

## طراحی و ساخت لیزر بخار فلز دو تائی مس - طلا با توان متوسط ۱۲ وات

زند ، منصور ؛ صالحی نیا ، داود ؛ خراسانی ، کامران ؛ کیا ، بختیار

سازمان انرژی اتمی ایران ، مرکز تحقیقات و کاربرد لیزر ، صندوق پستی ۸۴۸۶-۱۱۳۶۵ ، تهران - ایران

### چکیده

در این مقاله به طراحی و ساخت یک دستگاه لیزر بخار فلز دو تائی طلا - مس ، برای نخستین بار در ایران ، پرداخته ایم. توان الکتریکی ورودی در حدود  $2.8 kW$  بسامد دمش  $17.5 kHz$  و بیشینه متوسط توان خروجی بدست آمده برای سه طول موج  $627.8 nm$  و  $578.2 nm$  و  $510.6 nm$  و در حالت گاز بسته به میزان  $12 W$  ، به دست آمد . سرامیک استفاده شده از جنس آلومینای با خلوص بالا و دارای قطر داخلی  $1.7 cm$  و طول  $100 cm$  سانتیمتر میباشد.

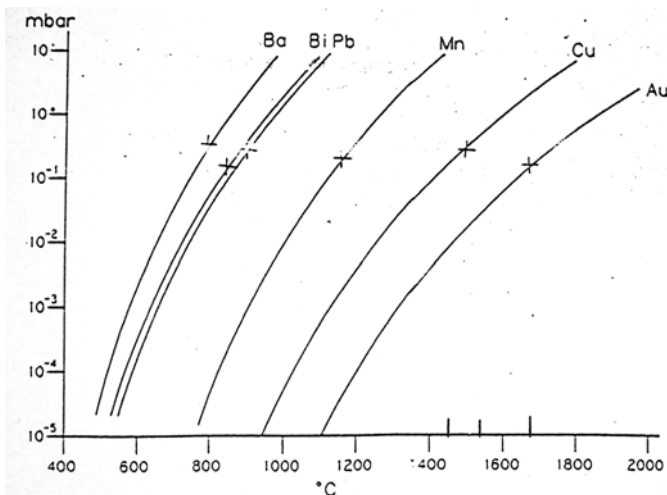
## Design and Construction of a 12W average output power Copper - Gold Vapor Laser

Zand, Mansour; Salehinia, Davood; Khorasani, Kamran; Kia, Bakhtiar  
Laser Research Center, A.E.O.I., P.O.Box 11365-8486, Tehran-Iran

### Abstract

In this study, the first design and construction of a copper-gold vapor laser in Iran, are presented. Its input electrical power is 2.8 kW with 17.5 kHz pulse repletion rate and maximum average output power is measured, simultaneously for three wavelength 627.8 nm, 578.2 nm and 510.6 nm in sealed off condition, 12 W. Its ceramic is high pure Alumina with 1.7 cm inner diameter and 100 cm length.

که در لیزر طلا و مس جهت ایجاد فشار بخار کافی از فلزات مورد نظر، به دو ناحیه دمایی  $1620$  درجه سلسیوس جهت طلا و  $1450$  درجه سلسیوس جهت مس در داخل کاواک، نیاز میباشد. شکل 1 فشار بخار دو عنصر طلا و مس را بر حسب دمای فازمیع - گاز آنها، نشان میدهد [6].

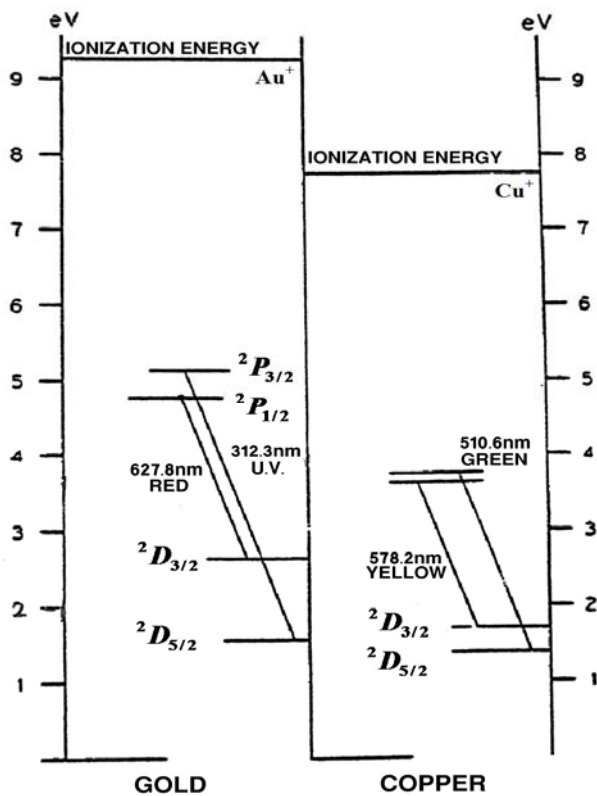


شکل 1: فشار بخار عناصر طلا و مس بر حسب دمای فازمیع - گاز هر کدام

### مقدمه

کاربردهای متعددی جهت لیزرهای چند رنگی وجود دارد که میتوان از آن میان به لیدار [1] و پروژکتورهای چند رنگ و شبیه سازهای اپتیکی [2] اشاره کرد. اولین بار فالن ابداع لیزر سه رنگ از مخلوط دو فلز مس و طلا را با  $17$  میلی وات توان خروجی در سال  $1976$  اعلام کرد [3]. بعد با بهینه سازی دما و تقسیم طول لوله لیزر به دو ناحیه دمایی  $1450$  درجه سلسیوس و  $1620$  درجه سلسیوس توان خروجی به  $6$  وات رسید [4]. تلاشهای متعددی در جهت بهینه سازی سیستم بخار فلز مس و طلا انجام شدو در نهایت موسسه "آتمسفریک اپتیک" واقع در شهر تومسک روسیه ، نمونه گاز بسته آن، برای اولین بار ساخت [5]. این دستگاه لیزر  $0.5$  وات سبز،  $0.35$  وات زرد و  $0.15$  وات قرمز تولید کرد یعنی نسبت سه رنگ سبز و زرد و قرمز، بترتیب  $10$  و  $7$  و  $3$  بود.

تفاوت عمده لیزر بخار دو تائی طلا- مس با لیزر بخار مس در دو نکته میباشد، نخست ، در لیزر بخار مس فقط یک ناحیه دمایی با دمای متوسط  $1450$  درجه سلسیوس مورد نیاز میباشد در حالی

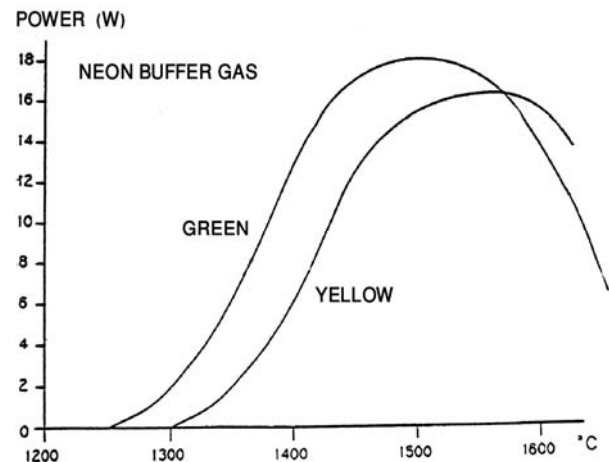


شکل 3: ترازها و گذارهای لیزری دو فلز مس و طلا

الف) لوله لیزر: در محور لوله لیزر یک لوله سرامیک آلومینا با خلوص ۹۹/۷ درصد به طول ۱۰۰ و قطر داخلی ۱/۷ سانتیمتر قرار داده شده است. الکترودها بطول ۵ سانتیمتر و بصورت لوله ای شکل با قطر داخلی ۳۳ میلیمتر و از جنس مولیبدن در دو طرف لوله سرامیک نصب شده اند.

لوله سرامیک و سایر قطعات فوق همگی در داخل یک لوله پیرکس قرار گرفته اند، که ساختار لوله پیرکس در وسط، به طول ۴۰ سانتیمتر با قطر داخلی ۱۲ سانتیمتر (بعنوان جایگاه طلا) و در دو طرف هر کدام به طول ۳۰ سانتیمتر و قطر داخلی ۹ سانتیمتر (بعنوان جایگاه مس)، میباشد. فضای داخلی بین لوله آلومینا و لوله پیرکس با الیاف آلومینای مناسب با تحمل دمائی ۱۷۰۰ درجه سانتیگراد، پر شده است. جهت کاهش اندوکتانس لوله لیزر و ایجاد مسیر برگشت برای جریان الکتریکی، لوله پیرکس در داخل یک غلاف آلومینیومی که با هوای دمیده شده از طریق سه عدد فن خنک میشود، قرار گرفته است. شکل 4، لوله لیزر و غلاف شیشه ای آن را، نشان میدهد.

دمای بهینه برای دو طول موج زرد و سبز مس نیز، به دمای لوله بستگی دارد (شکل 2) [7].



شکل 2: دمای بهینه برای دو طول موج زرد و سبز

بنابراین، برای ایجاد این دو ناحیه دمایی در یک محفظه، یا باید از دو نوع عایق با ضریب هدایت حرارتی مختلف استفاده کرد و یا در صورت بکارگیری یک نوع عایق، باید از دو ضخامت مختلف در دو قسمت لوله لیزر، استفاده کرد که در این مقاله از روش دوم استفاده شده است. نکته دوم این است که، در لیزر سه رنگ آینه تمام بازتاب کاواک باید در سه طول موج ضریب بازتاب کامل داشته باشد.

شکل 3 ترازهای منصوب به طلا و مس را، در مقایسه با یکدیگر، نشان می دهد [7]. با توجه به این نمودار دریافت چهار طول موج پیش بینی میشود ولی همانطور که در شکل 3 مشاهده میشود، دمش تراز فوقانی پرتو فرابنفش مربوط به طلا نیاز به الکترونهای پر انرژی (یعنی میدان الکتریکی زیاد به همراه فشار کم گاز زمینه) دارد و از طرف دیگر پر شدن تراز تحتانی آن بخاطر جمعیت حرارتی ناشی از دمای ۱۶۲۰ درجه، امکان دریافت پرتو لیزری از این ترازها بطور همزمان با سه تراز دیگر، مشکل می سازد.

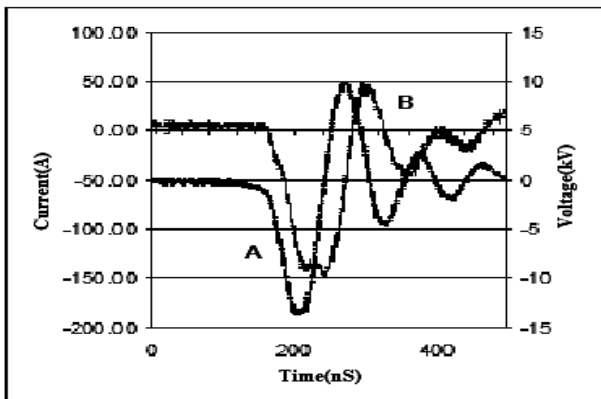
### ساختار لیزر

لیزر ساخته شده دارای سه قسمت اصلی، شامل لوله لیزر، مدولاتور و منبع تغذیه بشرح زیر میباشد.

شکل ۶: مدار مدولاتور جهت دمش لیزر

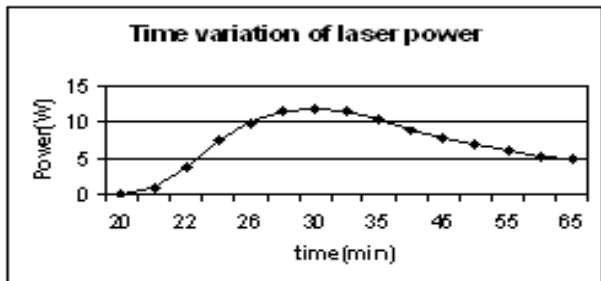
### نتایج آزمایش

آزمایش در محیط گاز نئون با خلوص ۹۹/۹۹۷ درصد و در فشار ۴۰ تا ۴۵۰ تور و تکرار تپ ۱۷/۵ کیلو هرتز و ولتاژ مستقیم ورودی به میزان ۶/۳ کیلوولت انجام شده است. خازنهای Cs و Cp بترتیب ۱/۸ و ۰/۴۷ نانوفاراد می باشند. شکل ۷ تپهای ولتاژ و جریان لوله لیزر و ترتیب زمانی آنها را، برای  $V_{dc} = 6.3 \text{ kV}$  و تکرار تپ ۱۷/۵ kHz و جریان  $I_{dc} = 0.4 \text{ A}$  در فشار ۷۰ تور گاز نئون، نشان می دهد.

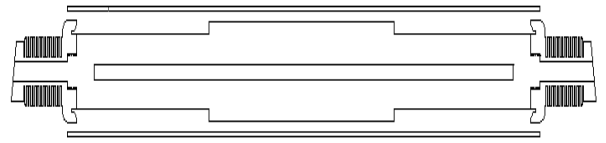


شکل ۷: تغییرات زمانی ولتاژ (A) و جریان (B)

توان لیزر در مجموع ۱۲ وات اندازه گیری شد، همانطور که در شکل ۸ دیده میشود، زمان گرم شدن لیزر تا شروع لیزر ۲۰ و زمان به اوج رسیدن توان لیزر ۱۰ دقیقه اندازه گیری شد. نرخ کاهش توان تا ۵۰ درصد، ۲۵ دقیقه ثبت گردید.

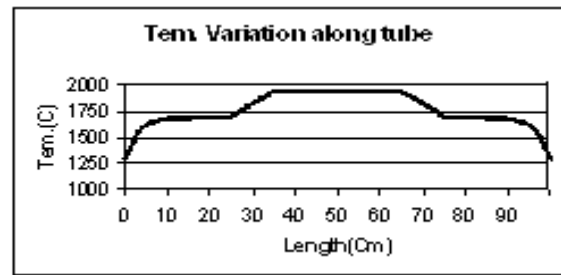


شکل ۸: تغییرات توان لیزر نسبت به زمان طی شده



شکل ۴: لوله لیزر و ملحقات آن

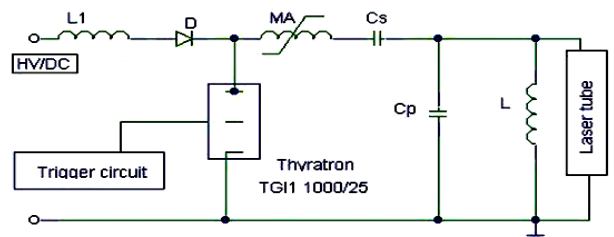
شکل ۵ تغییرات دمای محاسبه شده در طول لیزر، برای توان ۲۸۰۰ وات را نشان میدهد.



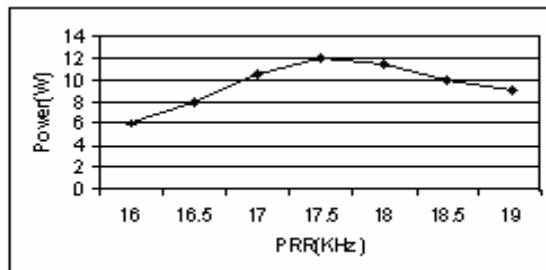
شکل ۵: تغییرات دما در طول لوله لیزر

جهت جداسازی قسمت ولتاژ بالا و حفظ استحکام مکانیکی لوله لیزر، از سه پایه استوانه ای از جنس تفلون استفاده شده است. خروج پرتولیزر از دو طرف و از طریق، پنجره هائی از جنس کوارتز، انجام میشود. کاواک لیزر از دو آینه تخت کوارتز با فاصله ۱/۴ متر از یکدیگر، که آینه انتهائی با پوشش چند لایه دی الکتریک و بازتاب بیش از ۹۹/۸ درصد و آینه جلویی بدون پوشش، تشکیل می شود.

ب) مدولاتور: مدار مولد تپ جهت دمش لیزر در شکل ۶ نشان داده شده است. خازن Cs از طریق دیود D و پیچهای L1 و MA و L بصورت تشدید می شود تا دو برابر ولتاژ منبع تغذیه شارژ می شود. با آتش شدن تاپروترون مدل TGI1 1000/25، انرژی خازن Cs به Cp و لوله لیزر اعمال میگردد. پیچهای اشباع پذیر MA جهت تاخیر در شروع جریان تاپروترون و کاهش تلفات آن می باشد. کلید تاپروترون بوسیله هوا خنک می گردد.



تغییرات توان لیزر برحسب فرکانس تکرار نیز برای مقادیر ولتاژ و ظرفیت خازن‌ها و فشار گاز ذکر شده قبلی، در شکل ۹ آمده است.



شکل ۹: تغییرات توان لیزر برحسب فرکانس تکرار

### سپاسگزاری

از آقای مهندس رضا نشاطی به سبب کمکهای ایشان در انجام اندازه گیری ها صمیمانه تشکر می کنیم.

### مرجع ها

- [1] V. D. Burlakov, V. V. Zuev, G. S. Evtushenko, A. V. El'nikov, V. N. Marichev and V. L. Pravdin ; "Metal-vapor lasers for applications to sensing of atmospheric aerosol"; *Atoms. Oceanic Opt.* **6**(3)(1993) 204-207.
- [2] H. W. Messenger; "Metal-vapor lasers display versatility"; *Laser Focus World* **26**(4) (1990) 87-92.
- [3] T. S. Fahlen; "Self-heated, multiple-metal-vapor laser"; *IEEE J. Quantum Electron.* **QE-12** (1976) 200-201
- [4] M. M. Kalugin, S. E. Potapov, and M. V. Tyutchev; "Multicolor laser using transitions of copper and gold atoms with emission in UV, green, yellow and red regions"; *Sov. Tech. Phys. Lett.* **6**(5-6) (1980) 121-123.
- [5] Yu. F. Arshinov, V. E. Zuev, I. E. Naats, A. N. Soldatov and V. Ya. Fadeev; "Metal vapor lasers and their applications to atmospheric optics"; *Proc. Int. Conf. on Lasers '82*, STS Press: Mclean, VA (1983) 486-492.
- [6] R. E. Honig and D. A. Kramer; "Vapor pressure data for the solid and liquid elements "; *RCA Rev.* **30**(6) (1969) 285-305
- [7] R. R. Lewis; "The operating regime of longitudinal discharge copper vapour lasers"; *Opt. Quantum Electron.* **23** (1991) S493-512.