

LÁSER DE ESTADO SÓLIDO DE PULSOS CORTOS PARA TELEMETRÍA

SHORT PULSE SOLID STATE LASER FOR TELEMETRY

A.Tourón, O.Radulovich, M.Aguero, L.Fidalgo, D. Krygier, M. Kovalsky, A.Hnilo, P.Diodati

Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (DEILAP)
Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la defensa (CITEDEF) – CONICET
Juan Bautista de La Salle 4397 (B1603ALO) Villa Martelli, Pcia. de Buenos Aires
e-mail: dkrygier@citedef.gob.ar, pdiodati@citedef.gob.ar

Recibido 30/03/2012; aprobado 19/07/2012

La determinación de distancias por telemetría láser es una de las aplicaciones de mayor interés y de las primeras en que se utilizara esta fuente de radiación. Uno de los procedimientos más frecuentemente utilizado, requiere del diseño de una cavidad que funcione en régimen pulsado, generando pulsos cortos adecuados para su empleo en técnicas de sensado remoto, en que la medición a realizar es el tiempo transcurrido entre el envío de la señal y el registro del eco producido por un objetivo elegido como “blanco”. Por la rapidez en la determinación, el grado de colimación propio del láser y la condición de incerteza fija en todo el rango de medición, es el método más difundido, cuando es tolerable la incerteza característica del mismo.

Se presenta el desarrollado de un dispositivo apto para este tipo de aplicación, que funciona a partir de una fuente de radiación láser de Nd:YAG bombeada por un diodo láser, y un detector de alta ganancia utilizado en la etapa de recepción de la señal de eco. Modulando la corriente de alimentación del diodo láser, y empleando un componente óptico como absorbente saturable, es posible conseguir el funcionamiento en modo Q-switch. De esta forma se obtuvieron pulsos de 0,3 mJ de energía y 50 ns de duración a una frecuencia de repetición de 60 Hz.

El sistema completo se ensayó exitosamente para establecer la distancia hacia diferentes objetos lejanos, habiendo registrando un alcance máximo de 5280 m con precisión de unos pocos metros. El desempeño del equipo supera en varios aspectos a los resultados obtenidos en la primera etapa del proyecto⁽¹⁾. Y resulta promisorio en virtud de numerosas modificaciones que aún restan por completar, que redundarán en mejoras sustanciales.

Palabras clave: Telemetría Láser, batería de diodos láser.

Laser rangefinding is one of the most important techniques to do distance measurements, and one of the first application of this type of radiation source. One of the most often procedure to do this, requires a specific design for the laser cavity in order to achieve the generation of very short pulses for remote sensing, to make feasible the measurement of the elapsed time since the laser pulse is aimed to the target and the echo is collected. The very short elapsed time, the characteristic collimation of the laser radiation and the fixed uncertainty all along the measurement range, makes this method the choice, when the uncertainty is acceptable.

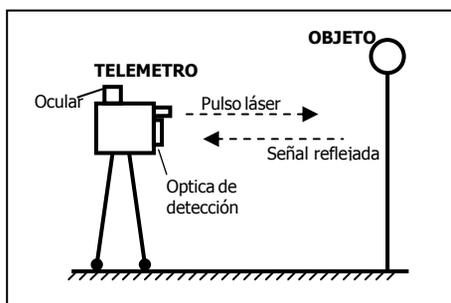
We have developed a Nd:YAG laser prototype pumped through laser diode source, with a high sensitivity photodetector in order to detect very small echo signals. We have achieved a running laser having pulses: 0,3mJ of energy and 50ns long at 60Hz repetition rate, by modulating the current of the pumping diode laser, and with a passive Q-switch configuration for the cavity through a saturable absorber.

The complete laser module was successfully tested when pointed at different distant targets, reaching a maximum range of 5280m with only a few meters uncertainty. This new prototype showed several improvements compared with previous results achieved with a preliminary design⁽¹⁾. We foresee additional improvements as result of future modifications for the laser design.

Key words: laser rangefinding, laser diode array.

INTRODUCCION: TELEMETRIA CON LASER

Mediante un telémetro láser es posible determinar la distancia hacia un objeto lejano, logrando alcances de varios kilómetros con resolución de unos pocos metros.



Esquema experimental para medir la distancia a un blanco lejano.

Basa su funcionamiento en la detección del eco de una señal láser de muy corta duración, a partir de la determinación del tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción de la misma (*tiempo de vuelo*).

Para alcanzar objetivos situados a gran distancia, de varios km, es necesario contar con pulsos que tengan la energía suficiente para sobrellevar las pérdidas que ocurren durante el viaje desde el emisor hasta el blanco y de regreso hasta el detector. Ello impone a su vez el requerimiento de alta sensibilidad para la medición de la intensidad de la señal de eco.

El empleo de lámparas de destello para excitar un láser sólido que utiliza Nd como medio activo, ha sido una de las opciones tradicionales en este tipo de aplicación. Sin embargo existen actualmente propuestas más convenientes que utilizan diodos láser como fuente

de bombeo, que es la adoptada en el desarrollo que presentamos a continuación.

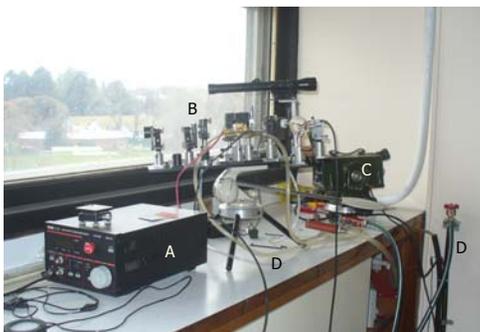
BOMBEO POR DIODOS

La sustitución del mecanismo de excitación con lámparas de destello, por otro basado en el uso de diodos láser de alta potencia, redundará en numerosos beneficios. Entre las ventajas más notorias se cuentan:

- Disponer de un láser de estado completamente sólido, más robusto, compacto, y portable.
- Una mayor eficiencia en la conversión de potencia de bombeo en radiación útil de la emisión láser.
- El calor excedente generado dentro de la cavidad de bombeo es sustancialmente menor, evitando un calentamiento innecesario y nocivo para el buen funcionamiento del láser.
- Es posible trabajar con altas frecuencia de repetición, mejorando la estadística de las mediciones. Y posibilitando, eventualmente, el seguimiento de un blanco en movimiento.

COMPONENTES DEL EQUIPO

Partiendo de un prototipo para telemetría ensayado previamente⁽¹⁾ en el CEILAP, se introdujeron modificaciones constructivas y de diseño tendientes a mejorar su desempeño. Ello incluyó la incorporación de una mira telescópica, y la implementación de un nuevo fotodetector de alta ganancia (Analog Modules 756).



A: Fuente de alimentación de 65A, B: Emisor Láser, C: Módulo de recepción de la señal de eco, D: Circuito de refrigeración por agua.

Cavidad láser

El emisor láser emplea como medio activo una barra de Nd:YAG, iluminada lateralmente por una batería de diodos láser de emisión cuasicontinua de 40W de potencia óptica. La radiación láser infrarroja resultante corresponde a una longitud de onda de 1,06µm.

Se construyó entonces una cavidad óptica lineal de 18cm utilizando un espejo de fondo de alta reflectividad y 10m de curvatura, cerrada por un espejo plano de salida parcialmente reflectante de R = 70%. El montaje de la cavidad de bombeo se refrigera con agua corriente. Para reducir la divergencia del haz emitido se coloca un telescopio de 5x delante del espejo de salida.



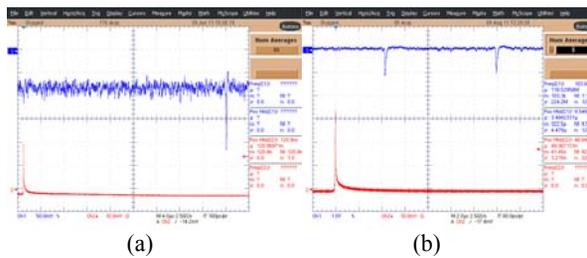
Detalle de la cavidad óptica junto con la óptica de colimación y la mira telescópica.

Al intercalar un absorbente saturable, cristal de Cr:YAG de 70% de transmisividad, la cavidad pasa a funcionar en régimen pulsado (*Q-Switch pasivo*). De este modo se obtuvieron pulsos cortos de 30ns de duración, ancho a media altura, y 0,3mJ de energía, a una repetición de 60Hz.

Conectando a la entrada de modulación externa de la fuente de alimentación del diodo un generador de señales, de diseño propio, fue posible controlar las principales características de la emisión. Esto permite ajustar el ancho de pulso de bombeo entre 5 y 120 µs, y alcanzar una repetición de disparo máxima de 200 Hz.

DETERMINACION DE DISTANCIAS POR TIEMPO DE VUELO

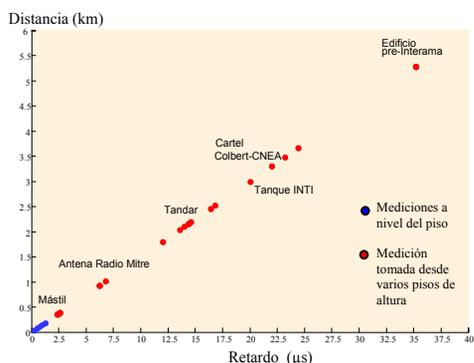
Empleando un osciloscopio de 1Gsa se registró el retardo producido entre la señal emitida por el láser y la que rebota en el blanco. En ocasiones se detecta un doble eco o incluso múltiples rebotes, como consecuencia de la interposición parcial de diferentes objetos en el camino del haz. La distancia al blanco se estima entonces como $d = c \cdot t / 2$, donde la lectura del valor de t se obtiene directamente del registro en el osciloscopio.



Canal 1: señal emitida por el láser captada con un fotodiodo. Canal 2: señal de eco detectada y amplificada por el fotodiodo de avalancha. (a): rebote proveniente de un blanco cercano, $T_{retardo} = 36\mu s$. (b): registro de un "doble eco"

RELEVAMIENTO DE DIFERENTES BLANCOS

A fin de evaluar el funcionamiento integral del equipo se realizaron una serie de mediciones en altura, para lo cual fue necesario trasladar el telémetro a un local situado en un piso elevado. Allí se ubicó el equipo frente a un gran ventanal de modo de poder abarcar un amplio rango de visión sobre el horizonte.



Determinación de distancias hacia diferentes objetos lejanos, midiendo desde dos locaciones diferentes.

El resultado de las mediciones se detalla a continuación, y corresponde a una colección de valores reunidos a lo largo de varios días. En este proceso resultó crítico calibrar cuidadosamente la alineación entre el emisor láser y la mira telescópica respecto al blanco seleccionado, condición que se comprueba empíricamente al detectar sobre el osciloscopio la débil señal de eco.

El relevamiento completo abarca más de veinte blancos diferentes que se destacan en el horizonte seleccionados en forma aleatoria, tratando de cubrir un amplio rango de distancias.

REFERENCIA	Telémetro láser d (km)	Satélite d (km)
Tanque de Gas	1,80	1,79
TANDAR	2,16	2,17
Tanque INTI	2,52	2,44
Nobleza Piccardo	3,66	3,69
Mástil	0,10	0,10
Silos	3,48	3,44
Edificio en línea con Torre Interama	5,28	5,24

Distancias calculadas hacia diferentes construcciones que circundan el predio

Más tarde, se compararon los valores obtenidos con las distancias medidas a partir de un mapa satelital, logrando muy buena coincidencia entre ambos.



Imagen satelital de la zona explorada con el telémetro láser. Distancia máxima alcanzada: 5,28 km

CONTINUACION DEL PROYECTO

Las próximas modificaciones y ensayos que se esperan implementar en el desarrollo del prototipo son:

- Incrementar las capacidades del equipo, en particular, lograr un mayor alcance que permita la detección de objetos más lejanos.
- Diseñar e implementar la electrónica específica requerida para determinar la distancia al blanco, en reemplazo del osciloscopio utilizado actualmente.
- Proyectar un nuevo prototipo láser que cumpla funciones similares pero trabajando en una longitud de onda segura para el ojo humano.

Referencias

1. Presentación mural, Reunión Nacional de Física en Malargüe año 2010.
2. W.Koechner, Solid-State Laser Engineering, Springer-Verlag (1992).
3. S.Donati, A.Gilardini “Advances techniques of laser telemetry”, Revista Técnica SELENIA. Vo.8 No2, 1982.
4. S.Kruaepch, J.Widjaja, “Laser range finder using Gaussian beam range equation”, Optics and Laser Technology 42, 2010.