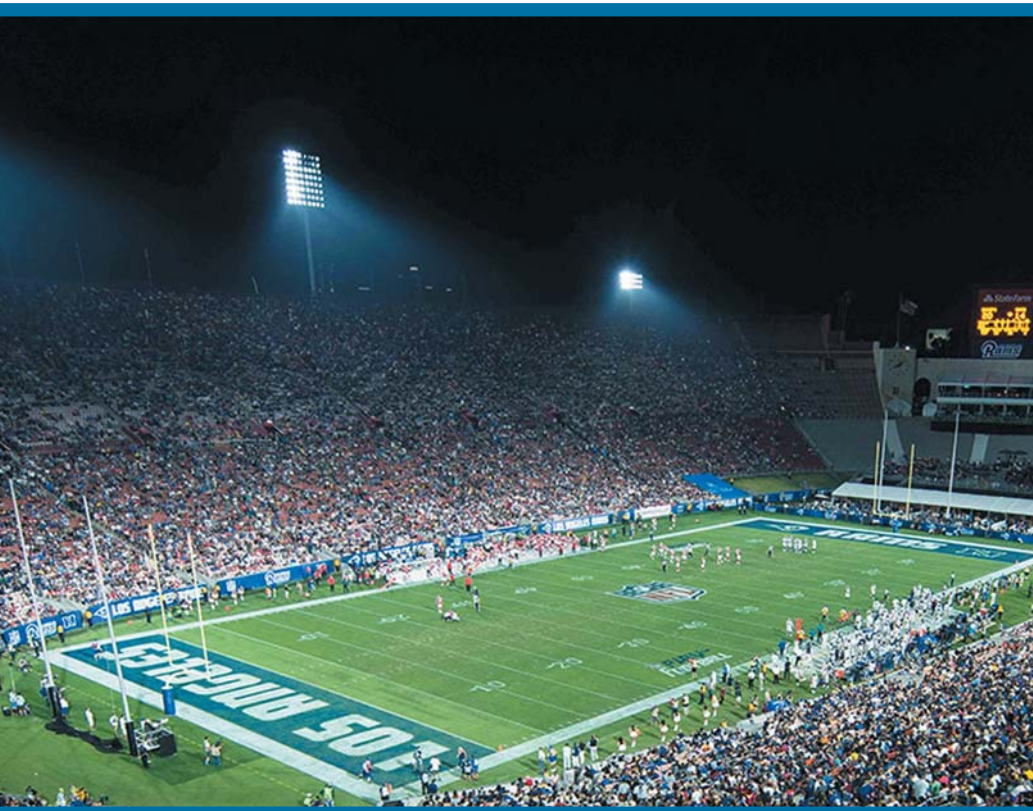


Светильники высокой габаритной яркости и приемлемые размеры теплоотвода

В статье рассматриваются различные методы снижения массо-габаритных параметров корпусов светодиодных светильников. Основная задача, требующая решения, — обеспечить приемлемые технические и коммерческие параметры светильников большой мощности для вышек стадионов, морских портов, объектов железной дороги.



В профессиональной среде сложилось достаточно устойчивое понимание, что качественный теплоотвод является залогом долгой жизни светодиодного светильника.

В аффилированной с ней коммерческой среде сложилось не менее устойчивое представление, что светильник с минимальными массо-габаритными параметрами будет успешно продан (при эквивалентности прочих технических параметров в сравнении с конкурентами), просто в силу меньшего расхода металла и заведомо более низкой стартовой ценовой позиции.

Последним подыгрывают некоторые производители светодиодов, декларирующие как новостную готовность их изделий эксплуатироваться (чуть меньший промежуток времени) — при температуре $p-n$ -перехода $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Как же соединить инженерную лошадку с корыстной ланью в одной упряжке? И как может выглядеть пристегнутая телега?

Поиски решения

Алюминиевый радиатор

Решение в лоб заключается в заведомо избыточном алюминиевом радиаторе (рис. 1), гарантирующем работоспособность светильника при температурах окружающей среды до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. «А вдруг наш светильник High Bay выиграет тендер на освещение в маргеновском цеху?»

Попытки инженера-теплотехника пере- считать теплоотвод после такого решения выглядят запоздалыми, специалиста привлекли после заказа фильеры и склади- рования профиля.

Радиатор с кулером

Следующим решением было бы пере- нять устоявшиеся традиции охлаждения компьютерной техники.

Но на пути массового применения радиатора с кулером препятствием ста- новятся принципиально иные условия



Рис. 1. Классический алюминиевый профиль

эксплуатации светильника в сравнении с серверной стойкой или системным блоком компьютера.

В indoor-освещении, в частности в большинстве магазинов сегмента fashion, приемлемым считается уровень шума до 30 дБ. Более высокий уровень шума, создаваемый в торговом зале с 20–30 светильниками акцентирующего освещения, считается уже некомфортным для покупателей и сотрудников.

В уличном освещении мы получаем неизбежную угрозу запыления, в промышленном — сложность обслуживания и чистки от той же пыли и масел. Не спасают даже специально производимые для применения в агрессивной среде кулеры, с уровнем защиты до IP68 (рис. 2).

Дополнительные проблемы возникают из-за неизбежного снижения энергоэффективности такого светильника в целом: активное охлаждение ухудшает один из ключевых технических параметров.

Термопластики

Длительный период времени взоры конструкторов светильников были обращены к термопластикам.

Термопластмасса с высокими параметрами теплопроводности еще несколько лет назад казалась удачной альтернативой алюминиевым корпусам светильников (рис. 3). Однако обнаружили «детские болезни» применения инновационного материала. Если изделия с малыми габаритами и низкой мощности для indoor-освещения обладали приемлемым внешним видом, то габаритные корпуса уличных и промышленных светильников отличались механической хрупкостью, частым присутствием облоя и недопрессовки из-за технологических проблем работы с исходным сырьем. Препятствием для отрасли стала невозможность эффективно и относительно недорого отводить тепло, из-за малых масштабов производства таких решений и связанной с этим высокой себестоимостью.

Тепловые трубки

Следующим этапом стали попытки применения жидкостных теплоносителей в тепловых трубках.

Здесь мы возвращаемся к исходной, компьютерной концепции охлаждения системы, но переосмысленной для более жестких условий эксплуатации светильников.



Рис. 2. Кулер для работы в агрессивной среде



Рис. 3. Пластмассовый корпус прожектора

В 2006 г. эволюция применения U-образных тепловых трубок, соединенных с пластиной — основанием процессора, была реализована в виде HDT (Heatpipe Direct Technology). Суть заключалась в том, что источник тепла размещался не на пластине, соединенной с тепловой трубкой, а непосредственно на тепловой трубке (рис. 4).

Разумеется, сама толстенная тепловая трубка из меди в зоне съема тепла имеет плоскую отшлифованную поверхность. Далее необходимо было решить вопрос с качеством уплотнений тепловых трубок и угрозой испарений жидкостных теплоносителей.

Ответом послужил принципиальный отказ от жидкостного теплоносителя. Сердечником медной тепловой трубки стала сама медь.

Материалы

Зачем нужна конструкция, в которой используется дорогая медь, в сопоставлении с общепринятым алюминием? Одним из возможных инженерных ответов может послужить таблица теплопроводности различных материалов (табл. 1), в которой мы наблюдаем 1,5-кратное превосходство меди в теплопроводности.

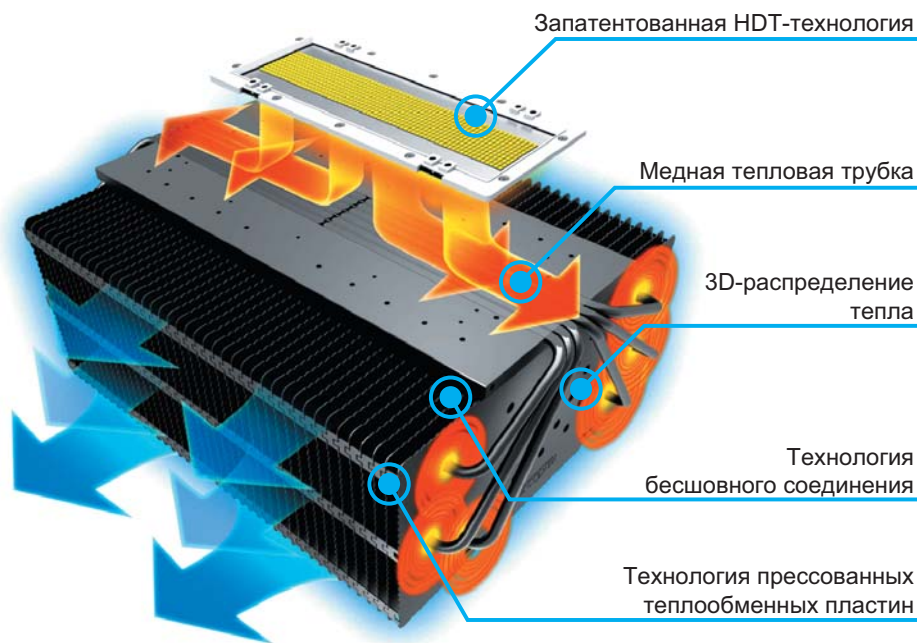


Рис. 4. Теплоотвод по технологии HDT

Коммерческим ответом может быть решение с инсталляцией светильников высокой и сверхвысокой мощности на вышках стадионов, в морских портах и на железной дороге. При невероятном 200-кратном улучшении теплоотвода, обещанном производителем конструкции, приведенной на рис. 4, мы получаем возможность поднять 1-кВт светильник (рис. 5) на вышку без особых усилий.

В качестве источника света в таком светильнике может быть CoB. А решая проблему градиента температуры, присутствующего CoB высокой мощности, можно использовать платы повышенной теплопроводности с диодами малой мощности (рис. 6).

Очевидно, такое решение имеет нишевое применение. И наши взоры возвращаются к топу (таблица 1).

Серебро и алмаз мы по понятным причинам пропускаем. И упираемся в графен, вокруг которого, в частности, последние несколько лет ведутся исследования в приложениях отвода тепла.

Прорывная идея

В 2004 г. нобелевские лауреаты Константин Новоселов и Андрей Гейм экспериментальным путем, с помощью липкой ленты получили графен. Спустя некоторое время выяснилось, что слой углерода толщиной

Таблица 1. Коэффициенты теплопроводности различных материалов, Вт/м·К

Графен	(4840±440)
Алмаз	1001-2600
Серебро	430
Медь	382-390
Золото	320
Алюминий	202-235
Латунь	97-110
Железо	92
Платина	70
Олово	67
Сталь	47
Кварц	8
Стекло	1-1,15
Вода при комнатной температуре и атмосферном давлении	0,6
Кирпич строительный	0,2-0,7
Воздух	0,026
Вакуум	0

в один атом может служить «посредником», позволяющим выращивать вертикальные нанотрубки (рис. 7) почти на любой поверхности [1]. Массив графеновых трубок образует идеальный теплоотвод, в том числе при пленочном покрытии на алюминии и меди.

Начался графеновый зуд (не путать с бумом). В 2015 г. маркетологи объявили о выпуске первой коммерческой «графеновой» лампочки (рис. 8). Нить с распаянными кристаллами светодиодов была покрыта графеновой пленкой. Заявления о «графеновой» лампочке выглядели так, как некий «ребрендинг», проведенный предвкушающими прибылью коммерсантами: объявивших ЖК-телевизоры со светодиодной подсветкой LED-телевизорами.

В реальном производстве корпусов светильников технологи столкнулись с отслоением графеновых пленок. Проблема решается методом присадки в графеновую пленку силана APTEs (вещества, традиционно применяемого для усиления сцепления битума со щебнем в асфальте). Подвергнутый нагреву и гидролизу, он не только улучшает сцепление, но и вдвое

увеличивает плоскостную (in-plane) теплопроводность графеновой пленки: до 1600 Вт/м·К при толщине пленки 20 мкм [3].

При этом возникают дополнительные сложности. Уходя от вертикально выстроенных теплоотводов (В), мы приходим к увеличенным полям вокруг источников тепла, связанным с плоскостной конструкцией корпуса светильника (Д×Ш). Что неизбежно отрицательно сказывается на парусности светильника.

Одним словом, и технологии теплоотвода при помощи графеновых пленок, на фоне высокой себестоимости пленки и «детских болезней», на сегодня выглядят сырыми и скорее маркетинговыми, нежели коммерчески оправданными. ●

Литература

1. Меркульев А. Ю., Юрков Н. К. Графен как материал для теплоотводов нового поколения // Молодой ученый. 2014. № 3.
2. <http://www.facepla.net/the-news/5025-лампочка-на-основе-графена.html>
3. <https://geektimes.ru/post/259186/>



Рис. 5. Светильник Vozon

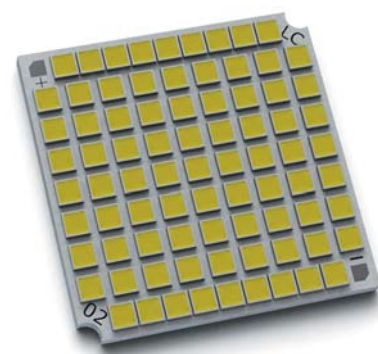


Рис. 6. Модуль Ledcon LC02 как альтернатива CoB

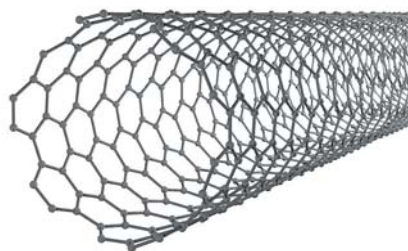


Рис. 7. Структура графена, свернутого в нанотрубку



Рис. 8. Графеновая лампочка