Gerhard Franz
Niederdruckplasmen und Mikrostrukturtechnik

Errata

S. 9: Tabelle 2.2 statt Tabelle 3.1
S. 11: Nach Gl. 2.7. statt $< E_{\mathrm{kin}} >= {}^3\!/_2 k_{\mathrm{B}} T_{\mathrm{e}}$ $< E_{\mathrm{kin}} >= {}^3\!/_2 k_{\mathrm{B}} T$
S. 12: λ_{D} der Sonne ist 5 μm, im Orionnebel 70 cm.
S. 18: in Gl. (2.29) linke Seite: statt Dichte Zahl:

$$\frac{\partial N_{\mathrm{A}^+}}{\partial t} = k_{\mathrm{Ion}} n_{\mathrm{e}} n_{\mathrm{A}} \pi r^2 L. \tag{2.29}$$

S. 19: in Gl. (2.32) linke Seite: statt Dichte Zahl:

$$-\frac{\partial N_{\mathrm{A}^+}}{\partial t} = n_{\mathrm{A}^+} v_{\mathrm{B}} \left(2 \cdot \pi r^2 \cdot \frac{n_a}{n_0} + 2\pi r L \cdot \frac{n_r}{n_0} \right). \tag{2.31}$$

S. 40, Caption zu Abb. 3.12: Die Asterisken stammen von Schulz, die Kreise von Craggs et al.
S. 96, Abschn. 5.3.2, erster Satz: Nach dem 1. Kirchhoffschen Gesetz ist der durch den Stromkreis fließende Gesamtstrom gleich der (geometrischen) Summe der Teilströme:
S. 96, Gl. (5.64): $\tilde{I}$ im Nenner muß gestrichen werden:

$$\tilde{I}_{\mathrm{L}} = \frac{\tilde{U}}{\mathrm{i}\omega L} = -\mathrm{i}\frac{\tilde{U}}{\omega L}, \tag{5.64}$$

S. 97, nach Gl. (5.65) müssen die Symbole für Grad ohne Zwischenraum an die Zahl gehängt werden: die Phase des Stroms hängt in der Spule gegenüber der Spannung um 90° zurück, eilt dagegen im Kondensator um 90° voraus.
S. 99, nach Gl. (5.79): mit d der Dämpfung gelten soll. S. 100: Somit treten neben der Resonanzfrequenz bei ω_0 zwei weitere Strommaxima vor und nach ω_0 auf, die durch die Rückkopplung des Resonanzkreises auf den Oszillatorkreis bedingt sind, **und** die durch den Kopplungsfaktor k definiert ist.
S. 192: so weisen 5 eV-Elektronen bei 875 Gauss einen Larmor-Radius von ungefähr 86 μm auf, während dieser für thermische (500 K) Ar-Ionen dagegen etwa 2,15 mm beträgt.
S. 456, zwei Vorzeichenfehler zwischen Textblock vor Gl. (14.145) und bis. Gl. (14.148):

$$\nabla \times \boldsymbol{H} = \left(\frac{\sigma}{\varepsilon_0 \mathrm{i}\omega} + \varepsilon \right) \cdot \varepsilon_0 \mathrm{i}\omega \cdot \boldsymbol{E}, \tag{14.143}$$

oder

$$\nabla \times \boldsymbol{H} = (\sigma + \varepsilon_0 \varepsilon \mathrm{i}\omega)\boldsymbol{E}, \tag{14.144}$$

wobei der erste Summand den Leitungs- und der zweite den Verschiebungsstrom darstellt. Da Lösungen für Felder ebener elektromagnetischer Wellen, also $\boldsymbol{E} = \boldsymbol{E}_0 \exp -\mathrm{i}(\boldsymbol{k} \cdot \boldsymbol{x} - \omega t)$ gesucht werden, für die das FARADAYsche Gesetz $\nabla \times \boldsymbol{E} = -\mathrm{i}\omega\mu_0 \boldsymbol{H}$ gilt, und $\nabla \times \nabla \times \boldsymbol{E} = -\nabla^2 \boldsymbol{E} = -\mathrm{i}\omega\mu_0 \nabla \times \boldsymbol{H} = k^2 \boldsymbol{E}$, folgt

$$\nabla \times \boldsymbol{H} = -\frac{\nabla \times \nabla \times \boldsymbol{E}}{\mathrm{i}\omega\mu_0} \Rightarrow (\sigma + \varepsilon_0\varepsilon\mathrm{i}\omega)\,\mathrm{i}\omega\mu_0 \boldsymbol{E} = -k^2 \boldsymbol{E}; \tag{14.145}$$

damit für den Zusammenhang zwischen $\boldsymbol{E}$ und $\boldsymbol{H}$:

$$\boldsymbol{H} = \frac{\boldsymbol{k} \times \boldsymbol{E}}{\omega\mu_0} \tag{14.146}$$

und für den komplexen Wellenvektor

$$k^2 \boldsymbol{E} = \left(1 - \frac{\mathrm{i}\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon\omega}\right) \varepsilon \frac{\omega^2}{c^2} \boldsymbol{E} \tag{14.147}$$

bzw. mit Gl. (14.142)

$$k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \varepsilon \left(1 - \frac{\mathrm{i}}{\varepsilon\omega} \frac{\omega_\mathrm{P}^2}{\nu_\mathrm{m} + \mathrm{i}\omega}\right). \tag{14.148}$$

Trennen von Real- und Imaginärteil liefert:

$$k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \varepsilon \cdot \left(1 - \frac{\omega_\mathrm{P}^2}{\varepsilon(\omega^2 + \nu_\mathrm{m}^2)} \left(1 + \frac{\mathrm{i}\nu_\mathrm{m}}{\omega}\right)\right). \tag{14.149}$$

Vernachlässigen wir jede innere Polarisierbarkeit der Ionen, was für den Bereich unterhalb der Plasmafrequenz der Elektronen eine gute Näherung ist, wird $\varepsilon = 1$, und wir erhalten für $(k^2c^2)/\omega^2$, das das Quadrat des komplexen Brechungsindex ist:

$$n^2 = \frac{k^2c^2}{\omega^2} = 1 - \frac{\omega_\mathrm{P}^2}{\omega^2 + \nu_\mathrm{m}^2} \left(1 + \frac{\mathrm{i}\nu_\mathrm{m}}{\omega}\right), \tag{14.150}$$

S. 461, nach Gl. (14.166): Beispiel: statt 95 s^{-1} $95 \cdot 10^6\ \mathrm{s}^{-1}$:
Für ein induktiv gekoppeltes Ar-Plasma mit

- $\omega = 2 \cdot \pi \cdot 13,56$ MHz = 85,2 MHz,
- $n_\mathrm{P} = 10^{12}\ \mathrm{cm}^{-3}$,
- $\nu_\mathrm{P} = 9$ GHz oder $\omega_\mathrm{P} = 56{,}5$ GHz,
- $p = 10$ mTorr (1,3 Pa),
- $T_\mathrm{e} = 4$ eV,

- $\nu_\mathrm{m} = 95 \cdot 10^6\ \mathrm{s}^{-1}$ (1,3 Pa)

ist δ dann 3,5 mm oder $\delta/\lambda_0 =$ 3,5 mm/22,1 m $= 1,6 \cdot 10^{-5}$. In Kupfer würde die Eindringtiefe für 13,56 MHz ($\lambda_0 =$ 22,1 m) 160 μm und für 2,45 GHz ($\lambda_0 =$ 12,25 cm) 12 μm betragen.