

Grundlagen der Laserdiodenansteuerung – Laserdioden verstehen und sicher ansteuern

042 Uwe Malzahn,
iC-Haus GmbH, Bodenheim

Die Ansteuerung von Laserdioden ist kein „Hexenwerk“, wenn man sich dabei an ein paar Grundregeln hält, die sich im wesentlichen aus den Eigenschaften der Laserdiode ergeben.

Bild 1 zeigt schematisch den Aufbau einer Laserdiode mit ihren verschiedenen Halbleiterschichten. Die Kantenlänge beträgt nur einige 100 μm . Das Laserlicht entsteht in der nur wenige nm dicken „aktiven Zone“ und tritt an der halbverspiegelten Stirnfläche aus (Pfeil). Die Spiegel an den Stirnflächen des „Laserwürfels“ sorgen für eine stehende Lichtwelle in der aktiven Zone (optischer Resonator nach Fabry-Perot). Dies ermöglicht erst die induzierte Emission und somit die „Lichtverstärkung“, den eigentlichen Laser-Effekt.

Unterhalb des Schwellstroms emittiert die Laserdiode lediglich LED-Licht (spontane Emission). Ab der Schwellstromstärke beginnt die Diode Laserlicht zu erzeugen. Oberhalb des Schwellstroms steigt die optische Ausgangsleistung sehr stark mit wachsendem Diodenstrom an (hoher differentieller Wirkungsgrad). Der Zusammenhang zwischen optischer Ausgangsleistung und Diodenstrom ist bis zur Maximalleistung (CW oder Pulsbetrieb) linear (**Bild 2**).

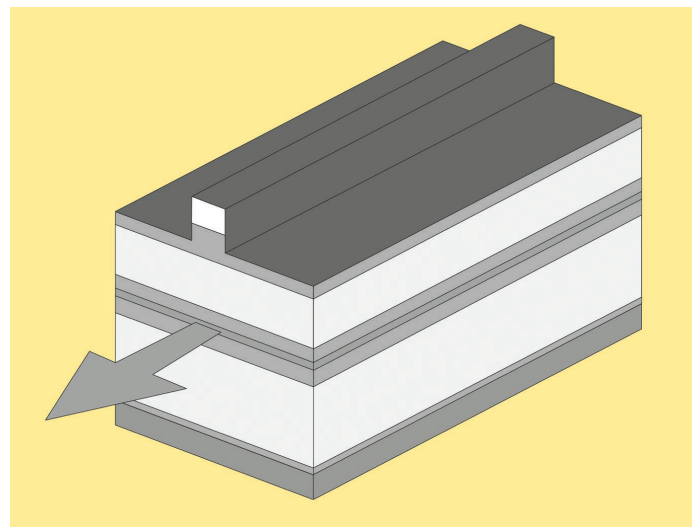


Bild 1: Laserdiode, schematisch

1 Vorsichtsmaßnahmen

Die vom Hersteller angegebene maximale Ausgangsleistung darf auf gar keinen Fall überschritten werden. Überstrom oder Überspannung, selbst für kurze Zeit, können eine Schädigung oder gar den Totalausfall der Laserdiode verursachen. Die Einstellung der Ausgangsleistung muss auf jeden Fall mit Hilfe eines optischen Leistungsmessgerätes oder einer kalibrierten großflächigen Photodiode erfolgen. Aufgrund der großen Toleranzen bzw. Exemplarstreuungen der Laserdioden reicht es nicht aus, den Laserstrom entsprechend den Angaben im Datenblatt des Herstellers einzustellen. Schon bei kurzzeitiger Überlastung tritt meist eine Schädigung der Spiegel ein, erkennbar durch ein „fleckiges“ Strahlbild und eine deutlich gestiegene Stromaufnahme bei gleicher Ausgangsleistung. Laserdioden sind ebenfalls extrem empfindlich gegenüber elektrostatischen Entladungen (ESD = Electro-Static Discharge). Daher sind die von den Laserdiodenherstellern bei der Handhabung empfohlenen Erdungsarmbänder und eine geerdete Arbeitsunterlage im Labor nicht übertrieben.

2 Temperaturverhalten

Ein oft vernachlässigter aber entscheidender Effekt ist der Einfluss der Temperatur auf den Zusammenhang zwischen optischer Ausgangsleistung und Laserdiodenstrom (**Bild 2**). Mit steigender Temperatur erhöht sich der Schwellstrom. Die optische Ausgangsleistung und der differentieller Wirkungsgrad hingegen sinken. Eine geregelte Ansteuerschaltung sollte daher eine Begrenzung oder Sicherheitsabschaltung besitzen, da sonst eine Temperaturänderung über einen weiten Bereich zur Zerstörung der Laserdiode führen könnte.

3 Ansteuerung

Für Ansteuerschaltungen von Laserdioden braucht man sehr gut gezielte Netzteile, die Störquellen wie induktive Lasten möglichst gut abblocken. Der Batteriebetrieb ist hier deutlich unkritischer. Einkopplungen können generell durch kurze Verbindungen speziell zwischen Laserdiode und Treiberschaltung verringert werden.

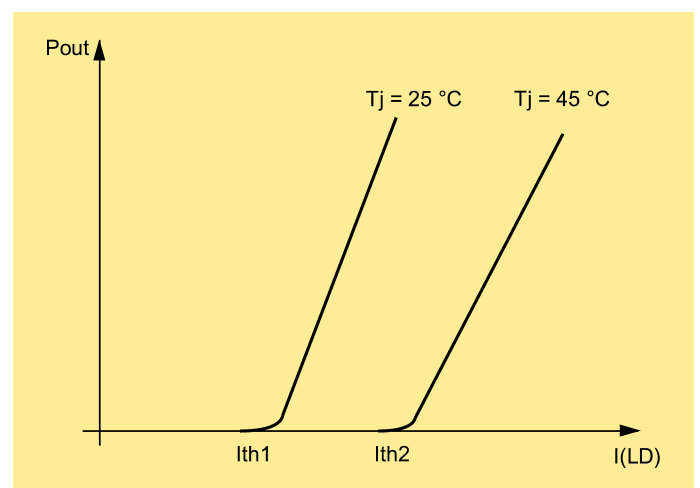


Bild 2: Ausgangsleistung als Funktion des Eingangsstroms für 2 verschiedene Diodentemperaturen

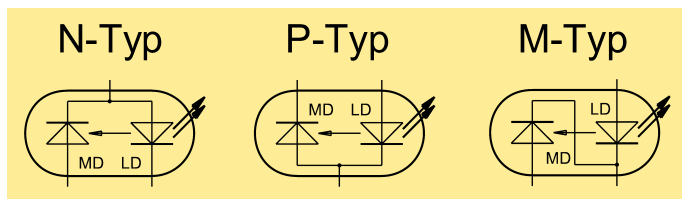


Bild 3: Laserdiodenkonfigurationen für N-, P-, M-Typ-Dioden

Wichtig ist, dass Laserdioden immer mit einem geregelten Treiber angesteuert werden; entweder im Konstantstrom- (ACC = Automatic Current Control) oder Konstantleistungsbetrieb (APC = Automatic Power Control). Ein Standardlabornetzteil ist nicht dazu geeignet, Laserdioden direkt zu betreiben!

Integrierte Ansteuerschaltungen sind diskreten Lösungen vorzuziehen. Die erhältlichen Lasertreiber-ICs bieten eine große Funktionalität und eine Vielzahl von Schutzmechanismen für die Laserdiode und benötigen nur wenige zusätzliche Bauelemente. Die Arbeitspunkteinstellung ist meist ganz einfach über einen Trimmer möglich. [1]

3.1 ACC

Die Wellenlänge von Laserdioden variiert mit der Temperatur. Bei einer typischen GaAlAs-Diode sind das etwa 0,25 nm/°C. Dabei steigt die Wellenlänge nur jeweils in kleinen Bereichen monoton mit der Temperatur an, dazwischen kommt es zu treppenartigen Sprüngen, den Modensprüngen (Mode Hopping).

Im Konstantstrombetrieb mit präziser Temperaturregelung der Laserdiode erzielt man daher die beste Stabilität der optischen Ausgangsleistung. Wegen des oben beschriebenen Temperaturverhaltens ist der Konstantstrombetrieb ohne Temperaturregelung nicht zu empfehlen; die Ausgangsleistung wäre nicht konstant und könnte leicht den Grenzwert überschreiten.

3.2 APC

In Industrieapplikationen wie Lichtschranken oder Abstandssensoren, in denen die Umgebungstemperatur variiert, bevorzugt man der Einfachheit halber meist APC. Typische Treiberschaltungen mit APC beinhalten außerdem einen weichen Anlauf und filtern Spannungsspitzen, Überspannung und andere Transienten heraus. [1]

Die Leistungsregelung stellt auf einfache Weise eine konstante Ausgangsleistung sicher. Ohne Temperaturregelung kann es jedoch nach wie vor zur Verschiebung der Wellenlänge und zu Modensprüngen kommen. Selbst in Applikationen, in denen dies unkritisch ist, muss auf ausreichende Wärmeabfuhr geachtet werden. Ansonsten sinkt mit steigender Temperatur (z.B. Eigenerwärmung) der Wirkungsgrad der Laserdiode, was die Regelschaltung durch immer höheren Laserstrom ausgleicht, um die Ausgangsleistung konstant zu halten. Ohne eine Strombegrenzung oder Sicherheitsabschaltung droht hier sonst eine Schädigung oder Zerstörung der Laserdiode.

Die für die APC benötigte Messgröße proportional zur optischen Ausgangsleistung liefert im allgemeinen eine im Laserdiodengehäuse integrierte Monitordiode (MD). Laserdioden mit integrierter Monitordiode für APC gibt es in drei verschiedenen Anschlussvarianten (**Bild 3**). Der gemeinsamer Anschluss ist gleichzeitig mit dem Laserdiodengehäuse verbunden, welches, auch aus wärmetechnischen Gründen, meist elektrisch und thermisch leitend in das Gerätegehäuse (GND-Potenzial) eingebaut wird.

Die eingebaute Monitordiode macht die externe Leistungsmessung nicht überflüssig: Durch Exemplarstreuungen kann der Monitordiodenstrom bei gleicher Ausgangsleistung um den Faktor 10 variieren.

Diese Konfigurationsvarianten müssen bei der Auswahl der Ansteuerschaltung berücksichtigt werden. **Bild 4** zeigt die entsprechenden Ansteuerprinzipien, wenn das Laserdiodengehäuse auf GND liegen soll. Die N-Typ-Diode benötigt dabei einen Ausgangstreiber aus einer **negativen** Versorgungsspannung und auch einen minusbezogenen Monitorstromeingang. Die P-Typ-Diode benötigt entsprechend einen Ausgangstreiber aus einer **positiven** Versorgungsspannung mit einem plusbezogenen Monitoreingang. Die M-Typ-Dioden benötigt eine duale Versorgung mit dem Treiberausgang aus Plus und einem minusbezogenen Monitorstromeingang. Streng genommen benötigt jede der drei Anschlussvarianten eine eigene optimierte Treiberkonfiguration. Einige Treiberbausteine erlauben aber, zwei oder durch einen zweiten komplementären Monitoreingang alle drei Diodenvarianten auch ohne duale Versorgungsspannung anzusteuern. Dabei gilt die Einschränkung, dass das Laserdiodengehäuse nicht in jedem Fall auf GND-Potenzial gelegt werden kann. [1]

4 Kühlung

In den meisten Anwendungen, speziell CW-Betrieb, ist ein Kühlkörper für die Laserdiode unerlässlich, um einen zu starken Anstieg der Chip-Temperatur und damit eine Schädigung oder Zerstörung der Laserdiode zu verhindern (s. o.). Generell verlängert eine niedrigere Betriebstemperatur die Lebenserwartung der Diode. Mit einer Reduzierung der Betriebstemperatur um etwa 10 °C wird sich die Lebensdauer der Laserdiode statistisch gesehen verdoppeln.

5 Fehlerbehandlung

Selbst bei Ansteuerung der Laserdiode durch einen geeigneten integrierten Treiber ist stets auf einen sorgfältigen Aufbau zu achten. Ohne Sicherheitsabschaltung oder Strombegrenzung im Treiberbaustein kann eine Leitungsunterbrechung z.B. im Monitorpfad zur Zerstörung der Laserdiode durch Überstrom führen. Beim Einsatz eines Trimmers zur Leistungs- oder Stromeinstellung sind bei der Schaltungsauslegung die möglichen Fehlerbilder des Trimmers zu berücksichtigen (kein Kontakt des Schleifers, Kurzschluss, etc.). Die Verbindung zwischen Treiber und Laserdiode darf auf keinen Fall über einen Schalter oder ein Relais unterbrochen werden. Zum schaltspitzenfreien Ein- und Ausschalten bzw. Pulsen der Laserdiode bieten die verschiedenen Treiberbausteine entsprechende Funktionalität [1].

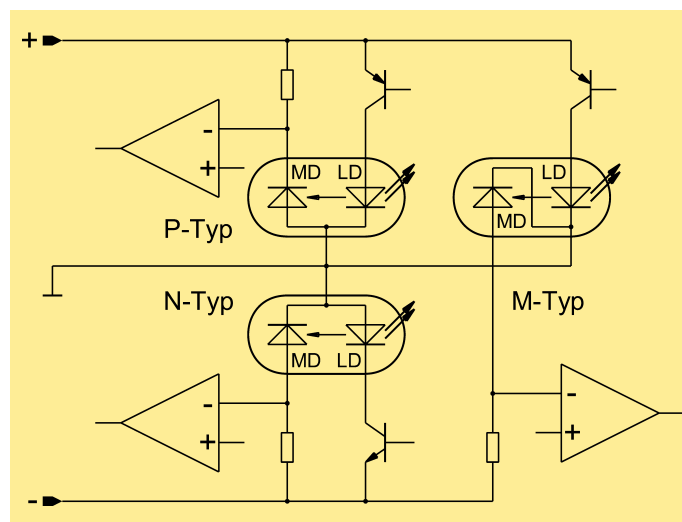


Bild 4: Ansteuerprinzipien je nach Laserdiodenkonfiguration

6 Zusammenfassung

Für eine maximale Lebensdauer und stabilen Betrieb von Laserdioden benötigt man entweder eine Kombination aus Konstantstrom- und Temperaturregelung oder alternativ eine Leistungsregelung. Dabei ist stets zu beachten, dass jenseits des Schwellstromes schon kleine Stromerhöhungen erhebliche Ausgangsleistungserhöhungen bewirken und dabei sehr schnell der Grenzwert der optischen Ausgangsleistung überschritten werden kann. Kühlmaßnahmen sind sowohl im ACC- als auch im APC-Modus entscheidend für den stabilen Betrieb und für eine lange Lebensdauer der Laserdiode.

Literaturhinweise

- [1] www.ichaus.de/prod_grp/Laser_Drivers
- [2] „Fundgrube“: www.repairfaq.org/sam/lasersam.htm

Ansprechpartner

Uwe Malzahn
Vertrieb und Applikation
iC-Haus GmbH
Am Kümmerling 18, D-55294 Bodenheim
Tel. 06135/9292-300, Fax 06135/9292-192
eMail: uwe.malzahn@ichaus.de
Internet: www.ichaus.com



Dipl.-Ing. Uwe Malzahn

studierte an der TU-Darmstadt Elektrotechnik, Fachrichtung Festkörperelektronik. 1991 trat er bei iC-Haus ein als ASIC-Entwickler und Designer von Mixed-Signal-Bipolar- und CMOS-ASICs. Im ASSP-Vertrieb und -Marketing ist er seit 2000 auch für die Applikationsbetreuung, speziell von Laserdiodentreibern, zuständig.

ANZEIGE(N)