「電磁波によるプラズマ診断」

(Vol. 52, No. 2, p. 129) に対するコメント

佐 藤 浩 之 助

(名古屋大学プラズマ研究所)

(1985年7月9日受理)

Comment on “Plasma Diagnostics with Electromagnetic Waves” (Vol. 52, No. 2, p. 129)

Kohnosuke Sato

(Received July 9, 1985)

Abstract

A comment is described as to the scattering parameter region for ion temperature measurement of plasmas by collective laser scattering.

「プラズマの計測法」についての講座の第2章電磁波によるプラズマ診断(築島・間瀬両氏, Vol. 52, No. 2, p. 129)の中の, 「散乱法によるイオン温度計測」の内容に関して, コメントをさせていただきたい。

築島・間瀬両氏の長文の労作に対し, ほんの一部のことに目くじらを立てるのもどんなものかと躊躇をしたが, しかし今後の計測の重要な項目の一つである, “散乱によるイオン温度計測”の基本をなす部分についての記述であり, したがってその本文中のパラメーター領域の記述もクリティカルな値であるので(図1実線参照¹⁾), 広く誤解を招かないためにも, 敢えてコメントさせていただく事が良いと考えた。

当該文の「4. 4 遠赤外レーザー散乱によるイオン温度測定 (Vol. 52, No. 2, p. 157) の第1行に,

「イオン温度測定には $\alpha^2 \gg 1$ の条件が必要である。」

とあり, かつ同3行目に

「……下限値から 1桁はなれた所をひとつの目安とすれば, λ_i は $60 \mu\text{m} \lesssim \lambda_i \lesssim 1000 \mu\text{m}$ (1mm) の範囲にならなければならない。……」

図 1. 散乱パラメーター α が 1 となるための、入射波長 λ_i とプラズマ密度 n_e との関係 (実線)。(但し、 $T_e = 1 \text{ keV}$, $\theta_s = 5^\circ$ and 90° の場合)

図 2. α を変えた時の、散乱スペクトルの計算例。²⁾

とある。

しかしながら、散乱スペクトルに対するイオン温度の影響は、散乱パラメーター α が 1 近傍から現われる。計算による解析例²⁾では、スペクトルは $\alpha = 1.09$ で既にイオン温度を反映したピークを持つことが示されており、また一方実験的には、 $\alpha \gg 1$ の領域への到達が比較的困難な事もあり、 $\alpha \gtrsim 1$ の領域でのイオン温度計測を目指して各地で色々と努力がなされている^{3~5)}。

更に、「1桁はなれたところを 1 つの目安とする」考え方は、数値的誤りに誘因があったのではないかも思われる。すなわち、本文の p. 155 の下から 11 行目に

$$\lambda_D \simeq \epsilon_0 \kappa T_e / e^2 n_0 \simeq 7 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

とあるが、 $n_0 = 10^{13} \text{ cm}^{-3}$, $T_e = 1 \text{ keV}$ のプラズマでは λ_D は約 $7 \times 10^{-3} \text{ cm}$ であり、(これに伴って p. 155

下から10行目の λ_i の条件は、 $\lambda_i < \underline{6.3 \times 10^{-2}} \text{ cm}$ が正しい。)この関係から、p. 157の4.4節の2行目の

$$\lambda_i > \underline{6.3 \times 10^{-4}} \text{ cm}$$

は

$$\lambda_i > \underline{6.3 \times 10^{-2}} \text{ cm}$$

となるべきである。(この結果、もし1桁はなれた所をとるとすると、条件は $\lambda_i > 6 \text{ mm}$ となってしまう。)すなわち、 $n_e \sim 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 、 $T_e \sim 1 \text{ keV}$ 程度のプラズマを対象としたとき、散乱角 $\theta_s = 90^\circ$ の計測では $\lambda_i > 6.3 \times 10^{-2} \text{ cm} = 630 \mu\text{m}$ という条件となる訳で、この波長領域ではそろそろ屈折などのプラズマの影響が大きくなることを考え合わせると、 90° 散乱は困難であることが判る。

現在実験的に進められている例では、 D_2O レーザー($\lambda_i = 385 \mu\text{m}$)でも前方散乱($\theta_s = 18 \sim 20^\circ$)を行っており、更に CO_2 レーザー($\lambda_i = 10.6 \mu\text{m}$)により $\alpha \cong 1$ 近傍を狙ったぎりぎりの極端前方散乱($\theta_s = 1^\circ$)の試み⁴⁾もあり、イオン温度測定を目指した散乱計測にとっては、 $\alpha \sim 1$ ($\alpha \gtrsim 1$)の領域は非常に重要な部分になっている訳である。

参 考 文 献

- 1) K. N. Sato: レーザー研究 13 (1985) No.10.
- 2) H. J. Kunze: *Plasma Diagnostics* (Ed. by W. Lochte-Holtgreven, North-Holland, 1968) p. 550.
- 3) P. Woskoboinikow *et al.*: 8th Int. Conf. on IR and MM Waves (Dec. 1983) T1.2
- 4) G. Taylor and N. Bretz: Bull. of APS 26 No.7 (1981) 6T11.
- 5) T. Okada *et al.*: Int. J. of IR and MM Waves 6 (1985) to be published.