

Prom. Nr. 3687

**Der Skineffekt bei anisotropen Plasmen  
mit besonderer Berücksichtigung  
von Resonanzerscheinungen im induktiv  
erregten Hochfrequenzplasma**

Von der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN  
HOCHSCHULE IN ZÜRICH

zur Erlangung  
der Würde eines Doktors der Naturwissenschaften  
genehmigte

PROMOTIONSARBEIT

vorgelegt von

BURKHARD PFEIFFER  
dipl. Physiker Universität Würzburg  
Deutscher Staatsangehöriger

Referent: Herr Prof. Dr. F. Borgnis  
Korreferent: Herr Prof. Dr. G. Busch



Juris-Verlag Zürich  
1965

## SUMMARY

The complete electromagnetic field has been calculated within a homogeneous infinite two dimensional plasma sheath with a perpendicularly applied static magnetic field. The plasma is produced by a high frequency electromagnetic field at the surface. The fields are discussed in terms of the dispersion relation. With no applied static magnetic field a strong skin effect restricts the production of carriers at high densities. However the situation is altered when the static magnetic field is superimposed. When the electron cyclotron frequency is greater than the frequency of the applied high frequency electromagnetic field at the surface the refractive index of the medium becomes real for a right hand polarized wave and one has an increased penetration of high frequency energy into the interior of the plasma. It is also possible for the refractive index to reach a value such that the thickness of the plasma sheath is half a wavelength. In this case resonance effects should be expected for the right hand circular polarized wave which propagates in the plasma. Experimental investigations of a plane plasma sheath confirm this behaviour as well as the theoretical dependence of the resonance on the different parameters. Investigations on an electrodeless ring discharge with a superimposed static magnetic field perpendicular to the axis of the discharge also exhibit a similar resonance behaviour, which was first reported in 1948. However a valid physical explanation has not been previously established in the literature. The phenomenon is widely used to optimize the carrier production in inductively coupled high frequency ion sources.

## ZUSAMMENFASSUNG

Ausgehend von der Appleton-Hartree-Theorie werden die hochfrequenten elektromagnetischen Felder in einer ebenen, homogenen, in zwei Dimensionen unendlich ausgedehnten Plasmaschicht berechnet, der senkrecht zur Oberfläche ein homogenes statisches Magnetfeld überlagert ist. Als Anregung dieser Plasmaschicht wird ein hochfrequentes elektromagnetisches Feld vorausgesetzt, das auf der Plasmaoberfläche aufgeprägt wird. Die Beeinflussung der Felder durch das überlagerte statische Magnetfeld, das die Dispersion beeinflusst, wird untersucht. Bei hohen Trägerdichten und ohne statisches Magnetfeld tritt ein starker Skinneffekt auf, der das Eindringen der Felder in das Plasma und damit die Trägererzeugung durch das hochfrequente Feld erschwert. Die Ueberlagerung des statischen Magnetfeldes, dessen zugehörige Elektronenzyklotronfrequenz grösser als die Frequenz des aufgeprägten hochfrequenten elektromagnetischen Feldes auf der Oberfläche sein muss, bewirkt, dass Hochfrequenzenergie in das Plasma eindringt. Unter bestimmten Umständen, wenn die Dicke der Plasmaschicht gleich einer halben Wellenlänge der in das Plasma eindringenden Welle ist, tritt eine Resonanzanregung der Plasmaschicht ein, die zu besonders hohen Trägerdichten führt. Experimentelle Untersuchungen an einer ebenen Plasmaschicht bestätigen diesen Effekt ebenso wie die theoretisch berechnete Abhängigkeit der Resonanz von den verschiedenen Parametern.

Untersuchungen an einer elektrodenlosen Ringentladung bei Ueberlagerung eines statischen Quermagnetfeldes, die zu den seit 1948 bekannten Resonanzerscheinungen führt, zeigen den engen Zusammenhang mit den betrachteten Verhältnissen im ebenen Fall. Damit konnte ein Phänomen physikalisch geklärt werden, über das bisher zahlreiche Untersuchungen, aber keine zutreffenden Deutungen in der Literatur existieren und das praktisch zur Optimierung der Trägererzeugung in induktiv gekoppelten Hochfrequenzentladungen, insbesondere Hochfrequenzquellen, benutzt wird.