

## Development of an Ultraviolet Emission Source using a Poly-Phase Ac Discharge/Plasma in a Multi-Pole Magnetic Field and Its Applications

松本和憲, 織田誠二, 永越茂治<sup>1</sup>, 内山英史, 清水弘慈, 能島信行<sup>2</sup>, 加藤征秀, 星野勝俊<sup>3</sup>

富山県大工<sup>1</sup>, 立山マシン(株)<sup>2</sup>, テクノークォーツ(株)<sup>3</sup>

Kazunori MATSUMOTO, Seiji ODA, Shigeharu EIKOSHI<sup>1</sup>, Hidefumi UCHIYAM, Koji SHIMIZU, Nobuyuki NOJIMA<sup>2</sup>, Masahide KATO and Katsutoshi HOSHINO<sup>3</sup>

Toyama Prefectural University<sup>1</sup>, Tateyama Machine Co., LTD.<sup>2</sup>, Techno Quartz Inc.<sup>3</sup>

### 1. 研究背景と目的

木工品のパウダー系塗膜や自動車ヘッドランプカバーなどの溶剤系塗膜の光硬化用に、放電/プラズマ型の高出力紫外線ランプが利用されている。紫外線照射により、塗膜中の光重合(硬化)開始剤がラジカルとなり、これにより塗膜中のモノマーが高分子化し硬化する。このラジカルは塗膜中に溶け込んだ空気中の酸素と反応し易く、これが硬化阻害を引き起こす。

本研究では、この硬化阻害を抑え且つ光硬化開始剤を効果的に働かせる最適な波長を放射するランプを開発した。この新規開発のランプを使用しハードコート膜の光硬化実験を行った。塗膜中への酸素侵入を抑制でき、従来の高出力の水銀アークランプの場合に比べ、十分の一以下の照射エネルギーで光硬化できた。

### 2. 紫外線放射スペクトルの工夫による省エネ光硬化の実現

図1に、本紫外線源の原理的な構造断面図を示す。分割したバリア電極へ多相交流電源を給電し、多極磁場中において多相交流放電/プラズマを生成する。これにより分子性ガスを励起し紫外線を放射させる。

塗膜中に溶存する酸素による紫外線照射時の硬化阻害の機構は次のとおりである。紫外線でラジカル化した塗膜液中の硬化開始剤は溶存酸素と反応し失活する。一方、消費された溶存酸素分は大気中から補給される。従って、弱い紫外線を照射続けると、硬化開始剤は(補給され続ける)溶存酸素により全て失活し、塗膜を硬化できなくなる。そこで、通常、非常に強い紫外線を照射して溶存酸素が反応しきれないほどの硬化開始ラジカルを大量に生成し、光硬化を実現している。この為、消費電力が大きいアークランプが使用されている。

図2に、溶存酸素による光硬化阻害の抑制モデルを示す。塗膜表面にバリア層を形成し、大気中の酸素が塗膜液中へ拡散・溶存するのを抑制する。光硬化開始剤から発生したラジカルを塗膜中のモノマーと反応し易くし、弱い紫外線放射で光硬化が生ずるようにする。このバリア層の形成を、塗膜表面に集中して吸収される性質のある短い波長の紫外線照射により行い、塗膜全体の硬化をほぼ一様に吸収される長い波長の紫外線のそれで行う。

本研究において、分子性ガスとして酸素及び窒素ガスを用い放電プラズマ中で一酸化窒素ガスを合成し、図3に示すような波長が200nm から 280nm にわたる短い波長の紫外線(NO)と、波長が280nm から 380nm の長い波長のそれ(N<sub>2</sub>)を発生させるランプの開発に漕ぎ着けた。このランプを使用すると、従来に比べ大変小さな紫外線照射エネルギーで塗膜を硬化できることが分かった。

### 3. 三次元光硬化照射装置

図4に、本研究で開発した紫外線ランプを用い、三次元不定形物の表面に塗布されたハードコート膜を紫外線で光硬化させる装置の写真を示す。

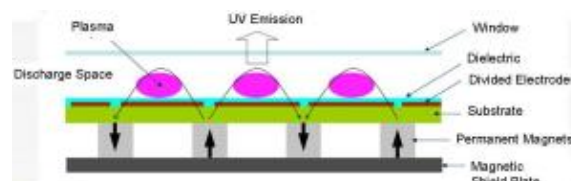


Fig. 1 Cross section of UV emission device, where a symmetric poly-phase ac power source is connected to divided electrodes.

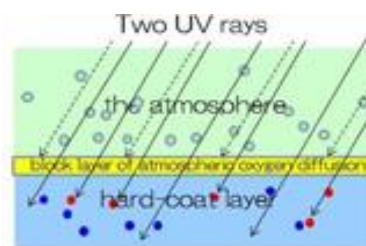


Fig. 2 A proposal for energy-saving photo-curing irradiated by two UV rays, where broken lines show one UV with shorter wavelength which can produce a block-layer for atmospheric oxygen diffusion.

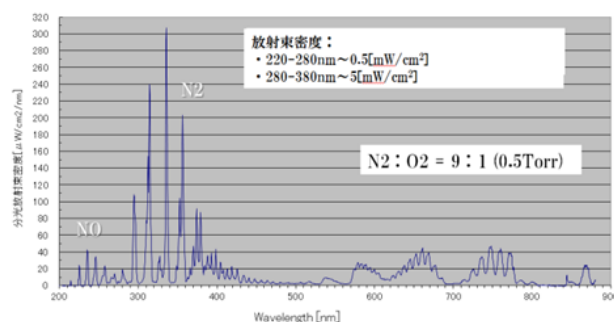


Fig. 3 Spectral radiant flux density emitted from a discharge UV lamp filled with nitrogen and oxygen gases, where spectra with wavelengths more than 280nm is emitted from nitrogen gas and those with wavelengths less than 260nm is from nitric monoxide gas synthesized in the discharge.



Fig. 4 lamps arranged into an arch shape to irradiate UV rays uniformly on a three-dimensional arbitrary curved surface.