

Einstein in der Industrie

Von der Idee zur Anwendung – Innovationsimpulse aus der Physik

Rainer Scharf

Auch der Theoretiker Albert Einstein maß der praktischen Anwendung physikalischer Erkenntnisse große Bedeutung zu. Nicht zuletzt arbeitete er vier Jahre am Berner Patentamt und hielt auch selbst verschiedene Patente. Aus der modernen Physik, zu der Einstein wesentlich beigetragen hat, erwachsen stetig praktische Anwendungen. Dies verdeutlichte der Industrietag im Rahmen der diesjährigen DPG-Tagung.

Der Laser beruht auf der stimulierten Emission, die Einstein bereits 1916 postuliert hatte. Den ersten Festkörperlaser, einen Rubinlaser, baute Theo-



Das derzeit größte Plasmadisplay hat eine Bildschirmdiagonale von 80 Zoll. (Foto: Samsung)

dore Maiman 1960. Seitdem sind zahlreiche laseraktive Materialien synthetisiert worden. Klaus Jacobs vom Institut für Kristallzüchtung in Berlin gab einen Überblick über die Festkörperlaser und die Verfahren, nach denen Laser-Kristalle hergestellt werden. Beim Festkörperlaser sind laseraktive Ionen der Seltenelemente Nd, Er, Ho, Tm und Yb oder der Übergangsmetalle Chrom und Titan in ein transparentes Wirtsmaterial eingebaut. Dafür kommen Kristalle, wie Saphir und Granate, Gläser oder Keramiken zum Einsatz. Bei den Seltenelementen nimmt man als Laserübergänge $4f \leftarrow 4f$ -Übergänge, bei den Übergangsmetallionen sind es $3d \leftarrow 3d$ -Übergänge. Die Laserkristalle werden nach dem Czochralski-Verfahren computergesteuert aus einer Schmelze gezogen.

Dadurch lassen sich große und nahezu perfekte Kristalle herstellen, wie sie auch von der Halbleiterindustrie benötigt werden.

Licht und Information

Für die Halbleiterindustrie gewinnen die Optik und die Optoelektronik eine immer größere Bedeutung, sowohl in der Kommunikationstechnik und der LED-Technologie, als auch bei der Materialbearbeitung und der Lithographie. Die moderne Kommunikationstechnik nutzt Glasfasern sowie optische und optoelektronische Komponenten, um die anfallende Datenflut zu bewältigen. Reinhard März von der Infineon Technologies AG in München wies darauf hin, dass man mittlerweile mit Multifrequenzverfahren pro Glasfaser bis zu 10 Terabit/s übertragen kann. Dabei kommen Laser zum Einsatz, die über einen großen Frequenzbereich abstimmbare sind. Auf die verschiedenen Frequenzen des Laserstrahls lassen sich mit einem EAM (Elektroabsorptionsmodulator) mehrere elektrische Signale modulieren. Die Rückwandlung erfolgt durch Spektrographen, die die verschiedenen Frequenzkomponenten auffächern und auf eine integrierte Anordnung von Photodioden lenken. Mit solchen Laser-EAMs erreicht man Übertragungsraten von 40 Gigabit/s. Optische Übertragungstechnik ist inzwischen in modernen Pkws zu finden – deren Rücklichter und Innenbeleuchtung natürlich mit LEDs bestückt sind.

Der Lichterzeugung und Informationsdarstellung war der Vortrag von Dietmar Theis von der Siemens AG gewidmet. In nur wenigen Jahren sind Flachbildschirme in viele Bereiche des täglichen Lebens vorgedrungen. Sie finden sich im Laptop und im TV-Gerät, im Mobiltelefon und in der Digitalkamera, an Haushaltsgeräten und

medizinischen Apparaten, und nicht zuletzt im Auto. Heute werden vor allem lichtsteuernde Bildschirme eingesetzt, bei denen etwa Polarisationsfilter und Flüssigkristalle die Hintergrundbeleuchtung mehr oder weniger stark abschwächen. Bei den selbstleuchtenden Flachbildschirmen hingegen strahlt jeder Bildpunkt selbst Licht ab. Im Plasmadisplay z. B. erzeugt eine elektrische Entladung UV-Strahlung, die durch eine Phosphorschicht in sichtbares Licht umgewandelt wird. Beim Feldemissionsdisplay werden Elektronen von zahlreichen winzigen Metallspitzen emittiert, durch eine Lochmaske beschleunigt und je nach Anodenspannung auf rote, grüne oder blaue Phosphorpixel gelenkt. In Leuchtdioden aus organischem Material (OLED) werden Elektronen und Löcher von der Kathoden- bzw. Anodenschicht aus injiziert und in einer Zwischenschicht z. B. aus Poly-Phenylen-Venylene zur Rekombination gebracht, wobei Licht entsteht. Inzwischen gibt es sehr brillante OLED-Farbdisplays mit Bildschirmdiagonalen von 12,5 bis 17 Zoll und mit 1600 mal 1200 Pixeln. OLEDs eignen sich auch für kleine, preiswerte und flexible Displays z. B. in Chipkarten.

Optisches Potenzial

Im Rahmen eines Förderprogramms für optische Technologien stellt das BMBF von 2002 bis 2007 insgesamt 280 Mio. € zur Verfügung, davon allein rund 100 Mio. € für die OLED-Förderung. Die optischen

Technologien schaffen die Voraussetzungen für jene Innovationen, an denen derzeit in allen High-Tech-Bereichen und in vielen traditionellen Bereichen der industriellen Fer-

tigung gearbeitet wird, betonte Gerd Litfin von der Linos AG in Göttingen. Der weltweite Jahresumsatz von industriellen Anwendungen optischer Technologien wird gegenwärtig



Ein Granatkristall für Laserstäbe, der mit dem Czochralski-Verfahren hergestellt worden ist. (Quelle: K. Jacobs, Institut für Kristallzüchtung)

tig auf 100 bis 300 Mrd. \$ geschätzt. Man erwartet, dass dieser Markt 2010 ein Volumen von mindestens 800 Mrd. \$ erreichen wird.

Die Gesamtheit der optischen Technologien zur Erzeugung, Verstärkung, Formung, Übertragung, Messung und Nutzbarmachung von Licht wird oft unter dem Begriff „Photonics“ zusammengefasst. Die Anwendungsfelder sind u. a. die Informations- und Kommunikationstechnik, die industrielle Fertigung, die Medizin- und die Biotechnologie, die Beleuchtungstechnik, die Sensorik, die Mess- und Prüftechnik sowie die Sicherheitstechnik. Zur Sicherheit im Straßenverkehr tragen z. B. optische Sensoren bei, die Verkehrsschilder erkennen oder vor gefährlichen Situationen warnen. Auch in der Medizin spielen optische Technologien eine immer wichtigere Rolle. Litfin nannte als Beispiele die nicht-invasive Diagnose, bei der bestimmte Stoffe im Blut durch die Haut gemessen werden, die Endoskopie oder die photodynamische Therapie. Optische Verfahren in der Biotechnologie haben es z. B. ermöglicht, das menschliche Genom innerhalb weniger Jahre zu entschlüsseln. Mit Hilfe bestimmter Farbstoffmoleküle kann man innerhalb von Stunden einzelne Biomoleküle oder Viren nachweisen, wofür früher mehrere Tage nötig waren.

Kostenparende Einblicke

Durch neue bildgebende Verfahren wie die Computertomographie mit Röntgenstrahlen oder die Kernspintomographie ist die Arbeit der Ärzte effizienter geworden. Diese Produktinnovationen und die von ihnen ausgelösten Änderungen im medizinischen Betrieb sind ein Hebel zur Kostensenkung im Gesundheitsbereich, meinte Hermann Requardt von der Siemens AG in Erlangen. So dauert eine moderne CT-Ganzkörperaufnahme inzwischen nur noch 20 Sekunden, wobei etwa 10 Gigabyte an Information erzeugt werden. Bei der funktionellen Bildgebung durch Positronen-Emissions-Tomographie lässt sich z. B. verfolgen, in welchen Hirnarealen der Stoffwechsel bei einer bestimmten Tätigkeit erhöht ist. Durch Kombination von CT und PET gewinnt man gleichzeitig anatomische und metabolische Informationen, die man dann miteinander korrelieren kann.

Beschleunigte Zyklen

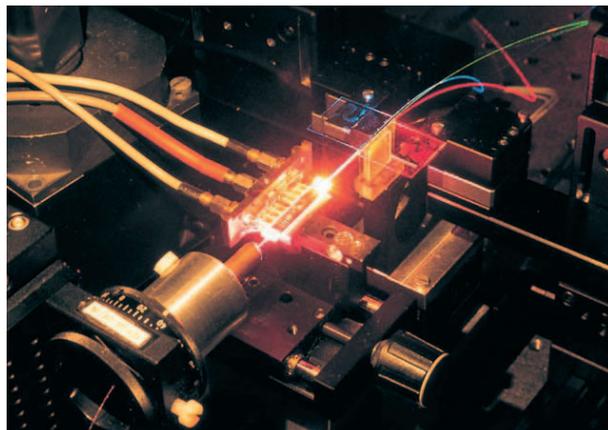
Die sich beschleunigende wissenschaftlich-technische Entwicklung führt in der Industrie zu einem Konflikt zwischen langfristiger Grundlagenforschung und kurzfristig orientierter Produktentwicklung, meinte Kai Grassie von der Philips Semiconductors Dresden AG. Während die Lebenszyklen komplexer technologischer Produkte immer kürzer werden, nehmen die Entwicklungs- und Produktionskosten immer mehr zu. Anfang des letzten Jahrhunderts brauchten viele Produkte noch Jahrzehnte, um sich auf dem Markt durchzusetzen. Bei PC und Solartechnologie ging das wesentlich schneller. Während die Entwicklungszeit einer neuen Technologie von der Idee bis zum Produkt etwa 10 bis 15 Jahre beträgt, sind die Produktzyklen, die auf einer schon vorhandenen Technologie aufbauen, erheblich kürzer. Für Elektronikprodukte liegen sie bei 6 bis 9 Monaten. Die hohe Innovationsgeschwindigkeit werde dadurch möglich, dass standardisierte Komponenten wie Halbleiterchips, Speicherelemente und Displays zu immer neuen Produkten zusammengefügt werden können – und diese Komponenten entwickeln sich ihrerseits mit hoher Geschwindigkeit, wie es das Mooresche Gesetz belegt. Dabei entstehen auch neue Analysetools, die wiederum die Produkt- und die Technologieentwicklung beschleunigen.

In seinen Forschungslaboratorien beschäftigt Philips etwa 2000 Forscher, davon sind 70 % Physiker. Es werden rund 800 Forschungsprojekte verfolgt, wobei die Forschung meist multidisziplinär organisiert ist. Der Elektronikkonzern Philips suche ganz bewusst die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen aus komplementären Bereichen wie der Biotechnologie oder der Nahrungsmitteltechnologie. Philips hat den Hightech-Campus in Eindhoven initiiert, der in seiner Endausbaustufe etwa 8000 Arbeitsplätze in Forschung und Entwicklung schaffen wird. Er bietet externen Firmen Raum, mitzuforschen und untereinander Informationen auszutauschen. Daneben gibt es eine enge und langfristige Zusammenarbeit mit der universitären Forschung.

Mittelständische Forschung

Einen Einblick in die Forschung und Entwicklung eines mittelständischen Anlagenherstellers gab

Peter Lenk, der Geschäftsführer der Ardenne Anlagentechnik GmbH in Dresden. Das Unternehmen ist 1991 durch Ausgründung aus dem privaten Forschungsinstitut von Manfred von Ardenne hervorgegangen und beschäftigt ca. 230 Mitarbeiter. Für Forschung und Entwicklung könne das Unternehmen maximal 5 % seines Jahresumsatzes aufwenden, der ca. 65 Mio. € beträgt. Eine angebotsorientierte Entwicklungsarbeit könne man sich nicht leisten. Alles müsse in engem Dialog mit den Kunden geschehen. „Wenn wir



Faserlaser sind äußerst kompakte, leistungsfähige und robuste Lichtquellen für zahlreiche Anwendungen. (Foto: Linos)

neue physikalische Erkenntnisse in unseren Anlagen verwerten wollen, dann sind wir auf die Zusammenarbeit mit Hochschuleinrichtungen oder mit Fraunhofer-Instituten angewiesen“, betonte Lenk.

Das Unternehmen beschichtet Architekturglas, Autoverglasungen, Metallbänder und Plastikfolien. So werden z. B. auf 20 m² große Scheiben bis zu 12 hauchdünne Schichten aufgebracht, etwa eine 9 nm dicke Silberschicht, die sichtbares Licht durchlässt, aber Wärmestrahlung reflektiert. Dadurch lässt eine beschichtete Scheibe fünfmal weniger Wärme durch als eine unbeschichtete. Etwa die Hälfte des akademischen Personals seien Physiker, sagte Lenk. Man sehe sich deshalb auch nicht als einen reinen Maschinenbauer, vielmehr spielten die physikalischen Technologien eine große Rolle – ganz in der Tradition Manfred von Ardennes und sicher auch im Sinne Albert Einsteins, der in seiner Eröffnungsrede zur Berliner Funkausstellung 1930 meinte: „Ursprung aller technischen Errungenschaften sind die göttliche Neugier des Forschers und die konstruktive Phantasie des technischen Erfinders.“