

Высокоэффективные герметичные компаунды для светодиодов

В статье представлены смолы компании Electrolube, предназначенные для заливки и инкапсуляции светодиодов, используемых в осветительных приборах. Подробно представлены свойства и характеристики некоторых новых материалов.

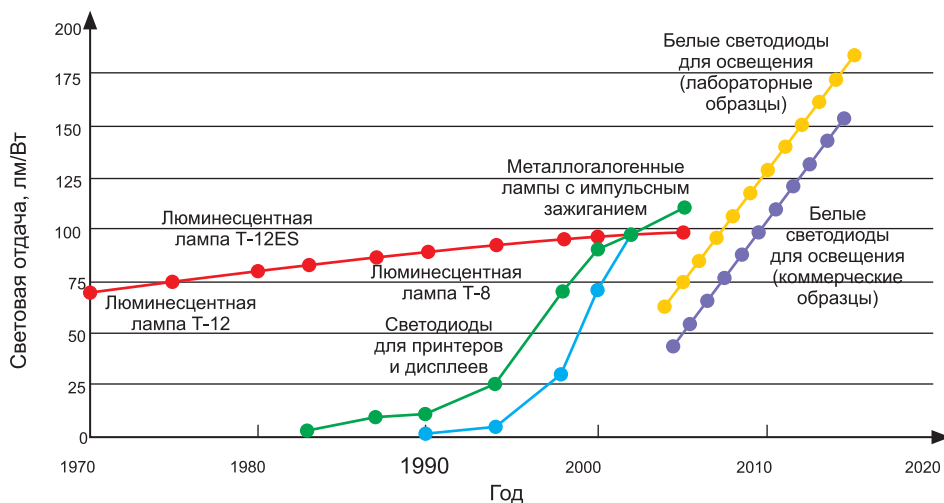


Рис. 1. Соотношение световой отдачи различных источников света и прогноз роста к 2020 г.

Растущие цены на электричество, возрастающие опасения по поводу изменения климата, а также стремление к энергетической независимости — все эти факторы заставляют мировой рынок освещения изменяться в пользу более энергоэффективного освещения. Революционное развитие светодиодных (СД) источников света приводит к фундаментальному изменению восприятия и использования освещения и открывает огромные возможности для значительного энергосбережения.

Высокая эффективность СД-источников света является ключевым фактором для применения СД-технологий. Светоотдача осветительных СД-приборов уже сейчас равна или даже превышает светоотдачу большинства традиционных технологий при серьезном запасе для роста (рис. 1).

Эффективность работы осветительного СД-прибора в значительной мере зависит от эффективности самого СД-источника света. Интеграция СД в осветительный прибор приводит к снижению его общей светоотдачи из-за потерь в оптической системе, потерь в источнике питания и тепловых потерь. Предрекают, что к 2020 г. светоотдача СД достигнет 220 лм/Вт, а светоотдача осветительных приборов — 196 лм/Вт (табл. 1).

В связи с этим быстрым ростом появилась насущная необходимость производителям СД-светильников сделать правильный выбор материалов для заливки и инкапсуляции, чтобы максимально увеличить срок службы и производительность осветительных СД-приборов. Выбор зависит от двух ключевых факторов: управление температурой, включая меры по обеспечению максимальной теплоотдачи от СД-светильников и осветительных сборок, и понимание того, как правильный выбор компаунда может оказать значительное влияние на эстетику, атмосферу, качество освещения и долгосрочную сохранность в различных условиях окружающей среды.

Компаунды широко используются для заливки и инкапсуляции в электронике, электротехнике и СД-отрасли. Бывают они трех видов, в зависимости от химических типов: эпоксидные, уретановые и силиконовые. Британская компания Electrolube разрабатывает, производит и поддерживает широкий ассортимент смол во всех этих категориях.

Свойства эпоксидной смолы

Эпоксидные смолы пользуются широкой популярностью среди отраслей электроники благодаря отличным электрическим и механическим свойствам, а также способности обеспечивать защиту от химических веществ и высоких температур. Их использование позволяет защитить электрические компоненты от пыли, влаги и коротких замыканий. Эпоксидные смолы имеют лучшую теплопроводность, чем воздух, они обеспечивают более эффективное рассеивание тепла от компонентов, что продлевает срок службы.

Сегодня существует широкий спектр различных смоляных систем на основе эпоксидной смолы, обладающих широким спектром различных свойств. Процесс отверждения для эпоксидных смол обычно медленный, но диапазон различных скоростей отверждения и отвержденных свойств может быть получен с использованием аминов, модифицированных амином полимеров или полиамидов. Однако, хотя реакция может быть очень быстрой, она также может быть и высоко экзотермической, что приводит к возможности реакции «бегства». Эти проблемы можно смягчить, модифицируя химическую реакцию смолы или используя наполнитель, который поможет поглотить тепло реакции и часто используется в качестве антипирена. Температура, при которой смола отверждается, будет влиять не только на ее скорость отверждения, но и на качество конечного результата, поэтому в этой области необходимо провести некоторые предварительные испытания.

Одной из новейших эпоксидных смол Electrolube, представленных на выставке Electronica 2016 (Мюнхен, Германия), является ER4001 с модифицированной формулой. ER4001 — эпоксидная смола, которая обладает высокой термостойкостью и улучшенной

Таблица 1. Разбивка по прогнозу мощности осветительного прибора с тепло-белыми светодиодами*

Составляющие эффективности	2014 г.	2015 г.	2020 г.	Цель
Прогнозируемая светоотдача СД** (лм/Вт)	146	162	220	250
Спад эффективности от нагрева (увеличенная $T_{раб}$) до, %	87	88	93	95
Эффективность блока питания, %	86	87	93	96
Оптическая эффективность, %	87	89	94	96
Токовый корректирующий фактор спада мощности (снижение $I_{раб}$)	1,14	1,13	1,09	1,05
Общая эффективность осветительного прибора, КПД %	74	77	89	92
Светоотдача осветительного прибора*** (лм/Вт)	108	125	196	230

Примечание: * — тепло-белые СД и осветительные приборы с ними имеют КЦТ = 3000 К и CRI = 80; ** — для тепло-белого СД; *** — светоотдача осветительного прибора получена путем умножения светоотдачи СД на общую эффективность осветительного прибора.

отверждаемостью и обеспечивает полную защиту при температурах до +150 °С. Благодаря своей повышенной теплопроводности ER4001 оптимально подходит для тех изделий, комплектующие которых требуют эффективного рассеивания тепла.

ER4001 также прекрасно подходит для использования в осветительных СД-установках, где она помогает ускорить рассеивание тепла и продлить срок службы агрегата.

Ассортимент эпоксидных смол Electrolube включает в себя множество прозрачных, белых и черных одно- и двухкомпонентных продуктов со множеством полезных свойств, которые отвечают большинству требований — от заливки и уплотнения до погружения, включая исключительные электрические и термические характеристики, огнестойкость и устойчивость к химическим веществам (табл. 2).

Таблица 2. Эпоксидные смолы Electrolube

	ER2188	ER2220	ER2138	ER2224	ER1426	ER1450	ER1122	ER4001
Особые свойства	Общего применения	Высокая теплопроводность	Низкая вязкость, теплопроводящая	Высокая температурная стабильность	Оптически прозрачная	Очень низкая вязкость	Отличная адгезия	Термостойкая
Цвет (смесь)	Черный	Серый	Черный	Матовый	Бесцветный	Белый	Прозрачный янтарь	Матовый
Плотность в отвержденном состоянии, кг/м ³	1,69	2,22	1,95	2,13	1,05	1,10	1,05	2,13
Вязкость смеси, мПа·с (при +23 °С)	9000	15000	5000	20000	100	250	12000	4000
Пропорции смеси по весу (по объему)*	11:1 (5,5:1)	2,8:1 (8,2:1)	12,8:1 (5,6:1)	5,85:1	4:1 (3,4:1)	2,5:1 (2,2:1)	1:1 (0,8:1)	4,43:1
Время жизни (при +23 °С), мин	60	120	120	40	120	15	90	60
Время гелеобразования (при +23 °С), ч	2,5	3	7	2,5	4	0,5	4	6
Время отверждения (при +23...+60 °С), ч	24/2	24/4	24/4	24/4	36/8	12/2	48/4	1 (при +120 °С)
Твердость по Шору	D85	D90	D90	D75	D85	D50	D80	D90
Теплопроводность, Вт/м·К	0,91	1,54	1,10	0,81	0,20	0,20	0,20	1,20
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+120	-40...+130	-40...+130	-40...+150	-40...+120	-50...+130	-40...+120	-40...+150
Максимальная температура при кратковременном воздействии, °С	+140	+150	+150	+170	+130	+150	+140	+170
Диэлектрическая прочность, кВ/мм	10	10	10	10	10	10	12	17,7
Объемное сопротивление, Ом/см	1014	1015	1015	1015	1014	1015	1014	1010
Уровень нераспространения горения	V-0	V-0	V-0	V-0	-	-	-	V-0
Соответствие UL94	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	-
Соответствие RoHS	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да

Примечание: * — точно вычисленные пропорции смешивания необходимо смотреть в техническом паспорте материала.



Рис 2. Оптически прозрачный полиуретановый компаунд Electrolube UR5638 (справа) и эпоксидная матовая смола ER2224 (слева)

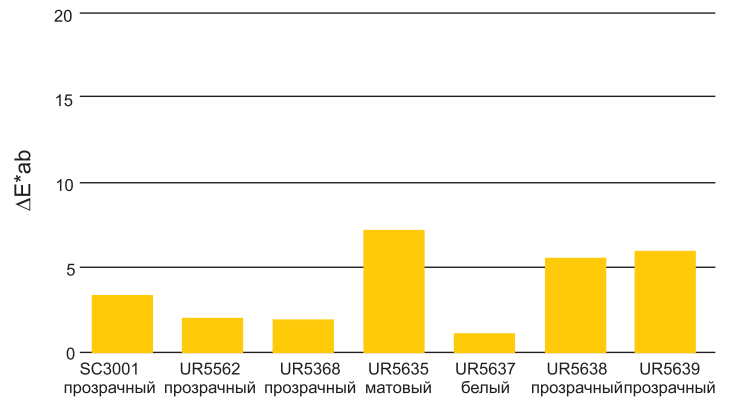


Рис 3. Абсолютное изменение цвета (DE * ab) после 1000 ч УФ-облучения

Полиуретановые смолы

В то время как эпоксидные смолы обеспечивают твердую и гибкую инкапсуляцию при отверждении, полиуретановые смолы эластомерны или эластичны в их отвержденном состоянии, что особенно полезно, если плата, которая должна быть загерметизирована, содержит delicate компоненты. Как и эпоксидные, полиуретановые смолы обеспечивают химическую, пылевую и влагостойкость, а также отличную электрическую изоляцию и хорошую адгезию к большинству подложек, как из металла, так и из пластика. В отличие от их эпоксидных аналогов, полиуретаны имеют меньшую экзотермию во время отверждения даже для быстрых систем. Однако отвержденные полиуретановые смолы не должны подвергаться непрерывному температурному воздействию свыше +130 °C.

Одной из последних разработок в классе полиуретановых смол Electrolube, которая была создана с целью помочь производителям

СД-светильников обеспечить защиту от воздействий окружающей среды для своей продукции, стала UR5638 (рис. 2)

UR5638 представляет собой оптически прозрачную полиуретановую смолу, состоящую из алифатического полимера, предназначенного для обеспечения высокой стойкости к УФ-излучению и, в то же время, отличной передачи видимого спектра света. Это делает ее хорошим выбором для заливки СД, работающих в спектре видимого света, в частности — белых СД. UR5638 — прочная смола, которая обеспечивает отличную защиту от влияния окружающей среды как для внутренних, так и для наружных СД-приборов, и в то же время она оптимально подходит для заливки больших блоков из-за своих низких экзотермических значений.

Полиуретановые смолы Electrolube поставляются в белых, черных, синих, прозрачных, матовых и оптически прозрачных

Таблица 3. Полиуретановые смолы Electrolube

	UR5041	UR5048	UR5044	UR5528	UR5562	UR5633	UR5604	UR5638
Особые свойства	Водостойкая	Мягкая, с малыми напряжениями	Мягкая, ремонтпригодная	Прочная, с высокой адгезией	Оптически прозрачная	Теплопроводящая	Прочная, гибкая	Оптически прозрачная
Цвет (смесь)	Черный	Прозрачный янтарь	Темно-синий	Черный	Бесцветный	Черный	Черный	Бесцветный
Плотность в отвержденном состоянии, кг/м ³	1,18	0,95	1,49	1,07	1,02	1,65	1,54	1,11
Вязкость смеси, мПа·с (при +23 °C)	2500	980	3400	2000	300	30000	2000	2000
Пропорции смеси по весу (по объему)*	3,6:1 (3,9:1)	14:1 (19:1)	13,4:1 (20:1)	2,4:1 (2,9:1)	2,2:1 (2,3:1)	12,2:1 (8,8:1)	5,2:1 (3,9:1)	3,73:1 (4,42:1)
Время жизни (при +23 °C), мин	20	20	25	20	17	15	40	50
Время гелеобразования (при +23 °C), мин	60	40	40	35	22	40	90	100
Время отверждения (при +23...+60 °C), ч	24/4	24/4	24/3	24/5	24/4	24/4	24/3	24/4
Твердость по Шору	A85	A12	A40	D57	A95	A90	A75	A45
Теплопроводность, Вт/м·К	0,25	0,20	0,25	0,25	0,20	1,24	0,45	0,20
Диапазон рабочих температур, °C	-60...+125	-60...+100	-60...+120	-50...+125	-40...+120	-50...+125	-40...+130	-40...+120
Максимальная температура при кратковременном воздействии, °C	+130	+100	+130	+130	+130	+130	+155	+130
Диэлектрическая прочность, кВ/мм	20	18	18	25	11	18	18	11
Объемное сопротивление, Ом/см	1015	1014	1010	1014	1014	1014	1014	1014
Уровень распространения горения	-	-	V-0	-	-	V-0	V-0	Нет
Соответствие UL94	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Соответствие RoHS	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да

Примечание: * — точно вычисленные пропорции смешивания необходимо смотреть в техническом паспорте материала.

составах и обладают множеством свойств для удовлетворения требований при работе в высокотемпературных средах и средах, подверженных химическому загрязнению, механическим повреждениям и проникновению влаги (табл. 3).

Свойства силиконовой смолы

Как и в случае с некоторыми типами полиуретановой смолы, оптически прозрачные силиконовые смолы, такие как SC3001 Electrolube, обладают превосходной устойчивостью к УФ-излучению и сохраняют свою ясность во всех строгих лабораторных условиях тестирования. Эта хорошо документированная стойкость к УФ-излучению делает их хорошим выбором для применения в СД, где стабильность цвета смолы важна для достижения минимального температурного сдвига самого осветительного СД-устройства (рис. 3).

Силиконовые смолы хотя и не так популярны, как эпоксидные и полиуретановые, но обладают некоторыми преимуществами при использовании в качестве инкапсулирующих, потому что отвержденные продукты обладают высокой степенью гибкости, превосходной химической, пылевой и влагостойкостью и хорошими электроизоляционными свойствами. Силиконовые смолы имеют более высокую стоимость, чем эпоксидные или полиуретановые, но хороши там, где требуются высокие непрерывные рабочие температуры (выше +180 °С). Кроме того, экзотермическая температура при работе с силиконовыми системами очень низка, что обеспечивает совместимость с теплочувствительными компонентами.

Материал SC3001 представляет собой эластичный оптически прозрачный двухкомпонентный герметизирующий компаунд. Он отлично подходит для применения в светодиодной отрасли, где крайне важна оптическая прозрачность. Материал чрезвычайно хорошо подходит для изделий, где требуется нанесение тонких пленок, вследствие такого свойства, как отверждение под воздействием влаги (рис. 4).

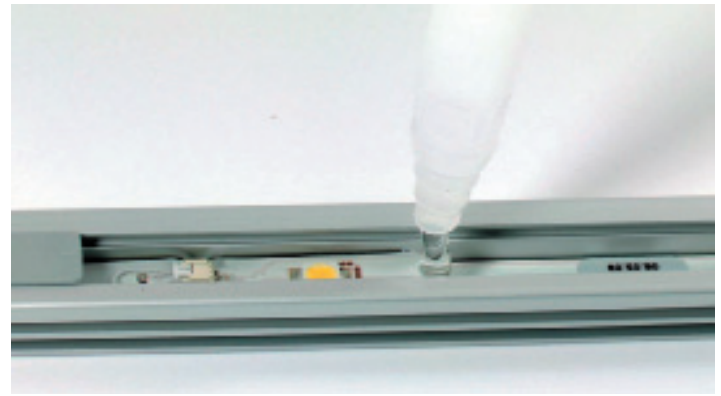


Рис. 4. Оптически прозрачный заливочный компаунд Electrolube SC3001

В отличие от полиуретана, силикон требует присутствия воды для инициирования процесса отверждения. Реакция протекает при комнатной температуре (этот процесс часто называют «вулканизацией при комнатной температуре», RTV), но может занять от 24 до 48 ч для достижения полного отверждения, в зависимости от глубины заливки или толщины образца. Силиконовые смолы также демонстрируют отличную адгезию к большинству субстратов, включая металлы и пластмассы (табл. 4).

* * *

Компания Electrolube взаимодействует с рядом производителей светодиодов и конечными потребителями по всему миру с целью изучения потребностей и улучшения характеристик своей продукции. Уделяя особое внимание исследованиям, а также возможностям сотрудничества, специалисты компании постоянно разрабатывают новые решения в области химических составов для электроники, и в частности для СД-индустрии. ●

Таблица 4. Силиконовые смолы Electrolube

	SC2001	SC2001FD	SC2003	SC3001
Особые свойства	Высокое тепловое сопротивление	Быстрое отверждение	Тиксотропная	Оптически прозрачная
Цвет (смесь)	Темно-серый	Темно-серый	Темно-серый	Оптически прозрачный
Плотность в отвержденном состоянии	1,4	1,15	1,60	1,04
Вязкость смеси, мПа·с (при +23 °С)	3500	1800	30000	1800
Пропорции смеси по весу (по объему)*	1:1 (1:1)	1:1 (1:1)	1:1 (1:1)	13:1 (12:1)
Время жизни (при +23 °С), мин	30	4	40	30**
Время гелеобразования (при + 23 °С), мин	60	8	80	180**
Твердость по Шору	A50	A40	A50	A20
Теплопроводность, Вт/м·К	0,6	0,4	0,8	0,2
Диапазон рабочих температур, °С	-50...+200	-45...+200	-60...+200	-60...+200
Максимальная температура при кратковременном воздействии, °С	+225	+225	+225	+250
Диэлектрическая прочность, кВ/мм	20	21	20	-
Объемное сопротивление, Ом/см	1015	1015	1015	1014
Уровень нераспространения горения	V-0	V-0	V-0	HB
Соответствие UL94	Нет	Нет	Нет	Нет
Соответствие RoHS	Да	Да	Да	Да

Примечание: * — точно вычисленные пропорции смешивания необходимо смотреть в техническом паспорте материала; ** — для отверждения требуется относительная влажность воздуха 50% при комнатной температуре.