

博士論文要旨

論文題名：面紫外発光光源の開発と紫外線光源を用いた処理技術に関する研究

立命館大学大学院理工学研究科
環境都市専攻博士課程後期課程

ズカワ タケヒロ
頭川 武央

紫外線 (Ultraviolet rays、UV) は、殺菌、水浄化、フトリソグラフィ、樹脂硬化等、多方面の産業分野で用いられている。特に、水銀ランプは、発光効率が高く低価格であるため、紫外線光源の主流となってきた。しかしながら、水銀は、生物に対する強い有毒性から、水銀の消費を減らす取り組みがなされている。このため、光源メーカーは水銀ランプの生産を終了すること決定しており、代替となる紫外線光源が検討されている。よって、本論文では、水銀ランプの代替光源としてもちいることが使用できる新しい無水銀の紫外線光源を実現することを目的とした。

まず、新しく提案する面紫外発光光源を実現するための材料選定や作製プロセスを検討した。これにより、147 nm と 172 nm の真空紫外線を発する VUV 型面紫外発光光源と、中心波長が約 240 nm の幅の広い紫外線を発する UV-C 型面紫外発光光源を実現することができた。作製した UV-C 型面紫外発光光源は、水銀ランプよりも短い紫外線を発する。このため、UV-C 型面紫外発光光源が発する殺菌用途として水銀ランプの代替となり得るかを確認するため、大腸菌と大腸菌ファージの不活化効果を水銀ランプと比較した。この結果、作製した UV-C 型面紫外発光光源は、菌に照射する紫外線量が同等である場合、不活化の効果が水銀ランプより 6 割から 8 割程度の不活化効果であることが分かった。また、VUV 型面紫外発光光源が発する真空紫外線も、Xe エキシマランプや石英管を用いた水銀ランプより短い真空紫外線を発する。このため、VUV 型面紫外発光光源が発する真空紫外線が従来の真空紫外光源と有機物の分解効果が異なると考え、この効果について調べた。この結果、作製した VUV 型面紫外発光光源の真空紫外線の有機物の分解効果は、従来の光源である 172 nm の紫外線よりも高いことが分かった。さらに、UV-C 型面紫外発光光源と複数の他の光源の紫外線を用いて紫外線を用いたアレルゲンの不活化効果の波長依存性についても調べた。この結果 220 nm 付近の紫外線は、それより長い紫外線よりもアレルゲンの不活化効果が著しく大きいことが分かった。

以上より、本研究において開発された無水銀の面紫外発光光源は、従来の紫外線光源の代替となることに加え、従来未利用であった短波長領域に関しても有用性が高いことを実験的に示した。本研究の成果により、社会実装に向けた今後の取り組みが期待される。

Abstract of Doctoral Thesis

Title: A Study about Development of Planar Ultraviolet Light Source and Treatment Technology with Ultraviolet Light Sources

Doctoral Program in Advanced Architectural, Environmental and Civil Engineering
Graduate School of Science and Engineering
Ritsumeikan University

ズカワ タケヒロ
ZUKAWA Takehiro

Ultraviolet lights (UV) are widely used in many industrial fields such as sterilization, water purification, photolithography, resin curing, etc. In particular, the mercury lamps have been commonly used because of high luminous efficiency and low cost. However, due to its strong toxicity to organisms, efforts have been made to reduce mercury consumption. Therefore, manufacturers of those decided to end production of mercury lamps, and alternative ultraviolet light sources to replace mercury lamps are being studied. In this thesis, we aimed to realize a new ultraviolet light source without mercury that can be used instead of a mercury lamps.

First, we studied material selection and fabrication process for realizing a newly proposed planar ultraviolet light source (PUVL). As a result, it is achieved to realize a VUV type PUVL (VUV type) emitting vacuum ultraviolet light at wavelength of 147 nm and 172 nm and a UV-C type PUVL (UV-C type) emitting UV which is a center wavelength around 240 nm and broad spectrum. The prototype of UV-C type emits UV shorter wavelength than the LP. Therefore, we compared the inactivation effect of E. coli and E. coli phage using the LP and the UV-C type in order to confirm whether the UV-C type can substitute for the LP. As a result, the prototype of the UV-C type had nearly the same inactivation effect of the LP when the UV dose to the bacteria was equivalent. In addition, the VUV type emits

vacuum ultraviolet, which are shorter wavelengths than Xe excimer lamp or LP using quartz tubes. Therefore, we also investigated the decomposition effect of the organic matter by the VUV type. As a result, the effect of the VUV type was higher than that of the Xe excimer lamp. Furthermore, we examined the wavelength dependency of the inactivation effect of an allergen using UV-C type and some light sources. As a result, the UV around 220 nm had a greater inactivating effect than the longer UV.

From this study, it is experimentally confirmed that the mercury-free planar ultraviolet light sources developed in this research is highly useful for the short wavelength region which has not been used, in addition to being a substitute for the conventional ultraviolet light source. The result of this research is expected to be a future approach to social implementation.