

知っておきたいキーワード

紫外光

小南裕子[†][†] 静岡大学 大学院工学研究科

"Ultraviolet Light" by Hiroko Kominami (Graduate of Science and Technology, Shizuoka University, Hamamatsu)

キーワード：紫外線，UV，化学線，Al-Ga-N，紫外LED，紫外発光蛍光体

紫外光とは

紫外光とは、可視光線よりも短波長、軟X線よりも長波長の電磁波のことをいう。一般的に可視光線は380～780nmの範囲を指すが、紫外線は10～400nmくらいの波長の電磁波（光）をさす。可視光線のスペクトルで、紫よりも短波長（外側）になるので、このように呼ばれ、「紫を超える」という意から来ている。可視光線よりも長波長の電磁波である赤外線が熱的な作用を及ぼすことが多いのに対し、紫外線は化学的な作用を及ぼすため、化学線とも呼ばれる。

一言で紫外、といってもエネルギー的には非常に大きな範囲（3.2eV～120eV超）を示しており、そのエネルギーによって応用も著しく異なることから、大きく分けて三つに分類され、またその特徴によりさらに細分化されている。図1に、その分類と、有用性、応用について示す。

波長による分類法として、波長400～300 nmの近紫外線（Near UV）～紫外線（UV）、波長300～200 nmの遠紫外線（Deep UV）、200nm～10nmの真空紫外線（Vacuum UV（VUV））、波長1～10 nmの極紫外線もしくは極端紫外線（extreme UV，EUV or XUV）に分けられる。また、人間の健康や環境への影響の観点か

ら、近紫外線～遠紫外線をさらにUV-A（400～320 nm）、UV-B（320～280nm）、UV-C（280～200 nm）に分けて示すこともある。

図1に示すように、紫外線はさまざまな応用、利用用途があり、殺菌消毒、ビタミンDの合成、生体に対しての血行や新陳代謝の促進、また皮膚抵抗力の昂進などがあり、

VUV	UV-C	UV-B	UV-A
100	200	280	320
400 波長 λ (nm)			
12.5～6.2 eV	6.2～4.5 eV	4.5～3.9 eV	3.9～3.2 eV
オゾン形成 ラジカル中のH ₂ O, O ₂ の分解 C-C, C-H, C-O 結合の分解	C=C結合の励起 核酸塩基の励起 O ₃ , ClO ₂ and H ₂ O ₂ の分解	ビタミンDの生成 修復酵素の書換え メラノソーム形成 (皮膚)	光触媒反応 メラニンの酸化 (皮膚) 有機色素の分解
ウェア洗浄 フォトケミストリー	空気, H ₂ Oおよび 表面の殺菌 フォトケミストリー	皮膚病（アトピー, 乾癬等）の治療 タンニン	TiO ₂ 光触媒による 水および大気浄化 タンニン

図1 紫外光の分類とその応用

現在さまざまな紫外光源が利用されている。図2に、現在利用されている紫外光源の波長領域を示す。工業用、化学用、分析用、医療用として、さまざまな紫外光源が利用されている。中でも水銀ランプの利用範囲は広く、殺菌や滅菌、浄水分野での利用が大きい。

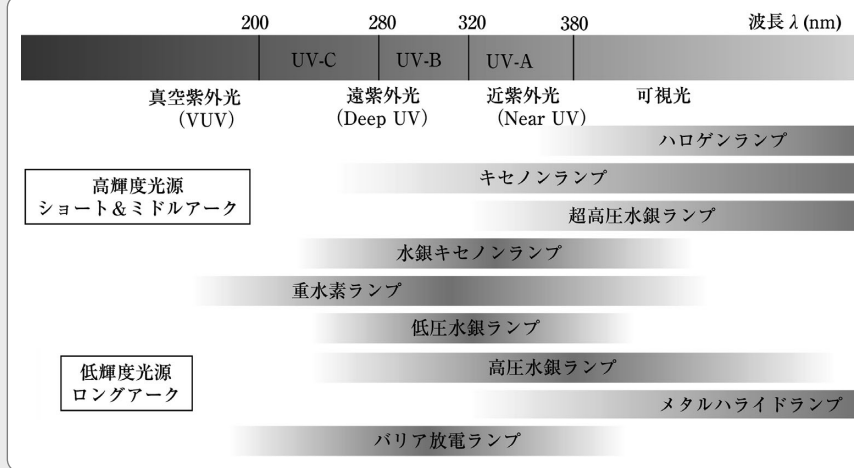


図2 紫外光源の波長とその種類

紫外光の応用

(1) 殺菌・滅菌

殺菌および滅菌の方法としては、紫外光の他に、熱、薬品、オゾンを利用する方法がある。しかし、対象物の変質、劣化、腐食、人体への影響から、紫外光の利用価値は非常に高い。紫外光による殺菌は、菌類のDNAに損傷を与えることができるため、あらゆる菌種、バクテリア等に対して有効である。また、熱や薬品のように、対象物を変質させる心配も少ない。薬品やオゾン殺菌では、使用した薬品の除去のために、大掛かりな2次処理工程が必要となるが、紫外殺菌ではそのような設備が不要であり、工程の簡素化、時

間短縮、経費削減が可能であることも大きなメリットである。

利用される波長領域としては、UV-Cの領域が多く、主に水銀ランプの輝線254nmが利用されている。

(2) 医療用途

近年、アレルギーやアトピーなどを患う小児患者が増加しており、その原因として、環境汚染等さまざまな理由が考えられ、汚染物質除去などが求められている。そういったアトピーや乾癬などの皮膚疾患の治療に紫外光が利用されている。現在、そのような紫外線治療の装置は非常に大掛かりであり、その小型化、軽量化が望まれている。波長領域としてはUV-Bが利用されている。

(3) 光触媒、光硬化

光触媒の応用にも、紫外光は利用されている。触媒作用を有する酸化チタンと、紫外光源を組合せ、タバコやアンモニアなどのニオイの分子や、有害化学物質、ばい菌などを分解し除去する。排水処理施設や、排ガス処理など、環境対策の応用が多い。また、光硬化は補修、補強としての応用も期待されており、これにより工事日程の大幅な短縮が見込まれている。身近なところでは、歯科技工(虫歯治療)、ネイルケアなどでの利用がよく知られている。利用される波長領域としては、UV-Aが用いられており、太陽光を利用するケースも少なくない。

紫外光源の研究

前項に述べたように、紫外光源として利用されているものは、水銀ランプが多く、近年、環境への負荷低減の配慮から、水銀ランプの利用を問題視する声も少なくない。2011年の震災以降、照明分野では、蛍光灯からLED光源への移行が進んでおり、紫外光源分野も例外ではなく、活発に脱水銀ランプの研究が行われている。

(1) 紫外LED

青色発光ダイオードは既知のもの

なり、また黄色や赤・緑蛍光体と組合せた白色LEDは、省エネ照明光源として、国民の間にすっかり定着した。携帯電話やスマートフォン、液晶ディスプレイのバックライトとして、広く利用されている。近年、演色性の向上から、近紫外発光LEDと、青・緑・赤色発光蛍光体を組合せた白色光源も開発されている。点光源であるため、光を拡散、一様にするために、導光板や拡散板と組合せて使用される。組成としては $Al_{1-x}Ga_xN$ (窒化ガリウムアルミニウム)のAl(アルミニウム)とGa

(ガリウム)の組成を制御することにより禁制帯幅(バンドギャップ)を変化させ、約200nm~400nmの発光が得られる。化学気相堆積法や、分子線エピタキシー法などにより作製されており、純度の向上により、高効率化が進んでいる。チップの保護と光の拡散のために、樹脂でモールドされているが、短波長化により、自身の発する紫外光により樹脂が劣化する等の問題があり、近年、その樹脂の開発も活発に行われている。

☞ (2) 紫外発光蛍光体

蛍光体とは外部からエネルギーを与え、光を発する(主に)無機材料のことをさす。以前は、可視発光の開発が行われていたが、最近では、紫外発光、近赤外発光など、可視発光以外の蛍光体の研究も活発に行われている。蛍光体はその化合物を構成する『母体材料』に、『発光中心』と呼ばれる、光を発するための元素が少量(母体材料に対して数mol%)添加されている。蛍光体を使用した光源の場合、蛍光体を励起するための励起源が必要である。主に考えられているのは、電界電子放出源(FEA: Field Emitter Array)と組み合わせる方法で、その模式図を図3に示す。

紫外発光として最もよく知られているのはGd(ガドリニウム)であり、Gd元素内の、4f軌道中の電子の遷移によって、約310nmの輝線スペクトルが得られるが、その波長は不変で、波長制御はできない。他にEu(ユーロ

ピウム)、Ce(セリウム)を発光中心に用いた紫外発光蛍光体もある。こちらは元素内の5d軌道から4f軌道に遷移する際に発光する。母体材料の結晶場により、発光波長は変化するため、適切な母体材料を選択することにより、紫外発光を得ることが可能である。しかし、EuやCeは価数によって、遷移が変化するため、劣化により発光波長が変わってしまうことがある。また

近年希土類の価格高騰により、脱レアアースが求められている。

レアアースフリー紫外発光蛍光体として、アルミン酸亜鉛($ZnAl_2O_4$)などを母体材料に用いた発光材料の研究も行われている。これは、結晶を構成する酸素が、空孔を形成することにより発光準位を形成し、紫外光を放出する。波長は約250nm前後であり、水銀ランプの代替が期待されている。

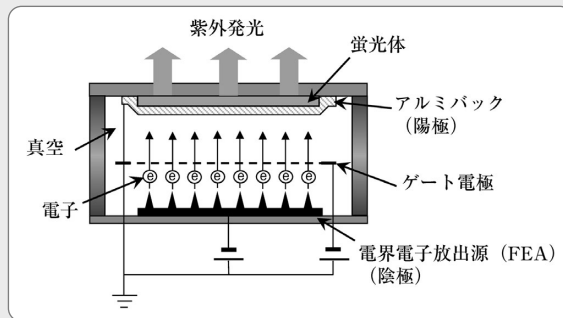


図3 紫外発光蛍光体を用いた電界電子放出型紫外ランプ

太陽光からの紫外光

一番身近な紫外光といえば、太陽光である。太陽光の中には、UV-A、UV-B、UV-Cの波長の紫外線が含まれているが、そのうちUV-A、UV-Bはオゾン層を通過、地表に到達する。UV-Cは、

物質による吸収が著しく、通常は大気を通過することができず、地上にはほとんど到達しない。地表に到達する紫外線の99%がUV-Aであり、皮膚の真皮層に作用し蛋白質を変性させ、皮膚を加齢させる。UV-Bは皮膚の表皮層に作用し、色素細胞がメラニンを生成

し防御反応(日焼け)を起こすだけでなく、DNAへのダメージ、皮膚がんへのリスクなどが懸念されている。夏に向かって日差しが強くなるこの季節、上手にUV対策をしよう。

(2013年4月22日受付)



こみなみ ひろこ
小南 裕子 1999年、静岡大学大学院電子科学研究科博士課程修了。1998～1999年、日本学術振興会特別研究員。1999年、静岡大学大学院電子科学研究科助手。2001～2002年、ジョージア工科大学在外研究員。2004年、静岡大学電子工学研究所助手。2008年、同所准教授、2013年、同大学大学院工学研究科准教授となり、現在に至る。光物性・光デバイス・発光材料の研究に従事。博士(工学)。

キーワード募集中

この企画で解説して欲しいキーワードを会員の皆様から募集します。ホームページ(<http://www.ite.or.jp>)の会員の声より入力可能です。また電子メール(ite@ite.or.jp)、FAX(03-3432-4675)等でも受け付けますので、是非、編集部までお寄せください。(編集委員会)