

メタルハライドランプの透明な高UVカット膜による誘虫率低減化技術

Metal Halide Lamps with Transparent High-UV-Blocking Film to Reduce Insect Attraction

川勝 晃 岡村 和好

■ KAWAKATSU Akira ■ OKAMURA Kazuyoshi

酸化亜鉛 (ZnO) からなる紫外線 (UV) カット膜を外管バルブや前面ガラスにコーティングし、UV放射を低減させて昆虫の寄りやすさ (誘虫性) と商品の変色・退色を抑制した高圧放電ランプやハロゲンランプが商品化されている。しかし、誘虫性や照射物の損傷に対し、従来のZnO膜ではUVカット能力が十分ではなかった。

東芝ライテック (株) は、UVカット能力が高く誘虫性の抑制効果大きい、透明なインジウム (In) ドープ ZnOとそのコーティング技術を開発した。従来のZnO膜では約380 nm以下の光がカットされるが、新材料では長波長側 (約400 ~ 425 nm) の光までカットできる。メタルハライドランプから照射される約400 nm以下の光をほぼ全面的にカットし、また、UVA (315 ~ 400 nm) を99%カットすることで、当社の従来の水銀ランプに比べて誘虫率を約25%まで低減できた。

Metal halide lamps with a transparent ultraviolet (UV)-blocking film to reduce the attraction of insects, material fading, and discoloration are generally available on the market. However, the conventional zinc oxide (ZnO) films are insufficient to prevent insect attraction.

Toshiba Lighting & Technology Corporation (TLT) has developed a new transparent film with high UV-blocking capability that contains indium (In)-doped ZnO, as well as the coating technology for this film. The new film has a longer cutoff wavelength of about 400 nm compared with conventional ZnO films (about 380 nm), blocking 99% of rays in the ultraviolet A (315-400 nm) range. As a result, metal halide lamps coated with this film reduce insect attraction by almost 25% compared with our conventional high-pressure mercury lamps.

1 まえがき

メタルハライドランプなど高圧放電ランプでは、可視光以外にもUVや赤外域の光も放射しており、UVの放射は、昆虫の誘引や紙など被照射物の変色・退色を促進する。その抑制のためUVカット膜を外管バルブや前面ガラスにコーティングしたランプが、既に商品化されている⁽¹⁾。

メタルハライドランプなどの場合、バルブが最高400℃近くの高温になるため、このようなUVカット膜には約380 nm以下の光をカットするZnOが主に使用されている。

昆虫の比視感度^(注1)と紙の相対損傷度の代表例を図1に示す。いずれもUV域に感度の最大の波長があるが、可視光域の500 ~ 600 nm付近までその影響がある^{(2), (3)}。そのため従来のZnO膜では約400 nm付近のカットが不十分でありUVカット効果に限界があった。

東芝ライテック (株) は、従来使用されているZnOよりも長波長側 (約400 ~ 425 nm) までカットし、同じ膜厚でのUVカット能力が高く誘虫性の抑制効果大きい透明な高UVカット膜の材料とそのコーティング技術を開発した。

ここでは、その概要と特長について述べる。

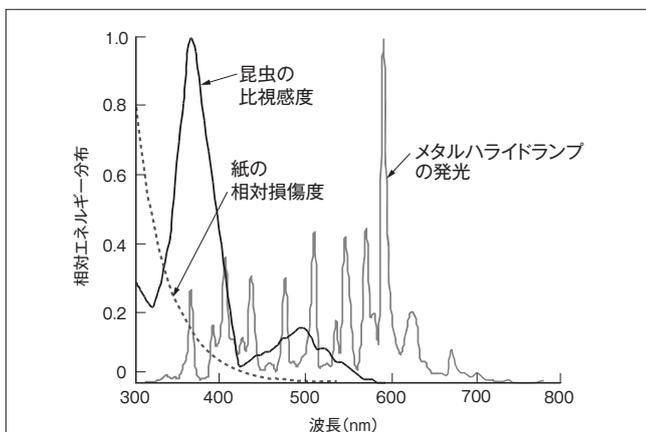


図1. 昆虫の比視感度と紙の相対損傷度 — 昆虫 (ショウジョウバエ) の比視感度と紙の相対損傷度の感度は、いずれもその最大波長がUV域にあり、可視域500 nm付近まで広がっている。

Relative sensitivity of insect attraction and paper discoloration

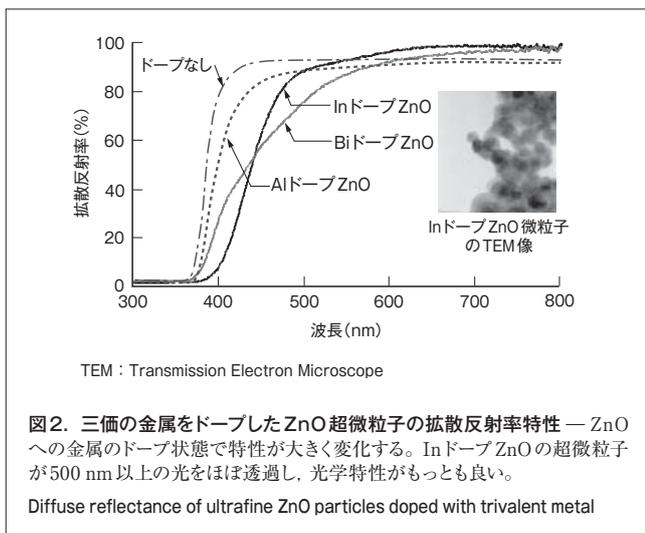
2 新規UVカット材料

半導体化によるバンド構造の変化で光の吸収が長波長側にシフトすることを狙って、透明な高UVカット膜の材料では、従来から使用されているZnOをベースに、In, ビスマス (Bi), 及びアルミニウム (Al) など三価の金属のドーパ (添加) を検討した。

(注1) 昆虫の眼の光に対する最大感度と波長ごとの感度の比率。

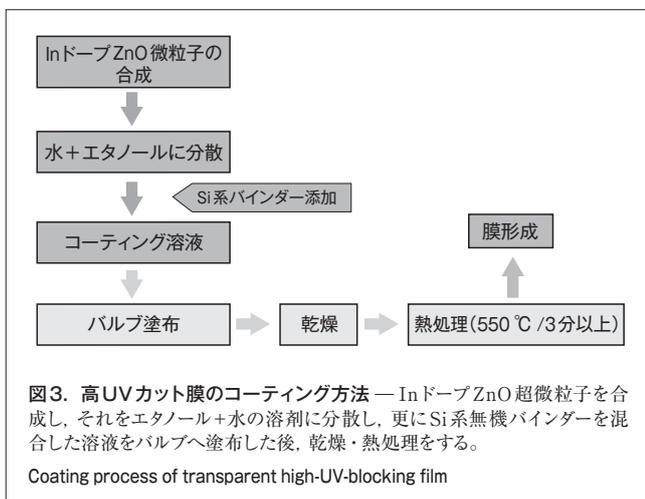
三価の金属をドーピングすることで、ZnOよりも長波長側までカットできるが、これは、ドーピング金属の種類や製造方法に依存し、ZnOへの金属のドーピング状態で特性が大きく変化する。水溶液中で合成したIn, Bi, Alを各々ドーピングした、平均粒径が約100～200 nmのZnO超微粒子の拡散反射率特性を図2に示す。ZnO超微粒子は、大気中において400～500℃で熱処理している。

この中で、InドーピングZnOの超微粒子が500 nm以上の光をほぼ透過し光学特性がもっとも良い。また、Znに対するInドーピング量の最適値は約5%で、このときUVのカットがもっともシャープとなる。



3 透明な高UVカット膜のコーティング

ランプの外管バルブへ前述のInドーピングZnO超微粒子を適用するには、それを溶液化して、透明な高UVカット膜としてコーティングする技術が必要である。このようなランプの外管



バルブの温度は規格で400℃以下に制限されており、高温に耐えることが要求されるため、通常のシリコン樹脂バインダーなどは使用できない。

そのため、シリコン(Si)系無機バインダーを採用し、その液組成を最適化し、外管バルブでの耐熱温度400℃以上を満足するUVカット膜を開発した。

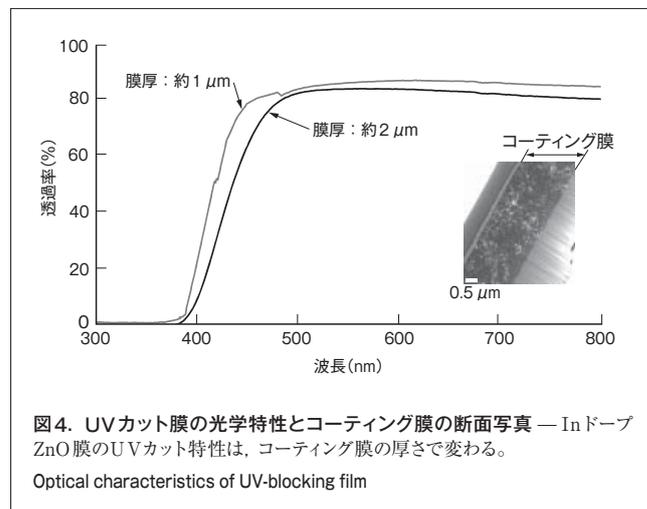
高UVカット膜のコーティング方法は次のとおりである。InドーピングZnO超微粒子を合成し、それをエタノール+水の溶剤に分散し、更に、Si系無機バインダーを混合したコーティング溶液をバルブへ塗布した後、乾燥させ、熱処理をする(図3)。熱処理条件は、大気中550℃以上において3分以上である。

4 コーティング膜の特性

コーティングしたInドーピングZnO膜はほぼ透明であり、バインダー成分として二酸化ケイ素(SiO₂)を約4.8 wt%含むが、そのほかの不純物は1 wt%以下であり、ほぼ完全な無機物である。また、結晶構造は、多結晶ZnOにInが固溶しており、酸化インジウム(In₂O₃)などは生成されていない。

4.1 透明な高UVカット膜の光学特性

InドーピングZnOのコーティング膜のUVカット特性は、図4に示すようにコーティング膜の厚さで変化する。



実際のランプ外管へのコーティングの場合、コストなども考慮して、膜の厚さの設定値を約1 μm、UVA(315～400 nm)カット率99%、透過特性での50%カット波長を400～410 nmに調整している。InドーピングZnOのコーティング膜の断面も図4に示すが、ほぼ均一な厚膜が作製されている。

4.2 コーティング膜の耐久性

InドーピングZnOのコーティング膜は、他社品と同等レベルであり、膜の密着性や耐湿性に問題はない。

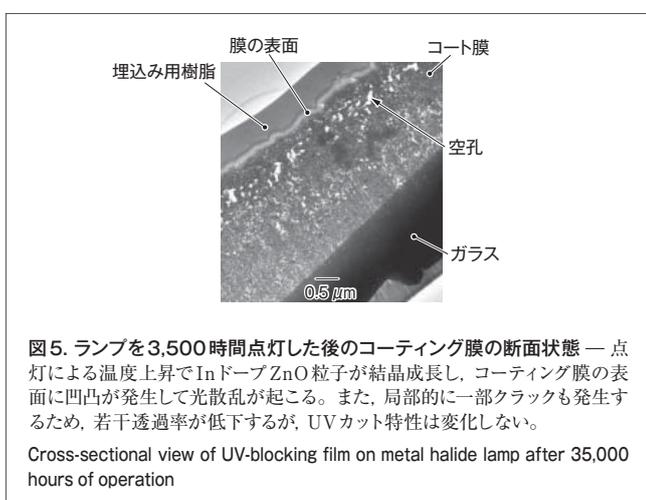
ランプとしては、バルブの温度が最高400℃までで、かつ

ランプ寿命末期の12,000時間以上で大きな変化がないことが必要である。

ランプを3,500時間点灯した後のコーティング膜の断面状態を図5に示す。

ランプの点灯により、熱で膜が焼き締まり、膜中のInドーブZnO粒子が結晶成長して、膜表面に一部凹凸が発生する。それに起因して光散乱が発生することで透過率が若干低下(ランプ寿命末期で最大5%以内と推定)するが、UVカット特性は変化しない。

コーティング膜を電気炉中500℃で熱処理しても同様の結果が得られており、コーティング膜は約500℃まで耐熱性があることがわかった。



5 高UVカット膜付きメタルハライドランプの特性

高UVカット膜付きランプの目標特性は、カット波長400 nm、誘虫率30%(対水銀灯)、光束低下5%以内とした。ランプの外観を図6に示す。



5.1 UVカット特性

コーティングしたInドーブZnO膜は、前述したようにUVAカット率99%、ランプでの50%カット波長は400~410 nmに設定した。

メタルハライドランプ250 WタイプでのUVカット特性と放射エネルギーの分布を図7に示す。高UVカット膜付きメタルハライドランプは、UVカット膜なしの従来品ランプに対し、400 nm以下の光を大部分カットしている。

これによって、放射エネルギーの分布から算出した誘虫率は水銀灯に対し約25%に低減した(表1)。

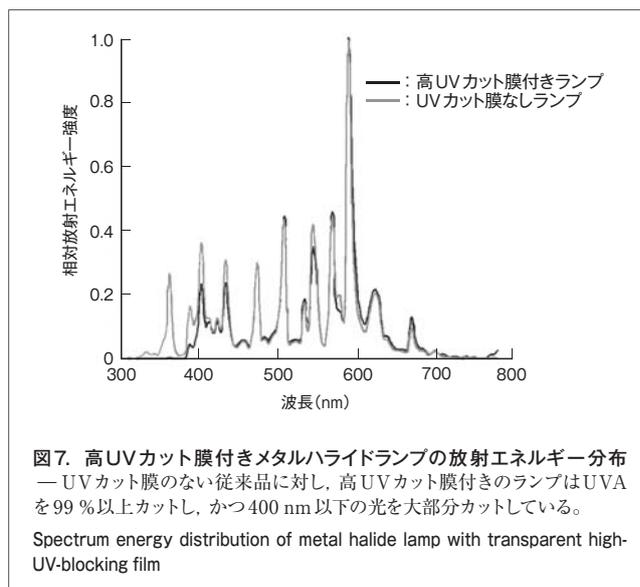


表1. 高UVカット膜付きメタルハライドランプと従来の膜なしランプとのUVカット特性比較

Comparison of UV blocking characteristics of metal halide lamp with transparent high-UV-blocking film and conventional high-pressure mercury lamp without UV-blocking film

効果項目	ランプの種類		
	当社メタルハライドランプ MF250W BUタイプ		当社水銀灯 HF400 X
	高UVカット膜付き	UVカット膜なし	UVカット膜なし
誘虫率 (%)	25	60	100
紙の損傷係数 (%)	20	60	100

5.2 誘虫性低減効果確認のフィールド試験結果

高UVカット膜付きメタルハライドランプの誘虫率の低減効果を実際に確認するため、当社の横須賀事業所内に電撃殺虫器を8台設置し、午後9時から翌日の日の出の時刻までランプを点灯してフィールド試験を行った(図8)。天候などほかの要因の影響で捕獲数量が大幅に変動するため、日によって点灯位置を変えて比較した。

高UVカット膜付きと従来のUVカット膜なしのメタルハライドランプによる3日間の昆虫捕獲数を比較した結果を図9に

表2. 高UVカット膜付きメタルハライドランプの主な仕様

Main specifications of metal halide lamps with high-UV-blocking film

型名	種別	仕様								
		寸法(mm)		口金	定格ランプ電力(W)	全光束(lm)	点灯方向	定格寿命(h)	色温度(K)	平均演色評価数Ra
		外径	全長							
MF200L-J2/BU-PSUVS	蛍光形	90	240	E39	200	14,000	下向±15°	12,000	3,700	70
MF250L-J2/BU-PSUVS	蛍光形	90	240	E39	250	21,000	下向±15°	12,000	3,700	70
MF300L-J2/BU-PSUVS	蛍光形	116	290	E39	300	26,600	下向±15°	12,000	3,700	70
MF400L-J2/BU-PSUVS	蛍光形	116	290	E39	400	40,000	下向±15°	12,000	3,700	70
MF700-L-J2/BU/UVS	蛍光形	150	370	E39	700	61,000	下向±15°	9,000	4,100	70
MF250L-J/BH/UVS	蛍光形	90	240	E39	250	16,600	水平 上15°下75°	9,000	3,700	70
MF400L-J/BH/UVS	蛍光形	116	290	E39	400	32,300	水平 上15°下75°	9,000	3,700	70



図8. 高UVカット膜付きメタルハライドランプの誘虫性確認試験 — 当社横須賀事業所内に電撃殺虫器を設置し、その中で夜間ランプを点灯し誘虫性の確認試験を行った。

Field test of insect attraction by metal halide lamp with high-UV-blocking film

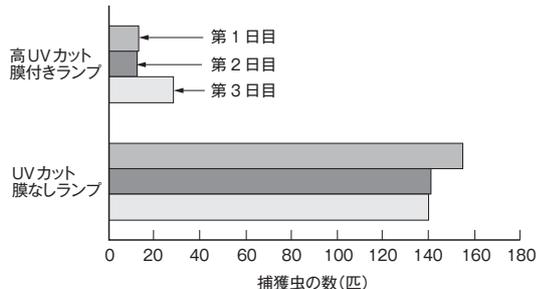


図9. 高UVカット膜付きと従来のUVカット膜なしのメタルハライドランプで捕獲された昆虫数 — 高UVカット膜付きメタルハライドランプの捕獲虫の数は、UVカット膜なしのそれに対して大幅に少ないことを確認した。

Comparison of numbers of captured insects in metal halide lamps with and without high-UV-blocking film

示す。コーティング膜なしメタルハライドランプに対して、高UVカット膜付きメタルハライドランプでは誘虫性の大幅な低減効果を確認した。

5.3 高UVカット膜付きメタルハライドランプの主な仕様

この高UVカット膜付きメタルハライドランプの主な仕様を表2に示す。従来のUVカット膜なしのメタルハライドランプ

に対し、膜特性のばらつきを考慮して光束で5%小さく、色温度は100 K低い仕様になっている。

6 あとがき

今回当社は、従来使用されているZnO(約380 nm以下カット)よりも長波長側(約400 ~ 425 nm)までカットでき、誘虫率の抑制効果の高い透明の高UVカット膜材料InドープZnOとそのコーティング技術を開発した。

メタルハライドランプにこの膜を適用して、UVAカット率が99%、50%カット波長が約400 nm、誘虫率が25%(対水銀灯)、光束の低下が5%以内のランプを商品化しており、更なる応用品種の開発を進めていく。

文 献

- 田澤信二, ほか. UVカットメタルハライドランプによる昆虫誘引試験. 第33回照明学会全国大会講演論文集. 横浜, 2000-08. 照明学会, 東京, 2000. p.257.
- BERTHOLF, L.M. The extent of the spectrum for Drosophila and the distribution of stimulative efficiency in it. Z. vergl. Physiol. 18, 1932. p.32-64.
- Cuttle, C. Damage to museum objects due to light exposure. Lighting Research and Technology. 28, 1996. p.1-9.
- 川勝 晃, ほか. 透明高UVカット膜を応用した低誘虫メタルハライドランプの開発. 第40回照明学会全国大会講演論文集. 福岡, 2007-08. 照明学会, 東京, 2007. p.63.



川勝 晃 KAWAKATSU Akira

東芝ライテック(株) 技術本部 研究開発センター主査。
光源関連材料の開発業務に従事。照明学会会員。
Toshiba Lighting & Technology Corp.



岡村 和好 OKAMURA Kazuyoshi

東芝ライテック(株) 技術本部 光源技術部 参事。
HIDランプの開発業務に従事。
Toshiba Lighting & Technology Corp.