

Sonderdruck

aus

**AEÜ** ARCHIV FÜR ELEKTRONIK UND ÜBERTRAGUNGSTECHNIK  
ELECTRONICS AND COMMUNICATION

Band 27 (1973), Seiten 193–195

## Direkte Modulation eines Doppelheterostrukturlasers mit einer Bitrate von 2,3 Gbit/s

Die experimentelle Untersuchung der direkten Modulation von Doppelheterostrukturlasern bei 2,3 Gbit/s wird behandelt. Zur Erzielung einer hohen Modulationsgeschwindigkeit wird der Laser oberhalb des Schwellstromes vorgespannt. Die Modulationsimpulse werden mit einer Speicherschaltodiode erzeugt.

### **Direct Modulation of a Double Heterostructure Laser at a Rate of 2.3 Gbit/s**

The paper deals with the experimental investigation of the direct modulation of double heterostructure lasers at 2.3 Gbit/s. To get a high modulation rate the laser is biased above the threshold current. The modulation impulses are generated by a step recovery diode.

Bei einer Datenübertragung über dielektrische Monomode-Lichtwellenleiter sind Informationsflußraten von einigen Gbit/s möglich [1]. Als Sender kommt für ein derartiges optisches Datenübertragungssystem ein Injektionslaser in Frage, da er eine Einkopplung der emittierten Strahlung in eine Monomode-Glasfaser mit gutem Wirkungsgrad ermöglicht und bei hohen Bitraten direkt modulierbar ist [2]. Bei der direkten Modulation von Injektionslasern ist es zur Er-

reichung hoher Bitraten erforderlich, den Laser oberhalb des Schwellstromes vorzuspannen, da sonst eine Verzögerung zwischen dem elektrischen Modulationsimpuls und der Emission eines Lichtimpulses durch den Laser auftritt [3]. Wird der Laser stationär oberhalb seines Schwellstromes vorgespannt, so bewirkt ein zusätzlicher kurzer Stromimpuls ein optisches Ausgangssignal in Form einer gedämpften Schwingung [2]. Unter der Voraussetzung, daß nur ein einziger Modus angeregt wird, nimmt bei steigendem eingepprägtem Gleichstrom die Eigenfrequenz der Schwingung zu und die Dämpfungszeitkonstante ab. Die Dämpfungszeitkonstante begrenzt die Geschwindigkeit, mit der moduliert werden kann. Wegen ihres geringen Schwellstromes und der Ankoppelbarkeit an Monomode-Lichtwellenleiter sind Doppelheterostruktur-Laser mit Streifen-Geometrie trotz der damit erzielbaren geringeren Modulationsgeschwindigkeit [4] von besonderem Interesse. Direkte Impulsmodulation wurde mit Doppelheterostruktur-Lasern bei 300 Mbit/s [5], 1 Gbit/s [6] und 1,2 Gbit/s [7] erzielt.

Wir haben einen Doppelheterostruktur-Laser mit Streifen-Geometrie (10  $\mu\text{m}$  Breite am Kontakt, 460  $\mu\text{m}$  Länge, 350 mA Schwellstrom [8]) mit 2,3 Gbit/s direkt moduliert. Da die zur Verfügung stehenden Laser in kontinuierlichem Betrieb eine noch unbefriedigende Lebensdauer besaßen, wurden im Experiment die Vorspannung des Lasers und der Modulationsstrom im Abstand von 1 ms nur für die Dauer von 1  $\mu\text{s}$  eingeschaltet. Bild 1 zeigt die verwendete Schaltung.

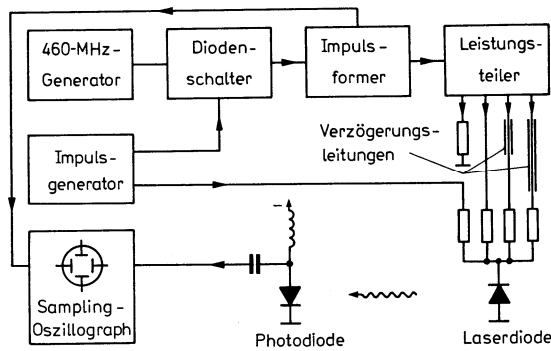


Bild 1. Experimentelle Anordnung zur Untersuchung der direkten Modulation bei 2,3 Gbit/s.

Der Impulsgenerator schaltet mit einem Tastverhältnis von 10/00 die Vorspannung des Lasers ein. Gleichzeitig mit diesen Unterlegeimpulsen wird über einen Diodenschalter die von einem 460-MHz-Generator gelieferte Leistung einem Impulsformer zugeführt, in dem mit Hilfe einer Speicherschaltodiode Nadelimpulse erzeugt werden [9]. Über einen vierfachen Leistungsteiler, der aus koaxialen Leitungsübertragern besteht, gelangt die Impulsfolge an vier Ausgänge, die entweder mit 50  $\Omega$  abgeschlossen oder über unterschiedlich lange Verzögerungsleitungen der Kathode des Lasers zugeführt werden. Die Längen der Verzögerungsleitungen unterscheiden sich jeweils um ein Fünftel der Periodendauer der Nadelimpulsfolge. Durch Kombination der verschieden verzögerten Impulse läßt sich dem Laser ein periodisch wiederholtes 5-bit-Wort mit einer Bitrate von 2,3 Gbit/s aufmodulieren. Der Unterlegeimpuls wird dem Laser ebenfalls direkt zugeführt. Während der Unterlegeimpuls am Laser liegt, ist dessen Innenwiderstand so gering, daß die Impulse aus den einzelnen Verzögerungsleitungen über die 50- $\Omega$ -Abschlußwiderstände an der Laserkathode ohne gegenseitige Beeinflussung addiert werden.

Bild 2 zeigt die von der als Empfänger verwendeten Photodiode abgegebenen elektrischen Signale bei der Modulation mit den Wörtern 10100 und 11100. Beim Vergleich beider Wörter stellt man fest, daß durch Hinzufügung des

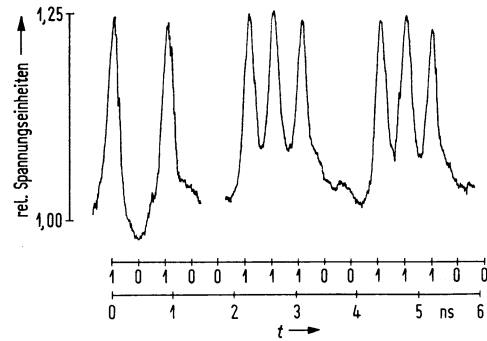


Bild 2. Spannung an der Empfangsdiode bei Modulation mit den Wörtern 10100 und 11100 bei 2,3 Gbit/s.

zweiten Bit die anderen Impulse des Wortes nicht merklich verändert werden, daß also eine echte Pulscode-Modulation möglich ist.

Übereinstimmend mit einfachen theoretischen Modellvorstellungen [2] wurde bei Erhöhung des Unterlegeimpulses zunächst eine Erhöhung der Geschwindigkeit der Modulationseigenschaften festgestellt. Bei einer weiteren Erhöhung des Unterlegeimpulses wurden die Lichtimpulse jedoch wieder breiter. Diese Verbreiterung der Lichtimpulse tritt in einem Strombereich auf, in dem bereits mehrere Moden des Lasers angeregt werden. Möglicherweise ist die Verbreiterung der Impulse bei höheren Stromstärken mit einer Theorie zu erklären, die eine mit zunehmender Stromstärke wachsende Anzahl angeregter Moden berücksichtigt. Es wird nicht angenommen, daß ein Spiking-Effekt [10] an der Verbesserung der Impulssteilheit in einem gewissen Vorspannungsbereich beteiligt ist, da bei diesem Effekt jeder Impuls auch die nachfolgenden Impulse beeinflussen würde.

Die Experimente zeigen, daß bei Lösung des Lebensdauerproblems des Halbleiterlasers PCM-Übertragungen oberhalb 2 Gbit/s möglich sind. Werden Halbleiterlaser mit niedrigem Tastverhältnis betrieben, so steigt ihre Lebensdauer wesentlich stärker als umgekehrt proportional zum sinkenden Tastverhältnis an, d. h. man erreicht auf die reine Einschaltzeit bezogen wesentlich höhere Lebensdauern als bei Dauerstrichbetrieb. Beispielsweise kann bei 10% Tastverhältnis heute schon mit Lebensdauern von mehreren tausend Stunden gerechnet werden, wenn die Lebensdauer bei kontinuierlichem Betrieb nur wenige Stunden beträgt. Bei Verwendung derart kurzer Impulse wie in den beschriebenen Experimenten wäre daher mit diesen Lasern bereits heute die Übertragung von PCM-Signalen mit Bitraten von einigen hundert Mbit/s bei ausreichender Standzeit des Lasers möglich.

Wir danken den Herren GLASMACHERS, GOTTMANN und MARSCHALL für die Bereitstellung der untersuchten Laser, den Herren SOBKOVIK und WÖRTZ für den Bau der Laserfassung und den Herren BENDIG und SONDHAUS für die Speicherschaltioden.

(Eingegangen am 27. Februar 1973.)

Dr. PETER RUSSER

Ing. (grad.)

SIEGFRIED SCHULZ

im Forschungsinstitut

AEG-Telefunken

D-79 Ulm (Donau,

Elisabethenstraße 3

#### Schrifttum

- [1] BÖRNER, M., Ein optisches Nachrichtenübertragungssystem mit Glasfaser-Wellenleitern. *Wiss. Ber. AEG-Telefunken* **44** [1971], 41–45.
- [2] PAOLI, T. L. und RIPPER, J. E., Direct modulation of semiconductor lasers. *Proc. Inst. Elect. Electron. Engrs.* **58** [1970], 1457–1465.

- [3] KONNERTH, K. und LAUZA, C., Delay between current pulse and light emission of a Gallium Arsenide injection laser. *Appl. Phys. Letters* **4** [1964], 120–121.
- [4] DYMENT, J. C., RIPPER, J. E. und LEE, T. P., Measurement and interpretation of long spontaneous lifetimes in double heterostructure lasers. *J. appl. Phys.* **43** [1972], 452–457.
- [5] RÜSSER, P., Die direkte Modulation von Halbleiter-Lasern. Vortrag, gehalten bei der NTG-Fachtagung „Nachrichtenübertragung mit Laser“ in Ulm, 2.–4. Oktober 1972.
- [6] CHOWN, M., GOODWIN, A. R., LOVELACE, D. F., THOMPSON, G. H. B. und SELWAY, P. R., Direct modulation of double-heterostructure lasers at rates up to 1 Gbit/s. *Electron. Letters* **9** [1973], 34–36.
- [7] THIM, H. W., DAWSON, L. R., DI LORENZO, J. V., DYMENT, J. C., HWANG, C. J. und RODE, D. L., Subnanosecond pulse code modulation of GaAs lasers by Gunn effect switches. Vortrag, wird gehalten bei der ISSCC, Philadelphia, 1973.
- [8] GLASMACHERS, G., GOTSMANN, H. und MARSCHALL, P., Halbleiterlaser mit Streifenkontakten. Vortrag, gehalten bei der NTG-Fachtagung „Nachrichtenübertragung mit Laser“ in Ulm, 2.–4. Oktober 1972.
- [9] Harmonic generation using step recovery diodes and SRD modules. Hewlett Packard Application Note 920.
- [10] ROLDAN, R., Spikes in the light output of room-temperature GaAs junction lasers. *Appl. Phys. Letters* **11** [1967], 346–348.