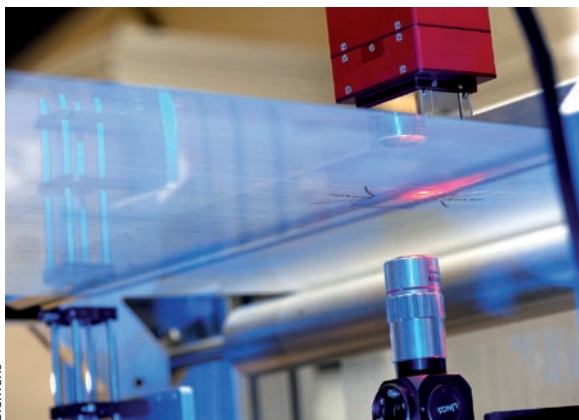


■ Flotter Blinker

Dank gepulsten Leuchtdioden wird die optische Qualitätssicherung in der Fertigung günstiger.

Die industrielle Bildverarbeitung sorgt für gleichbleibende Qualitätsstandards in der Fertigung und ist heute ein fester Bestandteil der automatischen Bauteilprüfung.



Siemens

Mit extrem kurzen Blitzen lassen sich auch schnelle Fertigungsprozesse optisch überwachen.

Besonders hohe Anforderungen an diese Methode treten auf, wenn die zu überwachenden Gegenstände sich schnell bewegen und gleichzeitig relativ kleine Strukturen zuverlässig zu detektieren sind. Die typischen Beleuchtungszeiten von weniger als 1 μs erreichen industrielle Stroboskope kaum. Dauerlicht und Hochgeschwindigkeitskameras mit extrem kurzen Verschlusszeiten sind eine Alternative, kosten aber fünfstellende Beträge. Zudem heizt das Dauerlicht den Messraum auf.

Forscher von Siemens haben eine Lichtquelle entworfen, die so kurze Beleuchtungszeiten erlaubt, dass sich sehr schnelle Bewegungen einfrieren lassen. Für eine Anlage, die gedruckte Elektronik produziert, haben sie einen Prototyp entwickelt: Die Kunststoffolie, auf welche die elektronischen Bauelemente aufgedruckt werden, bewegt sich mit 2 m/s; gleichzeitig sind Strukturen von 10 μm aufzulösen.

Die Wissenschaftler nutzen kommerzielle High-Power-LEDs, die sie für kurze Zeit mit einem Mehrfachen des Nennstroms betreiben, für den die Leuchtdioden spezifiziert sind. So erreichen sie die erforderliche Lichtintensität. Die von Siemens entwickelte elektronische Ansteuerung der Dioden ist aus Standardkomponenten aufgebaut, wobei

die Schaltzeiten der Transistoren die kürzeste Zeitspanne festlegen, die für die Beleuchtung möglich ist. Beim Prototyp sind das 300 ns.

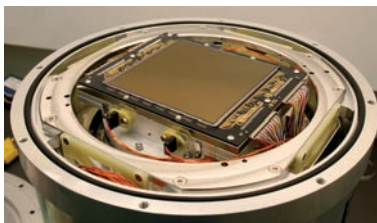
Das Gesamtsystem ist drei- bis viermal billiger als eine Hochgeschwindigkeitskamera – ein möglicher Parallelbetrieb nicht einberechnet. Analysen haben gezeigt, dass die Leuchtdioden durch die großen Ströme – 12 kW elektrische Leistung innerhalb von 300 ns – und die daraus resultierende Erwärmung kaum altern, da die Zeitspanne so kurz ist.

■ Riesiges Sensibelchen

Ein 112-Megapixel-CCD-Detektor erreicht eine Quanteneffizienz von 96 Prozent.

In der astronomischen Forschung sind großflächige Detektoren mit hoher Quantenausbeute gefragt, um die extrem lichtschwachen Signale kosmischer Objekte zu erfassen – oft nur wenige Photonen pro Sekunde und Wellenlängenabschnitt. Für einen neuen Polarisimeter-Spektrographen hat das Astrophysikalische Institut Potsdam gemeinsam mit der University of Arizona und der kalifornischen Firma STA einen extrem großen CCD-Detektor (Charge-Coupled Device) gefertigt und in ein Kühlgefäß integriert. Das Instrument wird ab 2011 am Large Binocular Telescope in Arizona zum Einsatz kommen, das über zwei Spiegel mit je 8,4 m Durchmesser verfügt.

Der CCD-Chip besteht aus 10560 mal 10560 Pixel und hat eine Fläche von 95 mal 95 mm^2 . Die Werte ergaben sich aus den optischen Anforderungen des Polarisimeter-Spektrographen und



Mike Lesser, ILL

Der Chip des künftigen Polarisimeter-Spektrographen steckt zusammen mit den beiden Platinen für die Ausgabeverstärker in einem Kühlgefäß.

den technischen Möglichkeiten der Waferfertigung. Nach der Belichtung des Chips trugen die Projektbeteiligten von ihm in einem langwierigen Prozess Schicht für Schicht ab, bis er die optimale Dicke erreichte. Denn die ideale Kristallgeometrie und damit die höchste Quanteneffizienz besitzt ein solcher Chip in der Nähe des Substrats. Das CCD erreicht eine Quantenausbeute von 96 Prozent im Spektralbereich zwischen 380 und 540 nm. In der Astronomie gelten 80 Prozent als Standard, bei einfachen Digitalkameras 30 Prozent. Ein zweiter CCD-Detektor soll den Bereich zwischen 540 und 900 nm Wellenlänge abdecken.

Der Chip sitzt auf einer Invarplatte und ist mit den Ausgabeverstärkern in ein Vakuumgefäß integriert, das auf $-130\text{ }^\circ\text{C}$ gekühlt wird. Die Temperatur muss bei den späteren Messungen auf 3/1000 K konstant gehalten werden. Die Temperaturstabilität gewährleisten die Forscher, indem sie den Chip in einem Takt erwärmen, den die Ausleserate des CCD-Registers vorgibt. Allein die Elektronik erzeugt beim Auslesen 100 mW Wärmeleistung.

■ Alternativer Strahler

Aus Germanium lassen sich Laser aufbauen.

Mit der steigenden Rechenleistung von Mikrochips wächst auch der Bedarf an Bandbreite. In absehbarer Zukunft werden elektronische Schaltungen diese Anforderungen nicht mehr erfüllen können. Mit Lasern wären deutlich höhere Datenraten erreichbar. Dafür müssten sich elektronische und optische Komponenten aber in die Siliziumtechnologie integrieren lassen. In Telekommunikationssystemen arbeiten Laser aus teuren Materialien (z. B. Galliumarsenid), die in einem langwierigen Prozess separat zu fertigen und auf Siliziumchips zu setzen sind. Wissenschaftlern vom Massachusetts Institute of Technology ist es im Labor gelungen, aus Germanium einen integrierten Laser zu entwickeln.¹⁾

1) J. Liu et al., A Ge-on-Si laser operating at room temperature, Opt. Lett., online veröffentlicht am 26.1.2010

Germanium ist kompatibel zur Siliziumtechnologie der Halbleiterindustrie und lässt sich daher problemlos in Fertigungslinien integrieren. Aufgrund der indirekten Bandlücke eignet es sich aber zunächst nicht für Laser. Materialien wie Galliumarsenid besitzen eine direkte Bandlücke, sodass ein Elektron beim Sprung vom Leitungs- ins Valenzband spontan ein Photon emittiert. Bei Germanium kann ein Elektron im Leitungsband auf ein tieferes Niveau fallen, ohne ein Photon zu emittieren. Die frei werdende Energie erwärmt das Kristallgitter.

Damit Elektronen im Leitungsband Energie nur durch die Emission eines Photons abgeben können, haben die Forscher das Germanium mit Phosphor dotiert, der mit seinen Außenelektronen (eines mehr als Germanium) das niedrigere Energieniveau im Leitungsband auffüllt. Dadurch müssen überzählige angeregte Elektronen ins energetisch höhere Niveau springen sie von dort ins Valenzband, emittieren sie ein Photon. Damit die Hürde zwischen den beiden Energieniveaus im Leitungsband sinkt, dehnten die Wissenschaftler das Germanium. Dieses Verfahren ist in der Fertigung von PC-Prozessoren inzwischen Standard.

Das Labormuster arbeitet bei Raumtemperatur und emittiert zwischen 1590 und 1610 nm. Die Forscher pumpen es mit einigen Dutzend Mikrojoule pro Puls.

■ Scharfer Aufpasser

Erstmals schützt ein supraleitender Strombegrenzer die Eigenversorgung in einem Kraftwerk.

In Kraftwerken versorgen Eigenbedarfsanlagen die dortigen Verbraucher mit Strom – z. B. Pumpen, Kohlemühlen, Stellmotoren oder Lüfter. Ein typischer Block eines Kohlekraftwerks bringt es auf rund 10 000, teils sehr leistungsstarke Verbraucher. Die Schaltanlagen sind so ausgelegt, dass das Kraftwerk sicher und kontinuierlich arbeitet. In den Eigenbedarfsanlagen können die Kurzschlussströme und

Störlichtbogenbeanspruchungen sehr hoch sein. Herkömmliche Begrenzer, die bei unerwünscht hohen Stromstärken die Leiter aufsprengen und den Strompfad unterbrechen, eignen sich aus schutz- und betriebstechnischen Gründen nicht. Zudem benötigen sie zum Auslösen Triggersignale und eine Auswerteelektronik.

Vattenfall Europe Generation, Nexans Superconductors und die TU Cottbus haben gemeinsam einen Begrenzer aus dem Hochtemperatur-Supraleiter BSCCO (Bismut-Strontium-Calcium-Kupferoxid) entwickelt. Diese Keramik mit metallischen Eigenschaften wird oberhalb ihrer Sprungtemperatur innerhalb von Sekundenbruchteilen hochohmig. Daher kann sie einen Kurzschlussstrom zerstörungsfrei begrenzen und ist inhärent sicher, weil der Kurzschlussstrom die Begrenzung selbst auslöst.

Der Prototyp ist für Stromstärken bis 800 A im stationären Betrieb ausgelegt, toleriert aber auch Stromspitzen beim Zuschalten von Verbrauchern: Die transienten Ströme, also die ersten Halbwellen nach dem Einschalten eines Motors, dürfen bis zu 4100 A erreichen, die stationären Einschaltströme (bis zum Ende des Anlaufvorgangs) maximal 1800 A. Die begrenzten Kurzschlussströme liegen im Bereich von 7000 A, unbegrenzt waren es bislang für die Transformatoreinspeisung etwa 23 000 A. Die Projektbeteiligten unterziehen den Begrenzer nun in einem Kraftwerk einem einjährigen Feldtest.

Michael Vogel



Im Kurzschlussbegrenzer begrenzt jedes Kühlgefäß, in dem das supraleitende Material steckt, eine Phase des Drehstroms.