

**Выводы**

Принимая во внимание современное состояние технологии изготовления сверхярких светоизлучающих диодов, в частности СД белого света, и достигнутые высокие светотехнические параметры источников света на их основе, можно сделать вывод, что в ближайшем будущем традиционные источники света — лампы накаливания и люминесцентные лампы — будут заменены на светодиодные. При формировании программы развития источников света на основе СД целесообразно на первом этапе, учитывая их высокую стоимость, разрабатывать источники света для шахт, больших магазинов, автомобилей, источников служебного света.

**ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Хайнд Р., Вахтманн К. Неорганические светодиоды. Обзор // Светотехника.— 2003.— № 3.— С. 7—13.
2. Лосев О. В. У истоков полупроводниковой техники.— Л.: Наука, 1972.
3. Коган Л. М. Полупроводниковые светоизлучающие диоды.— М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. James W., Cook Jr., Schetzina J. F. Blue-green light-emitting diodes promise full-color displays // Laser Focus World.— 1995.— N 5.— P. 101—104.
5. Mills A. Solid state lighting—a world of expanding opportunities at LED 2002// III-Vs Review.— 2003.— Vol. 16, N 1.— P. 30—33.
6. Коган Л. М. Полупроводниковые светодиоды: современное состояние // Светотехника.— 2000.— № 6.— С. 11—15.
7. Коган Л. Дальнейшее развитие оптоэлектронных приборов // Новые компоненты.— 1998.— № 4.— С. 55—58.
8. Mills A. Nitrides in Nara// III-Vs Review.— 2003.— Vol. 16, N 6.— P. 34—38.
9. Юнович А. Э. Светодиоды на основе гетероструктур из нитрида галлия и его твердых растворов// Светотехника.— 1996.— № 5/6.— С. 2—7.
10. Коган Л. Светоизлучающие диоды: дальнейшее развитие// Там же.— 1999.— № 4.— С. 23—27.
11. Коган Л., Рассохин И. Светодиодные осветительные модули направленного действия // Электронные компоненты.— 2001.— № 1.— С. 37—38.
12. Сорокин В., Гурьянов С. Новые технологии идут на службу рекламе // СВТЛЮлюкс.— 2004.— № 2.— С. 20—24.
13. Коган Л. М. Светодиодные осветительные приборы// Светотехника.— 2002.— № 5.— С. 16—20.

14. Берченко Н. Н., Кревс В. Е., Средин В. Г. Полупроводниковые твердые растворы и их применение. Справочные таблицы.— М.: Воениздат, 1982.
15. Голуб В. Сверхяркие светодиоды больших размеров // ЭКиС.— 2000.— № 12.— С. 33—36.
16. Szweida R. Taiwan expands device capabilities // III-Vs Review. Buyer's Guide 2002/2003.— P. 10—15.
17. LED lights on track (short information) // III-Vs Review.— 2003.— Vol. 16, N 1.— P. 24.
18. www.tdii.com
19. Pat. 6633120 USA. Led lamps / Hassan P. A. Salam.— 14.10.03.
20. Агафонов Д. Р., Аникин П. П., Никифоров С. Г. Вопросы конструирования и производства светоизлучающих диодов и систем на их основе // Светотехника.— 2002.— № 6.— С. 6—11.
21. Pat. 6963166 USA. Led lamp / Tadashi Yano, Masanori Shimizu, Nobuyuki Matsui et al.— 8.11.05.
22. Сорокин В., Гурьянов С. Новые технологии идут на службу рекламе // СВТЛЮлюкс.— 2004.— № 4.— С. 37—40.
23. Коган Л. М. Новые светодиоды и устройства на их основе // Светотехника.— 1997.— № 3.— С. 27—30.
24. Фишер У. SATINOSA: плоские световые знаки на основе светодиодов // Там же.— 1999.— № 2.— С. 11—13.
25. Каталог фирмы ROITHNER Laser technik, 2003.
26. Голуб В., Чернявский Р. Сверхяркие светодиоды для полноцветных крупноформатных наружных экранов // ЭКиС.— 2003.— № 1.— С. 31—33.
27. Тринчук Б. Ф. Светосигнальная аппаратура на светодиодах // Светотехника.— 1997.— № 5.— С. 6—11.
28. Tsunemasa Taguchi. The 21st century lighting project based on LED and phosphor systems // Conf. "Strategies in light".— San Francisco (USA).— 2000.— P. 817—820.
29. www.paralight.com
30. Каталог фирмы NICHIA, 2003.
31. www.ledlight.com
32. www.roithner-laser.com
33. www.agilent.com/semiconductors/
34. www.Laseroptronics.com
35. www.corvette-lights.ru
36. Каталог фирмы Корвет-Лайтс, 2003.
37. Гвоздев-Карелин С. В., Хартманн Р. Светодиодные модули фирмы OSRAM // Светотехника.— 2002.— № 3.— С. 38—40.
38. http://www.leds.ru/portfolio.php
39. www.superbrightleds.com
40. Айзенберг Ю. Б. Седьмая международная светотехническая выставка // Светотехника.— 2002.— № 2.— С. 32—36.

в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции

в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции

- Взаимодействие атомарного водорода с поверхностью монокристаллов кремния. (Украина, г. Запорожье)
- PSpice моделирование оптических локаторов. (Украина, г. Одесса)
- О путях снижения энергопотребления мощными ТВ-передатчиками эфирного телевидения. (Украина, г. Киев)
- Моделирование высоковольтного горизонтального р-канального МОП-транзистора. (Беларусь, г. Минск)
- Мощные резисторы нового поколения. (Украина, г. Одесса)
- Координатно-чувствительные устройства на основе АОТ. (Украина, г. Черновцы)
- Дозиметры энергетической освещенности ультрафиолетового излучения «Тензор». (Украина, г. Черновцы)
- Кодирование изображений на основе нечеткой классификации фрагментов. (Украина, г. Харьков)
- Радиометр ультрафиолетового излучения «Тензор-31». (Украина, г. Черновцы)
- Повышение надежности антидиффузионных переходов никелевых контактов на ветвях термозлектрических модулей Пельтье. (Украина, г. Черновцы)

в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции



Возбуждение колебательных уровней молекул газа происходит путем нагрева смеси и, кроме того, за счет резонансной передачи энергии от возбужденных молекул.

При нагревании смеси заселяются все уровни, в том числе и лазерные уровни молекул. Заселенность уровней является равновесной и определяется соотношением Больцмана. При истечении через сверхзвуковое сопло происходит резкое адиабатное расширение и охлаждение смеси. Заселенность лазерных уровней приходит в равновесие с новой температурой не мгновенно, а за время колебательной релаксации молекул газа. Так как время релаксации  $t_p^B$  верхнего лазерного уровня газа значительно больше времени релаксации нижнего лазерного уровня  $t_p^H$ , то через интервал времени  $\approx t_p^H$  в активной среде возникает инверсная заселенность  $n_B > n_H$ . Это и означает, что происходит снижение температуры газа.

Эффективность такого способа отведения тепла зависит от КПД лазера. КПД газодинамических лазеров можно представить как отношение энергии лазерного излучения  $E_L$  к энергии нагрева  $E_H$  рабочей смеси:

$$\eta_L \approx \frac{E_B \eta_p \eta_{kv}}{kT_H} \exp(-E_2/kT_H), \quad (2)$$

где  $E_B$  — энергия верхнего лазерного уровня молекул газа;  
 $\eta_p$  — КПД резонатора;  
 $\eta_{kv}$  — квантовый КПД;  
 $T_H$  — температура нагрева рабочей среды.

Газодинамические лазеры замкнутого цикла имеют КПД  $\eta_L \approx 0,1 \dots 0,16$ , а КПД лазеров открытого цикла —  $\eta_L \approx 0,02 \dots 0,08$  [3, с. 452—454]. Значения температуры нагрева  $T_H$  активной среды ограничены процессами диссоциации молекул рабочего газа. Это ограничение можно устранить непосредственной подачей газа в сопло.

Мощность газодинамического лазера можно записать так:

$$N_L = h\nu_L N' \eta_c \eta_p, \quad (3)$$

где  $h\nu_L$  — энергия квантов генерации;  
 $N'$  — секундный расход молекул газа;  
 $\gamma$  — число колебательных квантов;  
 $\eta_c$  — КПД эффективности сопла.

По сути рассмотренные газодинамические лазеры — устройства, обеспечивающие прямое преобразование тепловой энергии в энергию когерентного электромагнитного излучения.

Схема действия тепловой трубы с оптимизированным конденсором при помощи использования лазерного рефрижератора с газодинамической накачкой сверхзвуковым соплом Лавала может быть представлена следующим образом (рис. 2).

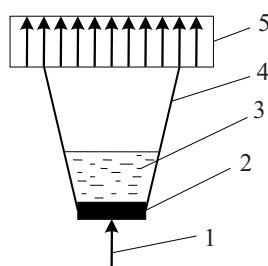


Рис. 2. Схема действия тепловой трубы с оптимизированным конденсором:  
 1 — направление теплового потока; 2 — источник тепла; 3 — рабочее вещество; 4 — паропровод в виде сопла Лавала; 5 — излучение

Как было отмечено выше, КПД газодинамических лазеров довольно низкий, из-за чего эффективность конденсора тепловой трубы на основе лазерного рефрижератора тоже невысокая. Однако решение представляет интерес как с точки зрения самой принципиальной возможности увеличения эффективности охлаждения, так и с позиций перспектив ее повышения.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Замков Е. Т., Механцев Е. Б., Палий А. В. Пути усовершенствования характеристик тепловых труб // Известия ТРТУ.— 2005.— № 9.— С. 118—121.
2. Петрушкин С. В., Самарцев В. В. Лазерное охлаждение твердых тел.— М.: Физматлит, 2005.
3. Архаров А. М., Афанасьев В. Н. Теплотехника.— М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004.

в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции

- Наноструктурированные пленки ZnO для устройств микроэлектроники и оптики. (Россия, г. Москва, г. Йошкар-Ола)
- Кремниевый термостабилизированный p-i-n-фотодиод. (Украина, г. Черновцы)
- Измерительная система усилия—перемещения с использованием сенсоров на основе нитевидных кристаллов кремния. (Украина, г. Львов)
- Источник питания для контактной микросварки с программируемой формой сварочного импульса. (Украина, г. Алчевск)
- Ультразвуковой пьезокерамический преобразователь. (Азербайджан, г. Баку)
- Вопросы создания системы контроля выбросов токсичных газов. (Украина, г. Киев)
- Требования к материалам — преобразователям электромагнитной энергии в тепловую. Пути улучшения их качества. (Украина, г. Одесса)
- Нестационарные электронные процессы в барьерных структурах и разработка новых приборов на их основе. (Азербайджан, г. Баку)
- Диффузный излучатель переменной яркости на основе оптически сопряженных интегрирующих сфер (Украина, г. Киев)
- Предлагаемые пути перехода от аналоговых к цифровым системам ВЧ-связи для высоковольтных линий электропередачи. (Украина, г. Одесса)

в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции в портфеле редакции