

窒化物半導体材料とその光物性の魅力

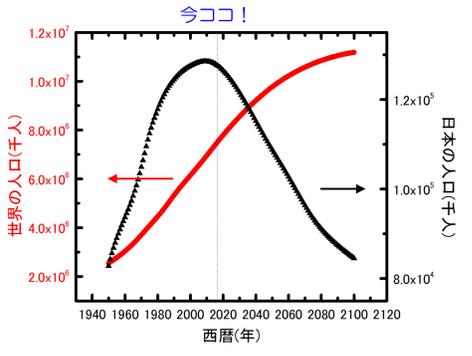
～生活に欠かせない光と電気について少し考えてみよう～

京都大学工学研究科 電子工学専攻川上研究室 助教 石井良太



1. 背景 ～21世紀を生きる私たちが抱える問題～

<https://esa.un.org>より

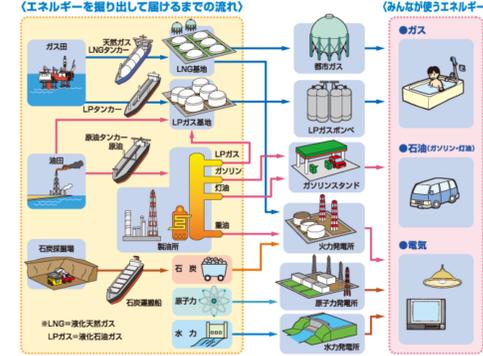


2010年代以降、日本は**人口減少社会**
 少子高齢化・経済縮小・社会保障負担大etc...
 →数多くの困難が日本を待ち受けている

一方、世界は**人口爆発**
 水・食料・住宅・エネルギー等の不足
 →これら資源の奪い合いは避けたい

日本も世界もこれから先大変！
 良く考えて生きていかなければならない
 省資源国に住む我々にできることは何だろうか？

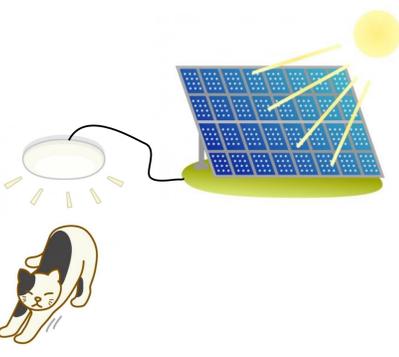
https://www.tokyo-gas.co.jp/kids/genzai/g4_1.htmlより



- ＜エネルギー問題の解決案＞
1. 1次エネルギー(資源)の**探索**
 (シェールガス・メタンハイドレート)
 2. 輸送・精製・変換効率の**向上**
 (低燃費船・高効率蒸留・高効率発電)
 3. 2次エネルギーの消費**削減**
 (断熱・高磨耗性・低消費電力)
- “あらゆる分野の知の結集” が必要

＜エネルギーの流れについて考えてみよう＞

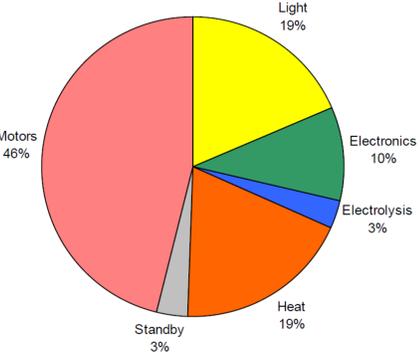
- 太陽からの**光エネルギー**
- 太陽電池：**電気エネルギー**に変換
- 照明：**電気エネルギー**を**光エネルギー**に変換
- ねこ：あかるいじゃ



「光」→「電気」→「光」
 とエネルギー形態が変換(通常ロスが発生)

→何故、一度「電気」に変換するのだろう？
 「電気」の利点について考えてみよう

https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EE_for_ElectricSystems.pdfより



＜2006年の電力消費の内訳＞
 電力消費量の19%は**照明**で費やされている
 照明とは人工的に作られた“明かり”のこと
 →照明の性能が変われば世界が変わる！



2. 研究背景 ～照明のこれまでの歴史&現状の課題～

第一世代：ろうそく・たいまつなど
 (燃料を燃やすことによって得られる**燃焼光**)



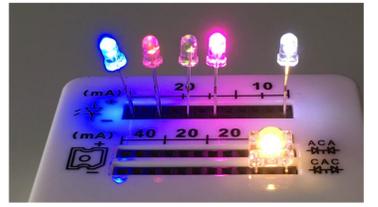
第二世代：白熱電球
 (電気を流すことによって得られる**熱放射光**)



第三世代：蛍光灯
 (電気を流すことによって得られる**蛍光**)



第四世代：**発光ダイオード(LED)**
 (電気を流すことによって得られる**蛍光**)



照明の発展は何を意味しているのだろうか？
 (実験1) 赤外線カメラで照明を覗いてみよう！

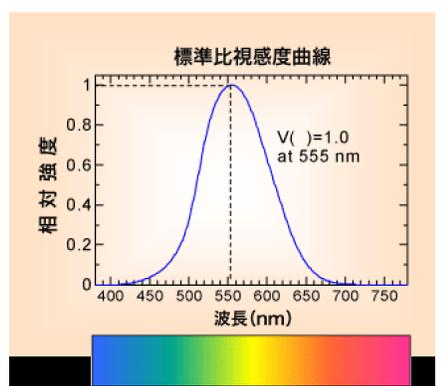
<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2014/summary/>より



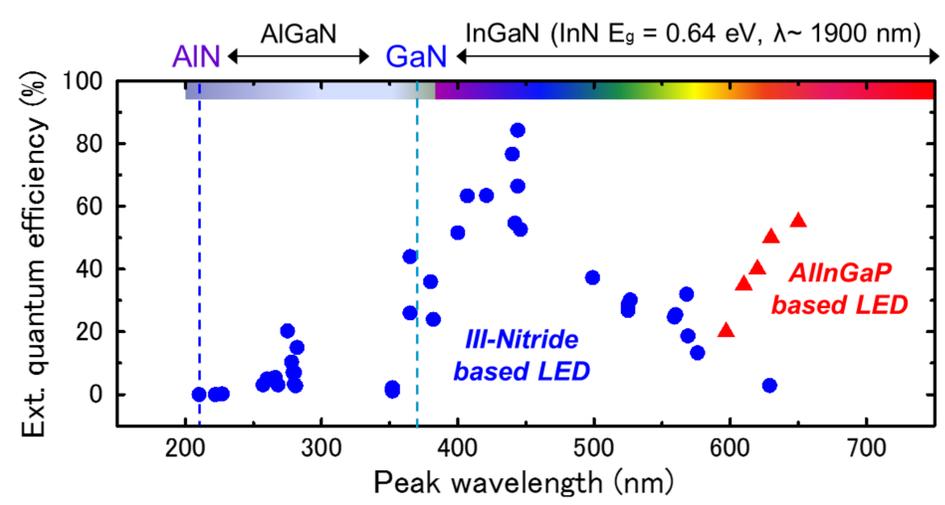
2014年ノーベル物理学賞
 The Nobel Prize in Physics 2014 was awarded jointly to Isamu Akasaki, Hiroshi Amano, and Shuji Nakamura,
 “for the invention of efficient blue light-emitting diodes which has enabled bright and energy-saving white light sources”.

私は3人の先生方と同じ業界でLEDの研究を行っています
 (実験2) 実際に様々なLEDを光らせてみよう！
 どのLEDが一番明るく/暗く見えますか？

https://www.aist.go.jp/science_town/standard/standard_03/standard_03_02.htmlより



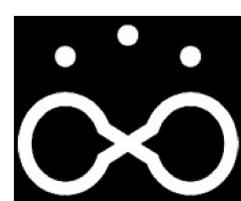
色の違いは波長の違い



＜左図はLEDの最新の現状＞
 縦軸はLEDがどれだけ効率良く光るか？
 横軸は波長、光の色に対応します

効率の高い色と低い色のLEDがありますね
 (それぞれどの色でしょうか?)

私の研究は**効率の低い色のLED**について、
 効率が低い物理的原因を突き止め、
 その効率を向上させることにあります



窒化物半導体材料とその光物性の魅力

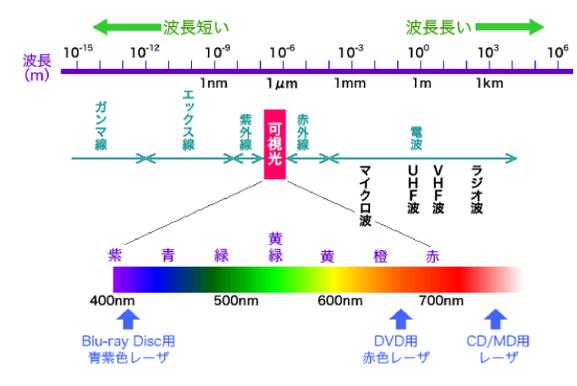
～生活に欠かせない光と電気について少し考えてみよう～

京都大学工学研究科 電子工学専攻川上研究室 助教 石井良太

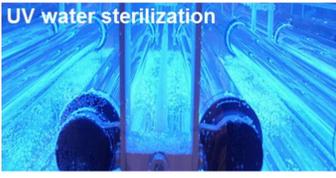


Q. 青色LEDが良く光るのであれば
それで良いんじゃないの？

<http://www.konure.com/it/2010/06/blu-ray-disc.html>より

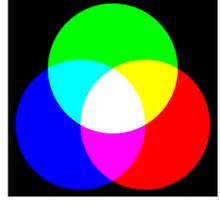


<http://absunpalayesh.com/en/2015/12/30/disinfection/>より



世界では**10億人以上**の人が安全な水を飲めない

<https://ja.wikipedia.org/wiki/>より



光の三原色 (絵の具とは違う)



全て同じりんご(当てる照明が異なる)



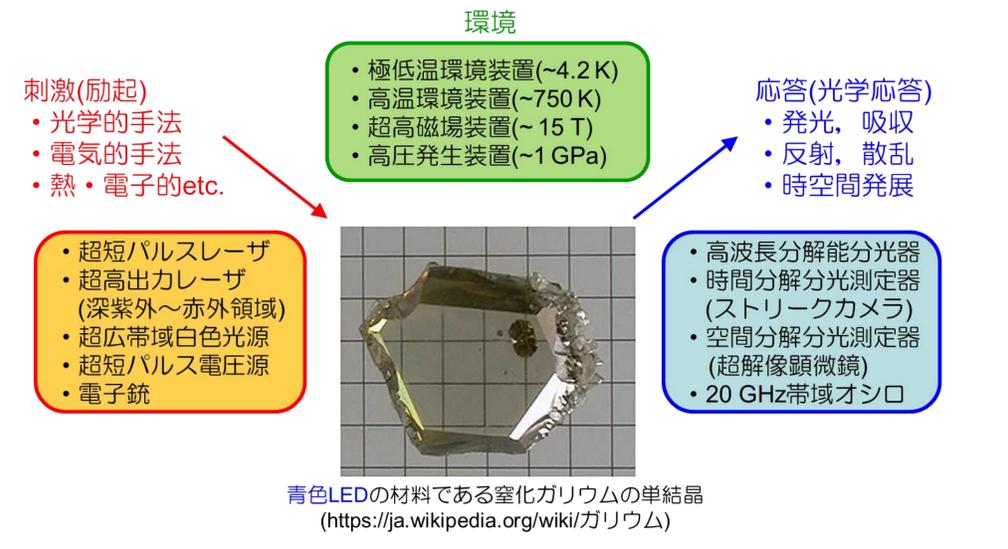
Q. どのりんごが一番美味しそうに見えますか？
レストランの照明を思い出そう！

http://www.rc-airstage.com/product_info.php/products_id/10332より

みんなが当たり前に出てくるインターネット、
実は光が関係している！

- ～ここまでのまとめ～
- これから私達は色々な問題に直面することが予想される → ここでは**エネルギー問題**に着目
 - 私達は**エネルギー**を**電気**という形態でたくさん利用 → 電力消費量の**20%**は**照明**に費やされている
 - 第4の明かりの**高効率白色LED照明(青色LED+黄)**が世界を変えつつある → 他の色のLEDは**低効率**
 - 波長(色)に応じて最適な応用が存在 → **任意の波長の高効率LEDを実現するのが本研究の目的**

3. 実際の取り組み ～窒化物半導体の光物性評価～



- お医者さんが患者さんに質問します(対象への**刺激**)
- 患者さんがそれに対して答えます(対象からの**応答**)

時には専門機器を使ったりします
(左図では聴診器で言葉以外の**応答**を観測)
(MRIでは磁場を**刺激**としたときの**応答**を観測)

サウナに入ったときのデータを診ることも？
(同じ**刺激**でも**環境**が変わると**応答**が変わります)

⇒多角的な観点から症状について、診断します

半導体光物性の評価も同じです。
刺激・環境・応答を工夫した**多角的な観点**からの
評価が物性解明に繋がります。

日本に1台しかない深紫外連続発振(CW)レーザー (奥には自作の高調波発生器)

ナノ秒パルス波長可変レーザー (紫外～赤外領域まで自由に波長変化可能)

今日で紹介できなかったもう一つの光学実験室

フェムト秒再生増幅器 (超高出力パルスを発生)

装置を自作・設計することも半導体光物性評価の醍醐味です

極低温～高温環境下を実現するクライオスタット (4.2 - 750 K)

超高磁場(15 T)発生装置 時計や携帯を近づけると大変なことに!

自作高圧(1 GPa)発生装置 大気圧は-0.1 MPa

ピコ秒時間分解を持つストリークカメラ (光現象の時間発展が見えます)

組み合わせると時空間分解分光装置に

nmオーダー空間分解能を持つ超解像顕微鏡 (近接場光学顕微鏡と呼びます) 二探針を持つものや深紫外用に特化したものを自分で開発しています

半導体光物性の評価を通して、
京都大学らしい自由な研究を行っています!

PHYSICAL REVIEW B 81, 155202 (2010)

All deformation potentials in GaN determined by reflectance spectroscopy under uniaxial stress: Definite breakdown of the quasicubic approximation

Ryota Ishii,* Akio Kaneta, Mitsuru Funato, and Yoichi Kawakami†
Department of Electronic Science and Engineering, Kyoto University, Kyoto 615-8510, Japan

Atsushi A. Yamaguchi
Research Laboratory for Integrated Technological Systems, Kanazawa Institute of Technology, Tokyo 105-0002, Japan
(Received 7 December 2009; revised manuscript received 1 March 2010; published 8 April 2010)

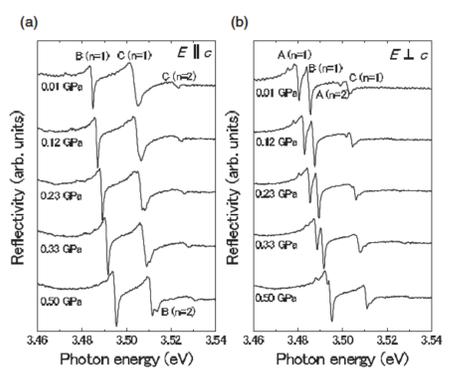


FIG. 5. Reflectance spectra of the a-plane GaN bulk substrate under uniaxial stress $P||c$. (a) $E||c$ and (b) $E\perp c$.

中々結果が出なくて辛い時期も過ぎました。
(何度夜通し実験しても上手くいかないことも・・・)

そのような辛い時期があるからこそ、
結果が出て世の中に認められたときの喜びは
非常に大きなものでした!

今も部屋を真っ暗にしながら実験に
取り組んでいる毎日です。

それでは電気と光についてディスカッションしましょう!