

S20190913\_01、[MIPT](#)

LED に代わる画期的なランプのプロトタイプをテスト

モスクワ物理学・技術研究所(MIPT)とロシア科学アカデミーLebedev Physical Institute は、一般照明用カソードルミネセントランププロトタイプを設計、テストした。新しいランプは、電界放射現象に依拠しており、世界中で入手可能な類似品と比べて、信頼性、耐久性がすぐれており、高輝度である。開発成果は、Vacuum Science & Technology B に発表された。

LED ランプは一般的になっているが、LEDs だけが白熱電球のクリーンな省エネ代替ではない。1980年代から、世界中のエンジニアが、一般照明のもう1つのオプションとして、いわゆるカソードルミネセント(陰極線)ランプを研究してきた。

この種のランプは、陰極線管を使う古い TVs を機能させた同じ原理に依存している。マイナスに帯電した電極、つまりカソードが真空管の一方に電子ガンとして存在する。最大 10kV の電位差が、チューブの反対側にあるプラスに帯電した蛍光体(フォスファ)コート電極、アノードに向かって放出電子を加速する。この電子衝撃が光になる。

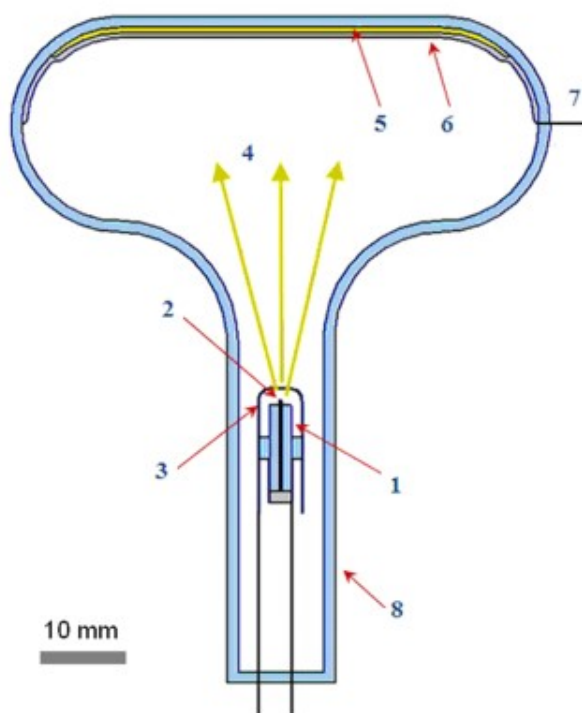


FIG. 1. Schematic diagram of the vacuum bulb. (1) Cathode-modulator unit, (2) cathode, (3) modulator, (4) emitted electrons, (5) luminophore, (6) anode (aluminum mirror), (7) anode output, and (8) glass vacuum envelope.

図 1 カソードルミネセントランプ。カソード変調器ユニット(1)、カソード(2)、変調器(3)、放出電子(4)、蛍光体(5)、アルミニウムミラー・アノード(6)、アノード出力(7)、ガラス真空チューブ(8)。画像作成はは研究者。

カソードルミネセントランプは、使われる蛍光物質に依存して、赤から紫外まで、ほとんどどんな波長でも発光可能という利点がある。

新しい UV 電球は、取り分けタイムリーな開発になる。128 ヶ国が署名した国連、水俣に関する条約で、水銀を利用する家庭用器具の禁止が 2017 年 8 月に発効したからである。他の製品の中で、禁止は、グリーンハウス照明や他のアプリケーションで吹き有している UV 蛍光管を対象にしている。カソードルミネセント UV 電球は、水銀を踏んでおらず、利用でも廃棄でも汚染物質を出さない。

RAS, Lebedev Physical Institute, Mikhail Danilkin は、「例えば、水処理や空気殺菌に水銀ランプを使っている産業の中には、廃棄が緩慢であった、その意志がないところもある。しかし、医療は異なる。個々の医療施設で水銀ランプ廃棄の問題は、まだ解消されていないが、環境基準がますます厳しくなっている。カソードランプは、手術室の除染、喉や扁桃腺の UV 照射、歯牙充填物硬化で利用可能である」とコメントしている。

LEDs や蛍光管に対する新しいランプのもう 1 つの重要な利点は、それが、いわゆる重要な原材料をに依存しないことである。これらには、ガリウム、インジウム、その他の希土類元素が含まれる。それらの供給は限られており、これらの物質は、健康、防衛、航空宇宙および他の重要産業では、極めて重要であり、他のものに置き換えることができない。EU は、ヨーロッパの経済にとって戦略的な重要な物質としてリストにあげている。

商用カソードルミネセントランプ電球の量産試行は米国で行われたが、消費者に受け入れられなかった。それが大きくて、カソードが動作温度に達するまでのウォームアップに数秒かかることが主な理由である。

カソードの中にはウォームアップを必要としないものもある。それらは、電界放出現象に依存することから、電界放出カソードとして知られている。それは、トネリングによるもので、静電界にしたがった冷陰極管放出電子だけが関与している。

しかし、量産可能で、手頃な値段で販売でき、効率的で長持ちする、技術的に進んだカソードの設計は、困難であることが分かっていた。日本や米国で継続的に取り組んでいるが、先頃、ロシアの研究は、これについて初めて成功を収めた。

「われわれの電界放出カソードは、通常の炭素でできている。しかしこの炭素は化学物質としてだけでなく、むしろ構造として利用されている。われわれは、炭素繊維から構造を作る方法を見いだした。構造はイオン衝撃に耐性があり、高い放出電流を出力し、技術的に製造可能であり、手頃な価格になる」と MIPT 真空エレクトロニクス副部長、Evgenii Sheshin は説明している。

炭素に特別な処置をすることで、多くのサブマイクロメートルの突出がカソードの先端に形成される(図 2)。これは、先端で超高速電界になり、電子を真空内に放出する。

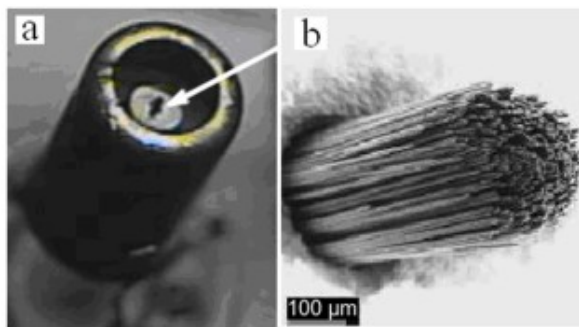


Fig. 2. Cathode-modulator unit (a); arrow indicates the field emission cathode. The magnified image of the field emission cathode based on carbon fiber (b).

図 2 白い矢で示した放出炭素繊維カソードを持つカソード変調器ユニット(a)、カソード(b)を 100μm スケールに拡大。

MIPT の研究グループは、カソードルミネセントランプ用にコンパクトな電源も開発した。これは、思い通りの電界電子放出に十分なキロボルトを供給する。光源は、丸いガラス電球(図 3)に収まっており、そのサイズにはほとんど問題がない。

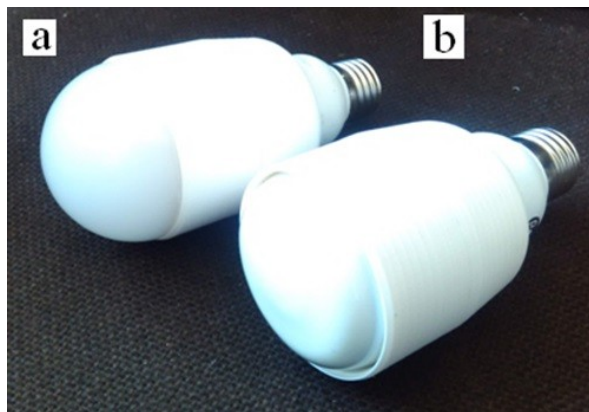


図 3 E27 キャップ電圧変換器組み込みカソードルミネセントランプのラボプロトタイプ。(a)はディフューザ付、(b)はディフューザない。光量は 250 ルーメン。これは白熱電

球で 25W 程度の出力だが、消費電力はわずか 5.5W。

論文は、プロトタイプテストとランプの技術的特性について報告している。これらのデータは、量産すると、その新しいカソードルミネセント電球が、LEDs の低価格と張り合えることを示唆している。新しい電球は、まだ多くの家庭で使われている、水銀を含んでいて危険な蛍光ランプのフェーズアウトに役立つ。

「LED 電球と違い、われわれのランプは、昇温の心配はない。冷却が不十分な、天井のスポットライトなど、ダイオードが直ぐに衰えるようなところで、われわれのランプを使うことができる」と MIPT の真空エレクトロニクス部、論文の共同著者、Dmitry Ozol はコメントしている。

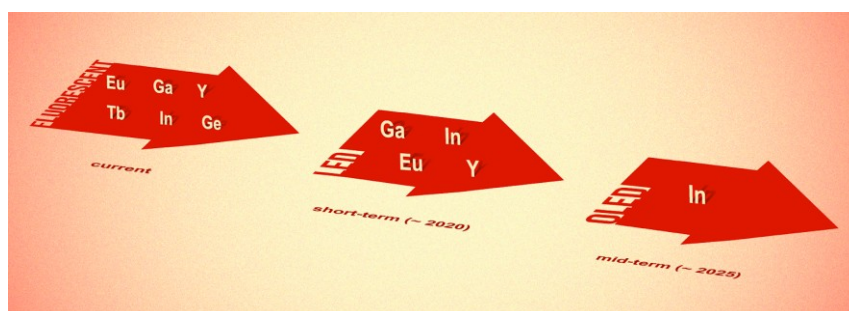


図4 照明アプリケーションの考えられるメガトレンド。LEDsは、現在使用されている蛍光管と比べて、依存する原材料は少ないが、有機LEDsはこれらの材料を完全に不要にすると考えられている。ただし、インジウムは除く (Credit: @Linasmth.art/MIPT Press Office)。