



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۰۱/۲۳

روش های تشخیص طول موج و فرکانس پرتوهای لیزری مادون قرمز

استاد گرامی: آقای دکتر محمدنژاد

دی ماه ۱۳۹۵

- طیف نور
- تابش مادون قرمز
- لیزرهای مادون قرمز
- کاربردهای تابش مادون قرمز
- روش های اندازه گیری فرکانس
- روش مستقیم در اندازه گیری فرکانس

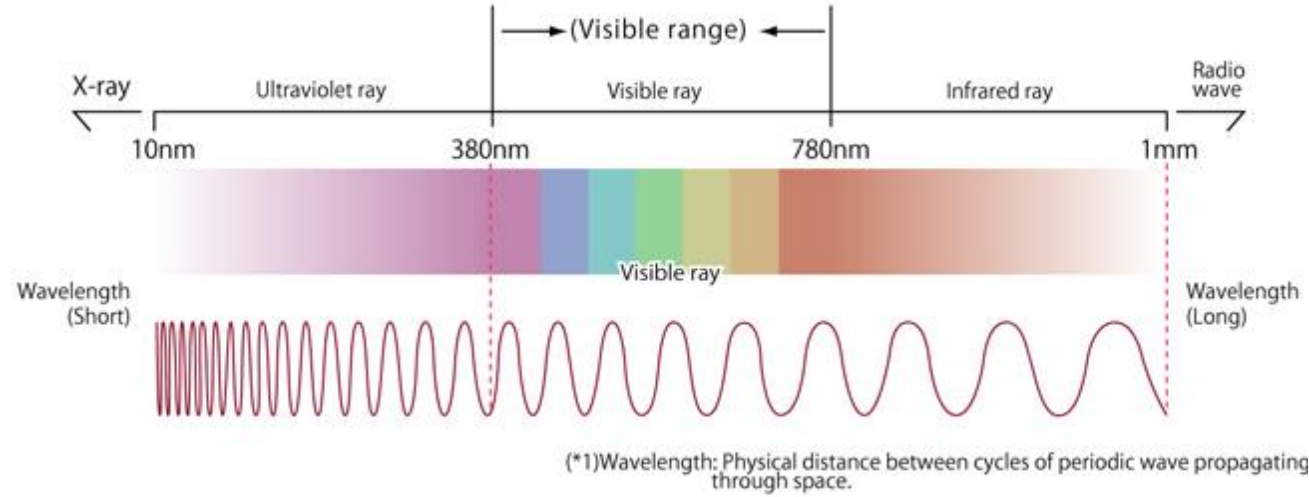
مطالبی که در اینجا بیان خواهد گردید

- هتروداین
- آشکارسازی هتروداین نوری
- روش هتروداین در اندازه گیری فرکانس
- نتیجه گیری و جمعبندی
- برخی از مراجع

مطالبی که در اینجا بیان خواهد گردید

طیف نور

■ Spectrum of Light



تابش مادون قرمز



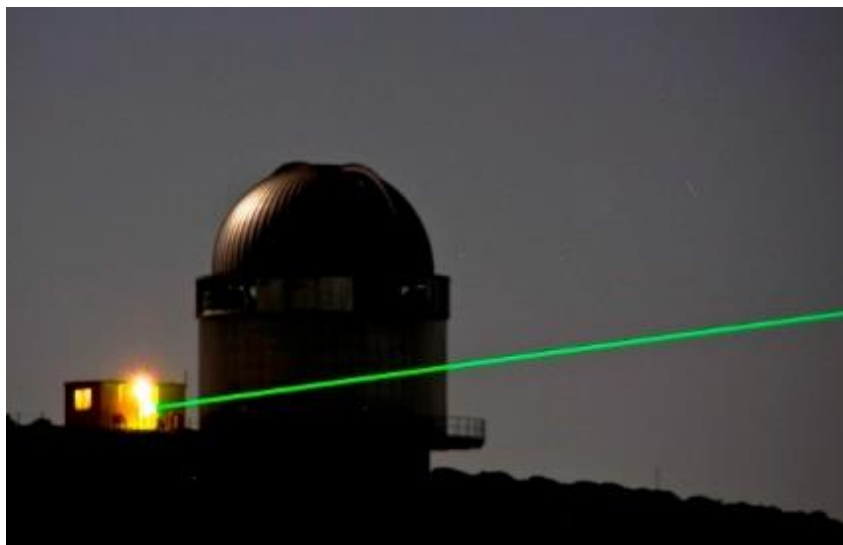
- تابش مادون قرمز به قسمتی از طیف امواج الکترومغناطیسی گفته می‌شود که طول موج آن‌ها بلندتر از دامنه نور مرئی و کوتاه‌تر از دامنه امواج رادیویی باشند.

- امواج مادون قرمز در بازه فرکانسی ۳۰۰ گیگاهرتز تا ۴۰۰ تراهرتز و طول موج ۱ میلی‌متر تا ۷۵۰ نانومتر قرار می‌گیرند.

تابش مادون قرمز

Division Name	Abbreviation	Wavelength	Frequency	Photon Energy	Temperature†
Near-infrared	NIR, IR-A <i>DIN</i>	0.75–1.4 μm	214–400 THz	886–1653 meV	3,864–2,070 K (3,591–1,797 °C)
Short-wavelength infrared	SWIR, IR-B <i>DIN</i>	1.4–3 μm	100–214 THz	413–886 meV	2,070–966 K (1,797–693 °C)
Mid-wavelength infrared	MWIR, IR-C <i>DIN</i> ; MidIR. Also called intermediate infrared (IIR)	3–8 μm	37–100 THz	155–413 meV	966–362 K (693–89 °C)
Long-wavelength infrared	LWIR, IR-C <i>DIN</i>	8–15 μm	20–37 THz	83–155 meV	362–193 K (89 – –80 °C)
Far-infrared	FIR	15–1000 μm	0.3–20 THz	1.2–83 meV	193–3 K (–80.15 – –270.15 °C)

لیزرهای مادون قرمز



- لیزرهایی با نور خروجی در محدوده مادون قرمز

Spectral bands	Common detector materials
NIR	Si
SWIR	InGaAs, PbS
MWIR	InSb, PbSe, PtSi, HgCdTe
LWIR	HgCdTe
VLWIR	-

کاربردهای تابش مادون قرمز



- کاربرد در پزشکی (فیزیوتراپی و ...)

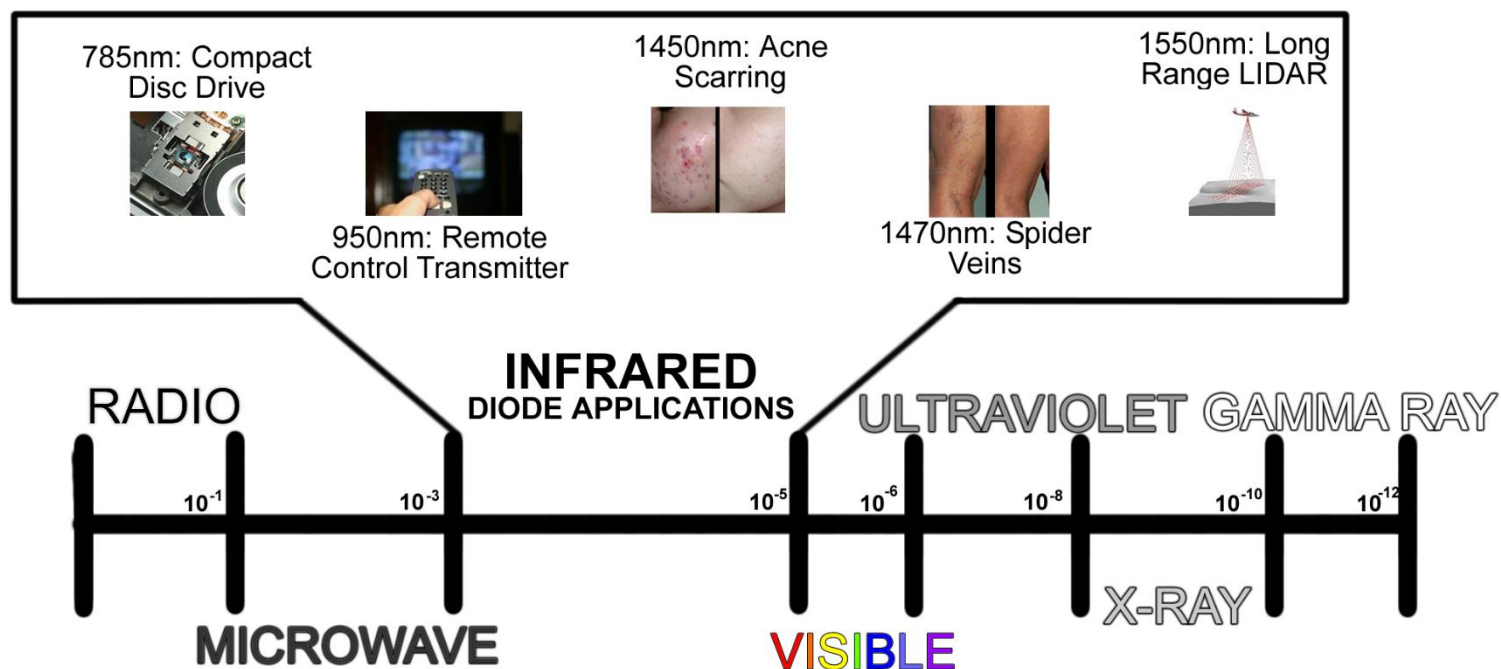
- ابزارهای دید در شب

- انتقال اطلاعات

- شناسایی ساختار الیاف

- ...

کاربردهای تابش مادون قرمز



Spectral bands	Applications
NIR	Telecommunications
SWIR	Remote sensing
MWIR	High temperature inspection (indoors, scientific research)
LWIR	Ambient temperature (outdoor, industrial inspection)
VLWIR	Spectrometry, astronomy

روش های اندازه گیری فرکانس

اندازه گیری فرکانس به دو روش کلی زیر انجام می شود:

- روش مستقیم

- روش هتروداین

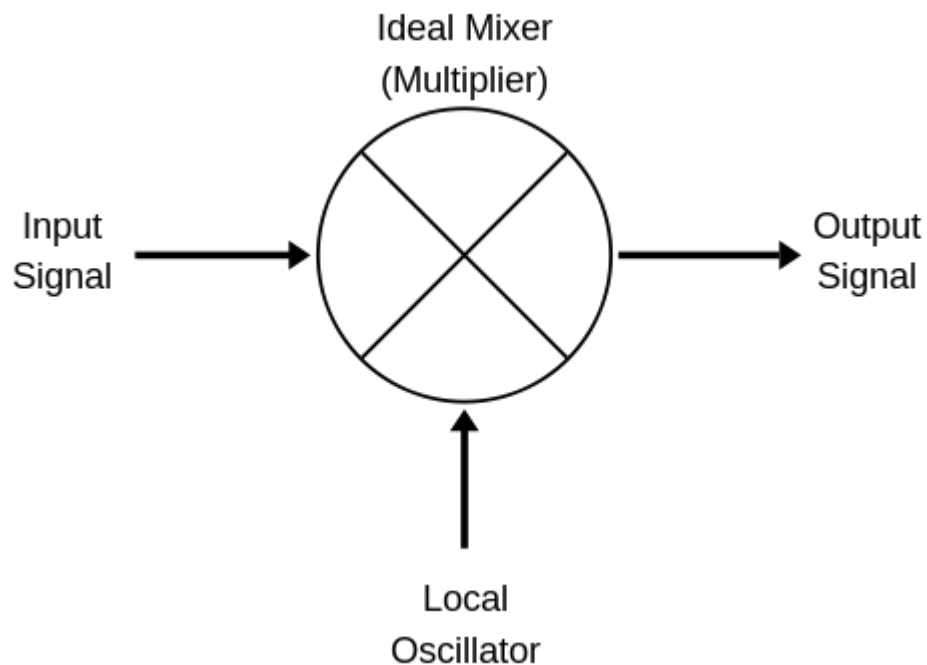


روش مستقیم در اندازه گیری فرکانس

- شمارش تعداد تناوبات تابش الکترومغناطیسی در یک دوره مشخص
- شمارش تا ۵۰۰ مگاهرتز با استفاده از زمان سنجی ایجاد شده توسط کریستال کوآرتز
- اندازه گیری فرکانس های بالاتر نیاز به روش هتروداین دارد.

هتروداین

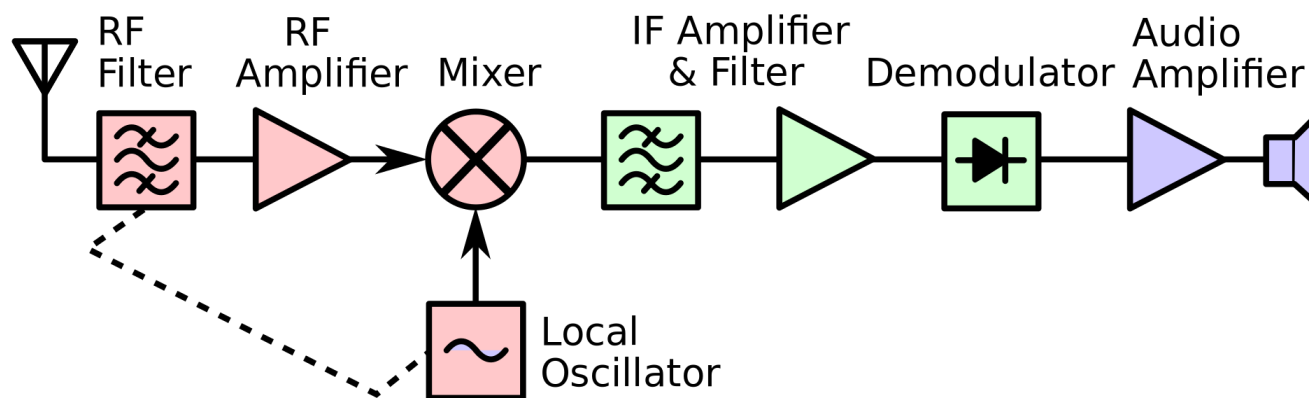
Heterodyne



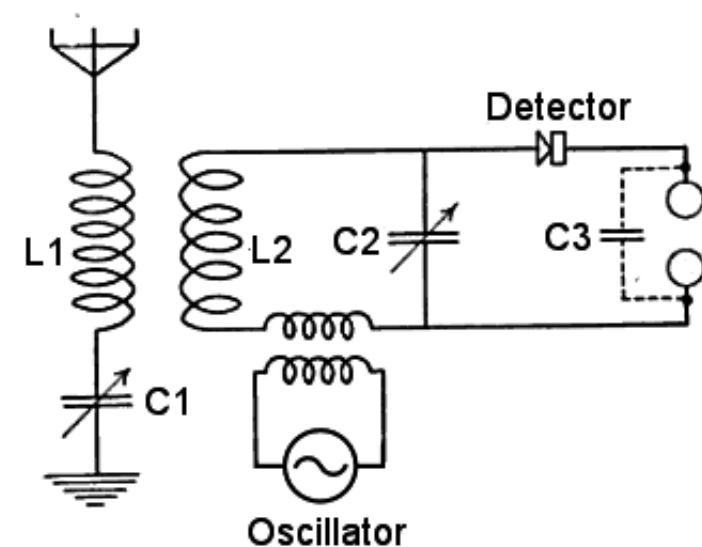
- هتروداین در رادیو و یا پردازش سیگنال به ساختن فرکانس جدید از طریق ترکیب کردن دو فرکانس گفته می شود. یا به عبارت خلاصه ترکیب دو جریان متناوب برای تولید جریانی با فرکانسی برابر مجموع یا تفاضل فرکانس دو جریان مزبور.

هتروداین

Heterodyne



بلوک دیاگرام یک سیستم هتروداین نوعی



اولین مدار دریافت کننده رادیویی هتروداین ساخته شده توسط فسندن

آشکارسازی هتروداین نوری

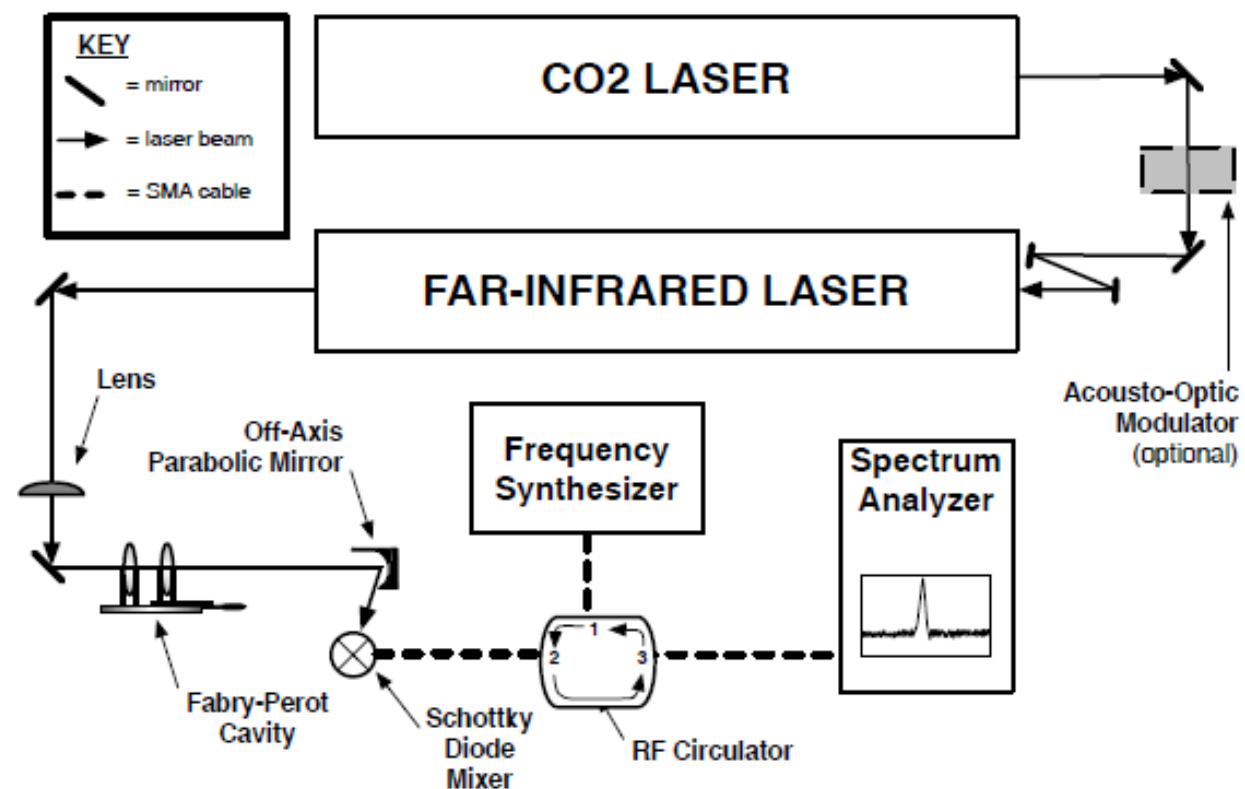
- آشکارسازی هتروداین نوری عبارت است از پیاده سازی اصل آشکارسازی هتروداین با استفاده از یک فرآیند نوری غیرخطی.
- میدان الکتریکی نوسانی در یک بازه فرکانسی نوری نمی تواند مستقیماً اندازه گیری شود چراکه فرکانس های بالای نوری مربوطه میدان های نوسانی دارند که خیلی سریع تر از آن است که الکترونیک بتواند جوابگو باشد.

روش هتروداین در اندازه گیری فرکانس

مراحل اندازه گیری در روش هتروداین:

- ترکیب سیگنال مادون قرمز در یک دیود شاتکی با سیگنال یک ترکیب کننده سیگنال (با فرکانس مشخص)
- تولید یک فرکانس میانی (IF) از ترکیب دو فرکانس مذکور
- آشکارسازی سیگنال IF و اندازه گیری فرکانس آن
- محاسبه فرکانس سیگنال مادون قرمز با استفاده از نتیجه اندازه گیری شده

روش هتروداین در اندازه گیری فرکانس



بلوک دیاگرام سیستم هتروداین مورد استفاده در
اندازه گیری فرکانس لیزر مادون قرمز:

دقت اندازه گیری تا $\pm 100 \text{ kHz}$

روش هترودااین در اندازه گیری فرکانس

به عنوان مثال چهار لیزر تولید شده از :

Formic Acid (HCOOH)

O-Deutero-Formic Acid (HCOOD)

C-Deutero-Formic Acid (DCOOH)

Methyl Chloride (CH_3Cl)

با سیستم فوق مورد اندازه گیری فرکانس قرار گرفته اند.

Far-infrared Laser Frequency Measurements

Gas	Listed Wavelength ¹ (μm)	Listed Frequency ² (GHz)	CO ₂ Pump Line	Harmonic Number <i>n</i>	Measured Frequency (GHz)	Measured Wavelength ³ (μm)	Measured <i>minus</i> Listed (GHz)
Formic Acid (HCOOH)	336.3	891.	9 R 14	59	894.974227(100)	334.973286(100)	+ 3.974
O-Deutero Formic Acid (HCOOD)	351.9	852.	10 R 22	60	849.829463(100)	352.767785(100)	- 2.171
C-Deutero Formic Acid (DCOOH)	341.8	877.	10 R 16	54	878.882035(100)	341.106594(100)	+ 1.882
Methyl Chloride (CH ₃ Cl)	334.0	897.7	9 P 42	59	897.759382(100) ^a 897.759948(100) ^b	333.934085(100) 333.933874(100)	+ 0.059

¹ - wavelength as reported by the CRC Handbook of Laser Lines

² - frequency as reported by the CRC Handbook of Laser Lines

³ - as calculated from the measured frequencies

^a - measurement of Methyl Chloride line with acousto-optic modulator

^b - measurement of Methyl Chloride line without acousto-optic modulator

نتیجه گیری و جمع بندی

- تابش مادون قرمز به قسمتی از طیف امواج الکترومغناطیسی گفته می شود که طول موج آن ها بلندتر از دامنه نور مرئی و کوتاه تر از دامنه امواج رادیویی باشند.
- امواج مادون قرمز در بازه فرکانسی ۳۰۰ گیگاهرتز تا ۴۰۰ تراهرتز و طول موج ۱ میلی متر تا ۷۵۰ نانومتر قرار می گیرند.
- تابش مادون قرمز کاربردهای زیادی در پزشکی، نظامی و ... دارد.
- روش مستقیم و هتروداین دو روش برای اندازه گیری فرکانس می باشند.

نتیجه گیری و جمع بندی

- روش مستقیم بر اساس شمارش تعداد تناوبات تابش الکترومغناطیسی در یک دوره مشخص می باشد.
- برای فرکانس های بالاتر از ۵۰۰ مگاهرتز از جمله در لیزرهای مادون قرمز، از روش هتروداین استفاده می گردد.
- هتروداین در رادیو و یا پردازش سیگنال به ساختن فرکانس جدید از طریق ترکیب کردن دو فرکانس گفته می شود.
- آشکارسازی هتروداین نوری عبارت است از پیاده سازی اصل آشکارسازی هتروداین با استفاده از یک فرآیند نوری غیرخطی.
- روش اندازه گیری فرکانس به روش هتروداین و بلوک دیاگرام سیستم مربوطه شرح داده شد.

برخی از مراجع

- [1] E.J. Ehasz and T.M. Goyette, "High Resolution Frequency Measurements of Far-Infrared Laser Lines ", IEEE Journal of Quantum Electronics, vol. 46, no. 4, pp. 474-477, (2010)
- [2] B. Chanteau, O. Lopez "Mid-IR frequency measurement using an optical frequency comb and a long-distance remote frequency reference", European Frequency and Time Forum (EFTF), (2012)
- [3] T. J. Garrod, S. Petersen, A. Stokes and M. Theisen , " Measurement of Far-Infrared Laser Frequencies From Optically Pumped CHD₂OH " , UW-L Journal of Undergraduate Research VIII, (2005)
- [4] C.B.Roundry, "Current Technology of Laser Beam Profile Measurements" ,(2007)
- [5] K. M. EVENSON and F. R. PETERSEN, "Laser Frequency Measurements, the Speed of Light, and the Meter", Topics in Applied Physics (Springer), Vol. 2 , pp 349-368 , (2005)



از توجه شما متکرم

