

# DEVELOPMENT OF DRIVERS FOR CONTROL OF THE LASER DIODES

*Ivelina Balabanova, Technical University of Gabrovo, [ivstoeva@abv.bg](mailto:ivstoeva@abv.bg)*

**Abstract:** The materials are considered for the production of laser diodes emitting in the infrared part of the spectrum, the main types of laser diode, driver circuits for control of laser diodes in continuous mode wave (CW) and pulsed mode and the fields of application of laser diodes.

**Keywords:** Horizontal and vertical oscillator, quantum wells, coastal reflectors, unipolar quantum cascade laser diode

## РАЗРАБОТКА НА ДРАЙВЕРИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЛАЗЕРНИТЕ ДИОДИ

*Ивелина Балабанова, Технически университет - Габрово, [ivstoeva@abv.bg](mailto:ivstoeva@abv.bg)*

**Абстракт:** Разгледани са материали за изработка на лазерни диоди, излъчващи в инфрачервената част на спектъра, основните видове лазерни диоди, схеми на драйвери за управление на лазерни диоди в непрекъснат режим на излъчване (CW) и импулсен режим и областите на приложението на лазерните диоди.

**Ключови думи:** Хоризонтален и вертикален резонатор, квантови ями, брегови отражатели, Униполярен квантово-каскаден лазерен диод

Съвременните видове лазери са описани в [1-6]. За оптичните комуникации се използват основно инфрачервени лазерни диоди.

### 1. Видове лазерни диоди

#### Инфрачервени лазерни диоди

Материалите за изработка на лазерни диоди, излъчващи в инфрачервената (ИЧ, IR) част на спектъра са дадени в табл. 1.

Материал	Дължина на излъчваната вълна $\lambda$ , $\mu\text{m}$
GaAs	0,84 – 0,9
GaSb	1,55
InP	0,97
InAs	3,15
E	3,72
InSb	5,20
PbTe	6,5
PbSe	8,5
InAsSb	3,0 – 5,5
PbSSe	4,0 – 9,0
PbS	4,3
CdHgTe	3,2 – 17
InGaAsP	(0,7 – 3,2) 1,3 – 16

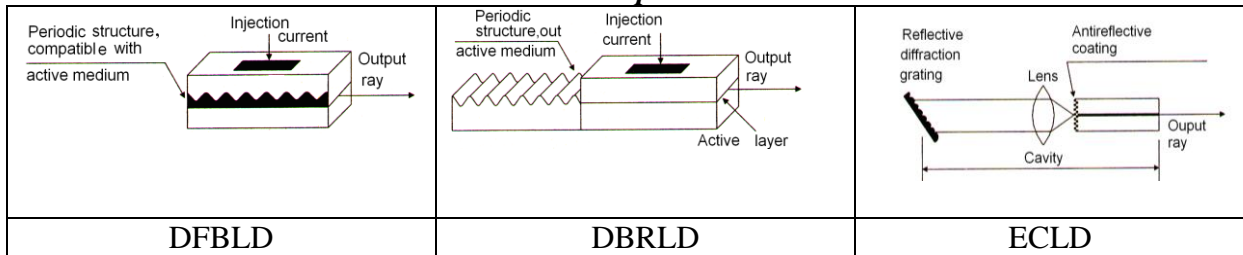
Табл.1 Лазерни диоди излъчващи в ИЧ част на спектъра

Спектри на излъчване на лазерни диоди. Инфрочервените лазерни диоди за оптични комуникации излъчват най-често в диапазоните (850 ÷ 940) nm, 1310 nm и 1550 nm.

**Основни видове лазерни диоди:**

- Лазерен диод с резонатор на Фабри-Перо (FPLD);
- Лазерен диод с разпределена обратна връзка DF(B)LD;
- Лазерен диод с разпределени брегови отражатели (DBRLD);
- Лазерен диод с външен резонатор (ECLD);
- Лазерен диод с повърхностно излъчване и вертикален резонатор (VCSEL);
- Лазерен диод с повърхностно излъчване и хоризонтален резонатор (HCSEL);
- Лазерен диод с повърхностно излъчване и вертикален външен резонатор (VECSEL);
- Лазерен диод на квантови ями (QWLD);
- Лазерен диод с напрегнати квантови ями (SQWLD);
- Лазерен диод на много квантови ями (MQWLD);
- Квантово-размерен лазерен диод (QWILD);
- Квантово-каскаден лазерен диод (QCLD);
- Униполярен квантово-каскаден лазерен диод (UQCLD);
- Лазерен диод на фотонни кристали (PCLD).

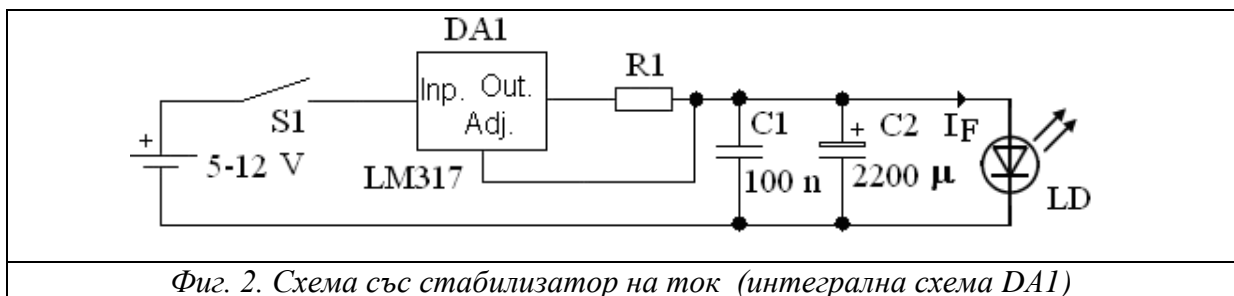
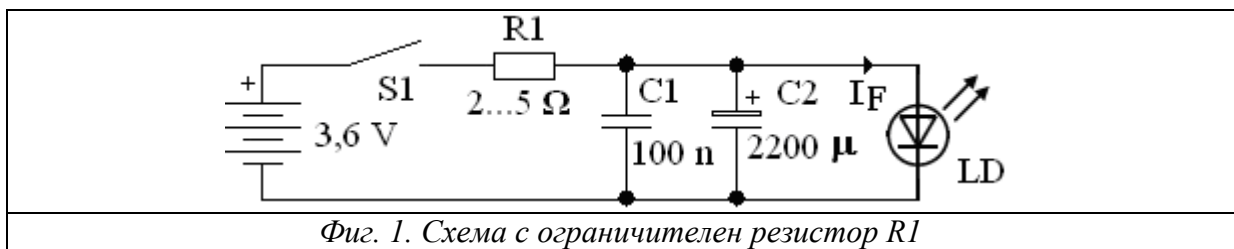
**Видове лазерни диоди**



**2. Драйвери за управление на лазерни диоди**

**2.1. Управление на лазерни диоди в режим на непрекъснато излъчване**

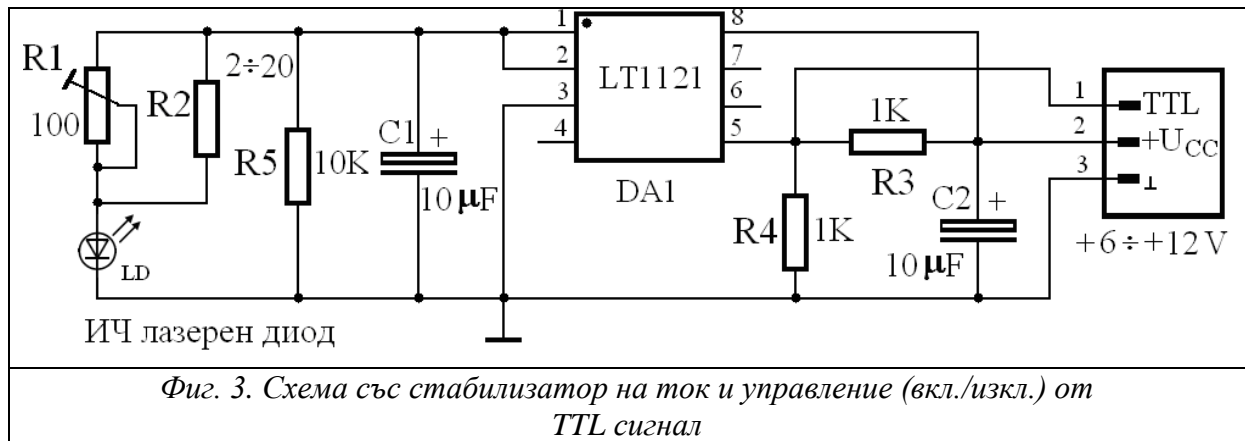
- управление чрез ограничителен резистор R1- фиг. 1;
- управление чрез стабилизатор на ток DA1- фиг. 2;



Токът в права посока през лазерния диод се определя от израза:

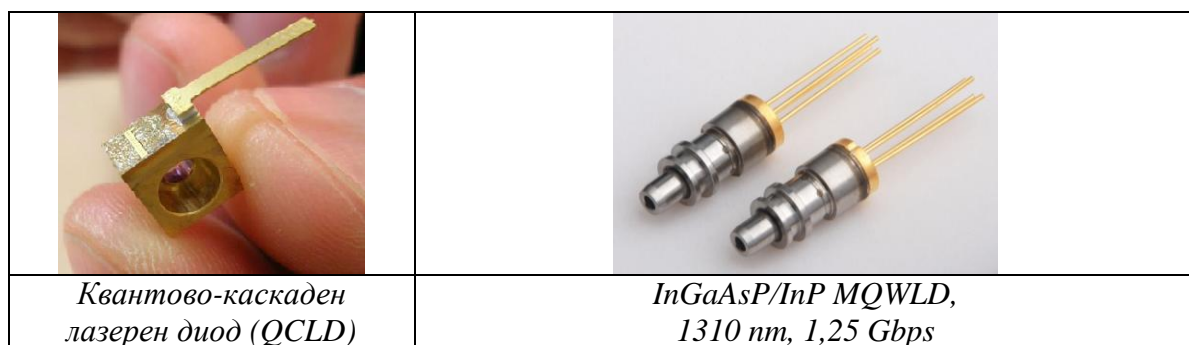
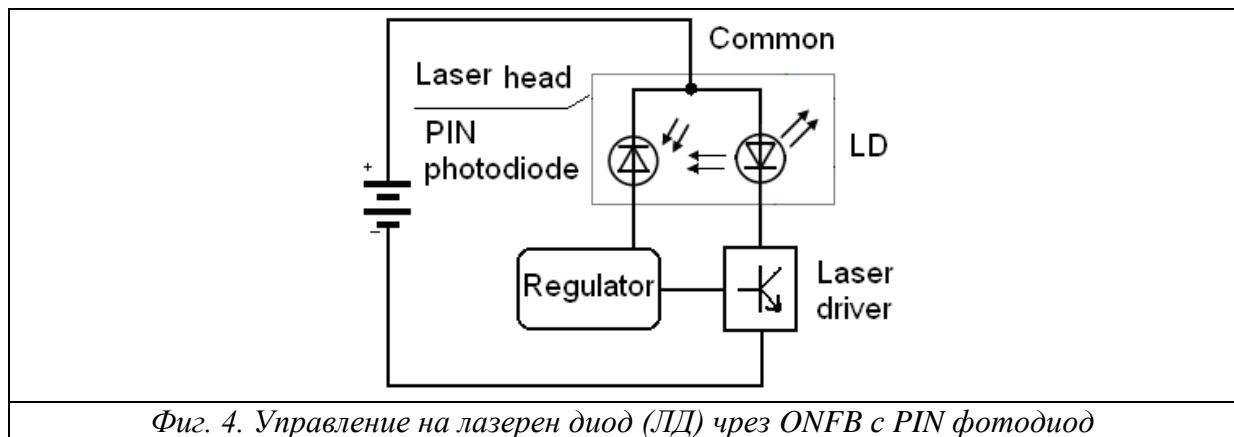
$$I_F (A) = 1,25 \cdot R_1 (\Omega) \tag{1}$$

- управление чрез стабилизатор на ток DA1 и TTL ниво- фиг. 3.

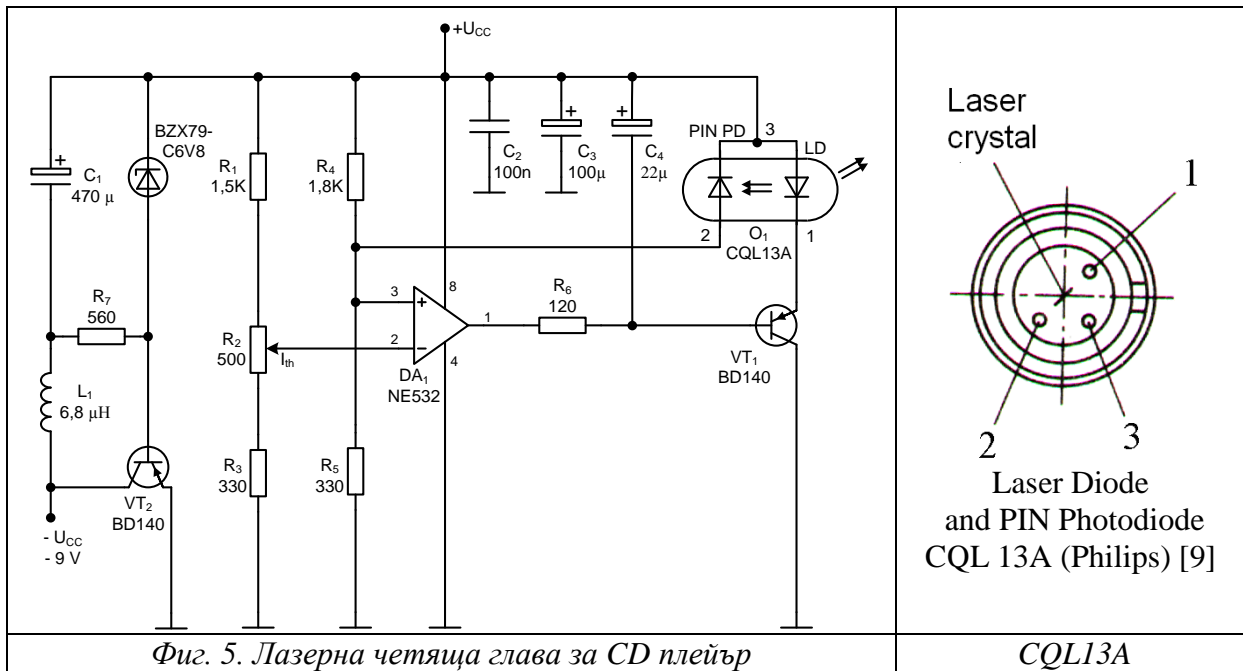


## 2.2. Управление на лазерен диод в непрекъснат режим при поддържане на постоянна мощност на излъчване от лазерния диод

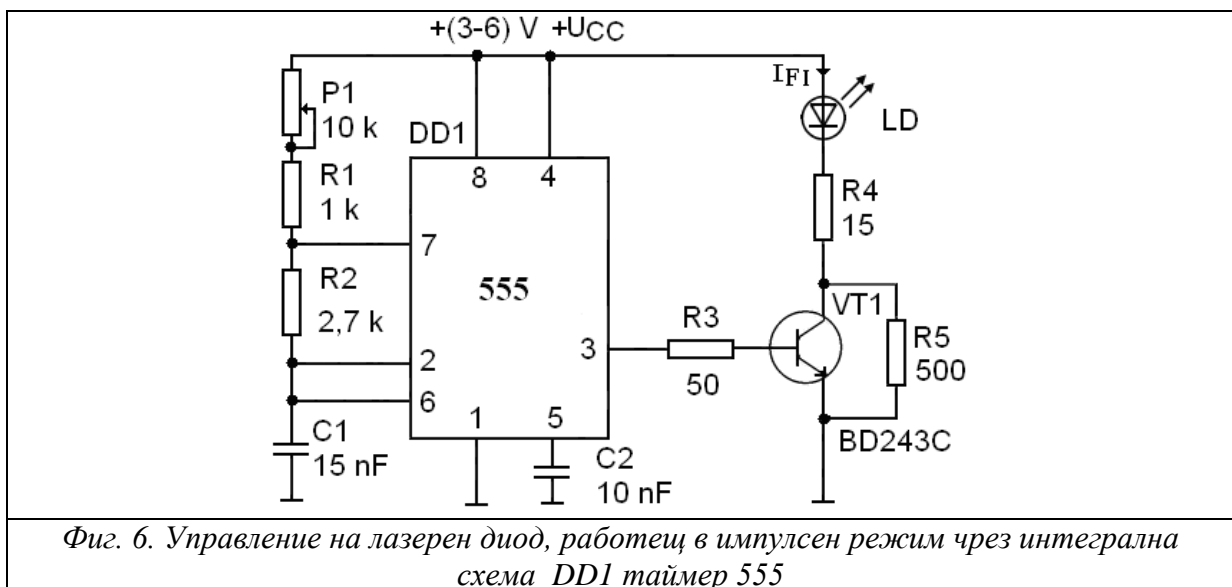
Управлението е чрез ONFB OOOB с PIN фотодиод- например за CD и DVD плейъри. Блоквата схема е показана на фиг. 4.



На фиг. 5 е показана електрическата схема на четящата глава на CD устройство, използваща ONFB. PIN фотодиодът служи за осъществяване на оптична отрицателна обратна връзка (ONFB, OOOB) и поддържане на постоянна мощност на излъчване от лазерния диод LD.



### 2.3. Управление на лазерен диод в импулсен режим- фиг. 6.



Продължителността на импулса (високо изходно ниво на извод 3) от таймера 555 е:

$$t_{I_{max}} = 0,7 \cdot (R_1 + R_2 + P) \cdot C_1 \quad \text{при } P_1 = 10 \text{ k}\Omega \quad (2)$$

$$t_{I_{max}} = 0,7 \cdot (10 \cdot 10^3 + 2,7 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3) \cdot 15 \cdot 10^{-9} = 238,35 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 238,35 \mu\text{s}$$

при стойност на потенциометъра  $P_1 = 10 \text{ k}\Omega$

$$t_{I_{min}} = 0,7 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C \quad \text{при } P_1 = 0 \text{ k}\Omega \quad (3)$$

$$t_{I_{min}} = 0,7 \cdot (10 \cdot 10^3 + 2,7 \cdot 10^3) \cdot 15 \cdot 10^{-9} = 133,35 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 133,35 \mu\text{s}$$

при стойност на потенциометъра  $P_1 = 0 \text{ k}\Omega$

Паузата между импулсите (ниското изходно ниво на извод 3) е:

$$t_P = 0,7 \cdot R_2 \cdot C_1 \quad (4)$$

$$t_P = 0,7 \cdot 2,7 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-9} = 28,35 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 28,35 \mu\text{s}$$

Максималният период на следване на импулсите е при стойност на потенциометъра  $P1 = 10 \text{ k}\Omega$  е:

$$T_{max} = t_{Imax} + t_P = 238,35 \mu\text{s} + 28,35 \mu\text{s} = 266,7 \mu\text{s} \quad (5)$$

Минималната честота на следване на импулсите при  $P1 = 10 \text{ k}\Omega$  е:

$$f_{min} = 1/T_{max} = 1/266,7 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 3,75 \cdot 10^3 \text{ Hz} = 3,75 \text{ kHz} \quad (6)$$

Минималният период на следване на импулсите при  $P1 = 0 \text{ k}\Omega$  е:

$$T_{min} = t_{Imin} + t_P = 133,35 \mu\text{s} + 28,35 \mu\text{s} = 161,7 \mu\text{s} \quad (7)$$

Максималната честота на следване на импулсите при  $P1 = 0 \text{ k}\Omega$  е:

$$f_{max} = 1/T_{min} = 1/161,7 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 6,18 \cdot 10^3 \text{ Hz} = 6,18 \text{ kHz} \quad (8)$$

Коефициентът на запълване е :

$$K_F = t_f/T \quad (9)$$

Минималният коефициент на запълване е :

$$K_{F min} = t_{Imin}/T_{min} \quad (10)$$

$$K_{F min} = 133,35 \mu\text{s} / 161,7 \mu\text{s} = 0,82$$

Максималният коефициент на запълване е:

$$K_{F max} = t_{Imax}/T_{max} \quad (11)$$

$$K_{F max} = 238,35 \mu\text{s} / 266,7 \mu\text{s} = 0,89$$

Импулсният ток през лазерния диод при отпушен транзистор VT1 е :

$$I_{FI} = (U_{CC} - U_{FLD} - U_{CESATVT1})/R4 \quad (12)$$

$$I_{FI} = (6 \text{ V} - 2 \text{ V} - 0,5 \text{ V})/15 \Omega = 233 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 233 \text{ mA}$$

Токът през лазерния диод при запушен транзистор VT1 е:

$$I_{FI} = (U_{CC} - U_{FLD})/(R4 + R5) \quad (13)$$

$$I_{FI} = (6 \text{ V} - 2 \text{ V})/(15 \Omega + 500 \Omega) = 78 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 78 \text{ mA}$$

С резистора R5 се определя токът на лазерния диод, който трябва да е малко над праговия ток  $I_{th}$ .

#### 2.4. Промислен лазерен драйвер тип SY88922V – схема фиг. 7 [7].

Параметри:

– захранващо напрежение –	5 V; 3,3 V
– скорост на предаване –	2,5 Gbps
– ток на модулация –	35 mA
– вход за данни –	диференциален
– вътрешен ограничителен регистър –	75 kΩ
– управление на модулацията	да
– изход за настройка на лазера	да

Основни блокове:

- вътрешна логика (Internal Logic)
- блок за управление на отместването (Bias Control)
- блок за управление на модулацията (Modulation Control)
  - диференциално изходно стъпало (усилвател).

<p>Фиг. 7. Драйвер за лазерен диод SY88922V на фирмата Micrel, Inc [7]</p>	<p>Драйвер за лазерен диод F0530602B на фирмата Sumitomo Electric [10]: 1,3 Gbps, NRZ code, 3,3 V, SDH (STM 4)/SONET (OC-12)</p>

### 3. Приложение на лазерните диоди

Лазерна спектроскопия и спектрохимия; лазерна локация с лазерен радар (LIDAR) за контрол на атмосферата и екологичен мониторинг, за измерване на разстояние; измервателната техника– измерване на скорости, габарити, разстояния, диаметри, лазерни ролетки, лазерни нивелири и др.; оптични връзки– по оптични влакна, оптични кабели, лазерни телефони и инфрачервени връзки по въздуха; комуникациите- оптични усилватели, оптични повторители, хетеродинни фотоприемници; сензори с оптични влакна при които лазерният диод е източник на оптично лъчение; оптрони и оптронни интегрални схеми; обработка на материали– загряване, заваряване, топене, изпарение, пробиване, рязане, надписване, закаляване, контрол на качеството; холографията; в оптичните паметни като записващи и четящи глави– оптични дискове (CD, DVD, HD DVD, Blu-ray), магнито-оптични дискове, оптични карти, холографските паметни; проекционни видеосистеми; медицината– хирургически лазер (скалпел), лазерна терапия, лазерна епилация, гинекологията, дерматологията; за лечение рак на кожата; микроелектрониката– химическо изпарение, отгряване, настройка, донастройка; лазерните жироскопи; полиграфията, лазерни принтери; лазерни скенери, лазерни мишки, виртуални клавиатури; лазерни локаторни системи за предотвратяване на катастрофи и паркиране на автомобили; автосервизите- регулиране на предния мост на автомобила (един пример на стенд с червен ЛД тип TOLD 9321 фирмата Toshiba, [11]); автомобилите- лазерни фарове и лазерни свещи, имитатори при учебни стрелби, лазерни тренажори, лазерни целеуказатели и др.; лазерно шоу и лазерни показалки; възбуждане на твърдотелни лазери; лазерни охранителни системи; осветители в уредите за нощно виждане; лазерни маяци; скоростна телевизия; навигация в самолетната и космическа техника; дистанционно взривяване на бомби и ракети; насочване на ракети за военната техника, лазерни целеуказатели, 3D промишлени камери; защита и идентификация на продукти; четене на bar кодове; лазерната химия; лазерни-оптични визьори; уреди за оптични измервания; лазерни стенни часовници; стандарти за честота и схеми за стабилизация на честота; атомната литография;

атомната интерферометрия; атоми в уловките, лазерно охлаждане на атоми, управление траекторията на движение на атомите, детектиране на атоми; фотографията за автоматичен фокус и др.

Справочни данни за мощни лазерни диоди на фирмата OSRAM от серията SPL..... до 120 W могат да се намерят в [8].

**Буквени съкращения на английски език, използвани в доклада.**

Съкращение	Английско тълкуване	Българско тълкуване
<b>CD</b>	Compact-Disk	Компакт диск
<b>CW</b>	Continuous Wave	Непрекъснат режим
<b>DBRLD</b>	Distributed Bragg Reflection Laser Diode	Лазерен диод с разпределени Брегови отражатели
<b>DFBLD (DFLD)</b>	Distributed FeedBack Laser Diode	Лазерен диод с разпределена обратна връзка
<b>DVD</b>	Digital Versatile Disk	Цифров универсален диск
<b>ECDL</b>	External Cavity Diode Laser	Лазерен диод с външен резонатор
<b>FPLD</b>	Fabry-Perot Laser Diode	Лазерен диод с резонатор на Фабри-Перо ( <b>ФП</b> )
<b>Gbps</b>	Gigabits per second	Гигабитове за секунда
<b>HCSEL</b>	Horizontal Cavity Surface Emitting Laser Diode	Повърхностно излъчващ лазерен диод с хоризонтален резонатор
<b>HD</b>	High Definition	Висока разрешаваща способност
<b>IC</b>	Integrated Circuit	Интегрална схема ( <b>ИС</b> )
<b>LD</b>	Laser Diode	Лазерен диод ( <b>ЛД</b> )
<b>LIDAR</b>	Light Detection And Ranging	Лидар
<b>MQWLD</b>	Multi-Quantum Well Laser Diode	Лазерен диод на многоквантови ями
<b>NRZ code</b>	Non- Return-to-Zero code	Код без връщане до нула
<b>OC</b>	Optical Carrier	Оптична носеща
<b>ONFB</b>	Optical Negative FeedBack	Оптична отрицателна обратна връзка ( <b>ОООВ</b> )
<b>PCLD</b>	Photonic Crystal Laser Diode	Лазерен диод на фотонни кристали ( <b>ФК</b> )
<b>PIN PD</b>	Positive-Intrinsic Negative ( <b>PIN</b> ) PhotoDiode	<b>PIN</b> -фотодиод, Фотодиод с <b>PN</b> преход и собствен ( <b>I</b> ) слой
<b>QCLD</b>	Quantum Cascade Laser Diode	Квантово-каскаден лазерен диод
<b>QCW</b>	Quasi Continuous Wave	Квазинепрекъснат режим
<b>QWILD</b>	Quantum-Width Laser Diode	Квантово размерен лазерен диод
<b>QWLD</b>	Quantum-Well Laser Diode	Лазерен диод на квантови ями
<b>SDH</b>	Synchronous Digital Hierarchy	Синхронна цифрова йерархия
<b>SONET</b>	Synchronous Optical <b>NET</b> work	Синхронна оптична мрежа
<b>SQWLD</b>	Strength Quantum-Well Laser Diode	Лазерен диод с напрегнати квантови ями
<b>STM</b>	Synchronous Transfer Mode	Режим на синхронно предаване
<b>TTL</b>	Transistor-Transistor Logic	Транзистор-транзисторна логика, ( <b>ТТЛ</b> )
<b>UQCLD</b>	Unipolar Quantum Cascade Laser Diode	Униполярен квантово-каскаден лазерен диод

Съкращение	Английско тълкуване	Българско тълкуване
<b>VCSEL</b>	Vertical Cavity Surface-Emitting Laser Diode	Лазерен диод, повърхностно излъчващ с вертикално разположение на резонатора
<b>VECSEL</b>	Vertical-External Cavity Surface Emitting Laser Diode	Лазерен диод, повърхностно излъчващ с вертикално разположен външен резонатор

### Заклучение

Дадена е конструкцията на няколко типа съвременни лазерни диоди, драйвери за управление на лазерни диоди в режим на непрекъснато излъчване и импулсен режим, методика за изчисление на един тип драйвер и съвременни приложения на лазерните диоди.

### References

- [1] Колев, И. С. и Е. Н. Колева. Кохерентна оптоелектроника. Пловдив, Автоспектър, 2008, ISBN 978-954-8932-46-2.
- [2] Колев, И. С. и Е. Н. Колева. Инфрачервена оптоелектроника. (Второ преработено и допълнено издание). Габрово, Унив. изд. "В. Априлов", 2008, ISBN 978 – 954 – 683 – 402 – 7.
- [3] Колев, И. С. и Е. Н. Колева. Оптоелектроника и оптични комуникации. (Второ преработено и допълнено издание). Габрово, Унив. изд. "В. Априлов", 2008, ISBN 978 – 954 – 683 - 405 – 8.
- [4] Колева, Е. Н. и И. С. Колев. Оптоелектроника, лазерна техника и оптични комуникации. Тълковен речник. Габрово, изд. „Екс-прес”, 2011. ISBN 978 – 954 – 490 - 230 – 8.
- [5] Колев, И. С. и Е. Н. Колева. Модерни лазерни технологии. Справочник. Габрово, изд. „Екс-прес”, 2012, ISBN 978-954-490-315-2.
- [6] Micrel, Inc. Laser Diode Driver SY88922V, 2007.
- [7] OSRAM. Power Semiconductor Laser, 2008.
- [8] Philips. Semiconductor Laser Module CQL 13A, 2000.
- [9] Sumitomo Electric. Laser Diode Driver F0530602B, 2009.
- [10] Toshiba. Semiconductor Laser TOLD 9321, 2004.