

LASERN – lösningen som

I år är det 50 år sedan vår vardag och vetenskap för alltid

Laserstrålning utsänds i synnerligen parallella strålar, kan ha extremt hög frekvensskärpa eller ofattbart hög topp effekt. I korthet, vi rör oss här på de extrema talens marknad.

Laserstrålningen är ett skarpt verktyg med en mängd tillämpningar på de mest skiftande områden. Lasern har trängt in i och blivit en integrerad del i vårt vardagsliv men har även öppnat dörren till frontlinjeforskning om de mest fundamentala processerna i universum.

I ÅR ÄR DET 50 ÅR SEDAN sedan den första laserverkan demonstrerades. Den 16 maj 1960 observerade Theodore Maiman första gången denna nya typ av strålning som man länge vetat borde finnas. Maiman var anställd vid Hughes Research Laboratories i Kalifornien och sökte, liksom många andra, att demonstrera laserverkan. Bakgrunden till arbetet var bland annat en artikel från 1958 av Charles Townes och Arthur Schawlow, där utvidgning av maserkonceptet från mikrovågsområdet till det synliga området diskuterades. Townes och medarbetare, respektive Nikolai Basov och Aleksander Prokhorov i Moskva, hade diskuterat och demonstrerat förstärkning av mikrovågstrålning genom stimulerad emission (maser) några år tidigare.

Allt började med Albert Einstein, som redan 1917 teoretiskt visade att det måste finnas stimulerad emission från högre liggande kvantmekaniska tillstånd förutom spontan emission. Lasern kunde egentligen ha demonstrerats mycket tidigare än vad som i verkligheten skedde och bland andra Rudolf Ladenburg, Valentin Fabrikant och Alfred Kastler snuddade vid möjligheten.

Maimans bedrift öppnade en damm-



Bild: Anders Persson

Uppställning för Dopplerfri mättnadsspektroskopi på jodmolekyler. En frekvensdubblad, kontinuerlig Nd:YAG-laser pumpar en avstämbar färgämneslaser som emitterar i en enda kavitetsmod. Den spektrala upplösningen är $1:10^8$. Då lasern läses på en bestämd övergång i det elektroniska vibrations-rotationsspektret utgör dess våglängd en sekundärstandard för meterdefinitionen. Alla studenter på den valfria kursen "Atom- och molekylspektroskopi" i Lund utför detta experiment som laboration.

lucka genom vilken en mängd ideer och demonstrationer av lasrar och laseranvändande vällde fram. Från att först ha betraktats som "a solution looking for a problem" har lasern blivit en alldaglig företeelse och en självklar del i vårt teknologiska samhälle med otaliga tillämpningar inom till exempel grundforskning, kommunikation och datahantering, mätteknik, industri och medicin. Lasern blev verkligen lösningen på ett stort antal problemställningar.

LASERJUBILEET HAR uppmärksamats genom en mängd arrangemang runt hela världen (se till exempel www.laserfest.org), så även i Sverige.

Laserstrålning kan konfigureras på många olika sätt. Kontinuerliga lasrar

kan fås att alstra ljus i en enda och ytterst frekvenskarp kavitetsmod. Laserns linjebredd kan göras mindre än 1 Hz, extremt liten med tanke på att synligt ljus har en frekvens på ca 10^{14} Hz. Alternativt kan ytterst korta pulser alstras genom så kallad modlåsning. Pulslängder på mindre än 10 femtosekunder (10^{-14} s) kan alstras. I sakens natur (Heisenbergs osäkerhetsrelation) ligger, att ljuset då med nödvändigt är spektralt bredbandigt. Laserpulser kan förstärkas till extrema topp effekter, terawatt (10^{12} W) eller till och med petawatt (10^{15} W). Detta är görligt genom en speciell teknik där pulserna först sträcks i tiden och sedan förstärks varefter de komprimeras tillbaka till en kort puls som nu har extrem topp effekt. Tekniken kallas "chirped pulse amplification".

hittade problemen

förändrades av laserns mångfacetterade möjligheter

Lasrar, och då speciellt diodlasrar, har fått mycket stor användning inom informationssamhället, som avläsare av streckkoder, i scanners, laserskrivare, för avläsning av CD skivor och i fiberoptisk kommunikation.

Inom materialbearbetning har lasrar, främst koldioxid-, neodymium- och fiberlasrar fått mycket stor användning för hårdning, skärning, håltagning och svetsning.

LASRAR ANVÄNDS I EN mängd metrologiska tillämpningar, för interferometriska mätningar av ytors planhet, avståndsmätning, som riktmedel och i holografi.

Inom medicinen utnyttjas lasrar av olika typer för kirurgi, koagulation, ablation av vävnad (ändring av hornhinnans brytkraft, rensning av igensatta blodkärl), och för tumörbehandling med fotodynamisk terapi. Lasern har möjliggjort nya kraftfulla mikroskopimetoder; konfokal-, multifoton-, och coherent anti-Stokes Ramanspektroskopi är några av dem. Opisk koherenstomografi har revolutionerat ögonsjukvården och har ett expanderande tillämpningsområde vad gäller undersökning av blodkärl.

En mängd diagnostiska tillämpningar har möjliggjorts med hjälp av lasrar, till exempel vad gäller diagnostik av förbränningsprocesser, mätningar av luft- och vattenföreningar, statuskontroll av vegetation och fasader på historiska byggnader, och för tidig upptäckt av cancertumörer. Dessa aspekter har varit ett fokus i forskningsverksamheten vid Lunds Lasercentrum.

LASRAR HAR BLIVIT speciellt skarpa verktyg inom grundläggande forskning. Laserspektroskopiska tekniker har inneburit en revolution inom atom- och molekylfysik. I spektroskopiska tillämpningar måste laserns våglängd kunna ändras kontinuerligt. Utvecklingen av så kall-

ade färgämneslasrar blev här av största vikt. Den med partiklarnas rörelse sammanhängande Dopplerbreddningen för övergångarna mellan olika kvantmekaniska tillstånd kan elimineras med Nobelprisbelönade metoder, som medger att fin- och hyperfinstruktur kan upplösas. På bilden till vänster visas Dopplerfria mätningar på jodmolekyler med så kallad mättnadsspektroskopi. Mätningar på övergångar i fundamentala system, som till exempel väteatomer, kan nu göras med så stor precision att frågan om naturkonstanterna verkligen är konstanta blir aktuell.

ULTRAKORTA LASERPULSER öppnar möjligheter att studera dynamik i molekyler och i kemiska reaktioner. Processer av typ fotosyntes, synstimuli och solcellsfysik sker ofta på femtosekundstidskalan. Nyligen har det även blivit möjligt att alstra pulser av längd runt 100 attosekunder (10^{-16} sekunder). Detta är tidsskalan för elektroniska processer i det inre av atomerna. Extremt intensiva högeffektlaserpulser

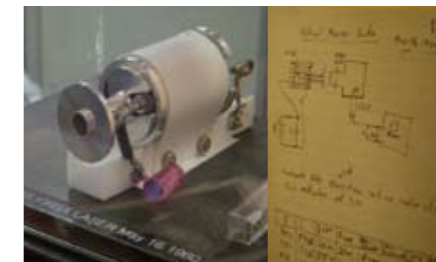


Bild: Sune Svanberg

Maimans rubinlaser och hans laboratorieboksanteckningar från den 16 maj 1960. Rubinlasern är en så kallade trenivå-laser, där den för förstärkning genom stimulerad emission av strålning (laserverkan) nödvändiga så kallade populationsinversionen åstadkommes genom optisk pumpning genom en kraftig blixurladdning. Maiman kunde med hjälp av den på bilden visade originalanordningen demonstrera skarp emission runt 694 nm.

kan användas för att pumpa röntgenlasrar eller för att på bråkdelar av en millimeter accelerera elektroner eller protoner till hastigheter nära ljusets. Alla dessa områden är nu starkt företrädade i Lund.

I SVERIGE BEDRIVS NU forskning baserad på lasrar på de flesta av våra större universitet. Studier av pulsade gaslasrar påbörjades i Kjell Bockastens grupp i Lund med start i mitten på 60-talet, och vid mitten av 70-talet tillkom även tidig laserspektroskopi, där absorptionsspektra från laserexciterade alkaliska jordartsatomer kunde studeras. I Göteborg startade 1973 ett brett program inom grundläggande och tillämpad laserspektroskopi, och 1980 initierades i Lund en omfattande verksamhet inom området baserad på Göteborgserfarenheterna. Förutom laserspektroskopi på fria atomer bedrivs tillämpningar inom miljömätteknik och förbränningsdiagnostik. 1982 utvidgades programmet mot lasermedicinska tillämpningar.

Högeffektlaserlaboratoriet i Lund invigdes 1992. Lunds Lasercentrum bildades 1995 som en interdisciplinär samarbetsorganisation och fick genast status som European Large Scale Infrastructure. I Göteborg, Uppsala och Stockholm, och något senare även i Umeå har laserspektroskopi bedrivits med stor framgång. KTH, genom Nils Abramson, och senare även Luleå, blev säten för avancerad holografi och laserbaserad mätteknik. Halvledarlasrar, främst för kommunikationssektorn, har med stor framgång utvecklats på KTH och Chalmers. KTH har nu genom Fredrik Laurells forskningsgrupp en stark internationell ställning inom utveckling av avancerade solid-state-lasrar.

SUNE SVANBERG
AVDELNINGEN FÖR ATOMFYSIK OCH
LUNDS LASERCENTRUM
LUNDS UNIVERSITET