

# 高効率 UV ランプ「MXL シリーズ」の開発

## Development of “MXL” series High efficiency UV metal halide Lamp

西岡 祐司\* 佐藤 俊祐\* 畑瀬 和也\*

Yuji Nishioka Shunsuke Sato Kazuya Hatase

### Abstract

The newly UV metal halide lamp “MXL” series has been developed for effective curing of printing inks. We succeeded in drastically improving the luminous intensity nearby 350 nm by optimizing species and amount of metal halide. Furthermore, we were able to obtain stable emission characteristics through the life-span by reducing the brisk reaction of bromine and electrode. We propose saving energy and improving productivity by “MXL” series.

*Key words*: UV lamp, Metal halide lamp, UV curing, High efficiency, UV35

## 1 はじめに

紫外線（以下 UV という）のもつ高い光エネルギーは、硬化、接着、改質、殺菌など幅広い分野で様々な用途に利用されている。具体的には、印刷の分野では、このエネルギーを利用して、UV インキに含まれるベンゾフェノン系などの光重合開始剤の化学結合を開裂させ、重合反応を開始させている。この他にも、半導体や塗装、機能性膜のコーティングなど、光化学反応を用いる各種分野で利用されており、光源としては数 k ~ 数十 kW の大出力の高輝度放電 (HID ; High Intensity Discharge) ランプが幅広く利用されている。一方、近年では環境負荷の低減や、電気代削減による収益改善など、少ない消費電力でプロセスを達成した

いという顧客要望が強くなってきている。

このようなニーズを踏まえ、我々は、UV インキの硬化に効果的な波長 350 nm 付近の発光強度を大幅に向上させた UV メタルハライドランプ “MXL シリーズ” を開発したので報告する。

### 2.1 UV ランプの構造と本開発のポイント

Fig. 1 に一般的な UV ランプの概形図を示す。UV ランプは発光管、その中に封入された発光物質である水銀とハロゲン化金属 (Metal halide) および始動用の希ガス、給電用のリード線、発光管保持用のセラミックススペースから構成されている。発光管は石英ガラス製で、その両端部には保温膜を配置し、封入物の蒸発を促している。発光管の両端には電極を配置し、この両極間に電圧を印加して、プラズマを発生させている。プラズマは非常にエネルギーの高い気体であり、発光物質にエネルギーを効率的に供給することができる。エネルギーを得た発光物質は電子的励起状態となり、

\* 産業電池電源事業部 ライティング本部 製造部  
光源開発 G

その脱励起過程で電磁波が放出される。UV ランプはこの電磁波を利用したランプである。

今回の開発では、ハロゲン化金属の種類と量に着目し、これを最適化することで、波長 350 nm 付近の積算光量（以下 UV35 積算光量という）を大幅に向上させることに成功した。さらに、ハロゲン（臭素）が電極と活発に反応することを防止し、寿命の初期から末期まで安定した発光特性を得ることに成功した。これらの技術については特許出願済である。

2.2 原理

プラズマ中では、主に発光に寄与するのは、電子的励起状態にある原子やイオンである。

原子やイオンがエネルギー  $E_2$  の励起準位からエネルギー  $E_1$  の下準位へ遷移する場合を考える。励起準位 2 に励起されている原子の数密度を  $N_2$  とすると、単位時間、単位体積当たりを下準位 1 へ自然放出遷移する粒子の数は  $A_{21}N_2$  となる。ここで  $A_{21}$  は遷移確率（アインシュタインの A 係数；自然放出係数）である。光が等方的に放射される自然放出の場合、単位立体角、単位体積、単位時間当たりに放出される光のエネルギー  $\varepsilon_{21}$  は

$$\varepsilon_{21} = \frac{1}{4\pi} A_{21}N_2 v_0$$

$$v_0 = (E_2 - E_1) / h$$

と表され、これを放射係数と呼ぶ。ここで、 $h$  はプランク定数である。すなわち、 $N_2$  を大きくすれば、放出される光の強度も強くなる。 $N_2$  を増加させるには、以下の 2 つの方策が考えられる。

- ①プラズマ中の電子のエネルギー分布を高エネルギー側にシフトさせる。
- ②対象となる発光物質の量を増やす。

①は電子と原子との衝突による電子の運動エネルギーの損失を減らすことで可能となる。電子と原子の衝突過程において、その衝突確率は電子から見た原子の見かけの断面積に比例する（剛体球モデル）。 $r_a$  を

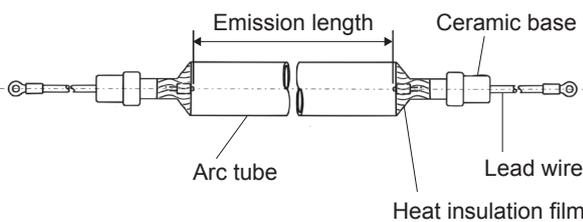


Fig. 1 The outline of general UV lamp.

原子の半径、 $r_a$  を電子の半径とすると、断面積は  $\sigma_0$  は、

$$\sigma_0 = \pi (r_a^2 + r_e^2) \sim \pi r_a^2$$

$$r_a \gg r_e$$

となる。電子の主な衝突相手は、鉄 (Fe)、水銀 (Hg)、ハロゲン原子である。Fe や Hg は UV35 域の発光に寄与する一方で、ハロゲン原子は発光に寄与せず、ハロゲン原子との衝突は電子にとってエネルギーロスとなる。ランプに封入するハロゲン化金属のハロゲンとしては、ヨウ素 (I) と臭素 (Br) があるが、原子半径を比較すると、I : 140 pm, Br : 120 pm であり、断面積比で Br は I に比べて 27 % 小さい。すなわち、Br の比率を上げることで発光効率の向上が期待できる。

②はハロゲン化金属の量を増やすことで可能となる。ハロゲン化金属はプラズマ中で解離して金属原子となり、金属原子の一部はさらに電子的励起状態となる。すなわち、ハロゲン化金属の封入量を増やすことで発光効率の向上が期待できる。一方、増やし過ぎると電子エネルギーの低下につながり、発光効率は頭打ちとなる。

2.2 実験

2.2.1 ハロゲン種の比率による発光効率の変化

封入金属 (Fe) 量および総ハロゲン量を一定に保ち、Br と I の比率を変化させた時の UV35 域の相対発光効率を Fig. 2 に示す。なお、Br / (Br + I) が 0 % の時の発光効率を 100 % としている。相対発光効率は Br 比率の増加とともに増加する傾向があり、前節で述べた原理を裏付ける形となった。

2.2.2 金属量による発光効率の変化

ハロゲンの量を一定とし、Fe の量を増加させた場合の相対発光効率の変化を Fig. 3 に示す。Fe の増加

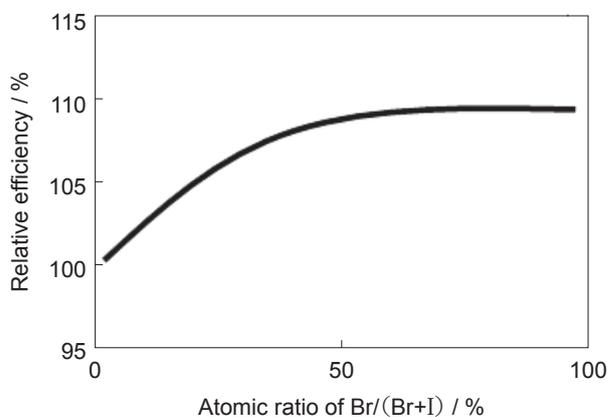


Fig. 2 Relationship of efficiency and atomic ratio of Br / (Br + I).

に伴い、発光効率が上昇していることがわかる。一方、封入量を一定以上増加させても、発光効率は上昇していない。本実験結果も前節で述べた原理を裏付ける形となった。

以上の基礎実験に加えて寿命試験などの性能面に関する検証も行い、Br と I の比率および絶対量を最終的に決定した。一例として、Fig. 4 に開発ランプと現行ランプの UV35 積算光量の寿命特性を示す。寿命特性は点灯条件や環境に左右されるためあくまでも参考として頂きたい。

### 3 開発ランプの外観およびシリーズ一覧

Fig. 5 に開発ランプの外観を示す。また、開発ランプのシリーズ一覧を Table. 1 に示す。今後さらなる機種展開を進めてゆく。

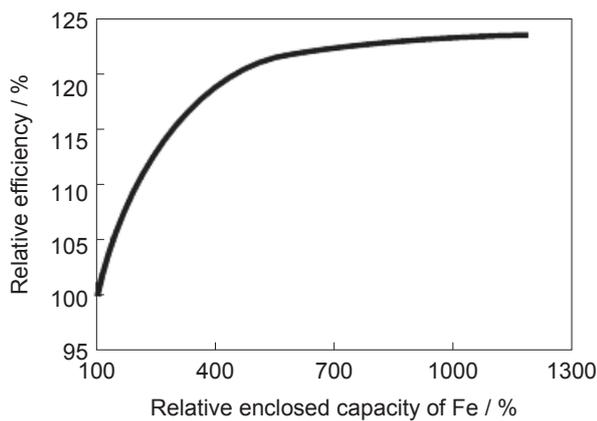


Fig. 3 Relationship of efficiency and enclosed capacity of Fe.

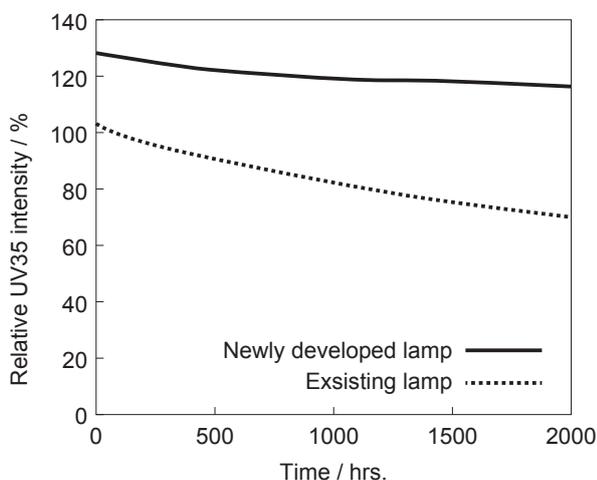


Fig. 4 Relative UV35 intensity of the newly developed lamp and the existing lamp.

### 4 まとめ

今回、開発した高効率 UV ランプは UV35 積算光量の寿命初期値が現行ランプ比で約 25% 向上し、かつ高維持率という特長を持っている。2016 年 10 月現在、発光長 250 ~ 625 mm の開発を進めており、今後さらに高出力、長尺タイプへの水平展開も進めていく予定である。また、印刷分野だけでなく、塗装やフィルムコーティング、接着など様々な分野への適用も検討中である。

最後に、今回開発した”MXL シリーズ”の概要を以下にまとめておく。

- (1) 高効率・高維持率：UV35 積算光量が現行ランプに対して寿命初期値で約 25% 向上、さらに維持率も改善
- (2) 単位長さ当たりの投入電力：120 W/cm
- (3) 発光長：250 ~ 625 mm (2016 年 10 月現在)

### 文 献

- 1. 山本学, 村山精一, プラズマの分光計測, 学会出版センター (1996).
- 2. 山本賢三, 奥田孝美, 電離気体, コロナ社 (1972).

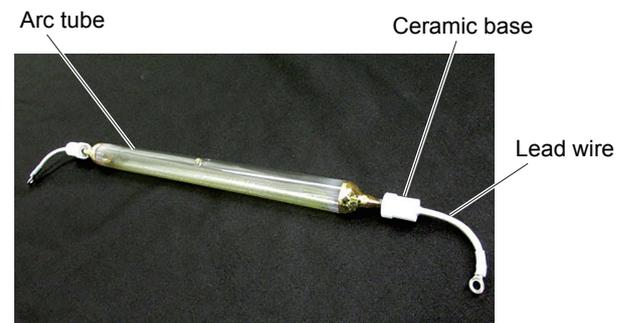


Fig. 5 External appearance of newly developed UV lamp "MXL 250 NL".

Table. 1 Specification of newly developed UV lamp "MXL" series.

Model	Emission length / mm	Lamp output power / kW
MXL 250 (N)L	250	3.0
(E)MXL 300 (N)L	300	3.6
MXL 500 (N)L	500	6.0
(E)MXL 625 (N)L	625	7.5

(N): Normal type, none: Ozoneless type (Cutoff wavelength of arc tube: 235 nm)

(E): Dedicated lamps to the inverter power supply