

## دانلود مقاله لیزرهای الکترون آزاد

جهت مشاهده [دانلود مقاله لیزرهای الکترون آزاد](#) به پایین همین صفحه مراجعه نمایید  
تعداد صفحات : 27 صفحه

برای دریافت اینجا کلیک کنید

فرمت WORD قابل ویرایش



لیزرهای الکترون آزاد

هانری فروبند و رابرت پارکر

الکترونها به کمک میدان مغناطیسی می توانند در امواج نوری انرژی بدمند . پرتو شدیدی که حاصل می شود می تواند ساختارهای بلوری را بکارد و احتمالاً موشکها را در فضا منهدم کند .

لیزر الکترون آزاد علی الوصول چشمه نور بسیار قابل انعطافی است ، بازده آن زیاد است عملاً روی طول هر موجی کوچک می شود . در توانهای زیاد کار می کند و البته نور همدوس تولید می کند . در صورتی که لیزرهای گازی و حالت جامد فقط در طول موج هایی که خاص گذارهای انرژی مواد فعال آنهاست می توانند نور تولید کنند . اگر چه لیزرهای زرینه ای را هم می توان روی نوری باریکی از طول موجها کوچک کرد . ولی دمش نوری آنها ( معمولاً ) مستلزم لیزر گازی است و بعلاوه این لیزرها فقط در توانهای نسبتاً کم می توانند کار کنند . نکته دیگر

اینکه ، برخلاف لیزرهای مداول که نوعاً فقط تا چند درصد از انرژی دریافتی را به نور تبدیل می کنند بازده بالقوه لیزرهای الکترون آزاد به ۶۵ درصد نیز می رسد . از لیزرهای الکترون آزاد تا کنون در آزمایشهایی در زمینه های گوناگون از فیزیک حالت جامد گرفته تا زیست شناسی مولکولی استفاده شده است و فعلاً روی تکمیل گونه هایی از آن برای مقاصد مختلف نظامی از جمله سلاحهایی برای هدایت انرژی کار می شود .

تا کنون لیزرهای الکترون آزاد عمدتاً به آزمایشگاه محدود بوده اند و اغلب آنها در مجاورت شتاب دهنده های الکترون ساخته شده اند . اگر چه لیزر الکترون آزاد توانایی آن را دارد که در طول موج های میکرو موج تا فرابنفش نور گسیل کند اما پژوهشگران در به کار انداختن آن در طول موجهای مرئی و کوتاهتر با دشواریهایی مواجه بوده اند . لیزرهای الکترون آزاد بتازگی جایگاه خود را پیدا کرده اند . برای آنها شتاب دهنده هایی مطابق ضرورتها طراحی می شود . و تجهیزاتی برپا می شود تا دست اندر کاران رشته های دیگر نیز بتوانند از برکات این چشمه جدید نور شدید بهره مند شوند .

در لیزر الکترون آزاد نیز مثل لیزرهای معمولی ، نور همدوس توسط الکترونها گسیل می شود اما در این مورد ( چنانکه از اسم لیزر هم پیداست ) الکترونها به جای آنکه به اتمهای ماده فعال لیزر مقید شوند به شکل باریکه

ای در خلاء حرکت می کنند . چون الکترونها آزادند طول موجی که گسیل می کنند به گذار مجاز میان دو تراز انرژی یک ماده خاص محدود نمی شود . در اصطلاح مکانیک کوانتومی ، الکترون در اثر انتقال از یک تراز انرژی به تراز دیگر در پیوستاری از ترازها نور گسیل می کند . البته این فرایند را صرفاً با نظریه الکترومغناطیس کلاسیک نیز می توان توصیف کرد . نور این لیزرها در اثر برهم کنش سه عامل تولید می شود :

باریکه الکترون ، یک موج الکترومغناطیسی که در همان راستای حرکت الکترونها در کاواک لیزر حرکت می کند و یک میدان مغناطیسی که در فضا دوره ای است و به وسیله یک مجموعه آهنربا مشهور به ویگلر ایجاد می شود . تاثیر میدان مغناطیسی ویگلر روی الکترونها طوری است که الکترونها به موج الکترومغناطیسی انرژی می دهند . این انرژی باعث تقویت موج می شوند و بعداً لیزر آن را گسیل می کند .

وقتی موج نور از میان میدان مغناطیسی مواجی نظیر آنچه ویگلر ایجاد می کند می گذرد تغییرات فضایی میدان ویگلر با تغییرات میدان الکترومغناطیسی موج نور ترکیب می شود و یک موج زنش به وجود می آید که اساساً نقش تداخل این دو موج است . بسامد موج زنش با بسامد موج نور یکی است . ولی عدد موج آن برابر با مجموع عدد موجهای باریکه نور و میدان ویگلر است .

با اینکه بسامد موج زنش با بسامد موج نور یکسان است ولی چون عدد موج اولی بزرگتر ( و بنابراین طول موج کوچکتر ) است آهسته تر از موج نور حرکت می کند . به همین سبب به آن موج « گرانو » می گویند . میدان الکترومغناطیسی موج گرانو ترکیبی از میدان موج نور و میدان ساکن ویگلر است بنابراین عملاً این همان میدانی است که بر الکترون هنگام عبور از لیزر الکترون آزاد اثر می کند . اگر الکترون با سرعت این موج حرکت کند تحت تاثیر میدانی ثابت قرار می گیرد که به آن قسمت از موج تعلق دارد که با الکترون در حرکت است .

برهم کنش الکترونها و موج گرانو شبیه به برهم کنش موج سواران با موجی است که به ساحل نزدیک می شود . اگر موج سواران در آب حرکتی نداشته باشد موقع عبور موج فقط بالا می روند و بعد از زمانی کوتاه باز به جای اولشان باز می گردند . اما اگر موج سواران خود را با سرعت موج تطبیق بدهند و بتوانند بر موج « سوار » شوند اندازه حرکت قابل ملاحظه ای از موج دریافت می کنند که می توانند آنها را به طرف ساحل بکشانند .

( در لیزر الکترون آزاد ، الکترونها موج را تقویت می کنند بنابراین وضعیت بیشتر شبیه آن است که موج سواران را « هل » بدهند و ارتفاع آن را زیاد کنند . ) چگونه یک میدان مغناطیسی عرضی و یک موج الکترومغناطیسی که عمود بر امتداد آن منتشر می شود می توانند منجر به نیرویی محوری ( طولی ) شوند که می تواند از باریکه الکترون انرژی بگیرد ؟

الکترونی که در میدان مغناطیسی حرکت می کند تحت تاثیر نیرویی واقع می شود که هم بر امتداد میدان و هم بر امتداد حرکت عمود است . وقتی الکترون وارد میدان عرضی ویگلر می شود تحت تاثیر یک نیروی عرضی قرار می گیرد که به آن سرعتی عرضی می دهد . برهم کنش این سرعت عرضی که ویگلر ایجاد کرده با میدان مغناطیسی موج الکترومغناطیسی نیرویی عمود بر هر دو - در امتداد محور - ایجاد می کند که همان نیروی « گرانروی » است .

الکترونی که سریعاً از موج گرانو حرکت می کند در خلاف جهت نیروی گرانروی در حرکت است و بنابراین کند خواهد شد . انرژی کل سیستم موج - ذره باید پایسته بماند بنابراین انرژی که الکترون از دست می دهد نصیب موج می شود . به این ترتیب موج نوری که از داخل کاواک می گذرد با انرژی الکترون تقویت می شود . میزان تقویت به تفاوت سرعت الکترون با

سرعت موج گرانبه و نیز به شدت بر هم کنش میان الکترون و این موج بستگی دارد . اگر سرعت الکترونها و سرعت موج تقریباً برابر باشند الکترونها پیش از آنکه کند شوند و دیگر نتوانند از قله های موج بگذرند مقدار کمی انرژی به موج می دهند . اما اگر الکترونها خیلی سریعتر یا خیلی آهسته تر از موج گرانبه در حرکت باشند بر هم کنش میان این دو خفیف خواهد بود . وقتی الکترونها و موج گرانبه با هم در میدان ویگلر حرکت می کنند الکترونها انرژی از دست می دهند و کند می شوند تا اینکه دیگر نمی توانند از قله های موج گرانبه بگذرند . موج گرانبه

سرعت الکترونها را آنقدر کم می کند که حرکت آنها کند تر از حرکت موج می شود . آن وقت قله بعدی از راه می رسد و دوباره به الکترونها شتاب می دهد به این ترتیب الکترونها به دام می افتند و در دره های موج گرانبه پس و پیش می شوند . در این هنگام عمل تقویت متوقف می شود . به این ترتیب باریکه پر انرژی الکترون به باریکه ای غیر یکدست با انرژی کمتر تبدیل می شود که در آن ناحیه هایی که چگالی الکترون در آنها زیاد است متناوباً با نواحی کم چگالی جا عوض می کند . در مثال موج سواری ، مثل این است که دریای مملو از تخته های

موج سواری با تراکم نسبتاً یکنواخت به دریایی تبدیل شود که در آن اغلب تخته ها موج خاصی را سوار شده باشند . کیفیت باریکه الکترون اولیه نقش تعیین کننده ای در مکانیسم دام اندازی دارد . هر چه دمای باریکه کمتر باشد توزیع سرعت در آن باریکه است و کارایی لیزر الکترون آزاد بیشتر خواهد بود . اگر گستردگی توزیع سرعت در باریکه خیلی زیاد باشد بسیاری از الکترونها به جای آنکه بخش قابل توجهی از انرژی خود را از دست بدهند و به دام موج گرانبه بیفتند بی آنکه سرعتشان در مجموع تغییر کند ، از میدان ویگلر می گذرند . گستردگی

مناسب برای توزیع سرعت در باریکه بستگی به نوع باریکه و پارامترهای ویگلر دارد . هر چه طول موج کار لیزر کوچکتر شود قیدها شدیدتر می شوند به طوریکه برای کار لیزر در فرابنفش مشکلات شدیدی پیش می آید .

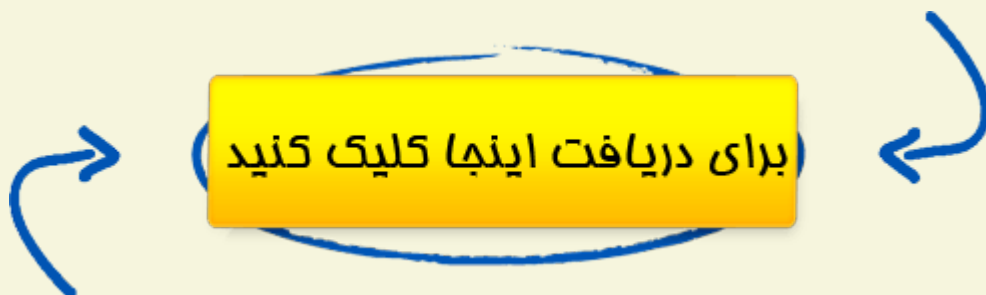
لیزر الکترون آزاد در ساده ترین شکلش مثل تقویت کننده ای است که توان موج الکترومغناطیسی گذرنده از کاواک را افزایش می دهد . لیزر الکترون آزاد کارهای دیگری نیز می تواند انجام دهد . می تواند به صورت نوسانگر عمل کند : موج الکترومغناطیسی از آینه های دو سر کاواک ویگلر بازتابیده می شود به طوری که پرتو بارها در داخل سیستم رفت و آمد می کند و در هر گذر مقداری انرژی از باریکه الکترون دریافت می کند. این لیزر حتی می تواند به صورت تقویت کننده ابرتائنده عمل کند . که در آن باریکه الکترون امواج الکترومغناطیسی کتره ای ( نوفه شلیک ) را که از کاواک ویگلر می گذرند تقویت می کند . اگر چه اصول کار لیزر الکترون آزاد نسبتاً ساده است ولی عملی کردن این اصول بسیار دشوار بوده است. اولین بار هانس ماتز از دانشگاه استانفورد طیف گسیلی باریکه الکترون در میدان مغناطیسی موج را در سال ۱۹۵۱ محاسبه کرد . او و همکارانش ابتدا نور سبز آبی ناهمدوس تولید کردند و بعد موفق شدند که به تقویت همدوس در طول موجهای میلی متری دست یابند . چون کیفیت باریکه الکترون خوب نبود ماتز و همکارانش نتوانستند نور همدوس در طول موجهای مرئی تولید کنند .

در سال ۱۹۵۷ رابرت فیلیپس از شرکت جنرال الکتریک کاربرد میدانهای مغناطیسی موج در تقویت میکرو موج را مستقلاً کشف کرد . او یوبیترون خود را طی هفت سال تکامل بخشید و طرحهای متعددی ارائه کرد که هنوز بکار می روند . یکی از دستگاههای او ۱۵۰ کیلو وات پرتو میکرو موج همدوس در طول موج ۵ میلی متر تولید کرد . فیلیپس از نظر زمانی بد شانسی آورد زیرا در آن زمان دنیای الکترونیک دوران انتقال از الکترونیک لامپی به

الکترونیک جامد و قطعات مبتنی بر مکانیک کوانتومی را می‌گذارند و جنرال الکتریک ساخت یوبیترون را در سال ۱۹۶۴ متوقف کرد.

لیزر الکترون آزاد در سال ۱۹۷۵/۱۳۵۴ بار دیگر مورد توجه قرار داد. این هنگامی بود که میدی (کسی که اصطلاح لیزر الکترون آزاد را رایج کرد) و همکارانش در استنفورد با استفاده از یک ویگلر مارپیچی و باریکه الکترونی که از یک شتابدهنده خطی می‌گرفتند توانستند خروجی لیزر CO<sub>2</sub> با طول موج ۶ و ۱۰ میکرون را تقویت کنند. موفقیت‌های میدی مرهون پیشرفتهایی بود که در تکنولوژی شتاب دهنده‌های خطی و طراحی ویگلر حاصل شد. همزمان با تحقیقات استنفورد آزمایشگران در چندین مرکز کاربر روی لیزرهای الکترون آزاد میکرو موجی (اخلاف یوبیترون) را شروع کردند. هدف از طرح‌هایی که در آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی دانشگاه کلمبیا و موسسه تکنولوژی ماساچوست (MIT) اجرا می‌شد تولید تپهای کوتاه با توان قله بسیار زیاد بود. به فاصله کوتاهی طرح‌های دیگری در اکول پلی تکنیک فرانسه، شرکت TRW و آزمایشگاه ملی لارنس لیومور آغاز شد. (در بسیاری از کاربردها تپهای کوتاه بر تپهای بلند با همان توان متوسط برتری دارد زیرا با تپهای کوتاه قبل از آنکه باریکه فرودی حالت هدف را بطور قابل توجهی تغییر بدهد تعداد بیشتری فوتون تحویل هدف می‌شود.) آزمایشگران از باریکه‌های الکترونی قوی با انرژی‌های بیش از یک میلیون الکترون ولت (MeV) و جریانهای بیش از ۱۰۰۰ آمپر استفاده می‌کردند. گستره توان قله از دو مگا وات در طول موج دو میلی‌متر در کلمبیا تا یک جیگا وات در طول موج هشت میلی‌متر در لیور مور را شامل می‌شد. لیزر لیومور ۲۵ درصد انرژی باریکه الکترونی را به وسیله ویگلر

نایکناخت به پرتوالکترو مغناطیسی تبدیل می‌کرد. تازه در سال ۱۹۸۷/۱۳۶۶ بود که اولین لیزر الکترون آزاد نور مرئی با استفاده از حلقه انباشت الکترون ACQ دانشگاه پاریس در ارسنی ساخته شد. از آن موقع تاکنون لیزر الکترون آزاد دیگری در مجاورت حلقه انباشت در نووسیرسک در اتحاد جماهیر شوروی ساخته شد که نور مرئی گسیل می‌کند. لیزر الکترون آزاد نور مرئی در استنفورد و بخش فضایی شرکت بویینگ در آمریکا نیز با استفاده از شتابدهنده‌های خطی رادیو-بسامدی ساخته شده است. در حال حاضر کار روی لیزرهای الکترون آزاد، هم در طول موجهای مرئی و هم در طول موجهای میلی‌متری ادامه دارد. هدف اصلی پژوهشگران رسیدن به توانهای بیشتر، بخصوص توانهای متوسط بیشتر، و طول موجهای کوتاهتر است. نیل به این هدفها مستلزم پیشرفتهایی است در طراحی شتابدهنده الکترون، تا بتواند باریکه‌هایی شدیدتر و یکنواخت‌تر تولید کند و همچنین در طراحی ویگلر، تا بتواند انرژی بیشتری از الکترونها بگیرد و آن را در طول موجهای کوتاهتر نورجفت کند. بازده لیزر الکترون آزاد ساده‌ای که به ویگلر یکنواخت مجهز باشد حدی دارد.



مقالات مرتبط

- [دانلود مقاله ورزش پزشکی \(کمردرد\)](#)
- [دانلود مقاله نگاهی به فلسفه‌های تعلیم و تربیت](#)
- [دانلود مقاله تاریخچه کارخانه مینو](#)

از این سایت ها نیز دیدن نمایید

- [ترنس لاین ، مرجع مقالات تخصصی فارسی ایران](#)
- [گت پیپر ، منبع مقالات انگلیسی و فارسی](#)
- [دانش رسان ، بیش از 1.5 میلیون مقاله فارسی](#)