 10. 金属(複素屈折率) 11. 金属の有効質量 12. 金属微粒子(プラズモン励起) 13. 金属微粒子(赤外光物性) <p>電気的性質(なんでもQ&Aより)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 金属(キャリア濃度) 2. 金属(接触電位差) 3. 金属(低周波における誘電率) 4. 金属材料(電気抵抗) 5. 金属の誘電率 6. 金属(誘電率の温度依存性) 7. 金属の誘電損失 <p>磁気的性質(なんでもQ&Aより)</p>	<p>機械的・熱的性質・その他(なんでもQ&Aより)</p> <p>アルミニウムの熱的・機械的性質</p> <p>硬さと延性 硬さ(ジョアー) 硬さ(シヤール) 硬さ(シヤール) 硬さ(反発係数) 硬さと表面張力 金属の熱膨張係数 高熱伝導率材料 金属の臭い(なんでもQ&Aより) 金属(なぜさびる)(なんでもQ&Aより) 金属(ITOとの実質性) 金属(粘性係数と表面張力)</p> <p>● アルミニウム</p> <p>なんでもQ&Aから</p> <p>物性一般</p> <p>アルミニウム(スチール缶と) アルミニウム(堆積温度による薄膜の物性の違い) アルミニウム(見分(ナ方))</p> <p>電磁気的性質</p> <p>アルミニウム(板のマイクロ波反射率) アルミニウム(板上でのネオジム磁石の運動) アルミニウム(電気特性の面積による違い) アルミニウム合金薄膜(許容電流密度)</p> <p>光学的性質</p> <p>アルミニウム(反射率) アルミニウム(反射率のデップ) アルミニウム(高い反射率の起源) アルミニウム(UV反射率) アルミニウムの反射率(入射角による)</p>	<p>機械的・熱的性質</p> <p>アルミニウム(板の反り) アルミニウム(空気に放置した塊の温度) アルミニウム(焼鈍材と圧延材) アルミニウムの熱伝導率測定 アルミニウム(線膨張係数) アルミニウム(構造合金のホウソウ社) アルミニウム(後加工後の変形) アルミニウム(薄膜の応力緩和速度)</p> <p>プロセス</p> <p>アルミニウム(合金の焼鈍後の腐食) アルミニウム(酸化被膜の耐食性) アルミニウム(線の銅フレームとのボンディング) アルミニウム(低温成膜Alの物性) アルミニウム(HVAF) アルミニウム・銅[Al-Cu]合金(铸造の際の成分の偏り)</p> <p>● ステンレス</p> <p>なんでもQ&Aから</p> <p>ステンレス(屈折率) ステンレス(18-8)(食品安全性) ステンレス(スイッチ部オへの導入) ステンレス(酸化スケールの剥離と腐食) ステンレス(線膨張係数) ステンレス(低導磁性) ステンレス(なぜ磁石につかぬのか) ステンレス(不動磁の抵抗) ステンレス(反射率の温度変化) ステンレス(鉄鋼) ステンレス(マルテンサイト量の評価) ステンレス(耐腐蝕性) ステンレス(鋼オーステナイトの脆性) ステンレス(SUS316の熱膨張) ステンレス材(SUS321)溶接後の磁化) ステンレス(SUS404の物性値) ステンレス(鋼(煉)け)</p>	<p>● ダイヤモンドの不思議</p> <p>硬さと加工 物性 宝石について(なんでもQ&Aより)</p> <p>● 光と光物性の不思議</p> <p>講義のQ&Aより</p> <p>基礎 色と光 金属の色と反射 光電子デバイス ディスプレイ 液晶 光記録 DVD</p> <p>なんでもQ&Aより</p> <p>誘電体中の光の伝播 光ファイバ(レイリー散乱) 光子と電波のちがひ 波動性と粒子性 偏光 QDの紅色に見えるわけ 色彩の見え方 励起子発光について 朝日と夕日の色 リンク(なぜ赤い) 白金と銅熱の濃い 現像液(なぜ故里しか) めつた石(なぜ黒い) 塗料の白色・黒色 裏面反射率を格わない反射率測定 金属の誘電率 金属の反射率</p>	<p>斜め入射の金属反射率 斜め入射の反射に於ける複素数の角度 45度入射の薄膜の反射・透過の計算法 斜め入射の光吸収 シリコンウェハの斜め入射UV反射率 斜めキザキザ構造からの発色(反射光)に ついて</p> <p>振動反射スペクトル 薄膜の吸収スペクトル 振作薄膜の光学測定 光学吸収線の複 光学定数の抽出法 屈折率(シカガラス、赤外) 屈折率分散 光伝導の測定 光伝導について 太陽電池パネルを設置したい GIS太陽電池 光電変換材料 太陽電池の本 色素増感太陽電池 フォトニック結晶(光局在) フォトニック結晶(磁石) ホリマーの色と電気伝導 液晶ディスプレイについて(1) 液晶ディスプレイについて(2) 液晶ディスプレイのIPSモード 単くなった液晶表示 液晶の赤外特性 有機ELについて</p>
--	---	---	---	--

その後

- 2007年には佐藤研究室HPの総閲覧数が27万アクセスを突破。(アクセスの大部分はなんでもQ&A)
- 2007年5月に佐藤は農工大を退職
- これに伴い、HPをプロバイダに移設
 - 2007年2月: なんでもQ&Aを先行移設
 - 2007年5月: 佐藤ぎやらりーをniftyに移設
 - 2007年5月: なんでもQ&Aにアクセスカウンター設置

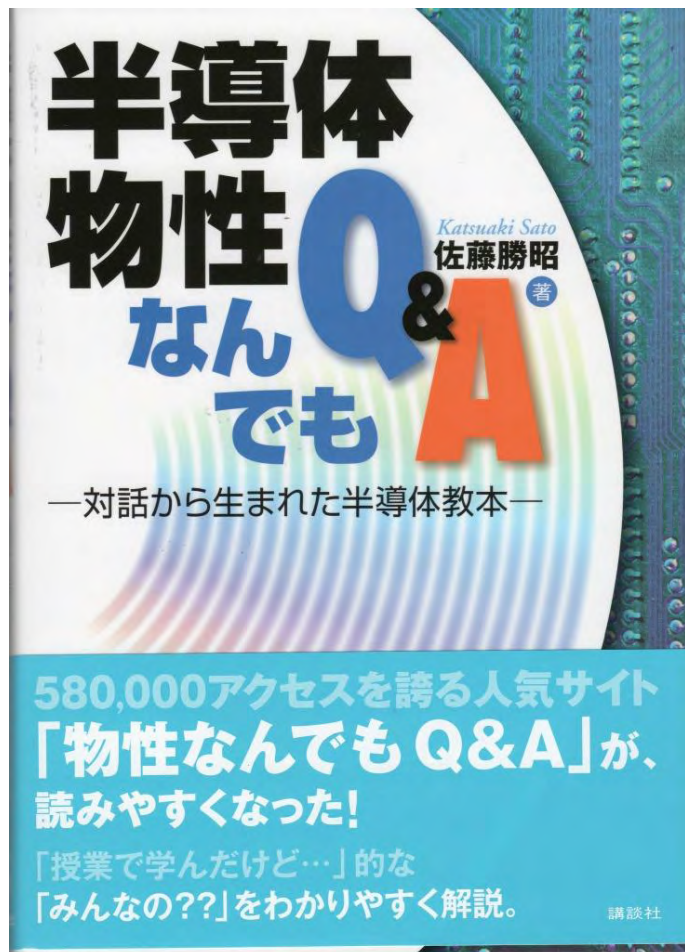


移設後順調に閲覧数が増加、
もうすぐ65万アクセスに

半導体物性なんでもQ&A

-対話から生まれた半導体教本-

講談社, 2010年6月10日発行



この本は、「物性なんでもQ&A」に寄せられた多くのご質問と、それに対する回答のうちから半導体に関するものを収録したものです。

半導体デバイスの分野は進展が速く、常に積極的な開発が行われています。このため、新規材料の探索、既存材料・製品の改良といろいろな研究段階で基礎となる物性に立ち戻ることになります。

半導体を理解するにはかなりの基礎知識が必要です。 学生時代に半導体の教育を受けた経験のある電気電子系の人でも実際の問題解決に直面したとき、「授業で学んだことがあるが身に付いていない」、「なんとなくわかっていたつもりだったけど・・・」ということがよくあります。また、異分野の出身者も「教科書を読んでもわからない・・・」、「どこから取りかかってよいか・・・」と困っているかたも多いようです。

「物性なんでもQ&A」は、**このようなお困り研究者の駆け込み寺**です。それゆえ、ホームページに読者が集まり、それぞれの置かれた立場でそのつど再勉強しているようです。

この本では、ナマのホームページの雰囲気をするだけ伝えるために、質問に対する回答を受けての再質問、それに対する回答・・・というやりとりも再録しました。

ホームページでは、htmlで記述しているため数式がわかりにくい、図が少ないなど、やや不親切な部分もありましたので、この本では、数式の記述、適切な図の挿入などに手を加えました。また、WebのQ&Aでは質問者のレベルに合わせて専門用語の意味をわかっているとしてお答えしている部分があり、**分野の離れた読者には不親切ではないかと考え、Follow upという項目を設け解説**しました。

結晶工学分科会会報 Crystal Letters連載

2007年以来「物性なんでもQ&A」に寄せられた質問と回答の中から、結晶工学関係者にご関心のありそうなものをピックアップしてご紹介しています。

■クリスタルレターズ No.36 (2007.9)
結晶工学ニュース第75号 目次



巻頭言

・結晶工学と結晶成長学 / 佐藤 勝昭……

基礎講座

・化合物半導体エピタキシャル成長時における欠陥と熱的不安定性
第2回 成長時に発生する欠陥2-バルク欠陥 / 上田 修……

会合予告

・第12回結晶工学セミナー
「電気・工学測定技術の基礎と応用-ワイドバンドギャップ半導体編-」
・結晶工学分科会年末講演会「結晶から広がる科学」……

会合報告

・第127回結晶工学分科会研究会「IV族系半導体のひずみエンジニアリング」
講演テキスト「超臨界膜厚ひずみSi/SiGeの欠陥制御 木村 嘉伸」……
・第138回結晶工学スクール……
・2007年秋季第68回応用物理学会学術講演会結晶工学分科会企画シンポジウム
「実用化の始まった化合物太陽電池」……
・2007年秋季第68回応用物理学会学術講演会結晶工学分科会企画シンポジウム
「蛍光体結晶でつくる大画面ディスプレイと白色LEDの性能改善」

技術ノート

・c-GaN分子線エピタキシーにおける成長初期過程の理論解析 / 寒川 義裕

質問コーナー

・「物性なんでもQ&A」より / 佐藤 勝昭 ……

コピーブレイク

・男行動参画白書から見る女性研究者 / 遠山 嘉……
・社会人大学院教育から見た生涯学習の実践(その2) / 和泉 茂……

号	タイトル	号	タイトル
36	GaN	47	サファイアとアルミナ
37	金属の光学的性質(1)	48	ステンレス鋼の物性
38	金属の光学的性質(2)	49	バンドギャップと物性
39	ITOの物性	50	熱物性いろいろ
40	グラファイトとダイヤモンド	51	固体中の遷移金属物性
41	ZnO	52	ラマン散乱
42	表面プラズモン	53	ルミネッセンス
43	誘電体物性	54	仕事関数
44	赤外光物性	55	薄膜の光学評価
45	機械的性質	56	磁気物性
46	アモルファス	57	連載の終わりにあたって

(例1)「物性なんでもQ&A」第12回 Al₂O₃の物性ーサファイアとアルミナ

分類	番号	質問内容	所属
プロセス	195	サファイアのエッチャント	企業
熱物性	631	サファイアの1850°Cまでの高温特性	企業
結晶工学	892	サファイア単結晶のX線回折	企業
機械的性質	978	γアルミナの硬度	企業
プロセス	1039	アルミナのレーザ加工	企業
結晶工学	1213	サファイアガラスとは？	企業OB

195 サファイアのエッチャント

Date: Thu, 8 May 2003 14:22:12

Q: 佐藤勝昭先生へ

はじめまして。F社に勤務するKと申します。初めてのメールで少し緊張しておりますが、先日会社の上司からサファイアのエッチングを依頼されたのですが、まずはサファイアとは一体どのようなものなのか、そして、どのような薬液で腐食されるのかをまず知るべきであり、自分自身でも調べてはみたのですがまだまだ不十分で分からない状態であり、佐藤先生の力をお借りしたくメール差し上げました。

将来的にはそのサファイアにパターンニングして製品になっていくわけなのですが、実際ちょっとだけ実験しました。その内容は、材料：厚さ1mm 4×5.3cm角の透明なサファイア基板を、35%の薄めないフッ酸に5分間浸したというものです。結果、全く腐食されませんでした。フッ酸だけではだめでしたので、フッ酸に硝酸や塩酸などを調合しないとイケないのではないかなと思いました。

サファイアとは何か？またそれをエッチングする（腐食させる）液とはどのようなものがあるのか、お忙しい中恐縮ですが、教えて頂けませんでしょうか？よろしくお願ひ致します。

Date: Thu, 8 May 2003 16:09:39

A: K様、佐藤勝昭です。

メールありがとうございました。私の知る限りサファイアの有効なエッチャントはないと思います。もしあったら、私も使いたいのですが・・・。

たとえば、UCOPのホームページにあるBlue and Green InGaN VCSEL Technologyという論文には

No efficient etchant exists for sapphire removal.

と書かれていますし、Naval Researchのホームページにある

Newsletter Report: Large Freestanding GaN Substrates by Hydride Vapor Phase Epitaxy Using GaAs as a Starting Substrate

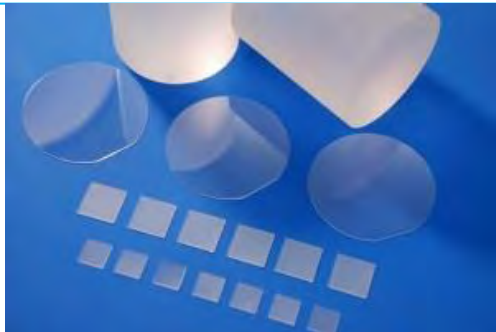
という論文にも、

However, **it is neither very easy nor productive to separate the GaN layer from the sapphire substrate** because sapphire is very hard and is not etched by any etchant.

と書かれています。あとは、Ar-millingとかGa-ion beamを用いたFIBで物理的に剥離するしかないと思います。

Date: Thu, 8 May 2003 16:27:48 +0900

AA: 敏速な対応ありがとうございます。やはり、サファイアなどのファインセラミックスは耐薬品性に優れておりエッチング加工は難しいのですね。残念ですが、自分なりに実験して上司に結果を報告したいと思います。ご回答、本当にありがとうございました。



1213. サファイアガラスとは？

Date : Mon, 2 Aug 2010 17:08:55

Q: 佐藤勝昭 様

いつも先生のホームページを拝読し、知識の深さに感銘しています。また、時折見かける院生・卒論生からの質問にもまことに適切なお指導をされ、我が意を得たりの思いです。

小生いまは半ばリタイアの身ですが、一時期素材メーカーで化合物半導体(Ⅲ-V族、Ⅱ-VI族の両方とも扱っていました)の単結晶作りに勤んでおりましたこともあり、今でも単結晶と聞くと血が騒ぎます。T*と申します。先日、ふとある単語が気になり、少々調べてみましたが答えが得られずにおります。ご教示賜りたくメールを送らせて頂きます。

サファイアガラスというモノです。

酸化ケイ素なら、非晶質の物質は「石英ガラス」と呼ばれ、単結晶は「石英」と呼ばれます。では、アルミナの場合はどうなのか？第一に、サファイアガラスはガラスなのか単結晶なのか、という疑問。どうも、メーカーのホームページでは、単結晶アルミナのことを「サファイアガラス」と表記しているように思えますが、そうなのでしょうか？第二に、非晶質のアルミナは、ガラスのように使えないのか、という疑問です。

かなり良い耐熱材料です。どうやって加工するのか、というのが問題のようにも思いますが。

Date : Mon, 2 Aug 2010 18:23:47

A: T様、佐藤勝昭です。

「なんでもQ&A」をごひいきにして頂きありがとうございます。ご質問にお答えします。

(1) サファイアガラスはガラス窓のように無色透明なサファイアということで α - Al_2O_3 の単結晶(コランダム)です。アルミナ・セラミクスは、炉心管などに使いますが、あれは α - Al_2O_3 微結晶の集合体です。そもそも α - Al_2O_3 は高融点物質($T_m=2072^\circ\text{C}$)なので、ガラス転移点もよく知られていないのではないかと思います。アルミニウムシリケートのように固溶体を作ると融点も下がりガラス化できるのですが、アルミナそのものではガラスにするのは難しいのではないかと思います。

(2) 一方、Alは酸化しやすく、空気中に置くと直ちに自然酸化膜ができますが、これはアモルファスです。MTJ(磁気トンネル接合)のTMR(トンネル磁気抵抗)素子では、最近になるまでAlのアモルファス酸化膜をトンネルバリアとして用いていました。今では湯浅氏らの開発したMgO単結晶バリアが普通になりましたが・・・

アモルファス Al_2O_3 薄膜は一種のガラスです。ただ、Alを自然酸化すると、数ナノメートルの膜を作った段階でこれが不動態となって、これ以上酸化が進行しないという特徴があります。おそらくCVDやALEなどの方法を取ればかなり厚くできるとは思うのですが、そんな面倒なことをして作った高価なガラスは、耐摩耗性・耐食性コーティングなど特殊な用途以外に使われないと思います。

Date : Mon, 2 Aug 2010 20:28:11 +0900

佐藤勝昭 様

早々にお返事を頂き、まことにありがとうございます。疑問が氷解しました。ご指摘のガラス転移点には思いが及びませんでした。glass transition temperature (of) alumina でネット検索をしても、何も出てこないところを見ると、ガラス転移しないのかとも思います。固化後は、機械加工以外に加工方法が無いようでは、用途も限定されます。もっとも現在、サファイア・ウェーハはGaNのLED用基板として供給不足とのことですので、それで十分に世間のお役に立ってはいるんでしょう。

余談ですが、単結晶屋の端くれとしては「**単結晶をガラスと呼ぶな!**」という思いも多少あります。ありがとうございました。T拝。

「物性なんでもQ&A」第6回

ZnOの物性

分類	番号	質問内容	所属
光物性	321	ZnOのフォトルミネッセンス	大学院修士学生
光物性	335	ZnOの赤外吸収	企業
光物性	909	ポーラスZnOの発光	大学院修士学生
電気特性	1001	ZnO透明導電膜について	大学院修士学生
圧電性	329	ZnOの圧電性について	大学院修士学生
電気特性	709	なぜZnOはn型で、NiOはp型か	大学生

321. ZnOのフォトルミネッセンス

Date: Sun, 1 Feb 2004 13:50:03 +0900

Q: 佐藤先生、こんにちは。S大学修士学生Hと申します。

私は、修士のテーマとして、フォトルミネッセンス測定をすることになりました。材料はZnOバルク焼結体について行なっています。現在フォトルミネッセンス測定の詳しい解析が出来ずに困っています。

バンド端近くに、ZnO不純物無添加試料では酸素空孔によるものと思われる、ブロードの発光を確認しています。Al₂O₃添加(3,5,10wt%)で、ブロードのスペクトル、空孔による発光が無添加試料よりもかなり大きく出ました。Alが亜鉛位置を置換して、ドナー準位を形成、酸素空孔は、深いドナー準位を形成していると言われていますが、キャリア(電子)の増大、このキャリアが光励起によって遷移し、発光に関与するのでしょうか。発光強度が大きくなる理由が良くわからないでいます。

また、束縛励起子はフォノンを放出する過程フォノンレプリカをもつのでしょうか。(測定温度77K) 酸化亜鉛の場合、ドナー準位に束縛された励起子発光をとらえていると私は考えているのですが考察に苦しんでいる状況です。幾分、参考になるものが少なく、もし良い参考書があれば教えていただきたいと思います。よろしく御願います。

Date: Sun, 01 Feb 2004 20:47:04 +0900

A: H君、佐藤勝昭です。ZnOの発光についてのお尋ねですが、発光のメカニズムは必ずしも明らかになっていないようです。Y.G. Wang et al., J.Cryst. Growth 259 (2003)335-342によると、MBEで成膜したZnO薄膜の発光は、NBE(near band-edge emission)発光 (3.3eV付近)と、DLE(deep level emission)のブロード発光(1.8eV, 2.3-2.4eV) からなります。

NBEは自由励起子発光、DLEは欠陥に関連した発光にアサインされています。NBEは900°C1時間半のアニールによってエンハンスされ、さらにアニールを続けるとNBE発光が弱くなるということが書かれています。DLEのオレンジ発光(1.85eV)はアニールによって減少するが、緑色発光(2.3-2.4eV)はアニールでエンハンスするということです。この緑色発光帯のメカニズムが酸素空孔によるか亜鉛空孔によるか、あるいは、両空孔が関与するかについては論争があり、決着が付いていないようです。この論文では、アニールによって発光が強くなる理由について、非発光中心の密度が減少したことによると述べています。

あなたの試料は、バルク焼結体なので、MBE薄膜に比べ、欠陥が多いものと考えられます。あなたのおっしゃる「バンド端近くの酸素空孔によるもの

と思われるブロードの発光」のエネルギー位置はどのあたりですか。「酸素空孔による」ということは、上の論文のNBE発光ではなくDLE発光なのでしょう。あなたの試料では、Al₂O₃を添加することによるキャリア密度の増大が発光の増大の原因ではないかと考えておられるようですが、フォトルミネッセンス(PL)においては、自由キャリアの励起が発光に結びつくことはありません。もし、Zn空孔が非発光再結合に関与しているならば、AlがZnを置換することによって、非発光再結合が減少して、よく光るようになったと考えられませんか。

次に、束縛励起子発光ですが、どのエネルギー位置にでる発光を指しているのですか。束縛励起子発光は線幅が狭いのでフォノンレプリカが明確に分離して見えると思います。(77Kでは、ややブロードになると思いますが...) いずれにせよ、データをお見せ頂かないと、判断のしようがありません。スペクトルのデータをjpgファイルなどの電子ファイルでお送り下さい。

Date: Tue, 3 Feb 2004 20:30:11 +0900

Q2: 夜分すいません、S大学 H です。

丁寧なご指導ありがとうございます御座いました。大変参考になりました。おっしゃるとおり、空孔による深い準位による発光をとらえたものであるとおもいます。前日、先生のHPを拝見いたしました。やはり、自分のデータについては、指導教官との話し合うべきものと私自身も思いました。お恥ずかしい次第です。

しかし疑問は尽きないもので、勉強不足を露呈するものですが再度、質問を2、3させて頂きたいと思います。

1. 空孔はどのような発光過程を持つのでしょうか。例えば酸素空孔であれば、酸素が抜けドナーの振る舞いをしていることが予測できますが、深い準位を形成すると、この準位に励起子が束縛されて、発光が起こるのでしょうか。
2. バンド端の発光についてですが、先生から頂いた論文では、室温での測定でしたが、なぜ、自由励起子は室温でも存在できるのでしょうか。自由励起子は、並進による運動エネルギーを持つと言われてはいますが、そのために、室温でも存在できるのでしょうか。
3. 最後に、PLスペクトルにおいて測定温度が低温から高温に変化するにつれて、スペクトルが低エネルギー側にシフトしますが、その理由がよく分かりません。お忙しいところ申し訳御座いません、ご指導よろしく御願致します。

321. ZnOのフォトルミネッセンス(続き)

Date: Tue, 3 Feb 2004 23:06:51 +0900

A2: S大学H様

(空孔の発光過程) あなたが観測したブロードな発光は励起子発光ではありません。DLEIはDAP(donor-acceptor pair)発光ではないかと存じます。この場合、Znを置換したAlドナーに捉えられた電子とZn空孔のアクセプタに捕まったホールとの間の発光遷移が考えられます。あるいは酸素空孔(ドナー)に捕まった電子と、亜鉛空孔(アクセプタ)に捉えられたホールの再結合かもしれません。DAP発光であれば、PLスペクトルの励起強度依存性をとると、発光ピークの高エネルギーシフト(blue shift)が起きます。いっぽう、時間分解スペクトルをとると、励起終了後時間とともに発光ピークは低エネルギーへシフトします。

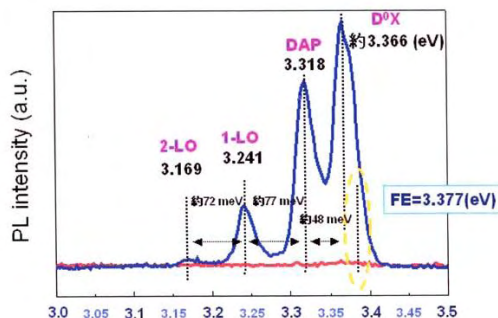
(自由励起子の室温での存在) ZnOの励起子束縛エネルギーは60meVもあります。室温の $kT=25\text{meV}$ なので、室温でも電子とホールの束縛は解けず、自由励起子は解離しないのです。大きな束縛エネルギーは大きな有効質量と小さな比誘電率のせいです。

(スペクトルの温度シフト) 一般に、半導体のバンドギャップは温度を上昇すると小さくなります。従って、半導体の発光も、バンド間発光も、励起子発光も、バンド束縛準位間発光も、DAP発光も、バンドギャップが小さくなれば、低エネルギー側にシフトします。

Date:

Sun, 22 Feb 2004 21:14:07 +0900

Q3: S大学 Hといいます。酸化亜鉛のバンド端近くのスペクトルの解析についての質問です。私は、DAP(ドナーアクセプター対)発光であると考えているのですが、右から二番目の大きなピークの解釈が出来ずにこまっています。もし、DAPであれば、アクセプターとなる不純物をドーピングしていなければ、起こらないのでしょうか。



フォノン線と考えられるピークがあることからDAP発光考えました。無添加のZnO焼結体です。(24時間1000°Cで焼成したものをZnによって熱処理したものです。)自分で解釈を試みましたが、理解に苦しんでいます。何度も先生にご質問をさせていただき恐縮ですが、よろしく御願います。

Date: Mon, 23 Feb 2004 23:39:16 +0900

A3: H様、佐藤勝昭です。添付の図を見ました。まず、フォノンレプリカのアサインメントについて考察しました。

ZnOのフォノンのエネルギーは N. Ashkenov et al.: JAP 93 (2003) 126 に出ています。それによれば、LO phononのエネルギーは、 $E_1\ 590\text{cm}^{-1}(=73\text{meV})$, $A_1\ 574\text{cm}^{-1}(71\text{meV})$ となっています。あなたは、3.318eVをDAPと見ましたが、私は、自由励起子FEを3.391eVとして、3.318eVをFE-1LO, 3.241eVをFE-2LO, 3.169eVをFE-3LOと見るのが自然でしょう。そうすると、3.366eVのピークはFEから25meVの差であり、浅いドナーに束縛された束縛励起子 D^0X と見てよいでしょう。古い論文ですが、ZnO結晶のPLについては、S. Miyamoto: JJAP 17 (1978) 1129を参照して下さい。論文によれば、1.5Kでは束縛励起子線($369\text{nm}=3.36\text{eV}$)とそのLOフォノンレプリカ(I-LO, I-2LO...)が支配的であると書かれています。また、374.6nm(3.31eV)と383nm(3.23eV)にはそれぞれEx-1LO、Ex-2LOのフォノンレプリカも同時に見えていると書かれています。Ex-1LO発光線の強度は温度を上げると弱くなり、Ex-2LOの相対強度が上がってくると書かれています。フォノンレプリカに関する限り、H様の図は、宮本氏のデータの120Kのグラフに似ていますね。参考になれば幸いです。

こんな風に学生さんとのやりとりは
延々と続くことがおおいのです。

物性なんでもQ&Aこぼればなし

時には出張サービスも

2008年12月17日。X大の院生Y君から以下のような質問がありました。

「先生の著書にならってPEMを用いて薄膜の磁気光学効果の膜厚依存性を測定しました。するとファラデー回転は膜厚に比例するのに楕円率は比例しません。なぜでしょう。」

回転角も楕円率も物理的には同じ起源から生じているので、一方が比例し、他方が比例しないことはあり得ないことでした。そこで測定方法に問題があると考えアドバイスしましたがちがあきません。そこでY君に1月9日にオフィスに来てもらい、話を聞いた結果、装置の総点検が必要との結論になりました。

翌10日、X大の研究室に出張、直接指導しました。見ていくと、ロックインアンプの使用法、PEMの制御方法、さらには光学系の調整方法に問題があることがわかりました。

エレクトロニクス系、光学系を再調整した結果、完璧なデータがとれることになり、回転角、楕円率ともに膜厚に比例するデータがとれました。

学生が原理を知らずに、見よう見まねで実験装置を組み立てていると、実験のポイントが押さえられていないことがよくありますが、その典型例でした。指導教員から感謝されたことはいうまえもありません。

「卑弥呼の青銅鏡をつくる」 高校理科部の生徒からの質問

Q: こんばんは、初めまして。Y高校2年生のAと申します。

物性なんでもQ&AのHPを見て質問させて頂きます。

部活で青銅の研究(卑弥呼の青銅鏡を作る)をしています。

錫と銅の割合を変えて反射度などの測定をしているのですが、うまく結論に持っていくことができずに悩んでいます。

そこで質問があります。

- ・合金の組織の δ 相、 ϵ 相、 η 相などと反射率に関係はあるのか
- ・(関係がある場合)それぞれの相がどのように反射率に関わっているのか
- ・間隙の出来やすさとしてソリダスとリキダスの温度差は考えられるのか

お忙しいとは思いますが、よろしく願いします。

A1: Aさん、佐藤勝昭です。面白い研究をしているんですね。

本来の青銅は光沢ある金色で、青銅色という青白色はCuの酸化物の色です。Cu-Snの色はSnの量によって変わります。添加するSnの量が少なければ十円硬貨のように純銅に近い赤銅色に、多くなると次第に黄色味を増して黄金色となり、ある一定量以上の添加では白銀色となるそうです。金属・合金の色は、自由電子の密度だけでなく、電子が光を吸って高いエネルギーの電子状態に励起されるために必要なエネルギーによっても決まります。

このあたりのことは、大学で固体物理学を勉強しないと、完全には理解できないと思います。

間隙が出来るのは均一に固化しないためです。これは、Cu-Sn系合金が「包晶相図」を示すことと関係しているのではないのでしょうか？

「卑弥呼の青銅鏡を作る」(続き1)

このあと、Y高校に行って、金属の反射金色とはなにの原理、金色を反射スペクトルから判断することを理科部で講義します。そして、東京芸術大学文化財保護専攻の桐野教授を紹介してあげました。

学生さんたちは東京芸大に試料をもってお邪魔して反射スペクトル測定や、電子顕微鏡観察などをさせてもらいました。

-Q2: 佐藤先生こんばんは。Y高校のAです。

あれから青銅の研究をまとめています。作った青銅をよく見てみると黄色がかかっているものがありました。他のものは銀白色～暗灰色です。しかし分光光度計の結果ではどの試料も傾きが一緒で急落が見られません。

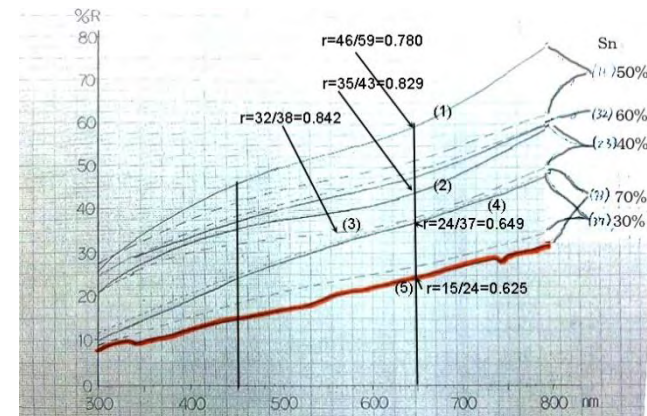
このスペクトルから色の変化について言える事はあるのでしょうか。よろしくお願いします。

A2: A様、佐藤勝昭です。

赤の波長650nmの反射率と青450nmの反射率の比 $r=R(450)/R(650)$ を測ってみました。

金では $r=39/96=0.41$ と小さく、銀では $r=97/98=0.99$ とほぼ1と大きいのです。

図のように曲線(1)では $r=0.78$, (2)では $r=0.83$, (3)では $r=0.84$ ですが、(4)では $r=0.65$, (5)では $r=0.63$ なのです。おそらく(4)と(5)は r が小さく、金色っぽく見え、(1)～(3)は r が1に近く銀色っぽく見えるはずです。



AA: 迅速なお返事ありがとうございます。悩んでいた事が分かってスッキリしました。発表に向けてうまくまとめられるよう頑張ります。また分からない事があったらよろしくお願いします。

「卑弥呼の青銅鏡を作る」(後日談)



最古の合金～青銅～の新たな道

A new way of the oldest alloy ~ bronze ~

神奈川県立弥栄高等学校

サイエンス部化学班

内田あすか 北川由惟 鈴木広大 宮西健太

1. 概要

私たちは人類最古の合金である青銅に興味を持ち、文献を調べていった。180年前に作られた青銅鏡に今も曇りが無い事を知った。そこで“輝きが未来永劫に失われない鏡”を目標に優れた青銅鏡を製作し、青銅の新たな可能性を見出すことができないかと考え研究を進めてきた。銅・錫の割合や冷却速度を変えて10種類の青銅鏡を作成した。それらをX線分析と顕微鏡で組織を調べ、光の反射強度と分光反射率を測定し鏡としての特性を比較した。その結果、より優れた特性を有する青銅鏡を作る条件を見つけることができた。

We have interest in bronze, mankind's oldest alloy, doing a literature survey. We knew that Bronze mirror made 180 years ago were not cloudy. So we've been conducting research in order to make the mirror whose shine lasted forever to find new possibilities for bronze.

We made ten different kinds of bronze mirrors by changing the ratio of copper to tin and cooling velocity.

The characteristics as the mirror are compared by means of X-ray analyzers and X-ray analyzers, measuring spectral reflectance and optical reflectance.

As a result, we could find the condition to make bronze mirror having excellent characteristics.

2013.3.21「物性なんでもQ&A」への生徒さんからの質問がご縁で、Y高校理数科の生徒160名に対し、「科学するちから----身の回りの科学」という講演を行いました。

2013.10.25「物性なんでもQ&A」への質問が縁で指導することになったサイエンス部化学班の女子高校生が青銅鏡の合金についての論文を書いて私の家に送ってくれました。神奈川大が主催する全国高校生理科・科学論文大賞に応募するという。まだ荒削りだが、ここまでよくやったと感心した。

2014.1.24 上記論文「**最古の合金～青銅～の新たな道**」が第12回神奈川大学全国高校生理科・科学論文大賞の**努力賞**に輝きました。

幅広い質問者の層

- 質問は、大手メーカーの研究職、中小企業の技術職、大学の教員、大学院学生など、研究・開発に関連したものが主流です。お答えしながら感じることは、企業の技術者や大学の研究者の周りには非常に多くの「わからないこと」があるということです。昔は、職場に必ず知恵袋みたいな物知りがいて教えてくれたものですが、最近ではそういう方がいなくなり、疑問を持ったときに質問しようにも周辺に教えてもらえる人がいなくなっているのが実情のようです。
- この他、小学生の「ニッケル,コバルト,鉄はなぜ磁石の材料になるの」、中学生の「夕日の色の変化の仕組み」、高校生の「トンボの紫外線視感度」、今回紹介した「青銅の相と光学的性質」、建築関係者の「鉄,アルミ,ステンレスの熱膨張係数、印刷業界新入社員からの「なぜ、林檎は赤く見えるのか」など幅広い層におよび、インターネット検索が日常的になっていることを痛感します。

研究室所属の学生さんからの質問

研究室に所属する卒論生や大学院生が、指導教員から与えられた課題や、得られたデータの解釈について、匿名で聞いてくるケースが増えています。このような場合は、「本来、指導教官に尋ねるべきです。」と諭し、ヒントや参考書・文献などの紹介に留めています。なお、指導教員に聞いても答えられない場合に教員の了解のもとでの質問である旨書いてあればお答えしています。

中には、JST-CRESTの研究代表者の研究室の院生が、最先端の研究の貴重な1次データの解析について(先生に無断で)質問してきたことがあり、「JSTとしては、こんなに簡単に知財に関わることが流出するのは困る」と諭し、指導教員とよく相談するよう指導したこともあります。その研究室では、学生に知財教育をしていなかったようです。

インターネット検索の安易な利用

本来なら図書館に行っているような文献を調べるべきなのに、ハンドブック代わりに安易にインターネットで検索して、このサイトに辿り着いて質問される方もいます。

私は、決してインターネットで情報を得ることを否定しているわけではありません。上手に利用すれば、得られる情報の幅が広がると思っています。英語で検索すると日本語の何百倍もの情報が見つかります。特に、欧米の大学の授業用サイトは信頼性があります。日本ではほとんど研究されていないマイナーなテーマでも世界中探せば見つかります。世界にはいろいろな人がいるものだと感心することしきりです。

最近STAP問題に関係して、論文の図や文章のコピペが問題になっています。研究倫理上問題です。また、インターネットで得られる情報の危うさをいつも認識していなくてはなりません。情報の真贋を見抜くことが必要です。このためには、受け手に確かな基礎的知識と、情報をフォローする努力が必要でしょう。

集合知としての質問コーナー

質問内容が専門外で私が答えられない場合は、できるだけ専門家に問い合わせ、正確な情報をお伝えするように努めています。

しかし、知っているつもりで答えた内容が古くなっていたり、私の知識不足であったりすると、読者からご指摘があります。

Facebookもそうですが、ネットワークによる集合知の時代だと痛感します。

WebのなんでもQ&Aはこれからも続きますのでよろしく申し上げます。ご協力いただいた方々に感謝します。