

RUBY LASERS

*Documentation
since 1964*

2102

Pamphlet No. 1419



SOLID STATE

LASERS

and laser components

LIGHT AMPLIFICATION BY ST

BARR AND STROUD



Barr and Stroud undertake the manufacture and supply of ruby or neodymium doped glass laser equipment which can be provided with the laser operating in the natural manner or as a 'Q'-switched laser giving 'Giant Pulse' output.

Uses envisaged for the laser are in such fields as optics, chemistry, medicine, metallurgy, photography, spectroscopy, and optical ranging.

LASER HEAD UNIT

NATURAL LASER — Typical output from the laser head unit is 1 joule with a duration of 0.5 milliseconds. Threshold is in the region of 300 joules input. With a ruby crystal as the active element the output radiation is 6943Å and with neodymium doped glass the output radiation is 10,600Å (1.06μ). The laser head unit is designed to be operated at room temperature with a maximum repetition rate of once every 10 seconds.

Incorporated in the laser head unit are the crystal, the flashtube, the cavity and the trigger transformer.

THE CRYSTAL — The crystal used can be either a ruby or neodymium doped glass rod and is supplied in 2" and 3" lengths of 1" diameter although units incorporating larger crystals can be supplied to special order. The ends of the rods are optically worked to be flat to λ/10, parallel to 2-3 seconds, and are dielectrically coated to give optimum performance, or to customer's specification.

The ruby crystal can be supplied in either of two forms: 0° orientation or 90° orientation. Output from a 90° crystal is plane polarised.

THE FLASH TUBE — The flash tube is a xenon filled linear tube with an arc length of 3" and capable of standing a maximum input energy of 600 joules.

THE CAVITY — The cavity is constructed in the form of a close coupled cylinder the walls of which are made of a durable high reflectivity material.

TRIGGER TRANSFORMER — The trigger transformer is housed in the laser head and converts a 250V pulse from the power unit into a high voltage pulse for the flash tube.

The laser head unit is designed for free or optical bench operation, is 10½" long, 3½" wide by 3½" deep and 3 lbs 6 ozs weight. Full safety interlocking is incorporated to protect the operator.

THE POWER UNIT

The power unit is designed to produce a voltage output of from 1 kV to 2.5 kV D.C. and can be infinitely varied over this range to provide power for a wide variety of flashtubes for pumping solid state lasers. The energy output is variable from 0-700 joules to suit the flash tube used in the Barr and Stroud laser although provision is made to vary the energy from 0-1250 joules and for the connection of additional capacitors.

The power unit has the dimensions, height 11", width 19" depth 15" and is 106 lbs weight.

The mains input to the transformer is 210/250V and the unit can be either operated locally or remotely by means of pushbutton or relay.

OPERATION

The laser operator is protected at all times by a system of interlocking relays.

'Q'-SWITCHED LASER

A 'Q'-switched laser is one in which energy is stored within the laser crystal and released in one 'Giant Pulse'.

Power output of up to several megawatts is obtained from a 3" crystal with a pulse duration of approximately 50 nanoseconds.

An external mirror and a motor driven roof prism rotating at 12,000 r.p.m. are used to produce this delay effect. The firing of the flash tube is fully synchronised to the rotating prism by means of a magnetic pick-off and trigger circuit.

Another, more complex, system of 'Q' switching is by means of the Barr and Stroud Kerr Cell, associated electronic drive and pulse delay units.

Our technical staff are willing to advise customers on the choice of 'Q'-switched lasers.

STERILIZED EMISSION OF RADIATION

ERS

LASER MATERIALS

Enquiries are invited for calcium fluoride laser rods doped with uranium and supplied with high quality end coatings. While ruby and neodymium doped glass lasers can be operated at ambient temperatures, calcium fluoride lasers require to be cooled to the temperature of liquid nitrogen.

OPTICAL COMPONENTS

Barr and Stroud manufacture high quality plane and spherical mirrors, corner cube and roof edge prisms, lenses, narrow-band all-dielectric filters, optical flats and beam-splitters all suitable for laser work.

The filters are in a standard size of 2" dia. and for the ruby laser they have typical characteristics of 40-50% peak transmission at 6943Å, 20-30Å bandwidth.

High reflectivity coatings up to 98-99% centred on any wavelength in the range 0.45 to 1.2 microns can be deposited on blanks or laser rods provided by customers.

Any of these components can be manufactured to customer's specifications.

INFORMATION REQUIRED WITH ENQUIRIES

1. Output wavelength required.
2. Typical energy output.
3. Whether to operate normal or 'Q'-switched manner.

Our technical staff are available at all times to advise on the choice of lasers and laser materials.



OTHER PRODUCTS

INFRA-RED GLASS

(BS 37A and BS 39B) is a mechanically strong and hard glass which is absorption free and can be moulded into intricate components. Cut off at 5·4 and 5·9 microns.

POLARISERS

made from film sealed between strain-free glass covers which have anti-reflection coatings on the outside surfaces.

Effective transmission from 4500Å to 8000Å. Parallel to crossed transmission ratio is better than 200,000:1.

WIRE HEATED WINDOWS

shock proof and optical windows with transmission in the visible spectrum greater than 90% without anti-reflection coatings. The windows can be produced in a variety of shapes and sizes up to 7 sq. ft.

TRANSISTORISED T.V. CAMERA

an image orthicon camera 28" long x 9" dia. for industrial use at very low levels of illumination.

ULTRA-HIGH-SPEED CAMERAS

framing cameras with speeds up to 8 million frames per second; streak cameras with writing speeds up to 22 mm per microsecond.

DOUBLE MONOCHROMATOR

suitable for work in the ultra-violet, visible and infra-red in such fields as the examination of the spectra of sources, the transmission characteristics of materials and the spectral response of detectors and fluorescence.

ELECTRIC WAVE FILTERS

can be designed for band-pass, band-stop, high-pass or low-pass functions, within the frequency range 0-20 Mc/s. Narrowband networks and very narrow bandwidth crystal filters have also been produced.

INTEGRATING MICRODENSITOMETER

designed for biological use the scanning mechanism and various electronic devices enable it to make extremely accurate measurements of the amount of dyed material present in a biological cell.

There are Barr and Stroud agents in the following countries:

Australia
Austria
Belgium
Canada

Denmark
Finland
France
Holland

Israel
Italy
Norway
Portugal

South Africa
Spain
Sweden

Switzerland
U.S.A.
West Germany

BARR & STROUD LTD

Caxton Street
Annie's Land
Glasgow W.3

Telegrams: Telemeter, Glasgow
Telephone: Jordanshill 9601
Telex: 778114

Kinnaird House
1 Pall Mall East
London S.W.1

Telegrams: Retemelet, London, SW1
Telephone: Whitehall 1541
Telex: 261877

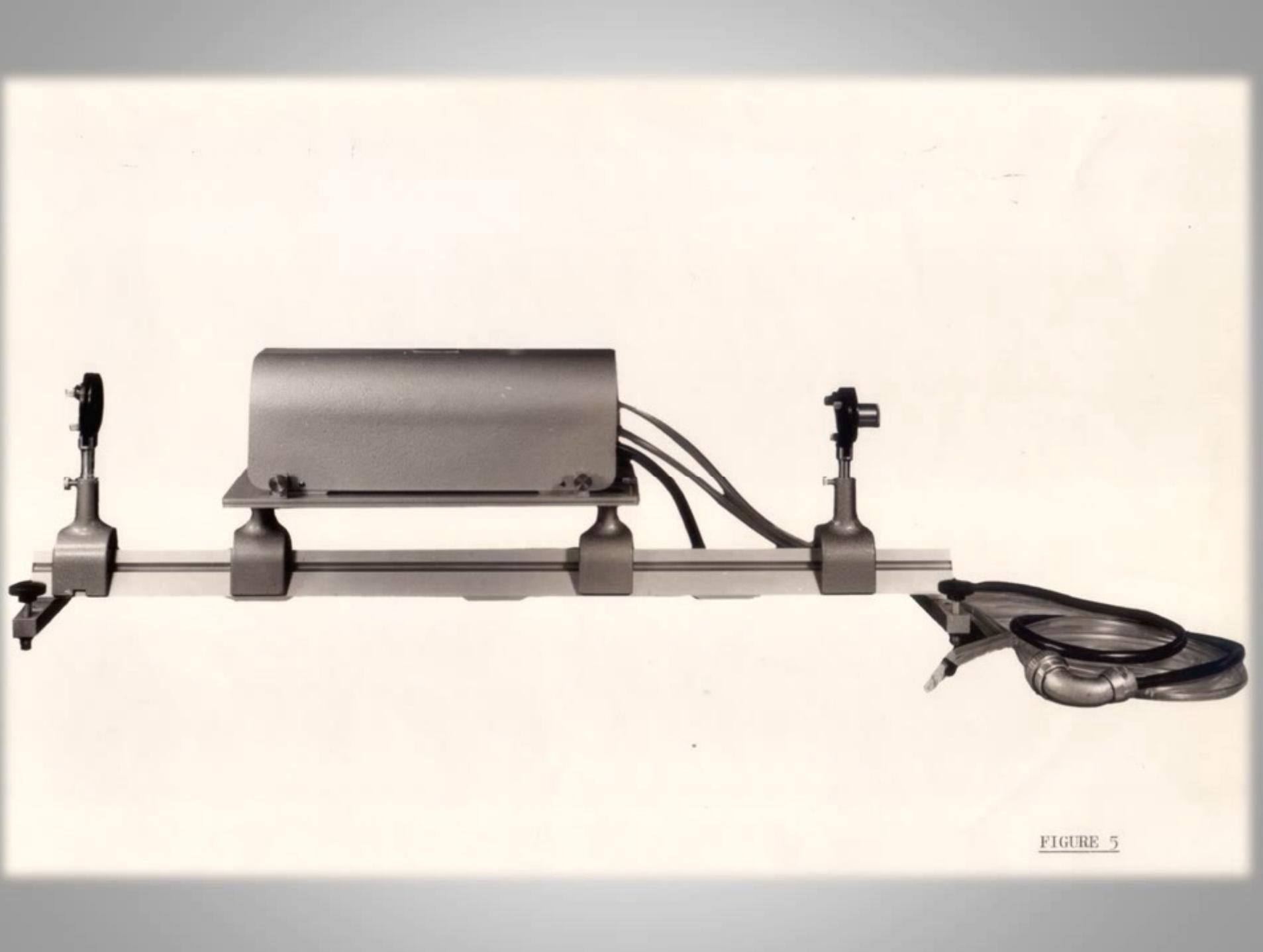
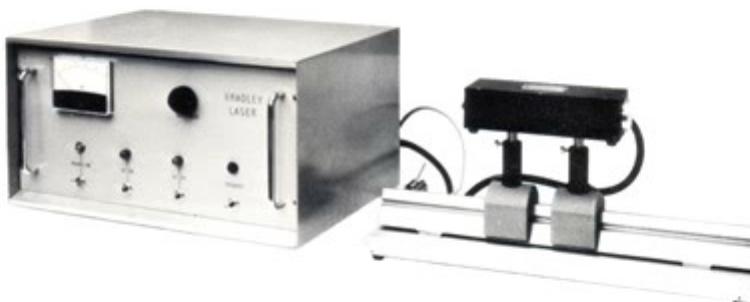


FIGURE 5

G. & E. BRADLEY LIMITED : LONDON : ENGLAND

2103

PULSED LASER
Type 303



The Bradley Pulsed Laser Type 303 is a compact portable unit producing pulses of coherent light with a power output of 0.5 Joules per pulse.

- ★ Low cost.
- ★ Fully engineered, yet of simple construction.
- ★ Easy to operate.
- ★ Reliable.
- ★ Full safety interlocks.

This Bradley laser has been specially designed for educational establishments requiring a low cost and robust pulsed device. It is simple to operate and triggering is by push button on the front of the power unit or by remote control.

The laser head has a built-in safety shield which is only released when the unit is triggered, ensuring that output due to self triggering of the flash tube is impossible.

Applications of this reliable and adaptable laser include research in optics, medical experiments, optical ranging, photography and teaching.



SPECIFICATION

LASER TYPE 303 HEAD

| | |
|--|---|
| OUTPUT ENERGY PER PULSE | 0.5 Joules using 2in. rod. 1 Joule using 3in. rod. |
| MAXIMUM P.R.F. (see note 1) | up to 20 per hour. |
| ACTIVE ELEMENT | Either chromium doped aluminium oxide (ruby) with crystal orientation of 0°, 60° or 90° or neodymium doped glass. |
| OPTICAL RESONATOR | Multilayer dielectric coating of ends of active elements or multilayer dielectric coated external mirrors. |
| WAVELENGTHS OF COHERENT OUTPUT | Chromium doped ruby—6943 AU Neodymium doped glass—10600 AU. |
| PULSE LENGTH (COHERENT OUTPUT) (see note 2) | ½ millisecond approximately. |
| NOMINAL THRESHOLD | 250 joules. |
| OPTICAL PUMP | Linear xenon filled flash tube 3in. arc length x 9mm maximum o/d. |
| PUMPING CAVITY | Cylindrical cavity of circular cross section. Flash tube and active element close-coupled. |
| DIMENSIONS (LASER HEAD) | 22cm. L x 8cm. W x 6cm. H. 8½in. 3½in. 2½in. |
| MOUNTING | Free standing on rubber feet. Tapped holes are provided to permit optical bench mounting. |
| WEIGHT | 1.4kg. 3lb. |
| POWER SUPPLY UNIT | |
| MAINS INPUT | 215-245V. 50Hz single phase. |
| MAXIMUM LOAD | 600VA. approximately. |
| OUTPUT ENERGY PER PULSE (To Laser Head) | Maximum output 600 joules/pulse. |
| DIMENSIONS | 44cm. W x 31cm. D x 23cm . H 17½in. 12½in. 8½in. |
| WEIGHT | 18kg. 40lb. |

NOTES: 1. The maximum p.r.f. permitted is dependent on A. Ambient conditions. B. The level of pump energy applied per pulse.
2. A range of 'Q' switches are available.

G. & E. BRADLEY LIMITED

Electral House, Neasden Lane, London, N.W.10
Telephone : Dollis Hill 7811 Telegrams : Bradelec London N.W.10 Telex : 25583

G. & E. BRADLEY LIMITED : LONDON : ENGLAND

2104

PULSED LASER Type 302



- ★ Output either 1-2 or 4-5 Joules as required.
- ★ A robust unit of simple construction.
- ★ May be used in a variety of optical resonator configurations.
- ★ Suitable for giant pulse operation.

The Bradley Pulsed Laser Type 302 has been developed from the successful range of Bradley High Power Lasers to meet the requirements of scientists working in the medium power range.

The Laser System Type 302 has been developed to cover the range of output up to 5 joules per pulse.

The well tried standard Bradley layout providing a wide choice of optical resonator configuration has been retained. Thus non Q switch operation or Q switch operation by any of the conventional methods may be selected and aligned within a few minutes. Once aligned further adjustment is seldom necessary.

APPLICATIONS

- ★ Experiments requiring a monochromatic source with high flux.
- ★ Thermal conductivity measurements by heat pulse methods.
- ★ Analysis of the Spectrum of vapourised plasma.
- ★ Welding and piercing of miniature components.
- ★ High speed photography (light source).
- ★ Heat processing of test pieces.
- ★ Optical Ranging.
- ★ Ionospheric measurement.
- ★ Satellite tracking.
- ★ Medical Experiments.



SPECIFICATION

LASER HEAD TYPE LH302

| | |
|-------------------------|---|
| OUTPUT ENERGY PER PULSE | 4in. x $\frac{3}{8}$ in. Air cooled rod 4-5 Joules. 3in. x $\frac{1}{2}$ in. Air cooled rod 1-2 Joules. |
| MAXIMUM P.R.F. | 10 per hour. Air cooled. 6 per minute with water cooling. (See notes.) |
| ACTIVE ELEMENT | Either synthetic Ruby Rod 4in. x $\frac{3}{8}$ in. or 3in. x $\frac{1}{2}$ in. diameter or Neodymium doped glass rod 4in. x $\frac{3}{8}$ in. or 3in. x $\frac{1}{2}$ in. diameter. |
| OPTICAL RESONATION | (a) Multilayer dielectric coated externally mounted mirrors. (b) External prism. (c) External "Q" Switch. |
| WAVE LENGTHS AVAILABLE | Ruby Rod 6943AU. Neodymium Rod 10650AU. |
| PULSE LENGTH | $\frac{1}{2}$ millisecond approximately. |
| NOMINAL THRESHOLD | 250 Joules approximately. |
| OPTICAL PUMP | 4in. arc length x 11mm. O/D Linear Xenon Filled. Maximum input to Flash tube 1500 Joules/pulse. |
| OPTICAL SYSTEM | A cylindrical reflector of elliptical cross-section having flash tube coincident with one focal line and the active element coincident with the second line focus. |
| DIMENSIONS | 15.24cm. H x 49.5cm. W x 8.9cm. D. 6in. 19 $\frac{1}{2}$ in. 3 $\frac{1}{2}$ in. |
| MOUNTING | Head is fitted on base plate and tapped holes are provided to permit optical bench mounting. |

POWER SUPPLY UNIT PS301

| | |
|-------------------------|--|
| MAINS INPUT | 105-115V, 210-250V, 50-60Hz. |
| OUTPUT ENERGY PER PULSE | Maximum output variable up to 890 Joules per pulse. In addition Capacitor Unit type CU301 is available to increase the total energy capacity up to 1550 Joules/pulse. |
| DIMENSIONS | 30cm. H x 51cm. W x 46cm. D. 12in. 20in. 18in. |
| WEIGHT | 38kg. 85lb. |

CAPACITOR UNIT CU301

| | |
|------------|---|
| DIMENSIONS | 11cm. H x 51cm. W x 46cm. D. 4 $\frac{1}{2}$ in. 20in. 18in. |
| WEIGHT | 16kg. 35lb. |

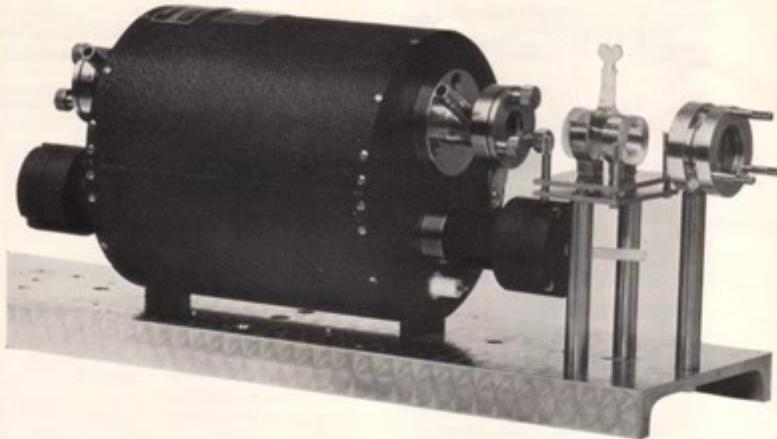
Note 1: Water cooling of both active element and flash tube, using de-ionised water. A re-circulating unit is available.

Note 2: When water cooling is employed the p.r.f. may be increased beyond 6 per minute, using a modified Power Unit, details of which will be given on request.

G. & E. BRADLEY LIMITED

Electral House, Neasden Lane, London, N.W.10
Telephone : Dollis Hill 7811 Telegrams : Bradelec London N.W.10 Telex : 25583

2105



HIGH POWER LASERS



G. & E. BRADLEY LIMITED • LONDON • ENGLAND

SPECIFICATION

LASER HEADS TYPES L.H.351, L.H.352.

| | |
|------------------------------|--|
| Optical Resonators available | (a) Multilayer dielectric coated externally mounted mirrors. (b) External prisms. (c) External 'Q' Switch. |
| Active Element | Synthetic Ruby with orientation either 0°, 60° or 90°. Alternatively a Neodymium glass rod with 6% doping can be supplied, when the maximum recommended input is limited to 5000 joules. |
| Wavelengths available | 6943 A.U. or 10600 A.U. |
| Pulse length | Between 0.5 and 3 milliseconds dependant on the output required and the pulse shaping inductor unit used. |
| 'Q' Switch | Provision is made for using any one of the Bradley range of 'Q' switches. (See separate data sheet.) |

LASER HEAD TYPE L.H.351

| | |
|---|--|
| Optical System | A cylindrical reflector of elliptical cross-section having flash tube coincident with one focal line and the active element coincident with the second line focus. |
| Cooling | Water cooling of active element using mains water or of both active element and flash tube, using de-ionised water. A re-circulating unit is available. |
| Optical pump | 9½" long x ½" o/d Linear Xenon filled flash tube. |
| Active element | 6½" x ½" diameter Ruby or Neodymium glass. or 6½" x ½" diameter Ruby or Neodymium glass. |
| Mode of triggering | Series or parallel as required. |
| Maximum input voltage to flash tube | Not to exceed 3 kV. |
| Maximum continuous rating of flash tube | Not to exceed 500 watts. |
| Maximum output | 100 joules per pulse. (Recommended maximum output 80 joules per pulse.) |
| Weight | 14½ lb. 6.8 kg. |
| Dimensions | 20" L. x 6" W. x 14" H. 50.8 cm. x 15.2 cm. x 35.6 cm. |

LASER HEAD TYPE L.H.352

| | |
|----------------|---|
| Optical System | Four cavity multi-ellipse. |
| Cooling | Water cooling of both active elements and flash tube, using de-ionised water. A re-circulating unit is available. |
| Optical Pump | 4 Flash tubes, each 9½" long x ½" o/d Linear Xenon filled. |
| Active Element | 6½" x ½" diameter Ruby or Neodymium glass. |
| Maximum p.r.f. | Up to 6 per minute. |
| Maximum output | 300 joules per pulse. |
| Weight | 52 lb. 24 kg. |
| Dimensions | 22" L x 10" W x 15" H. 55 cm. x 25 cm. x 38 cm. |

LASER POWER SUPPLY TYPE PS.350

The Power Supply Type PS.350 has been specially developed for use with the Bradley range of high power lasers. Alternative energy storage capacities of up to 5,000 or 10,000 joules are available.

Charging time to 10,000 joules is 15 seconds and the maximum repetition rate is 2 per minute at this level.

Integral triggering facilities are provided as well as safety interlocks, which prevent the unit being switched on until the safety circuit is complete.

SPECIFICATION

| | |
|--------------------------------|---|
| Input | 215/245 a.c. Mains 40/60 cycles single phase. |
| Output | Two ranges selected on the front panel Nominal 2-3.5 kV. d.c. 3.5-5 kV. d.c. |
| Maximum switch-on surge | 45A at a charging rate of 7.5 seconds. *22A at a charging rate of 15 seconds. 13A at a charging rate of 25 seconds. * Normally supplied. |
| Stored Energy | Type 350/5000 Maximum 5000 joules. Type 350/10000 Maximum 10000 joules. |
| Weight | Type 350/5000-625 lb. 285 kg. Type 350/10000-1043 lb. 473 kg. |
| Dimensions | Type 350/5000 19" rack x 4' 6" H x 2' D. 48 cm. x 135 cm. x 61 cm. Type 350/10000 19" rack x 6' 6" H x 2' D. 48 cm. x 198 cm. x 61 cm. |

LASER POWER SUPPLY TYPE PS.351

The Power Supply Type PS.351, whilst retaining all the features of the Type PS.350, has a greatly improved repetition rate and is capable of maintaining a flash rate of 3 per second.

SPECIFICATION

| | |
|--------------------------------------|---|
| Input | 215/245 V a.c. 40/60 cycles single phase. |
| Output | 600-4000V d.c. |
| Maximum Switch-on Surge | Adjustable 2-35 amperes (dependent on rate of charge) |
| Stored Energy | Maximum 9000 joules |
| Trigger Output | 450 V for parallel triggering. 1400 V for series triggering |
| Maximum Repetition Rate | 3 per second (with burn-on protection). 1 per 2 seconds (without burn-on protection). |
| Maximum Capacitor Charge Rate | 2000 joule/second (at 15 minutes rating). 1000 joule/second (at 1 hour rating). 500 joule/second (continuous rating). |
| Dimensions | 1' 10 $\frac{1}{2}$ " W. x 2' 6" D. x 6' 1 $\frac{1}{2}$ " H. 57 cm. x 76 cm. x 187 cm. |
| Weight | 850 lb. 390 kg. |

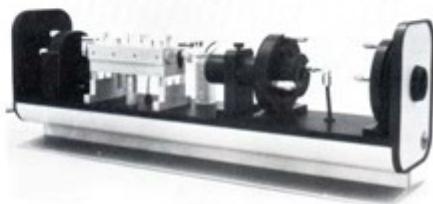
Note: Due to normal derating of capacitors—maximum P.R.F. and maximum charge voltage are not obtainable simultaneously.

3000 and 6000 joule versions are also available.

G. & E. BRADLEY LIMITED

Electral House, Neasden Lane, London, N.W.10,
Telephone : Dollis Hill 7811 Telegrams : Bradelec London N.W.10 Telex : 25583

Festkörper-Impuls-Laser

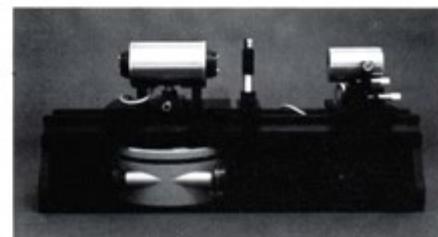


Aktives Material: Wahlweise Rubin oder Neodym-Glas

| Modell | Ausgangsenergie (J) | Q-Schalter | Blitzlampen | Wiederholfrequenz |
|------------------------|---|----------------------------|------------------|--|
| RL 022 | 0,5 | Farbstoff | Linear | 1 - 6 ipm |
| RL 023 | 2,5 | Farbstoff oder Pockelzelle | Linear | 1 ipm |
| RL 040 Verstärker V | 2,5 für RL 040 × 5, × 20, und höher | Farbstoff oder Pockelzelle | Wendel Wendel | bis 1Hz (holographischer Zusatz erhältlich) |

Für das System RL 040 stehen Verstärker zur Erhöhung der Ausgangsenergie um das 5 bis 20fache (auf Wunsch höher) zur Verfügung. Diese Systeme können mit Zusätzen für holographische Strahlqualität ausgerüstet werden.

Kontinuierlich durchstimmbare Impuls-Laser

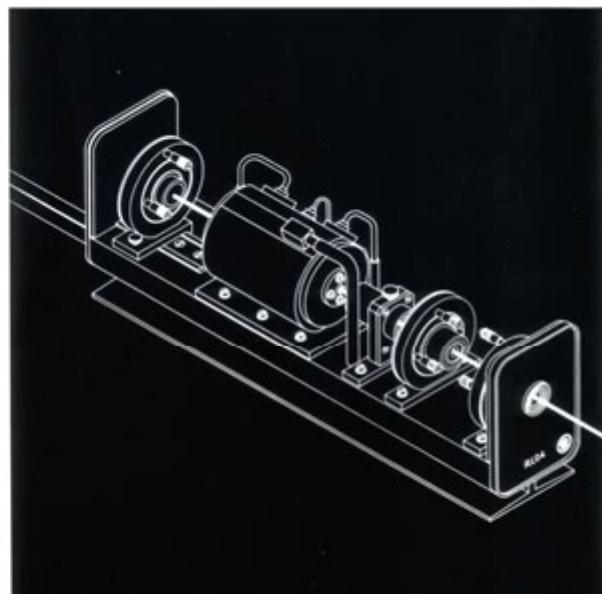


Optischer parametrischer Oszillator mit Frequenzverdoppler.
GI 4/27 OPO

| Modell | Ausgangsleistung | P脉冲持续时间 | Wiederholfrequenz | Laser-Typ | Spektralbereich |
|---------|------------------|---------|-------------------|---------------------------|-----------------|
| OPO | ca. 10 kW/Puls | 5 ns | 0,1 - 1Hz | Parametrischer Oszillator | 0,4 - 2,6 μm |
| FL 25-1 | 1kW | 200 ns | 15 Hz | Farbstoff | 0,42 - 0,68 μm |

Nd-Glas- oder Rubinlaser

RL 040



TECHNISCHE DATEN

Grundausrüstung
Passiver Guteschalter (Farbstoff)
Stabgröße 4" x 3/8"
Ausgangsleistung 100 MW
Impulsdauer ca. 25 nsec.
Energie ca. 2,5 J/Puls
Anregung XENON-Wendellampe 2500 J
Lebensdauer 100000 Schuß
Zweikreiswasserkühlung
Impulswiederholfrequenz 6 ipm

Ausführung P

mit aktivem Q-Schalter –
KD*P Pockelszelle

Ausführung H

mit Holographiebausatz einschl.
Modenblende und Fabry-Perot-
Auskopplungsresonator
Ausgangsenergie 20 mJ
Kohärenzlänge > 1 Meter

Ausführung E

mit Wasserkühlung durch Kühl-
aggregat, Steuergerät, modi-
fiziert für den Betrieb mit
1 Hz Wiederholfrequenz.
Zu dieser Ausführung muß Aus-
führung P gleichzeitig mitbestellt
werden.

Dimensionen

Laserkopf: 200 x 310 x 730 mm
Netzeil: 19" Schrank
160 mm Höhe
Anschluß: 220 V, 15 A
(Ausführung E 380 V,
15 A Drehstrom)
Modengekoppelte Systeme
auf Anfrage.

bfi elektronik gmbh
Frankfurt/M., Hahnweg 7/8/9

SERIES 300 LASER SYSTEMS





Packaged systems rather than bench components economically meet the needs of the laser researcher and technologist in higher-power applications such as:

- Hot plasma generation
- Plasma diagnostics
- Non-linear optical effects
- Long-range optical radar/tracking
- Massive biological effects
- Stroboscopic illumination

applications

TRG's Series 300 lasers represent a new concept in high-power laser systems. Although modular in design, these lasers are packaged systems rather than components mounted to an optical bench.

Conservatively designed, the flexible 300 series system provides nine configurations to economically match your requirements in the higher-power regime.

Basic to the 300 series design is the use of a low-level oscillator followed by high efficiency amplifiers, a concept which lowers the stress level on Q-switching components and enhances their reliability. Careful attention to thermal control within the laser unit permits equipment upgrading to the higher cycle rates with modification of power unit only. Moreover, the high overall power efficiency of the 300 series reduces cooling requirements to a level

which can normally be satisfied by your existing tap water supply.

special features

The 300 series offers more versatility, at economic cost. The following features are common to all models in the 300 series:

- Rugged, light-weight, cast aluminum housing with "built-in optical bench".
- "In-line" optical system for simple alignment.
- Replacement of flashlamp does not require realignment of laser.
- Ruby and flash lamp may be removed without disassembling laser head.
- Rotating prism and bleachable dye combination Q-switch provides synchronization feature with low insertion loss and high damage threshold.
- Pockel or Kerr cell Q-switch available as option.
- Mode of operation — Q-switch or normal mode — can be selected by simple external function switches.
- All alignment adjustments are accessible externally.
- Removable covers provide easy access for maintenance.
- Completely enclosed system keeps optics clean.
- Access covers electrically interlocked for personnel safety.

ing geometry. The ruby is supported by sapphire holders which assure reproducible positioning within the laser head. Both the ruby and flashlamp can easily be removed without disturbing the cavity alignment.

The laser head is attached to a base plate which provides rotation about two axes for alignment. The adjustments are orthogonal and accessible from the exterior of the laser housing. Water cooling is provided for the ruby and conduction cooling for the flashlamp and cavity on the 2 ppm models. All other systems provide for water cooling of the flashlamp and cavity reflector in addition to the ruby.

Q-switch

A rotating prism Q-switch in combination with a bleachable dye provides "giant pulse" operation which combines the best features of low insertion loss and high damage threshold. A synchronization pulse is available with a jitter of less than 150 nanoseconds.

The prism can be locked in the aligned position by means of external function switches which select operation in either the normal or Q-switched mode.

housing

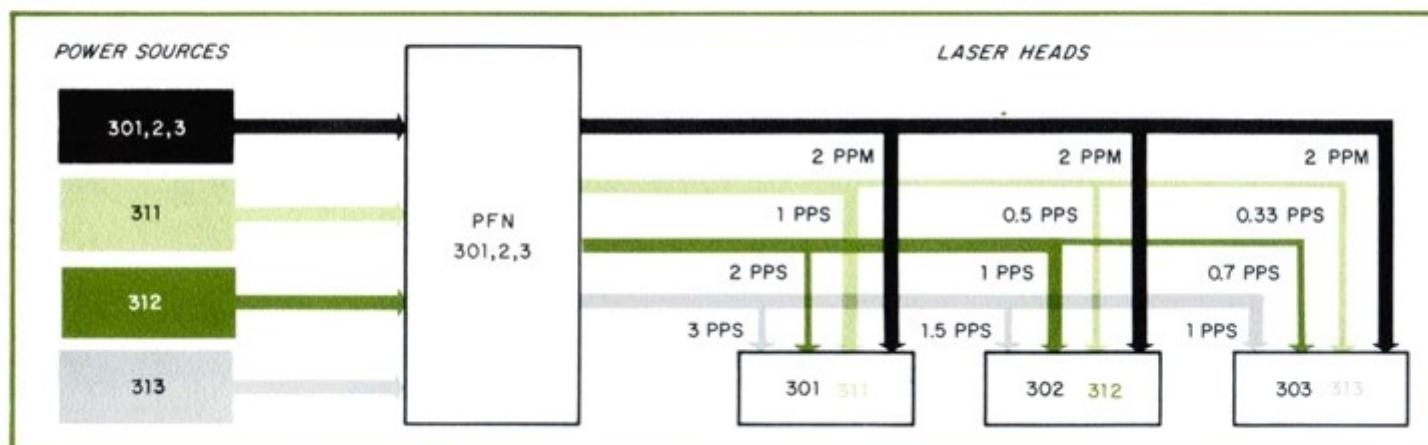
The laser head, Q-switch, and dye cells are mounted in a rugged light-weight aluminum housing. Supporting ribs

under the base reduce deflections to an insignificant factor and provide a stable base for mounting the system components. All alignment adjustments and operational controls are accessible externally and removable access covers are provided for maintenance functions. The access covers are electrically interlocked for safety purposes. A flow-interlock switch is contained within the housing to automatically shut down the system if insufficient coolant flow occurs.

300 power sources

The design of the laser power sources for the 300 series fulfills the need for efficient and reliable sources of energy with simplicity as well as versatility of operation. Safety is featured not only through conventional interlocks but also through use of adequate meters and indicators to clearly show the various states, in sequence of operation, of the laser source. For added convenience, a remote control unit can be used.

The laser power sources are housed in two attractively styled cabinets on casters in order to facilitate movement and placement in a work area. The energy storage pulse-forming network and its safety discharge circuitry occupy one cabinet; the power supply, relay logic, and main control panel are contained in the other.



The power supplies for this series make use of linear charging circuits in conjunction with solid state components. The energy to be stored in the pulse-forming network is selectable through use of a preset control on the front panel. Control logic inhibits the triggering circuits during the charging of the energy storage network so that the laser cannot be fired until the preset energy level has been attained.

The pulse-forming networks consist of four capacitor-inductor meshes. The inductors are chosen according to the pulse width and lamp impedance requirements of the particular unit. Switches are provided so that the total network length may be reduced in 25 percent steps. Voltage sampling networks and automatic discharge circuits are included in the pulse-forming network cabinet.

Triggering of the flashlamps is synchronized with the Q-switch mechanism in the laser head. Selection of operat-

ing mode (Q-switch/Normal) at the laser head automatically makes the appropriate triggering changes in the power supply. Synchronizing pulses are available at the power supply console. A negative-going pulse occurs at the time of flashlamp ignition. This pulse is available whether the laser is operated in the Q-switch or the normal mode and is called the normal mode sync pulse. The Q-switch sync pulse is dependent upon the method of Q-switching used. With a rotating prism switch, the pulse occurs 25 microseconds before the laser pulse. The magnitude of the jitter between this sync pulse and the laser is less than 150 nanoseconds. With electro-optical Q-switches, the pulse occurs 300 to 400 nanoseconds before the laser pulse with a jitter of less than 30 nanoseconds.

A motor drive power amplifier is supplied for the rotating prism Q-switch motor. For electro-optical switches appropriate electronics are housed in the power supply.

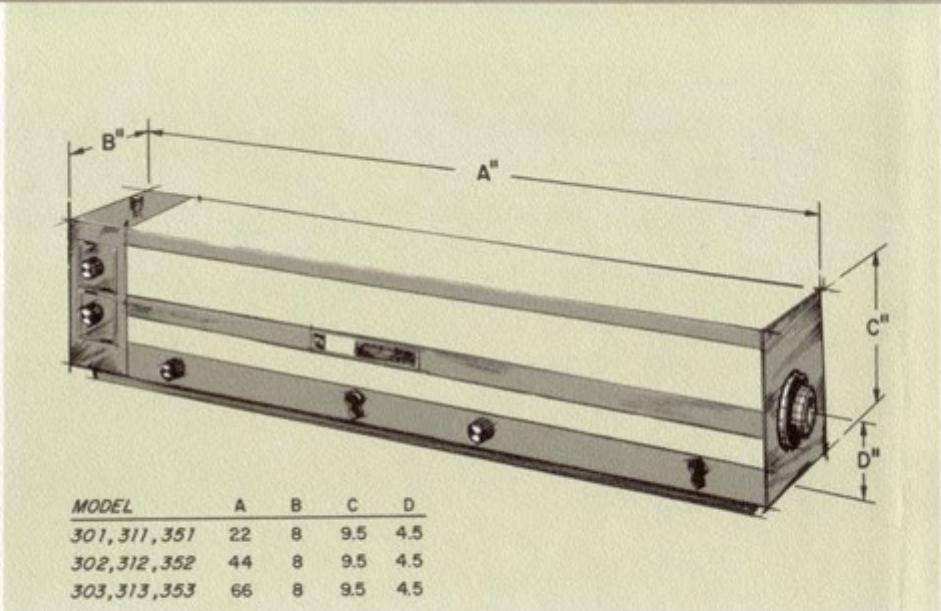
pfn

| | 301 | 302 | 303 | 311 | 312 | 313 | 351 | 352 | 353 |
|--------------------------------------|------|-------|--------|--------------|------|--------|------|--------------|--------|
| Maximum Energy Stored (joules) | 3500 | 7500 | 10,500 | 3500 | 7500 | 10,500 | 3500 | 7500 | 10,500 |
| Nominal Pulse Length* (milliseconds) | 0.5 | 1 | 1.5 | 0.5 | 1 | 1.5 | 0.5 | 1 | 1.5 |
| Total Capacitance (microfarads) | | | | 1500 | | | | 2500 | |
| Total Inductance (microhenries) | 41 | 164 | 375 | 41 | 164 | 375 | 20 | 80 | 225 |
| Maximum Voltage (volts) | 2150 | 3150 | 3740 | 2150 | 3150 | 3740 | 1680 | 2450 | 2900 |
| Repetition Rate (per second) | | 2 ppm | | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 |
| Size (inches) | | | | 66 x 44 x 25 | | | | 80 x 44 x 25 | |
| Weight (pounds) | | - | | 800 | | | | 1950 | |

power supply

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|------|------|------|---------------------------|------|------|------|------|----|
| Input Voltage | 3 wire 220 v 60 Hz or 208 and 115 v 60 Hz | | | | 4 wire 3Ø 208/220 v 60 Hz | | | | | |
| Input Current (amperes/phase) | 7.5 | | | | 70 | | | | | |
| Maximum Output (volts) | 2200 | 3200 | 4000 | 2200 | 3200 | 4000 | 1750 | 2550 | 3000 | |
| Charging Current (amperes) | 0.2 | | | | 3.4 | 4.7 | 5.6 | 25 | 35 | 40 |
| Size (inches) | 52 x 22 x 25 | | | | 66 x 22 x 25 | | | | | |
| Weight (pounds) | 180 | | | | 340 | 640 | 640 | 1950 | | |

*Can be reduced to 3/4, 1/2, and 1/4 nominal value by switches.



SPECIFY YOUR PULSE REQUIREMENT!

specifications

| | Model 301 | Model 302 | Model 303 |
|-------------------------------|--|------------------|------------------|
| Output Wavelength* | 6943Å | 6943Å | 6943Å |
| Maximum Energy in Joules | 30 | 75 | 125 |
| Peak Power Output Available | 250 megawatts | 600 megawatts | 1 gigawatt |
| Pulse Repetition Rate | Available with maximum repetition rates varying from 2 pulses per minute to 5 pulses per second to meet individual specifications. | | |
| Radiation Pulse Length Normal | 0.3 millisecond | 0.6 millisecond | 1 millisecond |
| Q-switched Mode | 15 nanoseconds | 15 nanoseconds | 15 nanoseconds |
| Type of Q-switch | Rotating prism with bleachable dye (other Q-switches available) | | |
| Beam Divergence | 3-5 milliradians | 3-5 milliradians | 3-5 milliradians |

* Available with interchangeable Nd⁺⁺⁺ rod for output at 1.06 microns.

2125

SIEMENS

Lasers solides à fonctionnement
continu et quasi continu

Tirage spécial de la «Revue Siemens»
25^e année - avril 1967 - N° 4 - pages 145 à 152
Auteur: Dieter Röß



A partir de l'observation du premier effet laser dans le rubis, en 1960 [1, 2], s'est développé un nouveau domaine de la technique physique. On désigne par LASER l'amplification lumineuse par émission stimulée de rayonnement (Light amplification by stimulated emission of radiation). Pour les applications pratiques, les plus importants sont actuellement les lasers solides. Ils permettent d'obtenir avec un bon rendement des impulsions lumineuses de haute puissance telles qu'elles sont nécessaires pour les travaux sur les matériaux et le radar optique.

Le matériau pour laser solide qui est de loin utilisé le plus souvent est le rubis et ceci pour plusieurs raisons: Fonctionnement dans la raie spectrale visible avec $\lambda = 0,6943 \mu\text{m}$, fonctionnement dans une ambiance d'air ordinaire, efficacité élevée, stabilité mécanique et thermique élevée, de gros cristaux peuvent être fabriqués dans une qualité excellente.

L'énergie est transmise aux lasers à rubis sous forme de lumière suivant le schéma à trois niveaux représenté sur la figure 1a. Les ions de chrome (rubis - $\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,035\% \text{Cr}^{+3}$) sont portés du niveau 1 à un niveau excité 3; après une étape intermédiaire dégagéeant de la chaleur, ils se rassemblent au niveau 2. Le transfert laser s'effectue du niveau 2 vers le niveau fondamental 1. Le matériau amplifie dès que le nombre d'atomes du niveau 2 est supérieur à celui du niveau 1. Avant d'obtenir un effet laser, il faut par conséquent tout d'abord exciter la moitié des ions. Les lasers à rubis peuvent être pompés très avantageusement avec de la lumière presque blanche. Comme le montre la figure 1b, les larges bandes d'absorption avec les lignes d'émission des lampes sous haute pression à mercure et avec le continuum des lampes au xénon coïncident; l'émission des lampes au mercure est en particulier utilisable presque complètement comme énergie de pompage.

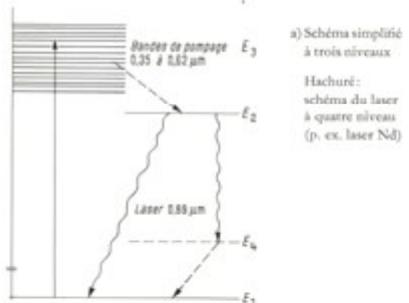
Généralement, les lasers à rubis sont pompés à l'aide de lampes à éclairs au xénon. Dans le cas le plus simple (figure 2a) la barre de rubis est placée dans une lampe à éclairs hélicoïdale. Des valeurs de seuil plus petites pour la fonction laser sont obtenues par des dispositions cylindriques de focalisation suivant figure 2b et 2c; avec ces dernières, il se produit une forte asymétrie du pompage qui ne peut être supprimée que par des dispositions multiples suivant figure 2d entraînant forcément une perte de lumière.

Dans le cadre des recherches effectuées par Siemens dans le domaine des lasers, il a été trouvé un système de pompage d'un genre nouveau [3] qui présente quelques caractéristiques remarquables et qui pour cette raison sert de base au développement d'un système d'émetteurs à lasers solides utilisable dans la pratique.

La figure 3a représente le schéma de principe de ce système. La lumière d'une lampe en forme de barre est transmise au matériau par un miroir en ellipsoïde de révolution. Mais ici, la source de lumière et le matériau ne sont pas placés comme dans les systèmes habituels concentriquement autour des foyers. Dans ce système «non-focalisé», la source de lumière et le matériau laser sont disposés le long de l'axe de l'ellipsoïde de telle manière que leurs longueurs recouvrent complètement la zone comprise entre le foyer et le sommet. Comme le montrent les parcours des rayons sur la figure 3b, tous les rayons se déplaçant le long de l'axe à partir de la source de lumière sont de nouveau rassemblés dans le matériau laser sur une distance de même longueur.

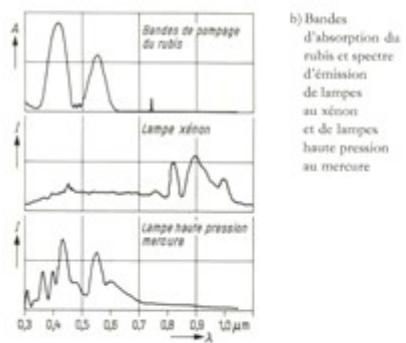
Dans le plan perpendiculaire à l'axe de l'ellipsoïde, la disposition est concentrique comme l'indique la figure 3c. En première approximation, tous les rayons provenant de la source de lumière sont de nouveau transformés en un cylindre de même grandeur, ce qui constituerait la solution théorique optimale. Par des aberrations, le diamètre est effectivement un peu agrandi; avec ce système de pompage la symétrie de révolution du pompage optique reste maintenue.

La transformation sans aberrations le long de l'axe permet d'obtenir avec des miroirs presque sans pertes des valeurs



a) Schéma simplifié à trois niveaux

Hachuré:
schéma du laser à quatre niveaux
(p. ex. laser Nd)

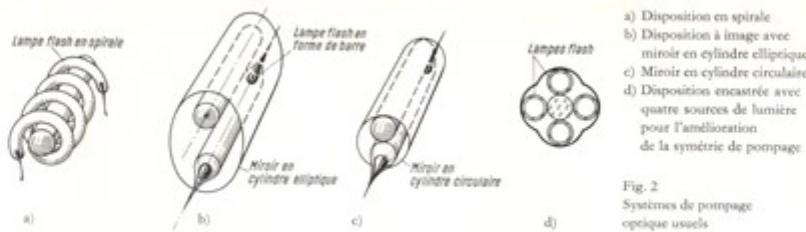


b) Bandes d'absorption du rubis et spectre d'émission de lampes au xénon et de lampes haute pression au mercure

Fig. 1 Laser à rubis

Photo en couverture

Un laser solide servant d'outil. A l'aide d'un laser solide à impulsions au rubis (au fond), des trous microscopiques – de 5 à 200 μm de diamètre selon l'optique et l'épaisseur du matériau – sont pratiqués dans une tôle d'acier de 2 mm d'épaisseur (au premier plan)



a) Disposition en spirale
b) Disposition à image avec miroir en cylindre elliptique
c) Miroir en cylindre circulaire
d) Disposition encastrée avec quatre sources de lumière pour l'amélioration de la symétrie de pompage

Fig. 2
Systèmes de pompage optique usuels

absolues de seuil les plus petites possibles, car pour elles la densité d'énergie dans une section partielle entre en ligne de compte. La transformation avantageuse de volume engendre une efficacité élevée.

Ce qui constitue un point important pour la pratique, c'est l'éclairage du matériau laser qui s'effectue symétriquement en raison de la révolution. La courbure thermique du résonateur produite par son chauffage se transforme de ce fait en une symétrie par révolution et devient dans le cas d'un pompage uniforme simplement sphérique. Le rayon laser produit est toujours bien déterminé avec une section circulaire, la courbure thermique du résonateur pouvant être largement corrigée par des lentilles sphériques.

Le système présente encore l'avantage qu'il ne produit aucun chauffage en retour de la source lumineuse par l'effet de pompage. Il n'existe pas de rayons qui ne soient de nouveau dirigés sur la source lumineuse avant d'avoir atteint le matériau laser. Dans les systèmes cylindriques à petit diamètre, par contre (figure 2), ce chauffage en retour est très élevé. En raison de l'absorption qui se produit dans la lampe sous haute pression, elle agit comme une augmentation correspondante de la charge de la lampe électrique et provoque sa réduction. Le chauffage en retour de la lampe est généralement dû à la transformation en chaleur de la lumière que le matériau laser n'a pas absorbée. Dans les systèmes 4π , ce chauffage en retour ne peut pas être évité; dans les systèmes ellipsoïdaux également, il provoque une modification des caractéristiques de la lampe comparé au fonctionnement dans un espace libre.

A côté de ces propriétés concernant la technique de l'éclairage, le système présente encore quelques avantages relatifs au dimensionnement, à la durée de vie et à la manœuvre:

Le rendement ne dépend pour ainsi dire pas de la longueur du matériau laser aussi longtemps que pour de petits systèmes la longueur de l'électrode de la lampe n'oblige pas à choisir des ellipsoïdes dont l'excentricité est très grande. Dans le laboratoire il a été possible de faire fonctionner des systèmes ellipsoïdaux pour une longueur de système de 12 mm avec un rendement élevé.

Avec les systèmes cylindriques, par contre, le rendement diminue rapidement en raison de l'effet final inévitable lorsque la longueur du système devient plus petite que le diamètre du cylindre nécessaire par la source de lumière, le matériau laser et le système de refroidissement.

La surface réfléchissante est relativement grande même pour de petits systèmes, ce qui a pour conséquence que la mise à contribution de celle-ci reste petite. Cela constitue la condition indispensable pour une longue durée de vie. Parce qu'ils ne remplissent pas cette condition, il apparaît par exemple que les systèmes cylindriques suivant figure 2e n'entrent pas en ligne de compte à des fins commerciales, malgré le rendement élevé qu'ils permettent d'atteindre.

En raison de la disposition concentrique, le matériau laser et la source de lumière peuvent être refroidis dans un circuit unique terminé par un tube de guidage concentrique pour les protéger contre les effets calorifiques du miroir de pompage.

Lorsque la source de lumière et le matériau laser sont disposés concentriquement, l'ajustement du système est optimal. Dans les systèmes qui ne possèdent pas de symétrie de révolution, le réglage est beaucoup plus difficile; le réglage ne peut pas être indiqué simplement géométriquement et dépend de l'épaisseur de la barre laser.

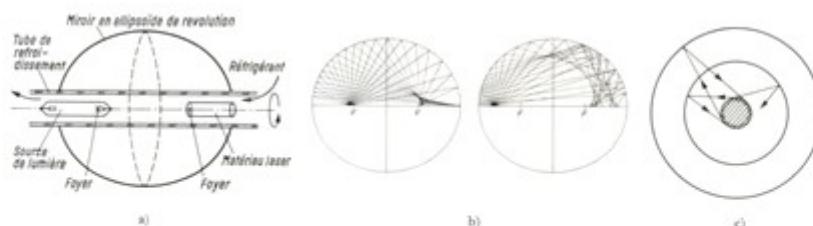


Fig. 3
Système de pompage ellipsoïdal non focalisé

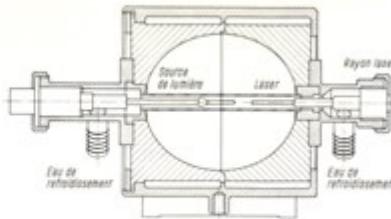


Fig. 4 Construction de principe des têtes de laser; laser à rubis d'un pouce pour fonctionnement continu

Restrictions de ce système:

Avec une excentricité constante de l'ellipsoïde, le volume du miroir de pompage croît avec la puissance troisième de la longueur du système. Pour des barres laser d'une longueur supérieure à 10 cm, le système est peu maniable et il est alors préférable d'utiliser des systèmes cylindriques. Les systèmes ellipsoïdaux les plus grands utilisés dans les laboratoires Siemens ont une longueur de 15 cm. Le matériau laser n'est accessible librement que d'un seul côté. Avec des amplificateurs ou des résonateurs compliqués il faut, de ce fait, prendre des mesures particulières dans le système ellipsoïdal, tandis que dans les systèmes cylindriques les deux extrémités sont accessibles. Il s'est révélé pratiquement que les problèmes ainsi posés peuvent être résolus; il s'est révélé même avantageux de disposer des miroirs extérieurs à l'intérieur de l'ellipsoïde dans le circuit de refroidissement, puisque lorsque la fréquence de répétition des impulsions est élevée, la puissance calorifique qui y prend naissance peut être rapidement dissipée.

Le rendement élevé du système de pompage permet de satisfaire à quelques conditions essentielles pour les applications pratiques sans que la puissance soit réduite considérablement :

Fonctionnement avec une fréquence de répétition des impulsions élevée

En utilisant le système de pompage en forme d'ellipsoïde de rotation, une exploitation en ondes entretenues est possible sous température de salle. Avec le système de refroidissement choisi, le fonctionnement avec 20 à 30 Hz est possible, également avec des lasers à rubis «normaux», au lieu de 0,01 à 1 Hz. Avec une fréquence de répétition des impulsions aussi élevée, l'augmentation moyenne de la température du rubis entraîne une diminution du rendement, mais qui reste cependant compris entre 10 à 25% lorsque les dimensions du résonateur sont convenablement choisies. Avec un laser à impulsions d'un pouce utilisé en association avec une lampe à impulsion au mercure, un fonctionnement continu est même possible avec une fréquence de répétition des impulsions de 50 à 120 Hz. Un fonctionnement continu des lasers à rubis peut être obtenu avec des lampes à arc au mercure dans les systèmes.

Durée de vie illimitée du système de pompage

Comme matériau pour le miroir ellipsoïdal, on utilise de l'aluminium massif oxydé, poli électrolytiquement. La surface ainsi constituée du miroir est absolument insensible à la lumière de pompage.

Ce qui est essentiel pour le fonctionnement pratique, c'est la séparation du réfrigérant de la surface du miroir, puisque sous l'effet du pompage un miroir mouillé serait rapidement le siège d'une forte corrosion.

Des têtes de laser pour des barres de 25 mm (1 pouce) et 75 mm (3 pouces) de longueur peuvent être fournies. Elles peuvent être utilisées pour des matériaux laser différents à pomper pour fonctionnement continu ou avec de rapides séquences d'impulsions. Le mode d'exploitation choisi détermine le choix de la source lumineuse qui peut être changé facilement puisqu'elle existe sous forme d'unité enclippable réglée d'avance. La figure 4 montre à titre d'exemple sous forme de schéma la section d'un laser à rubis d'un pouce à fonctionnement continu. Le rubis est encastré fermement entre des miroirs et inséré dans un support réglable étanche à l'eau. Le miroir ellipsoïdal est maintenu à la température de salle par un refroidissement à l'eau.

Lasers solides pour fonctionnement continu et quasi continu

Les lasers à rubis à fonctionnement continu revêtent avant tout de l'importance pour les recherches sur l'effet laser lui-même et ce, sous des conditions bien définies. Les premières expériences ont révélé d'une manière surprenante que les lasers à fonctionnement continu rayon-

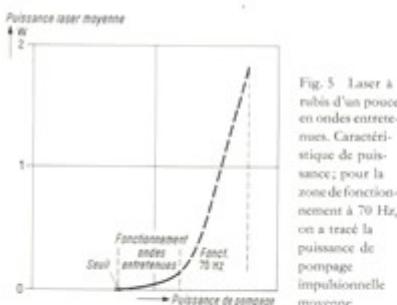


Fig. 5 Laser à rubis d'un pouce en ondes entretenues. Caractéristique de puissance; pour la zone de fonctionnement à 70 Hz, on a tracé la puissance de pompage impulsionale moyenne

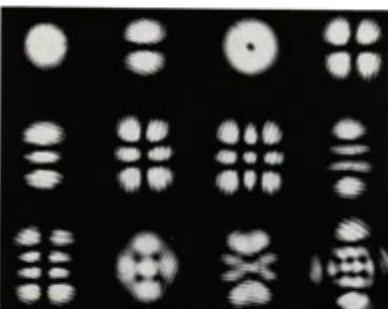


Fig. 6 Modes transversaux d'un laser à rubis de 10 mm de longueur à fonctionnement continu. On reconnaît la faible courbure thermique du résonateur en ce que sur la surface du miroir la section des modes croît avec m

raient des modes purement transversaux contrairement aux lasers impulsifs ordinaires et aux lasers à gaz et que le mode d'ordre zéro était préféré lorsque la puissance était moindre (figure 6). Ceci est dû aux conditions thermiques bien définies. Des examens approfondis ont également montré que pour les lasers à rubis, un effet laser non idéal n'était pas causé par des défauts du cristal, mais par des effets résultant de la répartition de la lumière de pompage dans le matériau laser.

Les lasers à rubis à fonctionnement continu ainsi d'ailleurs que les lasers à gaz peuvent fonctionner avec un miroir extérieur. Dans ce cas, il est alors possible, même lorsque la puissance de pompage est élevée, de ne choisir que le mode d'ordre zéro par un réglage approprié du résonateur. En intervenant sur le résonateur, il est possible de stabiliser certaines fréquences du résonateur; les instabilités dans le temps («spikes») perturbatrices résultant de l'effet alternatif des différents modes disparaissent alors [7]. Avec des interrupteurs placés dans le résonateur, il est possible de produire des impulsions géantes avec une fréquence de répétition de 100 à 300 Hz [8].

La puissance de lasers semblables est considérable. Avec le laser d'un pouce, il est possible de pomper avec une puissance de seuil 1,2 fois supérieure. La puissance de sortie atteint des valeurs de 50 à 150 mW et il est possible de produire 80% de la puissance sur le mode d'ordre zéro. En fonctionnement avec des impulsions géantes, on atteint des puissances de 1 kW. Avec les lasers à trois pouces, la puissance de pompage maximale est égale à deux fois la puissance de seuil; la puissance de sortie est alors supérieure à 1 W et celle de bons lasers He-Ne n'est par contre que d'environ 10 mW.

Lasers à rubis impulsifs pour fonctionnement quasi continu

Le rendement des lasers à rubis à fonctionnement continu n'est pas satisfaisant pour deux raisons:

Il n'est possible de faire fonctionner le laser à un pouce qu'à peine au-dessus du seuil, tandis que le rendement différentiel avec la puissance de pompage croît d'une manière abrupte et ne reste constant qu'au-dessus d'une puissance de seuil deux à trois fois supérieure (figure 5).

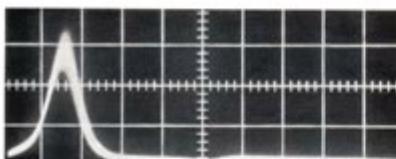
Ne peuvent être pompées au-dessus de la valeur de seuil que des barres de rubis dont les sections sont très petites, ce qui entraîne que l'absorption effective de la lumière de pompage est très petite par rapport à 1.

Pour obvier à ces difficultés, Siemens utilise comme source de pompage des lasers à rubis des lampes à impulsions au mercure [9, 10]. Pour une puissance moyenne donnée, il est possible, en fonctionnement impulsif, de choisir la puissance momentanée grande par rapport à la tension de seuil. En outre, la densité d'éclairage nécessaire peut encore être atteinte avec des diamètres d'arc de 2 à 3 mm permettant de pomper des volumes de rubis plus grands. Comparé au fonctionnement continu, le rendement augmente alors du facteur 10.

En comparaison avec les lasers à impulsions comportant des lampes à éclairs au xénon, on obtient des valeurs de fonctionnement considérablement améliorées. En raison de la pression intérieure élevée, il est possible d'utiliser de très petits arcs avec un rendement élevé, ce qui permet d'obtenir des énergies de seuil extrêmement petites dans de petits cristaux dont les dimensions sont en rapport:



a) Fonctionnement normal du laser; 5 ms par unité;
en haut, impulsions de pompage; en bas, impulsions laser



b) Fonctionnement à impulsions géantes avec absorbeur saturable;
50 ns par unité; temps d'éclairage 1 s

Fig. 7 Laser à impulsions 70 Hz

2,5 à 4,5 joules par rapport à 30 à 100 joules ordinaires. Par ailleurs, la pression intérieure élevée entraîne une consommation réduite d'électrodes, ce qui explique la longue durée de vie qui est égale à 10^7 impulsions contre 10^4 à 10^5 généralement.

Comme la section de rubis excitée est considérablement plus grande que dans le fonctionnement continu, il se produit tout d'abord des modes d'ordre supérieur pour une puissance élevée lorsque le rubis est directement encastré entre les miroirs. Lorsqu'on utilise un miroir extérieur, il est possible de concentrer la puissance totale sur un seul mode. Ici, la puissance d'impulsion est déjà suffisamment grande pour évaporer des métaux ou des diélectriques absorbants dans le rayon focalisé.

Puisque le mode de fonctionnement des lampes à impulsions à l'aide du bloc secteur prévu à cet effet ne soulève aucun problème et que les frais pour la source de lumière, compte tenu de la durée de vie d'environ 20 heures pour le plus grand nombre d'applications, n'entrent pas en ligne de compte, le laser à impulsions d'un pouce peut être utilisé pour de nombreux cas de microtraitements des matériaux.

Lorsqu'on utilise un résonateur avec interrupteurs et miroir extérieur, il est possible de produire des impulsions géantes d'une puissance de 10 kW avec une fréquence d'impulsions de répétition de 50 à 100 Hz (figure 7). Sous cette forme, le laser convient surtout comme source lumineuse pour l'observation d'effets optiques non linéaires et pour le radar au laser pour de petites distances. Actuellement, des travaux sont effectués pour permettre ce mode de fonctionnement avec des rubis de volume plus grand.

YAG: Laser Nd⁺⁺⁺ pour fonctionnement continu

Avec le YAG (yttrium-aluminium-grenat doté de néodyme) on a trouvé un matériau laser à quatre niveaux pour fonctionnement en ondes entretenues dans une

ambiance de température de salle [11] qui peut être fabriqué dans une qualité optique excellente. Comme les ions de néodyme peuvent être pompés avec la lumière dans le proche infra-rouge, les lampes à arc au xénon et les lampes à incandescence conviennent tout particulièrement comme sources de pompage. L'émission laser proprement dite se situe dans l'infra-rouge avec $1,06 \mu\text{m}$.

Le système d'un pouce fonctionne avec une lampe à incandescence quartz-iode-wolfram avec hélice double. Par inertie thermique, même dans le cas d'exploitation par courant alternatif, on obtient une émission continue avec une modulation superposée faible de 100 Hz. La puissance de seuil de la lampe à hélice double est d'environ 300 à 400 W, la puissance de pompage admissible est de 800 W et la puissance du laser de 200 mW.

Pour les systèmes de trois pouces on utilise de préférence comme source de pompage des lampes à arc long au xénon. La figure 8 représente la caractéristique de puissance pour différents découplages pour un cristal de 3 mm de diamètre et 50 mm de longueur fonctionnant dans ce système avec un miroir extérieur. Des puissances de quelques watts peuvent être atteintes.

Ce qui caractérise les lasers au grenat, c'est que l'amplification du matériau reste relativement petite; les valeurs de seuil réduites s'expliquent par les très petites pertes de matériau. Il faut de ce fait utiliser des miroirs de très haute qualité (figure 8). La lampe à arc au xénon permet également un fonctionnement par impulsions individuelles rapides la lampe étant employée comme lampe flash. Au laboratoire, on obtient des fréquences de service de quelques kilohertz.

Les lasers au grenat peuvent également être pompés avec des lampes à arc au mercure lorsque leur disposition est celle des lasers impulsionnels à rubis. Dans ce cas, l'énergie des impulsions peut croître jusqu'à une énergie cent fois plus grande que celle du seuil.

En dehors de l'emploi à des fins de recherche, l'utilisation des lasers au grenat à fonctionnement continu ou quasi continu apparaît particulièrement profitable là où l'on recherche des fréquences d'impulsions de répétition dans la gamme du kilohertz.

Lasers à impulsions de trois pouces

Les lasers à impulsions ordinaires à rubis fonctionnent avec des impulsions individuelles avec des intervalles entre impulsions de 10 à 60 s. Pour les travaux de recherche, une fréquence de répétition des impulsions de quelques hertz est souhaitable afin que des modifications de paramètres expérimentaux puissent être effectuées d'une manière quasi continue (pour des processus périodiques, la mémoire visuelle relit alors les observations individuelles). Pour les applications commerciales en ce qui concerne le traitement des matériaux, des fréquences de répétition des impulsions supérieures à 1 Hz sont également nécessaires, afin que les frais d'amortissement de l'installation soient petits par rapport aux frais d'exploitation courants et que l'on puisse obtenir des fréquences de cadence raisonnables.

Afin de pouvoir obtenir une fréquence de répétition d'impulsions élevée avec la charge moyenne admissible de la lampe flash, le rendement du dispositif de pompage doit être le plus élevé possible. En outre, le dispositif devrait fonctionner pour la puissance de sortie prévue avec un

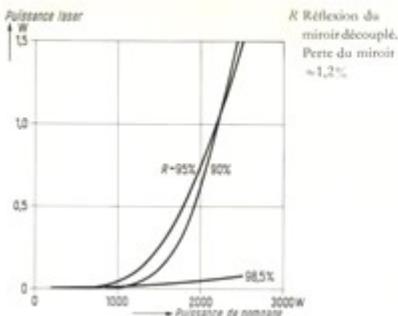


Fig. 8 Laser YAG:Nd⁺⁺⁺ à ondes entretenues (longeur de barre 50 mm); caractéristique de puissance pour différents découplages

volume de rubis le plus petit possible, car autrement la puissance de pompage moyenne serait beaucoup trop élevée.

Dans les lasers à impulsions de trois pouces on utilise normalement des rubis de 75 mm de longueur et ayant 6 à 7 mm de diamètre. Pour les rubis dont le volume est de $2,5 \text{ cm}^3$, l'énergie de seuil pour un découplage de résonateur de 30% est de 100 joules, la puissance moyenne admissible de la lampe flash correspondante de 4 kW. À proximité du seuil, les têtes de laser peuvent être utilisées en fonctionnement quasi continu pendant une durée limitée avec une fréquence de répétition des impulsions de 30 Hz et pendant la durée de vie des lampes de 20 à 100000 impulsions. La plus grande énergie de pompage d'une impulsion individuelle est de 1000 joules, ce qui permet encore une exploitation avec 4 Hz lorsque l'énergie de seuil est dix fois supérieure.

Avec des lasers de haute puissance semblables on utilisera de préférence des miroirs extérieurs, afin d'obtenir une sélection de modes transversale élevée ou pour pouvoir intervenir sur le résonateur. La puissance de sortie qui peut être atteinte dépend dans ce cas des conditions qui existent lors des différents essais et en particulier de la sélection transversale forcée des modes. Au cours des expériences on a atteint des puissances de sortie moyennes de 10 W avec des énergies d'impulsions de 2 joules, les mesures étant effectuées dans des conditions où l'ouverture du rayon était égale à cinq fois la limitation de la diffraction.

En exploitation avec des impulsions géantes, la puissance de pointe que l'on peut atteindre avec une énergie de seuil dix fois supérieure n'est déterminée que par la limite de réfraction du rubis. Avec des énergies d'impulsions individuelles de 0,4 joule, on a observé des puissances de pointe qui dépassent 100 MW; en raison de la durée de vie, le flux d'énergie devrait cependant être maintenu au-dessus de 40 MW/cm^2 . L'énergie de pompage correspondante est égale à l'énergie de seuil double, ce qui permet sous ces conditions un fonctionnement avec 20 Hz.

Afin d'obtenir différentes zones de la plus grande énergie d'impulsions avec une puissance de pompage moyenne à peu près égale, il est possible d'utiliser deux sources de

lumière supplémentaires avec un diamètre d'arc de 13 mm avec une énergie de pompage maximale de 2500 joules et avec un diamètre d'arc de 4 mm avec une énergie de pompage maximale de 400 joules. Lorsqu'on utilise des barres de rubis adaptées convenablement, les trois sources de lumière permettent un fonctionnement sous 2, 4 et 10 Hz avec, chaque fois, la plus grande énergie d'impulsion. A proximité du seuil, les fréquences de répétition des impulsions correspondantes sont égales à 15, 30 et 50 Hz.

Ces lasers montrent un comportement absolument différent de celui des lasers à impulsions individuelles: dès qu'un équilibre thermique s'est établi après quelques impulsions, l'émission d'une impulsion à une autre peut très bien être reproduite. Lorsque le résonateur est convenablement ajusté, le rayon reste stable pour toutes les énergies de pompage ayant une section circulaire. A proximité du seuil, on observe déjà dans des résonateurs simples des modes stables d'ordre inférieur comme pour le laser à ondes entretenues (cf. figure 6). Dans des résonateurs de sélection élevée des modes, il est possible de maintenir le numéro d'ordre transversal bas même lorsque l'excitation est forte.

Outre le rubis, d'autres matériaux à lasers solides peuvent naturellement être utilisés dans les systèmes, tels que YAG: Nd⁺⁺⁺ ou du verre néodyme. Avec des barres en verre néodyme, la puissance de pompage moyenne admissible ne peut pas être utilisée complètement puisque l'accumulation de la chaleur dans le matériau mauvais conducteur provoque la rupture. (Pour cette raison le fonctionnement continu, possible en fait ou sous 100 Hz avec des tubes en verre dans les systèmes d'un pouce, s'achève par une destruction après quelques fractions de seconde.) Avec le verre néodyme, on obtient avec une haute qualité du résonateur une énergie de seuil de 5 à 10 joules, ce qui rendrait possible un fonctionnement avec 400 à 1000 Hz (laser à fibre).

Possibilités d'application

Au commencement du développement technologique les lasers solides n'existaient que pour être utilisés dans

les laboratoires. Cela signifiait que lorsque des travaux d'études devaient être effectués sur ou à l'aide du laser, un travail préparatoire considérable était nécessaire. Malgré de nombreuses applications des lasers au laboratoire, peu d'utilisateurs trouvèrent le courage de concurrencer les procédés traditionnels avec ces dispositifs incomplets.

C'est pourquoi le but des ingénieurs de développement a été de créer une série de générateurs laser de haute puissance qui permettent au chercheur de se consacrer exclusivement à ses travaux proprement dits. L'utilisateur devraït avoir à sa disposition des appareils qui se rapprochent dans leur fonction des limites naturelles, afin qu'il puisse, d'une part, travailler au maximum sur les problèmes ayant des chances de succès et, d'autre part, qui lui permettent de reconnaître les domaines où dans un avenir proche l'utilisation des lasers n'est pas profitable.

Avec les appareils qui viennent d'être décrits, on a atteint des valeurs de fonctionnement qui, pour les matériaux lasers utilisés, ne peuvent plus être améliorés technique-ment de facteurs importants. Aux Etats-Unis également, des lasers à rubis avec des fréquences de répétition des impulsions égales à celles citées ne sont vraisemblable-ment pas disponibles; jusqu'à présent, des lasers à rubis avec lampes à impulsions au mercure n'ont été expé-ri mentés dans aucun autre laboratoire.

Dans le développement, l'accent a surtout été porté sur le perfectionnement du système de pompage et le dispositif de refroidissement. Les problèmes qui s'y rap-portaient ont pu être résolus. D'autres études visent à l'amélioration des propriétés du résonateur et l'augmen-tation de la durée de vie de la source de pompage et du miroir du résonateur.

Eu égard à l'état actuel de la technique, les lasers solides à fonctionnement continu sont plutôt intéressants pour des travaux de recherche. En ce qui concerne les applica-tions commerciales, les lasers à impulsions l'emportent, car ils permettent d'obtenir des puissances de pointe



Fig. 9
Exemple de traitement matériau
avec le laser à impulsions 70 Hz.
Résistance à couches épaisses
pendant son alignement

élevées. La possibilité d'un radar optique avec une fréquence de mesure élevée n'est indiquée que pour mémoire, mais les possibilités en ce qui concerne le traitement des matériaux avec une lumière laser focalisée seront décrites plus en détail:

Ajustage de résistances de précision (l'opération peut également être effectuée à travers une capsule en verre ou en plastique),

Ajustage de résistances à couches épaisses ou minces et de condensateurs (figure 9),

Ajustage de quartz,

Coupe de conducteurs dans les circuits imprimés.

En collaboration avec F. FANKHAUSER de l'université de Berne et W. LOTMAR, Zurich, il a été montré que l'appareil peut être utilisé comme source de lumière pour la photocoagulation de la rétine. Un coagulateur à laser réalisé par ces derniers a été présenté lors du congrès mondial ophtalmologique de Munich, en août 1966.

En raison de sa cohérence et de sa puissance, le laser à impulsions constitue une bonne source de lumière pour la reproduction holographique.

Le traitement des matériaux avec des lasers à impulsions dont l'énergie des impulsions individuelles est élevée a déjà fait l'objet de descriptions détaillées dans la littérature.

Bibliographie

- [1] Maiman, T.H.: Stimulated Optical Radiation in Ruby. *Nature* 187 (1960) pages 493 et 494
- [2] Collins, R.J.; Schawlow, A.L.; Bond, W.; Garrett, C.G.B.; Kaiser, W.: Coherence, Narrowing, Directionality and Relaxation Oscillations in the Light Emission from Ruby. *Phys. Rev. Letters* 5 (1960) pages 303 à 305
- [3] Röß, D.: Exfocal Pumping of Optical Lasers in Elliptical Mirrors. *Appl. Optics* 3 (1964) pages 259 à 265
- [4] Röß, D.: Room-Temperature cw Ruby Laser. *Microwaves* 4 (1965) pages 29 à 33
- [5] Evruhov, V.; Neelands, J.K.: Continuous Operation of a Ruby Laser at Room Temperature. *Appl. Phys. Letters* 6 (1965) pages 75 et 76
- [6] Nelson, D.F.; Boyle, W.S.: A Continuously Operating Ruby Laser. *Appl. Optics* 1 (1962) pages 181 à 183
- [7] Röß, D.: Analysis of Room-Temperature cw Ruby Lasers. *IEEE J. QE-2* (1966) pages 208 à 214
- [8] Röß, D.: Analysis of a Room-Temperature cw Ruby Laser of 10 mm Resonator Length: The Ruby Laser as a Thermal Lens. *J. Appl. Phys.* 37 (1966) pages 3587 à 3594
- [9] Röß, D.: *Laser-Lichtverstärker und -Oszillatoren*. Frankfurt: Akademische Verlagsgesellschaft 1966, 722 pages
- [10] Röß, D.; Zeidler, G.: Pumping New Life into Ruby Lasers. *Electronics* 39 (1966) pages 115 à 118
- [11] Geusic, J.E.; Marcus, H.M.; van Uittert, L.G.: Laser Oscillations in Nd-Doped Yttrium Aluminum, Yttrium Gallium and Gadolinium Garnets. *Appl. Phys. Letters* 4 (1964) pages 182 à 184

Pour tous renseignements, s'adresser à nos agences ou à:
Wernerwerk für Weitverkehrs- und Kabeltechnik
8 München 25, Hofmannstrasse 51

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

Bestell-Nr. 2-4500-01-02
Imprimé en Allemagne
4671, 10750

2118



Gen-a-Lite®



The Gen-a-Lite is a low cost, high reliability laser which has the built-in technological sophistication to fulfill the most rigorous and exacting requirements of science and industry. Gen-a-Lite's simplified operation also permits use by non-laser orientated personnel.

The solid state power supply incorporates the latest innovations in laser electronics. Plug-in board design permits rapid servicing when required. Operator and equipment protection are integrated into the design.

The lightweight and compact laser head is housed in a rugged cast aluminum structure. Ruby or Neodymium glass laser rods are directly interchangeable. When replacement is necessary, the flashlamp can be changed in less than one minute. In fact, the simplicity of design allows complete disassembly in less than three minutes.

If you have requirements for a laser in classroom demonstrations, holography, hole drilling, micro-machining, high speed localized heating, biological studies or similar applications, there is a Gen-a-Lite Laser which will satisfy your needs.

**General Laser
CORPORATION**

NEUMÜLLER GmbH.
8 MUNCHEN 2, Karlstraße 55

8 ERIE DRIVE/NATICK, MASSACHUSETTS 01760

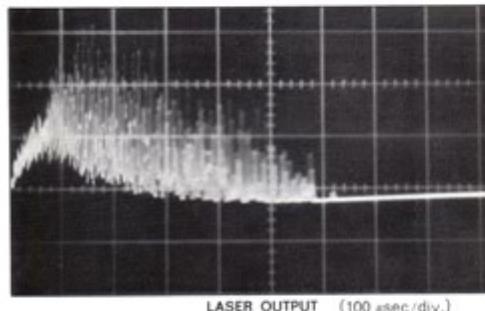


SPECIFICATIONS

PERFORMANCE DATA

| WAVELENGTH (ANGSTROMS) | 6943 | 10,600 | |
|-------------------------------|-----------|--------|-----|
| | MODEL NO. | | |
| | 2R | 3R | 2N |
| ENERGY OUTPUT (JOULES) | 0.5 | 2.0 | 2.0 |
| LASER PULSE LENGTH (μsec.) | 450 | 600 | 450 |

TYPICAL PERFORMANCE DATA



OPERATIONAL DATA

POWER SUPPLY

Input Power — 115/208 V, 50/60 Hz single phase

Pulse Length — Model #2 — 500 μsec
(at ½ power - μsec.)

Model #3 — 660 μsec.

Current Rise Time — 350-400 μsec

Stored Energy — 600 joules at 2 KV

Charging Voltage Range — 0.8 to 2 KV

Regulation — ±50 V at 2 KV

PFN Pulse Shape — Overdamped

Triggering — Front panel or remote

Metering — Bank voltage

Safety Interlocking — Overvoltage, charge/fire coincidence, short circuit protection

LASER HEAD

Firing Rate — 1 pulse per minute

(Beam Diameter) — ¼" (6.35 mm)

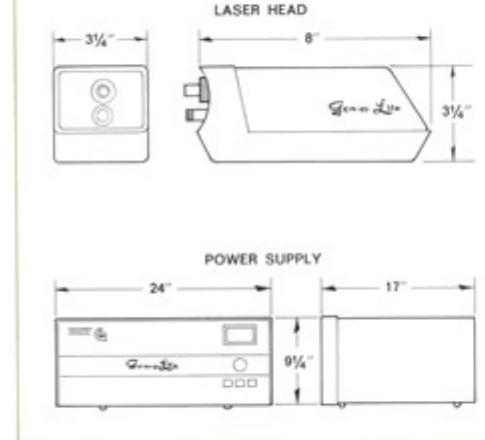
Pumping — Linear Xenon flashlamp

Cavity — Close coupled

Rod — Ruby or neodymium glass, parallel ends (coated)

Weight — 2 pounds

DIMENSIONS



General Laser
CORPORATION

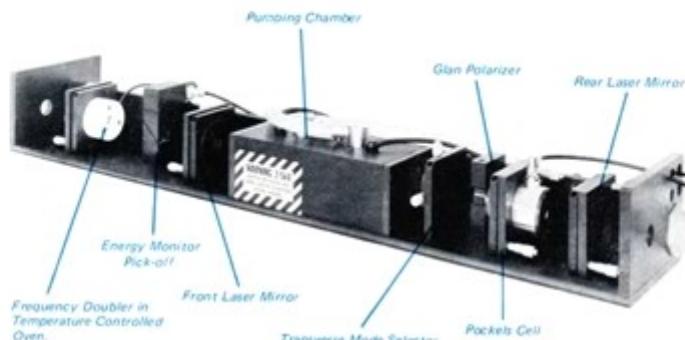


8 ERIE DRIVE/NATICK, MASSACHUSETTS 01760

SYSTEM 2000 adapts to any Laser system.

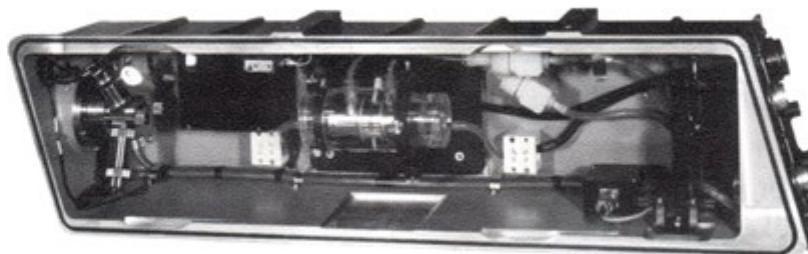
SYSTEM 2000 is a complete range of solid state laser equipment designed with the user in mind by the most experienced designers in the U.K. Each module has been subjected to critical analysis to ensure that it serves a necessary function, is easy to use and is as simple as possible. Individual modules can be purchased with the knowledge that similar items have been thoroughly tested in actual laser systems. By combining the appropriate modules, J.K. Lasers can produce a complete laser system to have almost any desired performance. Recommended modules and performance specifications are normally quoted against specific enquiries, but some possible combinations may be taken from the following data:

| | |
|------------------------|--|
| Laser material: | ruby, glass, YAG, |
| Wavelength: | 1.06, 0.69, 0.35, 0.265 microns |
| Pulsewidth: | Fixed Q 0.1 to 10 milliseconds Q-switched 10 to 50 nanoseconds |
| Pulse energies: | Fixed Q up to 50 joules Q-switched up to 12 joules (higher energies available with amplifiers) |
| Pulse repetition rate: | up to 100 pps |
| Mode control: | longitudinal and transverse, |



Complete systems have been produced for the following applications:

- non linear optics
- welding
- drilling
- marking
- photochemistry
- single and double pulsed holography
- radiation simulation.



Cet émetteur LASER a été conçu en vue de diverses applications :

- ionisation des gaz
- étude de plasmas
- optique non linéaire
- spectroscopie Raman
- étude de diélectriques
- télémétrie terrestre et spatiale.

PRÉSENTATION

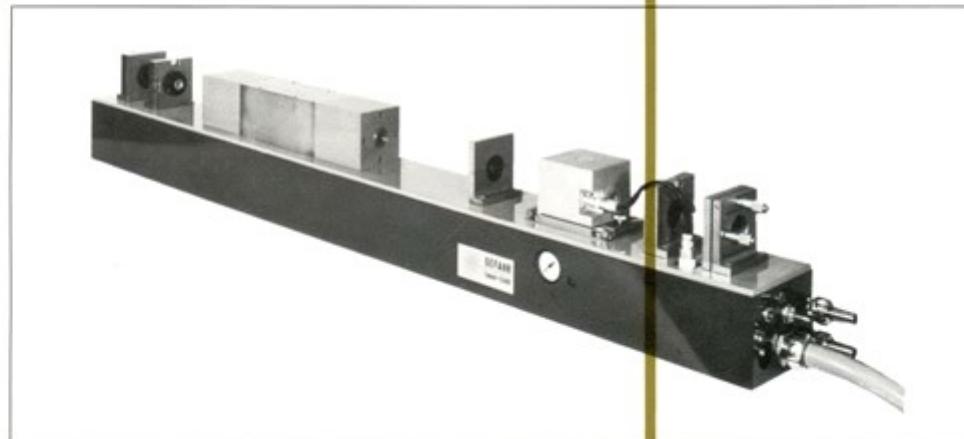
Le laser RD 90 est un générateur de lumière cohérente à fonctionnement déclenché à haute cadence de répétition. Le déclenchement est obtenu par un prisme tournant.

L'élément actif est un monocristal de rubis, excité par un flash linéaire au xénon. La cavité de pompage est une cavité diffusante en magnésie. L'ensemble d'émission est contenu dans un boîtier étanche en fonte d'aluminium.

Laser-Baustein-Programm

Impulslaserkopf LK 10

2146



Der Laserkopf LK 10 wird mit den Stromversorgungsgeräten der Laserreihe LN betrieben. In seiner Standardausführung eignet sich der Kopf für hohe Impulsfrequenzen bei großen Ausgangsenergiewerten. Der Laserkopf ist dauerbetriebsfest und daher für industrielle Anwendungen und wissenschaftliche Dauerversuche besonders geeignet. Aufgrund des unverspiegelten Rubins mit ein oder zwei Außenspiegeln werden vielseitige Variationsmöglichkeiten hinsichtlich Schwellwertenergie, Outputenergie und Einbau von Q - switch - Elementen ermöglicht. Das Kühlungssystem besteht aus einem Wasserkreislauf, der nacheinander den Rubin, den Reflektor und die Lampen kühlt. Das Kühlungssystem ist auf eine intensive und gleichmäßige Kühlung aller Laserkopfteile - insbesondere des Rubins - ausgelegt. Ein Druckluftkreis verhindert das Beschlagen der gefüllten optisch aktiven Teile. Der Spiegel wird mit Mikrometerschrauben eingestellt; er ist absolut spielfrei gelagert (Federlager). Blitzlampenwechsel ohne Dejustage des Rubins. Beim Abheben des Lampenkopfes vom Unterbau werden automatisch alle Strom-, Wasser- und Luft-Verbindungen steckerartig getrennt. Automatische Ventile verhindern das Ausfließen von Wasser.

PUMPSYSTEM

Das Pumpsystem besteht aus einer Linear-Blitzlampe, die in einem mit elliptischen Silberrohr ausgelegten hochglanzpolierten Einfachspiegel angeordnet ist. Standardmäßig wird der Kopf mit einer Lampe für maximal 6 kWs ausgestattet.

PUMPENERGIE UND OUTPUTENERGIE

Für den Dauerbetrieb beträgt die maximal zulässige Pumpenergie 6 kWs und die Outputenergie 15...30 Ws, je nach Rubin und Resonator-Geometrie. Außerdem Standardkopf werden Köpfe für kürzere Rubine und Blitzlampen gebaut.

Q - SWITCH

Der Laserkopf ist für den, auch nachträglichen Einbau von Q - switch - Elementen vorbereitet. Mit einer Dye-Kerr- oder Pockelzelle können bis 100 MW Strahlleistung erreicht werden. Durch Modenselektion wird holographische Strahlqualität bei verminderter Leistung erzielt.

FREQUENZ

Mit dem standardmäßig jenach Pulsenergie eingebauten 6" x 3/8"- Rubin und der 6"- Linearlampe kann der Kopf mit Impulsfolgen bis ca. 5 Hz betrieben werden.

TECHNISCHE DATEN

Für Dauerbetrieb und Standardausführung

| | |
|----------------|---|
| Rubinmaße: | 6" x 3/8" |
| Pumplampen: | 1 Linearlampe 6" |
| Lampenspiegel: | Einfachreflektor |
| Pumpenergie: | bis 6 kWs zulässig |
| Outputenergie: | max. ca. 30 Ws, abhängig vom Rubin |
| Frequenz: | max. ca. 5 Hz, energieabhängig |
| Kühlung: | Leitungswasser bis 8 atü, 10 l / min zusätzlich Luft oder Stickstoff zur Vermeidung von Kondenswasser möglich |
| Maße: | Länge ca. 1300 mm Höhe 250 mm Breite 130 mm |
| Gewicht: | ca. 35 kg |

INSTRUMATIC

CH-1246 Corsier P.O. Box 14
Tel. 022 / 51 23 52 - Telex 28667



Megahertz Repetition Rate Q-Switched Ruby Laser System

Model 22R



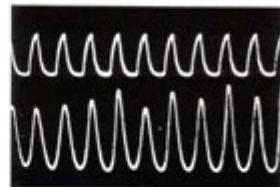
Apollo Lasers has developed a versatile high speed modulator for ruby laser systems which enables the production of Q-switched laser pulse trains with pulse repetition frequencies approaching 1 MHz. Using this technique, single, double, or multiple Q-switched pulse sequences may be produced during a single flashlamp cycle. Pulse trains lasting 150 μ s with pulse separations as short as 2 μ s are routinely generated.

The system consists of a Pockels cell Q-switched ruby oscillator which utilizes a vacuum tube modulator to control Pockels cell voltage. The combined

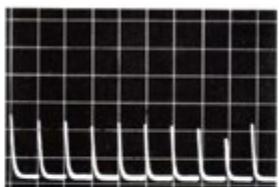
fast switching and linear modulation capability of this Pockels cell driver makes possible the generation of a wide variety of high voltage waveforms — the Q of the laser cavity may be manipulated at will. Careful attention to the proper balancing of flashlamp pumping rate, mirror reflectivity, and cavity configuration assures stable operation with no missing pulses.

Applications

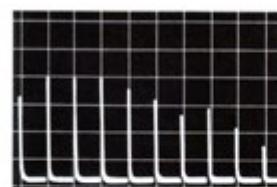
- Multiple Pulse Holography
- Ultra-high Speed Photography
- Plasma Diagnostics
- Wind Tunnel/Shock Tube Studies



Oscilloscope trace showing modulator waveform (top) and Q-switched pulse train (bottom). Sweep speed is 2 μ s/division.



Q-switched pulse train
10 μ s/division



Q-switched pulse train
20 μ s/division

Specifications

| | |
|--|---|
| Length of pulse train | 150 μ s |
| Minimum pulse separation | 2 μ s |
| Energy in pulse train — TEM ₀₀ — Multimode | 150 millijoules 5 joules |
| Single pulse coherence length | 100 cm |
| Repetition rate | 4 bursts/minute |
| Beam divergence | <5 milliradians |
| Pulsewidth | 15 ns — 400 ns, depending on pulse separation |

These specifications are representative of actual performance measured in the laboratory. Individual parameters may be improved for particular applications. The modulator is designed for use in the Apollo Model 22R Ruby Laser System, as well as with ruby laser systems from other manufacturers.

3210

Apollo Ruby/Glass Laser Systems

Today's ruby and glass laser systems compare to those of just a few years ago somewhat as a jet compares to a World War I biplane. Their ability to do so much more, so much faster, so much better, has made possible a host of new applications:

- Thompson scattering
- Plasma diagnostics
- Schlieren photography
- Interferometry
- Holography
- Optical radar
- Medical research
- Dynamic stress analysis
- Thermal conduction
- Nonlinear effects in solids
- Photochemistry
- Gaseous pollution control

The choice of a laser system depends upon the particular requirements of the specific application — and is not always obvious. The ability of the system to meet the requirements of a particular application is affected by design or construction features found in any of its three main subsystems: the electronic controls and energy storage capacitors . . . the optical train with laser head, mirrors, Q-switch, polarizers, other optical components, and structural rail and cover . . . and a cooling water source.

Apollo Ruby/Glass Laser Systems offer many high-performance features, together with a wide choice of accessories, to assist you in selecting the system best suited to your particular needs.

Brightness, Divergence, and Power

Brightness (radiance) is the essential figure of merit for many laser applications, for it is related directly to the effective temperature of the radiant source, and is a direct measure of the maximum power density that can be concentrated with focussing optics. In an F/1 optical system, for example, the power density in the focussed spot is roughly numerically equal to the brightness. The efficiency of frequency doubling, important in many applications, is also dependent on brightness.

Brightness, defined as the emitted power intensity per solid angle (watts/cm²/steradian), is the combined effect of power output and beam divergence; the two values generally used to rate Q-switched solid state lasers. Since brightness is inversely proportional to the square of beam divergence, and only linearly dependent on power, divergence is the dominant factor in determining brightness. Standard models of Apollo lasers have divergence of only 2 or 3 milliradians, with even smaller divergence available on special order. The range of peak power is from 200 MW to 5000 MW in standard models.

Apollo lasers are designed and built specifically to enhance brightness. This is evident not only in the engineering design of components and subsystems, but also in manufacturing standards that insist upon the highest quality in the laser rod and other elements of the optical train. In addition, thermal strain induced in the laser rod during the pumping cycle, which can degrade beam divergence, is held to a minimum by features of the basic design that afford high-efficiency pumping to minimize overall heat input, and a cooling configuration that removes heat from the rod quickly and effectively.

Oscillator-Amplifier

Apollo Ruby/Glass Laser Systems utilize an oscillator-amplifier, rather than an oscillator alone, to ensure reliability when operating at high power levels. With the oscillator-amplifier configuration, the power level can be kept low in the oscillator stage to protect the laser rod and Q-switching components. The high power needed can then be generated in a single pass through the amplifier stage, with less possibility of damage to optical components than when the same amount of power is generated in an oscillator alone.

Simplified design of the Apollo oscillator-amplifier eliminates the compensating optics needed in conventional units and makes it as easy to use as an oscillator alone. The superior stability of the Apollo optical rail assures long-term alignment.

Doubled-Frequency Output

For those applications that require doubled-frequency output, it is important that doubling efficiency be of a high order. This is achieved through the increased brightness and greater efficiency of Apollo lasers.

A variety of frequency-doubling crystals are available. Economical angle-tuned crystals such as KDP and ADP yield conversion efficiency of three to five percent at each step. For more critical applications, where higher conversion efficiency is required, 90° phase-match, temperature-tuned, nonlinear crystals are available, such as RDA for doubling ruby wavelengths and CDA for doubling glass. With these latter crystals, a closely controlled oven provides the precise temperature required to maintain high-efficiency doubled-frequency output.

Accessory Modules

- Frequency Doublers
- Electro-Optical Shutters
- Digital Energy Meters
- Focusing/Viewing Optics
- Up-collimating Telescopes
- Beam Profile Monitors
- Holocameras
- Laser Amplifiers

Repetition Rate

The repetition rate of standard Apollo ruby lasers is 4 pulses per minute; of standard glass lasers, ½ to 4 pulses per minute. Rates as fast as 60 pulses per minute are available on special order, with both ruby and glass.

At the higher repetition rates, some degradation of energy and beam divergence can be expected, due to thermal gradients in the laser rod. Conservatively designed high output power supplies are furnished that switch at zero current to minimize electrical noise and reduce strain on switching elements. Conservatively designed cooling systems are utilized.

Single Mode Output and Coherence Length

Coherence length in any laser system is directly dependent on the effectiveness of longitudinal mode selection. Apollo longitudinal mode selectors are designed to give the longest coherence lengths now available commercially. Four-surface, temperature-controlled etalons for longitudinal mode selection are available as accessories for all Apollo Ruby Laser Systems. Transverse mode selection is effected by apertures in the oscillator optical cavity. TEM₀₀ mode operation is available for both ruby and glass systems.

Short-Pulse Output

Standard Apollo Q-switched lasers have pulsedwidths in the 15-25 nanosecond range. An important accessory is the Apollo Model 57 ultra fast optical shutter, which can be readily used to chop Q-switched pulses to widths as short as 2.5 nanoseconds.

To attain pulsedwidths in the subnanosecond or picosecond domain, mode locking is utilized. A dye cell usually is used to produce a train of mode-locked pulses. The Apollo Model 57 shutter extracts single pulses from the train; these may be fed into an amplifier. The energy and width of the individual pulses depend on whether ruby or glass is used and upon the configuration of the optical cavity.



Standard Q-switched laser optical train on aluminum rail. (Shown with cover removed.)

Long-Pulse Output

The length of the output pulse in conventional long-pulse operation is determined by the length of the flashlamp pulse. In Apollo lasers, pulses from 250 microseconds to over 5 milliseconds can be generated by using various combinations of capacitors and inductors on the main energy bank. Pulses from 1 to 250 microseconds can be generated by using external optical shutters. Unless specified otherwise, conventional pulsedwidths are on the order of 500 microseconds.

Optical Train

The optical train is of course the heart of the laser system. In Apollo Ruby/Glass Laser Systems, no effort is spared — in the engineering design, in the selection of materials and components, or in the construction — to achieve the highest quality possible. The design includes the important features of interchangeability of ruby and glass laser rods, and hermetically sealed, fluid-immersed Pockels cell Q-switch.

Some features of the Apollo optical train have been noted previously: design of components and subsystems to maximize brightness... insistence on the highest manufacturing standards and rigid quality control... minimizing thermal strain in the laser rod through high-efficiency pumping and effective heat removal... mode selection that affords the greatest coherence lengths now commercially available.

All elements of the optical train are mounted on a super-rugged, heat-treated, extruded aluminum rail. This provides utmost rigidity and stability, and maintains accurate alignment of optical components indefinitely. Included are provisions for alignment accessories, and a sturdy protective dust cover over the entire optical train.

Control Electronics

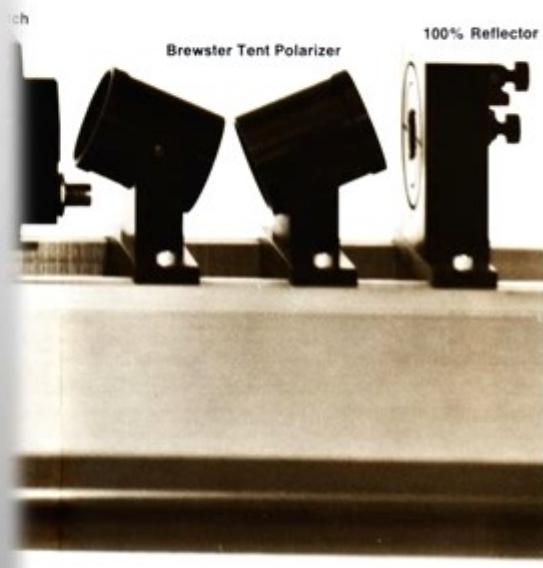
Laser output is a sensitive function of the energy delivered to the flashlamp. Apollo lasers, therefore, incorporate stabilized power supplies that assure accurate, reproducible energy storage. Separate flashlamp triggering circuits, with their own holdoff devices, assure that the same trigger voltage is delivered to the flashlamp over the entire range from below threshold to maximum output.

All Apollo lasers can be fired with either an internal or an external pulse. Timing pulses indicating critical points in the charge-fire cycle are available through BNC connectors on the front panel. The timing of all control functions is governed by a master crystal oscillator, affording precise, repeatable logic events with one microsecond resolution. With the Pockels cell synchronized with external events, jitter is less than 10 nanoseconds.

For applications requiring high power, Apollo offers several unique, useful features. Oscillator-amplifier systems have independent power supplies and independent internal timing systems, permitting peak inversion levels to be reached simultaneously in both rods. For applications where it is uncertain precisely when the experimental event will take place, Apollo systems are sufficiently flexible to provide precise phasing of oscillator and amplifier pumping cycles, allowing the system to remain "pumped up" for several hundred microseconds.

Cooling

Refrigerated, temperature-controlled water cooling systems are available for all Apollo lasers. These systems are designed expressly for quick and effective cooling of the laser rod. They include deionizers, pumps, and all necessary components and connections. All parts and fittings are made of non-corrosive materials.



Safety

Safety — for personnel and for equipment — is a prime consideration in the design and construction of Apollo lasers. Safety features incorporated as standard in all models include:

- Laser light can be emitted only through a hole in the solid aluminum rail cover, minimizing stray laser illumination. The sturdy rail cover affords operating personnel complete protection from the laser head during operation.
- Energy storage bank dumps automatically if the laser is not fired within 1 minute after reaching the preset charging voltage, thus reducing the possibility of accidental firing.
- All doors and the sliding chassis in the power supply are interlocked; if any are opened, all power supplies are disabled and all storage banks are dumped automatically.
- Power supplies may be turned off and the stored energy dumped, at any time during the charge cycle, simply by pushing the "dump" button on the control panel or at the remote control station.
- All stored energy is dumped if the power switch is turned off or if there is a power interruption of more than 0.1 second. When power is restored, the system remains in the dumped condition.
- Each power supply cabinet has its own dump stick, so that each capacitor may be discharged manually before any work is performed inside the cabinet.
- All high-voltage transmission is through triaxial cable, with grounded shields.

Accessories and Options

- Complete holography and optical components for holographic use.
- Double-pulse laser output with pulse separation from 1 microsecond to intervals of any duration.
- He-Ne alignment laser on optical rail mount, for ready alignment of laser with external apparatus.
- Autocollimator with mount, for convenient laser mirror alignment.
- Calorimeter and self-contained energy meter.
- Refrigerated, temperature controlled water cooling.
- Single transverse and/or longitudinal mode operation.
- Ultra fast Model 57 Electro-Optical Shutter.
- Conventional-mode operation without Q-switch.
- Multiple Q-switched pulse outputs.
- Frequency multipliers for doubled and redoubled outputs.
- Long-pulse outputs, to 5 milliseconds.
- Mode locking, for pulsed widths in the subnanosecond or picosecond domain.
- Repetition rates to 60 pulses per minute.
- Beam divergence less than 2 milliradians.
- Remote control capability.

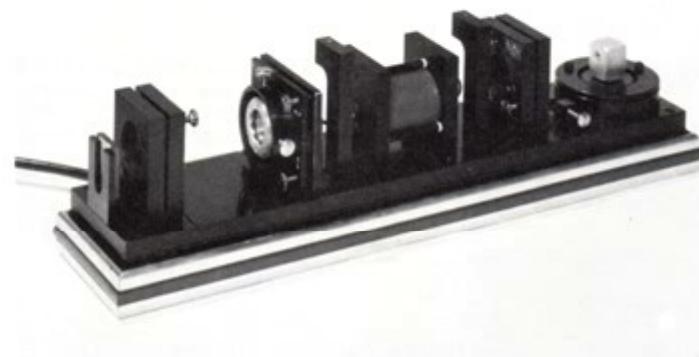
See back cover for performance specifications
of standard Q-switched models.

ELOMAG AG
CH-8820 Wädenswil/Switzerland
Untermosenstr. 10 Tel. 01/780 83 34
Telex: 75114 (elag ch)

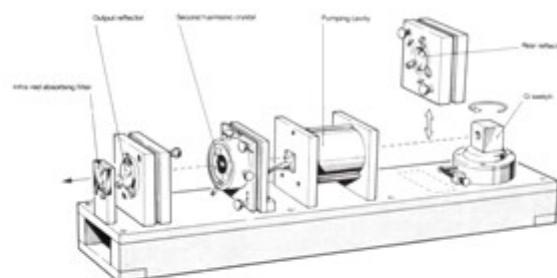


25 MM Nd-YAG LASER

(NPL Designed)



Laser Head Design



Technical Specifications

Pumping cavity cylindrical glass tube with outside silvering.
English Electric XL639/3/25 Xenon flashtube
25 mm x 3 mm
anti-reflection coated Nd-YAG rod.

Output reflector multilayer dielectric: 100 % at 1.06 μm , low reflectance at 0.53 μm

Rear reflector (non-Q-switched mode) multilayer dielectric: 100 % at 1.06 μm

Q-switch silica roof prism rotating on a 50 Hz synchronous motor. The prism always retains correct phase relation with flashlamp output which is also synchronous.

Second harmonic crystal 5 x 5 x 10 mm LiIO₃ crystal. This crystal is phase matched by angular adjustment.

POWER SUPPLY

Output 20J in 150 μs
Repetition frequency switchable up to 25 pps
Mode of operation voltage doubling circuit operating directly from 50 Hz mains
Size 200 mm x 240 mm x 360 mm
Weight 14 kg

LASER OUTPUT CHARACTERISTICS

Wavelength 0.532 μm
Non-Q-switched mode 0.2 mJ in 100 μs
Q-switched mode 0.2 mJ in 40 ns
Temporal coherence coherence length greater than 250 mm with intracavity etalon.

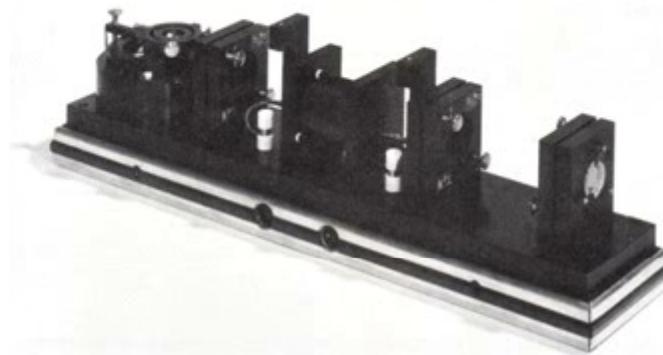
The laser output also has a high transverse coherence.

ELOMAG AG
CH-8820 Wädenswil/Switzerland
Untermosenstr. 10 Tel. 01/780 83 34
Telex: 75114 (elag ch)

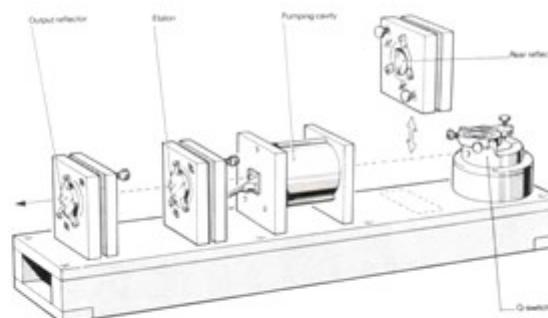


50 MM RUBY LASER

(NPL Designed)



Laser Head Design



Technical Specifications

Pumping cavity cylindrical glass tube with outside silvering
 English Electric XL639/3/50 Xenon flashtube
 50 mm x 5 mm ruby rod.

Output reflector 70 % at 0.694 µm

Rear reflector (non-Q-switched mode) multilayer dielectric 100 % at 0.694 µm

Q-switch moving coil actuated deflecting prism
 rotation rate of prism = 250 rad/s
 at moment of Q-switching.

Etalons silica flat with single high index layer on both sides, tilted away from normal for axial mode selection.

POWER SUPPLY

Output 240J in 1 ms

Mode of operation voltage doubling circuit operating directly from 50 Hz mains and charging electrolytic capacitors

Charging time 2 sec

Size 150 mm x 380 mm

Weight 3,6 kg

LASER OUTPUT CHARACTERISTICS

Wavelength 0.694 µm

Non-Q-switched mode 300 mJ in 1 ms

Q-switched mode various possibilities including:
 70 mJ in 7 µs multimode
 30 mJ in 50 ns multimode
 15 mJ in 50 ns single transverse mode

Temporal coherence coherence length greater than 250 mm with intracavity etalon.