

「物性なんでも Q&A」より

佐藤勝昭（東京農工大学特任教授/JST さきがけ研究総括）

私は 2000 年 3 月に東京農工大学の佐藤研究室のホームページに「物性なんでも Q&A」というコーナーを開設しました。メールで寄せられた物性関係の質問に対してメールでお答えし、そのやりとりを編集して html タグを付けて Web に貼り付けるのです。このコーナーは退官後も @NIFTY に移行し続けています*。5 月からアクセスはこれまでに約 1000 件の Q&A がアップされています。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が、最近、大学・専門学校の学生などが学校で出た課題を教えてくださいという質問（もちろんこれには直接答えず、ヒントのみ差し上げていますが・・・）も増えてきました。質問はさらに、牛久市の小学校 6 年生の「ニッケル、コバルト、鉄はなぜ磁石の材料になるの」、沖縄の中学生の「夕日の色の変化の仕組み」、静岡の高校生の「トンボの紫外線視感度」、建築関係者の「鉄、アルミ、ステンレスの熱膨張係数」など幅広い層におよび、インターネット検索もここまで日常的になったかと感慨深いものがあります。

しかし、本来なら図書館に行っているような文庫を調べるべきなのに、面倒くさい、多忙で時間がとれない、調べ方を知らないなどで、ハンドブック代わりに安易にインターネット検索に頼っているような気がします。

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。

確かにインターネットは便利ですが、得られる情報の危うさをいつも認識してはなりません。あるとき、学生のレポートを採点していて、「相変化ディスク」と書くべきところを「相対化ディスク」と書いている答案が多いのに驚き、調査した結果、国際的に有名なある IT 企業のホームページが間違いの震源地であることを突き止めました。インターネット情報は、そ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。

「なんでも Q&A」で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って教えてくれたのですが、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。私は、日本の大学研究者の情報発信の少なさに失望を覚えます。こういうニーズにお応えするのも大学人の役割だと考え、「物性なんでも Q&A」を開設しております。†

今号から、毎回、なんでも Q&A への質問とそれへの応答の一端をご紹介します。ご意見、回答への反論、追記があればよろしくお願ひします。今回は窒化ガリウムを中心に結晶関係の Q&A を紹介します。

686. 閃亜鉛鉱型 GaN の熱膨張係数

Date: Sat, 26 Nov 2005 12:39:55 +0900

Q: 佐藤勝昭様

M 大学大学院工学研究科 2 年の A といいます。(匿名希望)

* 「物性なんでも Q&A」の URL は http://homepage2.nifty.com/bussei_katsuaki/nandemoQ&A.html

† この文章は、オーム社新電気に連載された科学よもやま話第 13 回の内容に加筆したものです。

只今、閃亜鉛鉱構造(ZB) GaN の熱膨張係数に大変頭を悩ませております。ウルツ鉱構造(W)の熱膨張係数は文献では色々掲載されているのですが、ZBはどこを探してもありません。そこで、WからZBの熱膨張係数を大まかに見積もることは可能でしょうか？素人質問ですみませんが、宜しくお願い申し上げます。

Date: Sat, 26 Nov 2005 21:24:37 +0900

A: A 君、佐藤勝昭です。

閃亜鉛鉱構造(ZB)の GaN についての物性はほとんどデータがありません。

ウルツ鉱構造については

$$\alpha_c = 3.17 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\alpha_a = 5.59 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

という値が知られているので、とりあえずはこの平均値を使っておくしかないでしょう。どうしても必要なら、閃亜鉛鉱構造(ZB)の GaN バルク結晶を作製し、自分で測定するしかないと思います。

Date: Mon, 28 Nov 2005 14:03:58 +0900

AA: 佐藤勝昭様

M 大学大学院工学研究科 2 年の A です。

早速のお返事有難うございます。

私は理論系の研究室なので実際のモノを作製することはできませんが、なんとか頑張ってみようと思います。ありがとうございました。

747. GaN のヤング率

Date: Wed, 01 Feb 2006 14:45:46 +0900

佐藤先生

はじめまして。

P 社の T と申します。

GaN のヤング率を調べていますがそれを書いた文献が見当たりません。

薄膜であり、測定されたデータが無いのかも知れませんがご存知でしたらご教示お願いいたします。

なお、Web 上では匿名にてお願いいたします。

Date: Thu, 2 Feb 2006 10:35:04 +0900

T 様、佐藤勝昭です。

GaN のヤング率については Web に載っており(信用するかどうかはご自分でご判断ください。)

<http://www.ioffe.rssi.ru/SVA/NSM/Semicond/GaN/mechanic.html>

に [100] Young's modulus; $Y_0 = 181 \text{ GPa}$

となっています。

また、理論的な計算値があり、

Analysis of physical properties of III-nitride thin films by nanoindentation

Journal of Electronic Materials, Jun 2003

by Jian, Sheng-Rui, Fang, Te-Hua, Chuu, Der-San

これによれば、

The Young's modulus and hardness of GaN, GaN:Si, and $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ were calculated under loads of 1–3 mN (Fig. 1).

The Young's modulus of GaN, GaN:Si, and $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ are 274.35–355.5 GPa, 232.27–262.06 GPa, and 272.14–358.33 GPa, respectively.

となっています。

従って、GaN のヤング率は 200 GPa 前後の値ではないかと思えます。

Date: Thu, 02 Feb 2006 09:13:09 +0900

佐藤先生

P 社 T です。

貴重なお時間を割いて頂き、早速ご回答くださりまして有難うございました。

私の調査不足だったようで申し訳ございませんでした。

894. GaN の放射率

Date: Tue, 12 Dec 2006 20:18:59 +0900

Q: 佐藤先生

はじめまして。私は(株)W* * *のM*と申します。

毎回先生の HP を参考にさせていただいております。

最近 GaN の薄膜成長のシミュレーションをやり始めて、GaN の物性値を調べているのですが、GaN の emissivity が分かっておりません。

基盤に蒸着した際の輻射計算に必要と考えております。

もし、ご存知でしたら web または資料等を紹介していただけますでしょうか。

よろしく願いいたします。

名前、会社名は匿名でお願いします。

Date: Thu, 21 Dec 2006 21:05:41 +0900

A: M様、佐藤勝昭です。

GaN は、最近になって初めてきちんとした材料ができるようになったので、赤外放射率のデータは、通常のハンドブックにも掲載されていません。また放射率は、試料の表面状態などで大きく変わるので、物質定数というわけではありません。

一般によく研磨したセラミックスの放射率は $7-9 \mu\text{m}$ で 0.9–0.95 程度の値をとりますので、GaN も同程度であろうと推察されます。

Andrei Sarua, Hangfeng Ji, Martin Kuball, Michael J. Uren, Trevor Martin, Keith P. Hilton, and Richard S. Balmer: Integrated Micro-Raman/Infrared Thermography Probe for Monitoring of Self-Heating in AlGaIn/GaN

Transistor Structures; IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. 53, NO. 10, p.2438 (2006)
という論文が載っていますので、読んでみてください。(きちんとした数値が載っているわけではありませんが、nitride 系の研究と言うことで参考になるかも知れません。

Date: Fri, 22 Dec 2006 12:59:30 +0900

AA: 佐藤先生

ご連絡ありがとうございます。やはり、あまり無いようですね。

シミュレーションの論文も値がまちまちなので、近い物質の適当な値を使用しているのかもしれませんが。どうもありがとうございました。資料参考にさせていただきます。

M*

640. 格子面間隔

Date: Tue, 6 Sep 2005 21:17:54 +0900 (JST)

Q: M 大学 3 年生Kです。匿名でお願いします。

1. 面間隔

結晶格子の hkl 面を考える。

(a) 逆格子ベクトル $G = hb_1 + kb_2 + lb_3$

はこの面に垂直であることを証明せよ。

(b) 格子の平行な2枚の隣あった面の距離は $d_{hkl} = 2\pi/G$ であることを証明せよ。

(c) SC格子では $d^2 = a^2/(h^2+k^2+l^2)$ であることを示せ。

という問題で、(b)の答えが

(b) G ベクトル方向の単位ベクトル e は

$e = G/G$ なので、定義により、

$$d_{hkl} = a_1 \cdot e / h = 2\pi/G$$

となっています。どうして hkl 面に平行な隣り合った面が原点を通るのかわからないのですが教えてもらえませんか。よろしくお願いします。

Date: Wed, 07 Sep 2005 01:40:35 +0900

A: K 君、佐藤勝昭です。

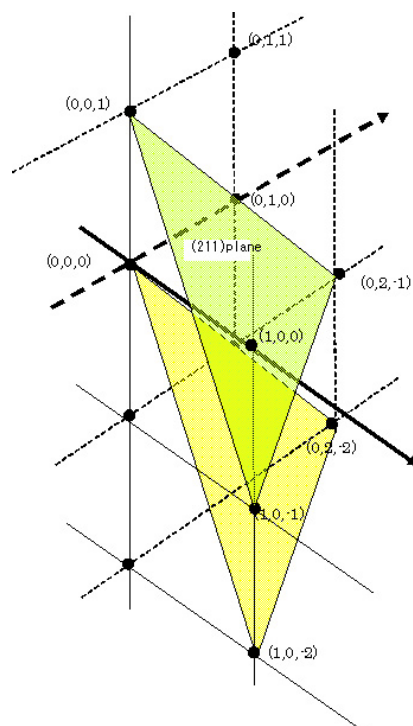
図に示す(211)面を例にして考えましょう。

この面指数は、 a 軸を $1/2$ で、 b 軸を 1 で、 c 軸を 1 で横切っています。

3つの格子点 $(1,0,0)$ 、 $(1,0,-1)$ 、 $(0,2,-1)$ を通る面(薄緑色)です。

格子点1つ下側で隣り合う面は $(0,0,0)$ 、 $(1,0,-2)$ 、 $(0,2,-2)$ を通る面(薄黄色)です。(原点を通っています) 緑も黄もどちらも(211)面であることは

明らかです。あとは、自分で作図して考えてください。



-----Date: Wed, 7 Sep 2005 10:31:17 +0900 (JST)

AA: M 大学 3 年の K です。

お忙しい中大変ありがとうございました。今後もわからない事があったら質問させていただきます。