

۲۹ و ۳۰ بهمن ۱۳۹۲ - مرکز اصفهان

شتاب گیری باریکه الکترونی توسط موج برنشتاین در پلاسمای مغناطیده

علیرضا پاک نژاد^۱

^۱ دانشگاه آزاد اسلامی شبستر

E-mail: A.Paknezhad@iaushab.ac.ir

چکیده

یکی از روش های گرمایش پلاسما تابش امواج الکترومغناطیسی عادی (مد O) و غیرعادی (مد X) به داخل پلاسما می باشد. در پلاسمای مغناطیده به جای این امواج از تحریک موج الکتروستاتیکی برنشتاین الکترونی استفاده می شود. موج برنشتاین از نوع امواج طولی می باشد که در عرض میدان مغناطیسی منتشر می شود. در پلاسمای مغناطیده گرم این امواج دارای بردار انتشاری به موازات میدان مغناطیسی می باشند. نشان داده می شود که با استفاده از تحریک موج برنشتاین در پلاسما، می توان باریکه الکترونی ورودی به پلاسما را تا انرژی $2.6 MeV$ شتاب داد.

واژه های کلیدی: موج عادی، موج غیرعادی، موج برنشتاین، پلاسمای مغناطیده.

۱ مقدمه

یکی از روش های گرمایش پلاسما انتقال انرژی به پلاسما از طریق تاباندن امواج الکترومغناطیسی یا منابع مایکروویو پرتوان ($\omega = 28 - 160 GHz, I > 100 kW$) به محیط پلاسما می باشد [۱]. در پلاسمای مغناطیده انتقال انرژی با انتشار امواج الکترومغناطیسی عادی یا غیرعادی در عرض میدان مغناطیسی پلاسما مهیا می شود. با این حال به دلیل وجود فرکانس های قطع انتشار این امواج با محدودیت هایی مواجه می شود. با توجه به اینکه به دلیل وجود نقاط قطع موج عادی نمی تواند به مرکز پلاسما نفوذ کند لذا گرمایش پلاسما با موج عادی تنها برای فرکانس های پایین $\omega < \omega_p$ امکان پذیر است. موج غیرعادی نیز می تواند از طرف میدان مغناطیسی خلا به نقاط درونی پلاسما نفوذ کند ولی نمی تواند بطور موثر توسط الکترون ها میرا شده و پلاسما را گرم کنند زیرا نمی تواند شرط تشدید را فراهم کند. بنابراین گرمایش پلاسما توسط این امواج تنها در پلاسماهای کم چگال $\omega_p \leq \omega_c$ امکان پذیر می باشد. در پلاسماهای پرچگال $\omega_p > \omega_c$ می توان با واگردانی امواج عادی یا غیرعادی به امواج برنشتاین نقاط مرکزی پلاسما را بطور موثر گرم کرد [۲ و ۳]. امواج برنشتاین از نوع امواج الکتروستاتیکی بارفضایی طولی می باشند که برای انتشار نیاز به محیط پلاسمای مغناطیده دارند بنابراین تحریک آنها فقط در داخل پلاسمای مغناطیده امکان پذیر است. امواج برنشتاین بر خلاف امواج عادی و غیرعادی در قطع های چگالی نیز می توانند منتشر شوند زیرا بردار انتشار این امواج حتی در چگالی های بالا نیز حقیقی باقی می ماند. طول موج این امواج نیز در حدود ۴ برابر شعاع لارمور الکترون ها می باشد [۵].

در پلاسمای سرد امواج برنشتاین کاملاً عمود بر میدان مغناطیسی منتشر می شوند. در پلاسمای گرم، این امواج علاوه بر انتشار در راستای عمود بر میدان مغناطیسی، در امتداد میدان مغناطیسی نیز هدایت داده می شوند زیرا در پلاسمای گرم تانسور دی الکتریک و بردار انتشار به دمای پلاسما بستگی پیدا می کند. همچنین وجود توزیع چگالی غیریکنواخت در پلاسما می تواند مدهای مختلف امواج برنشتاین را تحریک کند که در نقاط مشخصی موضعی می شوند. امواج برنشتاین امکان گرمایش پلاسما را از طریق جذب هارمونیک های بالاتر فرکانس های تشدید را نیز فراهم می کنند. برای انتشار این امواج حتماً بایستی یک گرادیان چگالی در عرض