

High energy laser for maritime framework application

Sommario

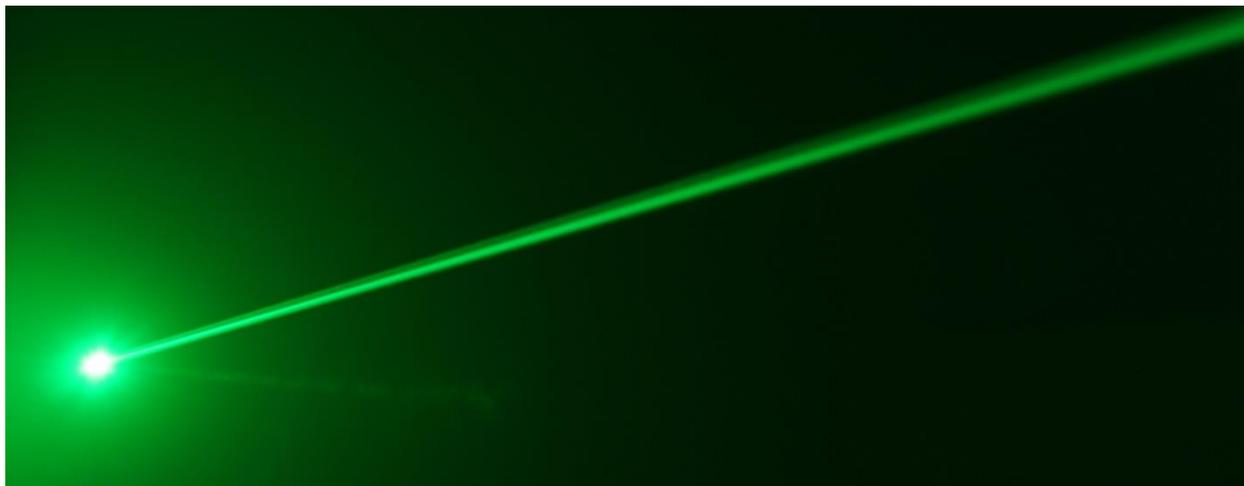
- Tecnologie per i Laser di Potenza
- Panoramica internazionale
- Vantaggi di un sistema d'arma Laser
- Implicazioni sulla sicurezza del personale
- Applicazioni
- Conclusioni

Tecnologie per i Laser di Potenza

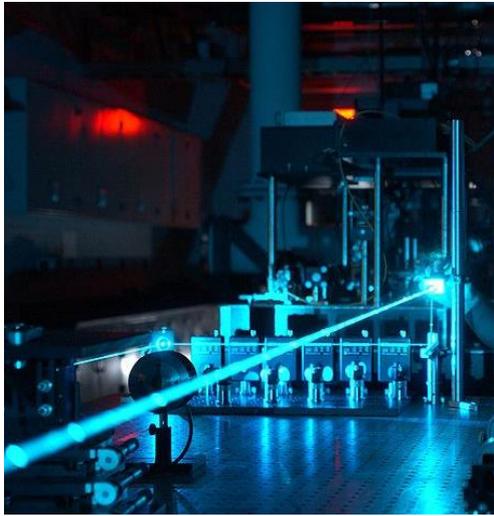
LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
(amplificazione di luce attraverso l'emissione stimolata di radiazione)

Proprietà del fascio laser

- ✓ **Monocromaticità:** onde elettromagnetiche con la stessa lunghezza d'onda
- ✓ **Unica fase:** onde elettromagnetiche con la stessa fase
- ✓ **Bassa divergenza:** il fascio ha una divergenza limitata (pochi μrad)



Tecnologie per i Laser di Potenza



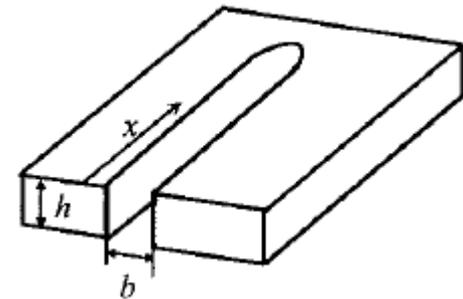
Un laser da **1 Watt** produce ad un metro una densità di potenza di **100 W/cm²** ovvero circa **100.000** volte maggiore di una lampadina da **100 Watt**



Nei Laser di Potenza si sfrutta l'**effetto termico**

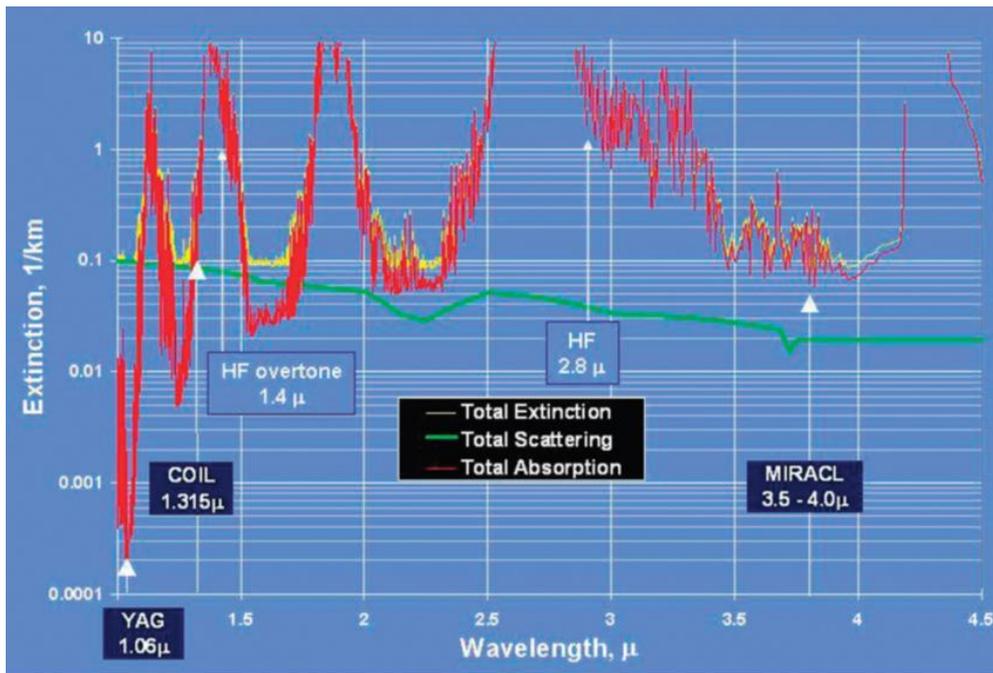


Volume rimosso **proporzionale** all'**energia** fornita

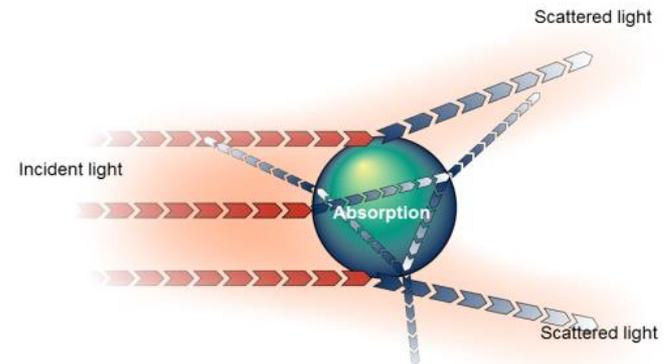


Tecnologie per i Laser di Potenza

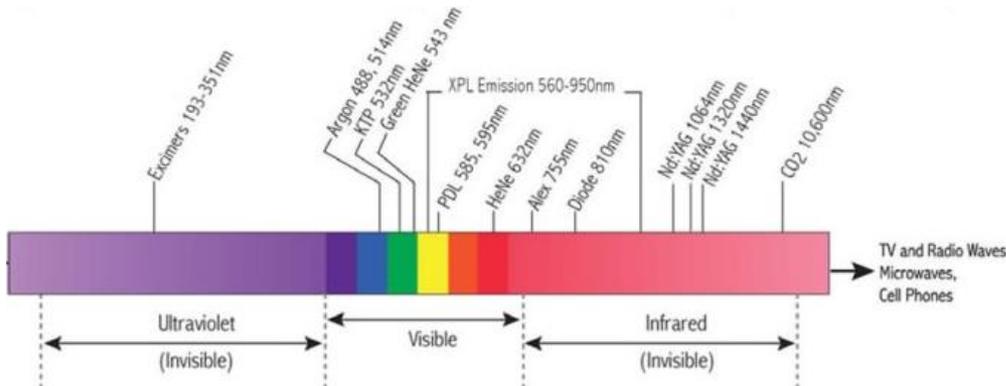
Supponendo di voler sciogliere un cilindro in alluminio di 2 cm di diametro e 2 cm di spessore serve una energia di circa **15kJ/cm²**.
Quindi per ottenere effetti su un bersaglio a **1km** è necessaria una potenze alla sorgente di **decine di kW** (considerando 20 μ rad la divergenza del fascio).



Perdite per propagazione atmosferica @ 1km: **10%**



Tecnologie per i Laser di Potenza



■ Sorgenti a gas $\eta_{\text{CO}_2} \approx 10\%$

■ CO₂ $\lambda_{\text{CO}_2} = 10.6 \mu\text{m}$

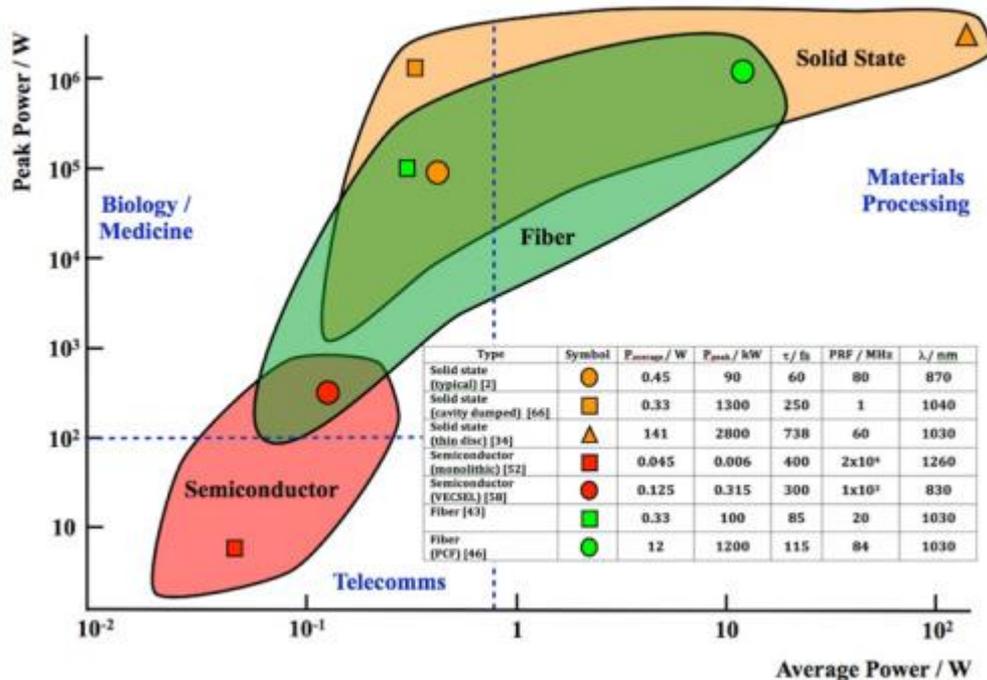
■ Sorgenti allo stato solido

■ Nd:YAG $\lambda_{\text{Nd:YAG}} = 1.064 \mu\text{m}$

■ Diodi laser $\eta_{\text{Nd:YAG}} \approx 10\%$

■ Yb:vetro in fibra $\lambda = 1.08 \mu\text{m}$

$\eta \approx 20\%$

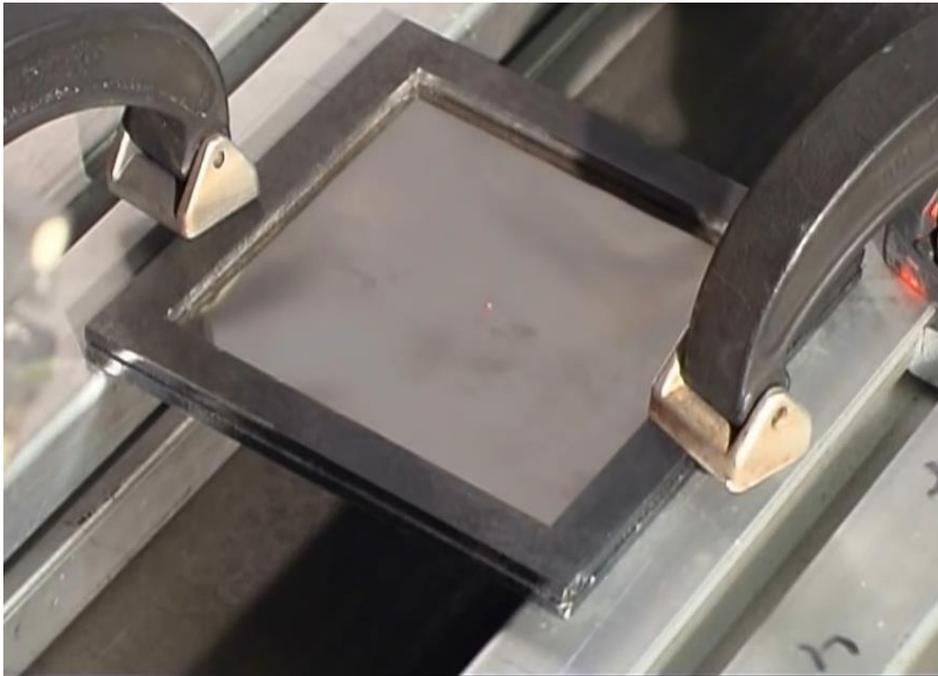


Tecnologie per i Laser di Potenza

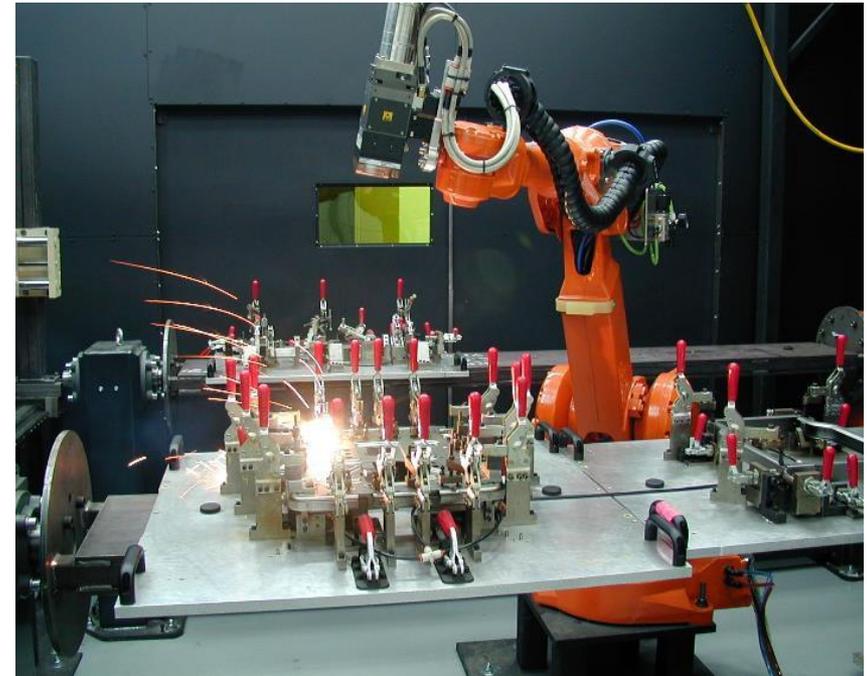
Applicazioni industriali

I laser in fibra ad alta potenza vengono impiegati normalmente in diversi processi industriali remotizzati (distanze nell'ordine di decine di cm fino ad alcuni metri) per:

- Taglio
- Saldatura/brasatura (es. alti spessori)
- Foratura (es. laser scanner)



Foratura laser remota e multipla

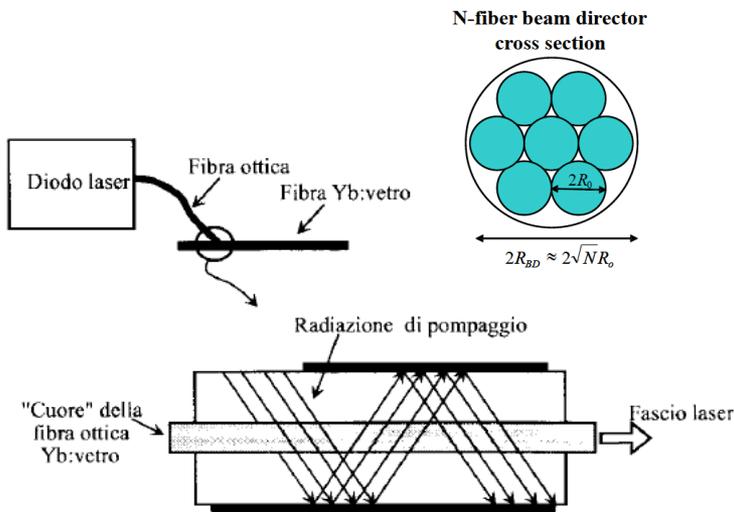
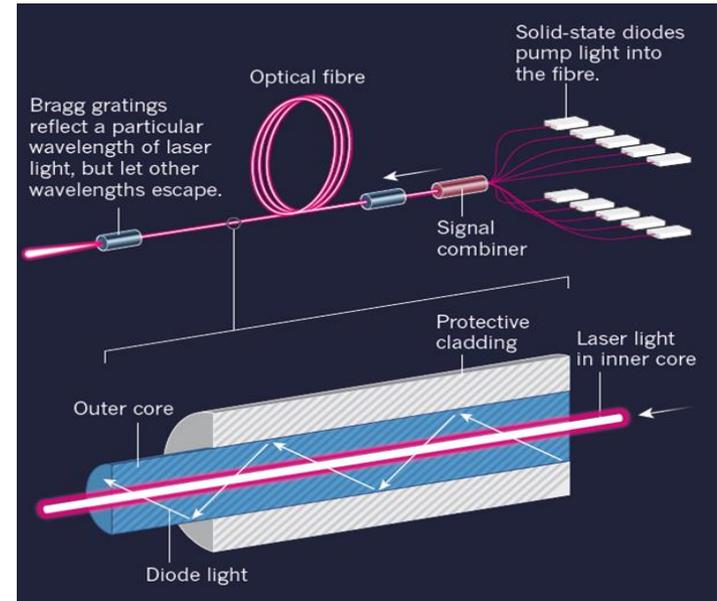


Saldatura laser remota

Tecnologie per i Laser di Potenza

La tecnologia in **fibra ottica** oltre che per applicazioni industriali ...

- Fibra ottica **drogata con Yb** (itterbio)
- Pompaggio: ottico mediante diodi laser
- $\lambda = 1.08 \mu\text{m}$
- $\eta \approx 20\%$
- La cavità risonante è la fibra stessa

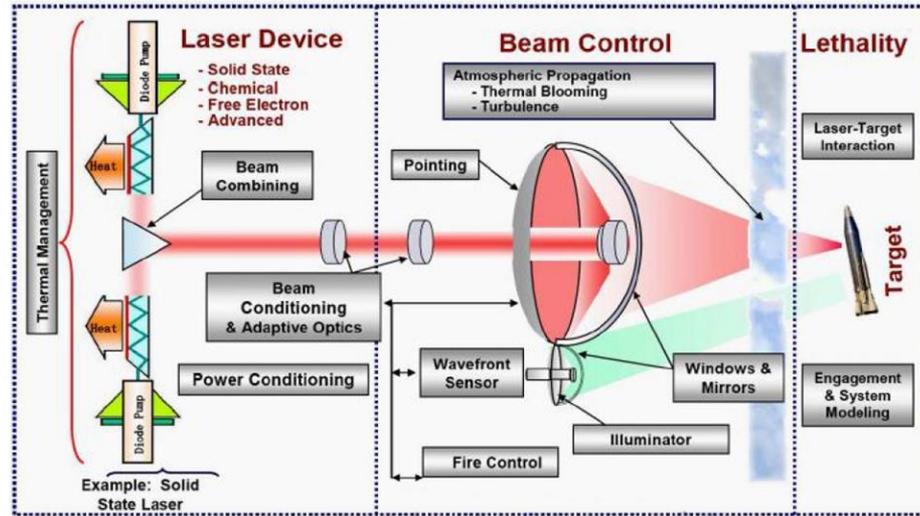
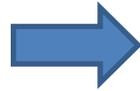
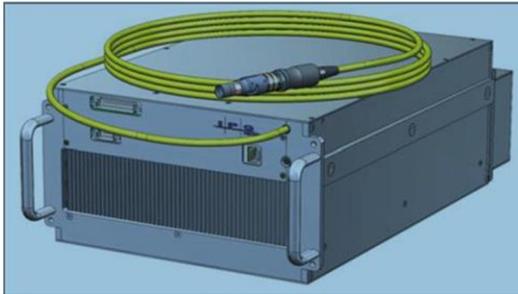


VANTAGGI

- + Elevata densità di potenza (diametro fibra ridotto)
- + Sorgente estremamente compatta
- + Potenze fino a 10 kW (con più moduli in parallelo)
- + Minori costi d'esercizio
- + Elevata Beam Quality

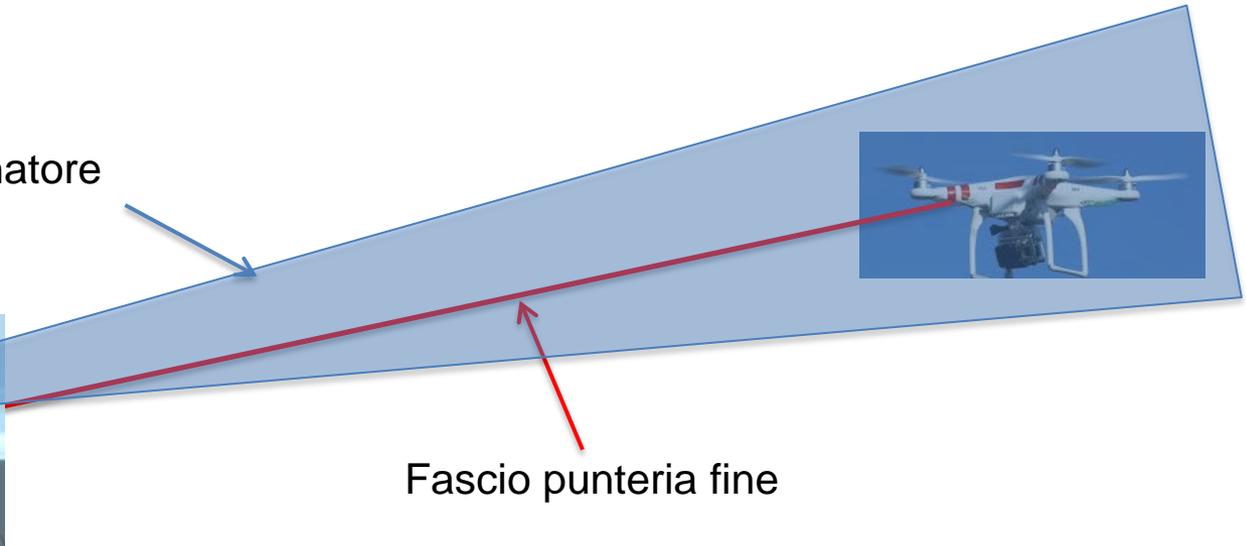
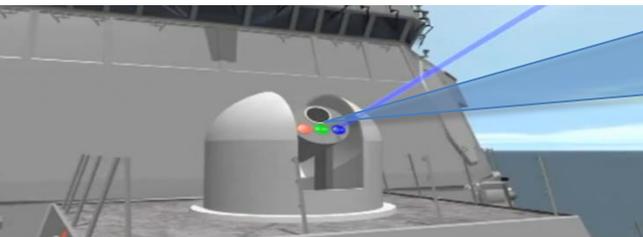
Tecnologie per i Laser di Potenza

... è la più adatta ad utilizzi su campo ma necessità di sistemi di **puntamento**..



..in grado di mantenere il fascio esattamente sullo su uno **stesso punto del bersaglio**

Fascio illuminatore



Fascio punteria fine

Panoramica internazionale (Europa)

Rheinmetall High Energy Laser (HEL)



- Laser ad onda continua a stato solido (Ytterbium) a $\lambda_1=1030\text{nm}$ e $\lambda_2=1050\text{nm}$ con amplificatori in fibra.
- Il diametro del fascio è di 3cm a 1000mt.
- Architettura modulare.
- Il modulo elementare è capace di produrre 10kW di potenza.
- Il modulo elementare è costituito da due parti: una fissa delle dimensioni di 0.6m^3 (peso mezza tonnellata) e la parte mobile da 0.3m^3 avente un peso di 60kg.

Panoramica internazionale (Europa)

Rheinmetall High Energy Laser (HEL)

Modularità dell'architettura:
esempi di dimostratori per diversi ambiti di applicazione.



1 kW Mobile Track V



5 kW Navy



30 kW Air Defence



5 / 10 kW Mobile Wheel XX



20 kW Mobile Container L

Panoramica internazionale (Europa)

Rheinmetall High Energy Laser (HEL)

Effetti ottenuti su bersagli mobili con sperimentazione su campo del prototipo



UAV

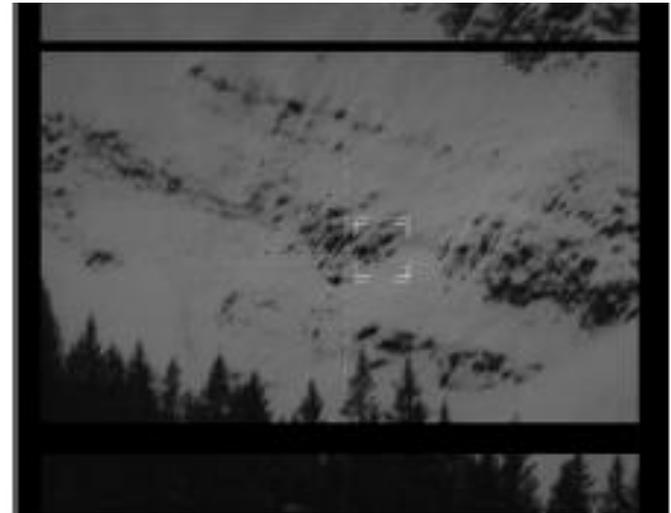
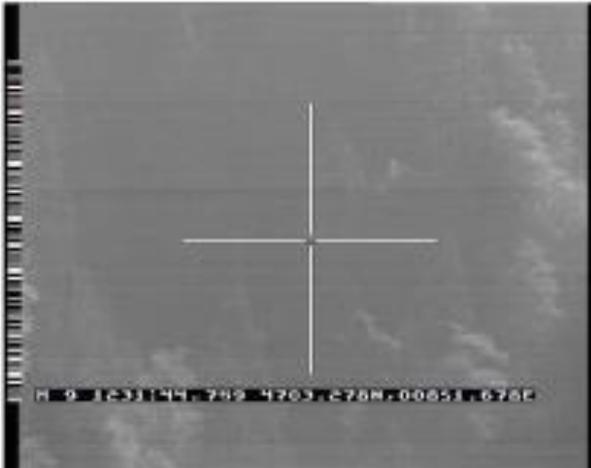


**Lamiera in acciaio da 15mm a
1000mt di distanza**

Panoramica internazionale (Europa)

Rheinmetall High Energy Laser (HEL)

Modalità di esecuzione dei test con operatore in tracking



L'operatore vede direttamente l'immagine del bersaglio su vari monitor ,e decide dove e quando attivare il laser

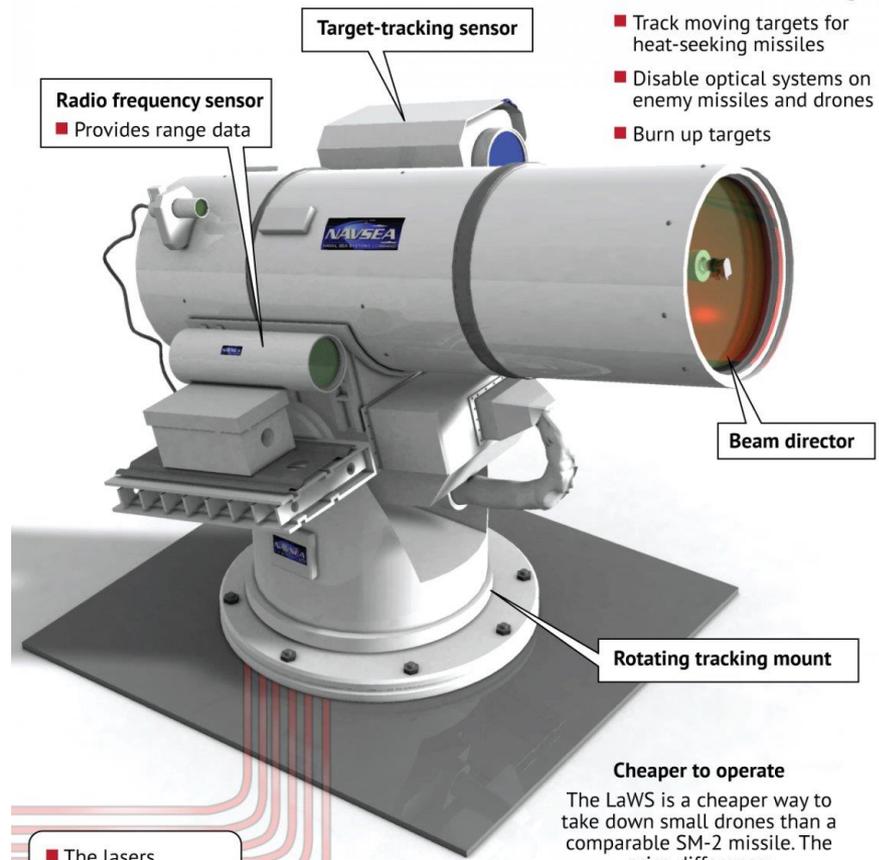
Panoramica internazionale (USA)

Northrop Grouman & Raytheon Laser Weapon System (LaWS)



Sistema Laser a stato solido a energia diretta scalabile in potenza prodotto dalla **Northrop Grouman & Raytheon**, installato sulla USS Ponce.

U.S. NAVY'S LaWS



- The LaWS can:**
- Provide a visible warning shot
 - Track moving targets for heat-seeking missiles
 - Disable optical systems on enemy missiles and drones
 - Burn up targets

- The lasers originate below deck
- They are linked to the beam director with fiber-optic cables

Cheaper to operate
The LaWS is a cheaper way to take down small drones than a comparable SM-2 missile. The price difference:

\$1 **\$400,000**
LASER SHOT SM-2 MISSILE

Sources: U.S. Navy, New York Times, Navy Times, Navy Live, MCT graphics, Graphic News.



Panoramica internazionale (USA)

Northrop Grouman & Raytheon Laser Weapon System (LaWS)



Installazione su elicottero della US Navy



Installazione su USS Ponce

Panoramica internazionale

Alcune differenze nelle tecnologie impiegate (fonti aperte)



HEL Weapon – Ge/Sw (2012 -2013)
Rheinmetall - Fiber Laser



LaWS – US (2010 -2012)
Northrop Grouman & Raytheon
Planar Waveguide Laser

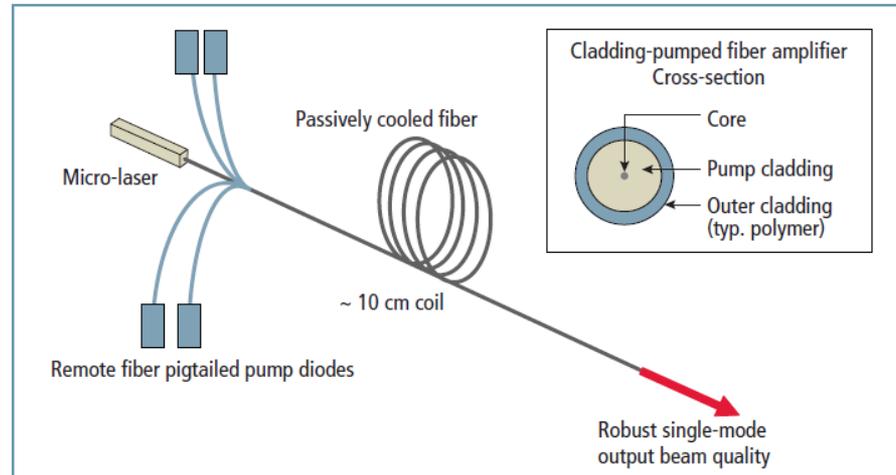


Figure 1. Schematic diagram showing a fiber-based master oscillator, power amplifier laser system. Inset shows the cross-section of a cladding-pumped fiber amplifier.

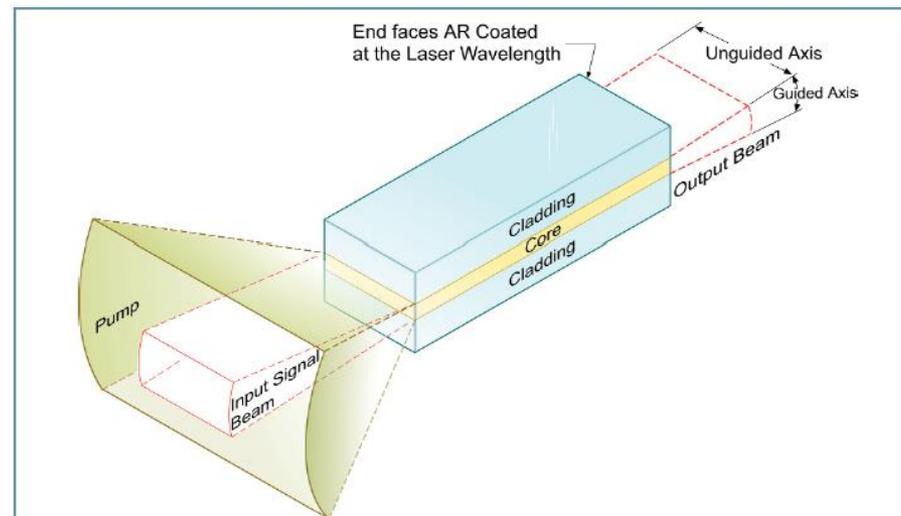


Figure 2. Planar waveguide gain medium showing pump insertion and output beam

Panoramica internazionale

Defender – China (2014 -2015)



MBDA Germania



Panoramica internazionale

Efficacia sui bersagli in funzione della potenza del fascio

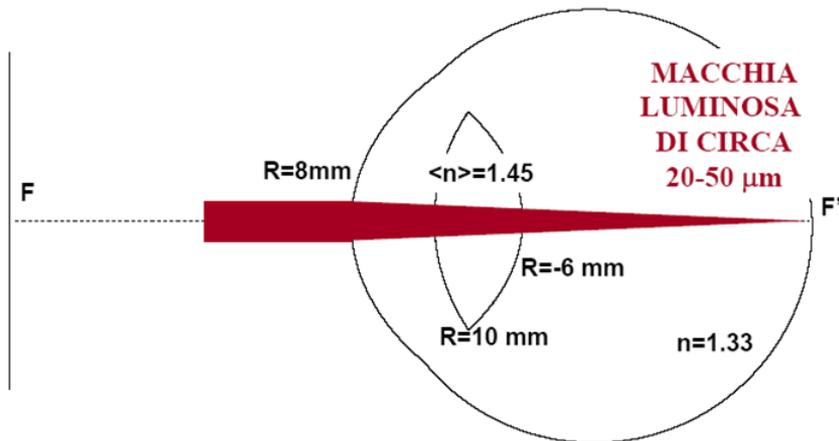
Source	Beam power measured in kilowatts (kW) or megawatts (MW)				
	~10 kW	Tens of kW	~100 kW	Hundreds of kW	MW
One Navy briefing (2010)	UAVs				
		Small boats			
				Missiles (starting at 500 kW)	
Another Navy briefing (2010)		Short-range operations against UAVs, RAM, MANPADS (50 kW-100kW; low BQ)	Extended-range operations against UAVs, RAM, MANPADS, ASCMs flying a crossing path (>100 kW, BQ of ~2)	Operations against supersonic, highly maneuverable ASCMs, transonic air-to-surface missiles, and ballistic missiles (>1 MW)	
Industry briefing (2010)		UAVs and small boats (50 kW)	RAM (100+ kW), subsonic ASCMs (300 kW), manned aircraft (500 kW)	Supersonic ASCMs and ballistic missiles	
Defense Science Board (DSB) report (2007)		Surface threats at 1-2 km		Ground-based air and missile defense, and countering rockets, artillery, and mortars, at 5-10 km ^a	“Battle group defense” at 5-20 km (1-3 MW)

Vantaggi di un sistema d'arma Laser

- **ALTA PRECISIONE DI INGAGGIO:** il fascio laser ha uno *spot* talmente piccolo sul *target* da poter selezionare 'cosa' colpire (danno selettivo)
- **TUNABILITÀ DELL'EFFETTO:** variando la potenza emessa si può decidere il tipo di effetto sul target (*Warning, Neutralization, Destruction*)
- **“TEMPO DI VOLO”:** trascurabile rispetto ad armi convenzionali con conseguente superamento della stima del punto futuro
- **COSTO DI INGAGGIO NULLO** (da considerare un investimento iniziale superiore a quello di armi convenzionali come cannoni e sistemi missilistici)
- **MIGLIORAMENTO DELLA LOGISTICA DI ARMAMENTO:** non ci sono costi di gestione scorte (munizioni *in primis*)

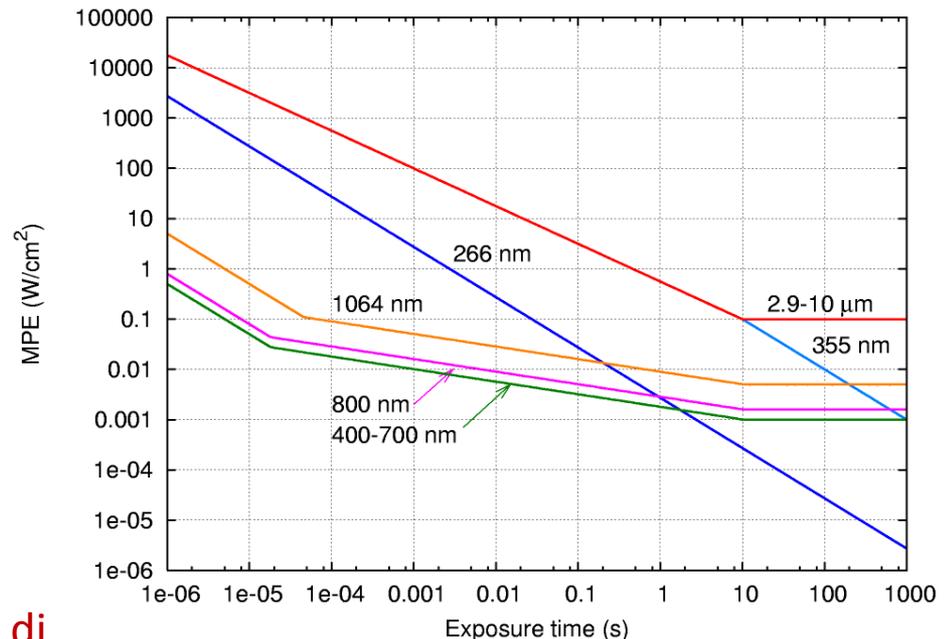
Implicazioni sulla sicurezza

Oltre alla radiazione riflessa, sicuramente pericolosa e da cui sicuramente proteggere il personale della piattaforma navale, la radiazione laser dà luogo ad una retrodiffusione che per Laser di alta potenza (Classe 4) può essere dannosa per l'uomo.



1 mW produce sulla retina una intensità di **50-400 W/cm²**

MAXIMUM PERMISSIBLE EXPOSURE (MPE)



Implicazioni sulla sicurezza

CONVENZIONE DI GINEVRA

Convenzione sulla proibizione o la limitazione dell'uso di alcune armi convenzionali che possono essere considerate eccessivamente dannose o aventi effetti indiscriminati (Allegato alle [Convenzioni di Ginevra](#) del 12 agosto [1949](#))

Protocollo IV relativo alle armi laser accecanti (1995):

1. È vietato impiegare armi laser specificamente concepite in modo tale che la loro **unica funzione** di combattimento o **una delle loro funzioni di combattimento** sia di **provocare la cecità permanente** delle persone la cui vista non è protetta, ossia che guardano a occhio nudo o che portano lenti correttive...*omissis*
2. Nell'impiego dei sistemi laser, le Alte Parti contraenti prendono tutte le precauzioni possibili per evitare i casi di cecità permanente di persone la cui vista non è protetta. Simili precauzioni comprendono l'istruzione delle loro forze armate e altre misure pratiche.
3. **La cecità in quanto effetto fortuito o collaterale dell'impiego militare legittimo di sistemi laser, compresi i sistemi laser utilizzati contro i dispositivi ottici, non è oggetto del divieto enunciato nel presente Protocollo.**
4. Ai fini del presente Protocollo, con "cecità permanente" si intende una perdita della vista irreversibile e non correggibile...*omissis*

Applicazioni

Ambito militare

difesa di punto da minaccia convenzionale dell'Unità equipaggiata con cannone laser e di tutte le piattaforme all'interno del raggio di orizzonte del cannone laser. Efficace per minaccia aerea (UAV, UCAV, strikers), missilistica (super e subsonica).

capacità di effetti letali e non letali **contro minacce asimmetriche** con possibilità di inabilitare/distruggere barchini veloci (radiocomandati) o UAV.



Applicazioni

Possibili applicazioni dual-use

In ambito civile

- **Protezione Civile:** taglio per messa in sicurezza di strutture pericolanti a seguito di catastrofi naturali / incidenti industriali / assenza di manutenzione.
- **Retrofit Antisismico:** perforazione di materiale edilizio per inserimento di ancore metalliche di rinforzo.

In ambito sicurezza

- **Disinnesco di Ordigni:** remotizzare le operazioni di disinnesco ordigni (autobomba, pacchi bomba e simili) può permettere di garantire maggiore sicurezza agli operatori sul campo



Conclusioni

- La tecnologia è sufficientemente matura per lo sviluppo di sistemi Laser di potenza ad onda continua per applicazioni militari e civili. Sono già disponibili dei prototipi che hanno dimostrato ottimi risultati su campo. Le capacità del sistema in campo militare, e quindi gli obiettivi in termini di tipologia di minacce da cui difendersi, dipendono dalla potenza disponibile.
- Oltre alle applicazioni industriali, che hanno trainato questa tecnologia, in campo civile sono in sviluppo dei sistemi per operare a distanza in condizioni particolari.
- Lo sviluppo di Laser di potenza di uso militare, civile o duale deve tener conto degli aspetti di sicurezza legati alla gestione del fascio in ambiente non controllato.