

Microwave Surface Wave Discharges for plasma Processing

メタデータ	言語: en 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Kudela, Jozef メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/1507

氏名・(本籍)	ク デ ラ ヨ ゼ フ (スロバキア)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博甲第 194 号
学位授与の日付	平成 11 年 9 月 27 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻の名称	電子科学研究科 電子応用工学
学位論文題目	Microwave Surface Wave Discharges for plasma Processing (プラズマプロセッシング用マイクロ波表面波放電)

論文審査委員	(委員長)				
	教授	皆 方 誠	教授	神 藤 正 士	
	教授	畑 中 義 式			
	助教授	木 下 治 久			

論 文 内 容 の 要 旨

The recent trend in the microelectronic industry has brought the demand for the high-density plasma sources with increasingly larger diameters. For nowadays standard, the *12-inch-technology* or also called *300-mm-technology*, many RF, VHF and UHF plasma sources have been developed and tested in the past few years. Among them, a promising category of plasma sources for the future appears to be in so-called *large area surface-wave plasma sources*. These sources are based on the absorption of the energy of an electromagnetic wave (mostly microwaves are used) propagating in a self-consistent plasma-dielectric waveguide. This principle of plasma production is known for almost three decades and has been used for sustaining long cylindrical discharges in thin dielectric tubes. In planar configurations, which has emerged only recently, the surface wave enables the enlargement of high-density plasma (10^{11} - 10^{13} cm⁻³) into the large volumes.

This work focuses on the study and production of microwave surface wave discharges, aimed for the applications in plasma processing. A 300-mm-diameter plasma source operating at 2.45GHz has been designed and built. In argon, within the pressure range from 1mTorr to 200mTorr and within the power range from 200 up to 3000W, plasma densities in the orders of 10^{11} - 10^{12} cm⁻³ and the electron temperatures from 1.2 to 3.8e V are achieved. Operation of the source is described along with the characterization of the produced plasma. Basic phenomena of the plasma production in the source are supported also by the results of a study of surface wave discharge in its classical configuration-thin cylindrical tube.

The thesis is organized as follows. Chapter 1-introduces the plasma and plasma technology and their increasing influence on human being's life. The basic plasma sources are briefly described. In chapter 2, a definition of electromagnetic surface wave and a characterization of surface wave propagation in plasma are given. This is followed with a brief history of surface wave discharges sustained in thin cylindrical tubes. In chapter 3,the basic concepts of a large area surface wave plasma source are described with a detailed review of most important designs their parameters. Chapter 4 presents our concept and design of our source. Characterization of this source with the experimental results, achieved by means of diagnostic tools described in chapter 5, are given in chapter 6. The results are presented in the form of publications as they were published on international conferences of scientific journals. Chapter 7 describes a study of propagation and maintenance of a surface wave discharge in its classical configuration, a thin cylindrical dielectric tube-a configuration very suitable for simple measurements of phenomena occurring also in large area sources. Finally, chapter 8, summarizes the work and suggestions for further research are given.

論文審査結果の要旨

近年、電子デバイス製造の分野では表示装置の面積化や製造コストの削減などに対処するために、低気圧下で安定な高密度大口径のプラズマ源が求められている。

本研究では、上記の要請を満たすプラズマとして2.45GHzのマイクロ波により生成される表面波励起プラズマが有望と考え、その生成機構ならびに基礎現象の解明を行った。さらにプラズマの応用分野で要望の強いプラズマの直径ならびに密度分布の制御法の確立をめざした研究を行った。

第1章は本論文の序章であり、プラズマの定義、自然界におけるプラズマ、近年の10年間に進展したプラズマプロセッシングでの利用等が概説されている。

第2章では、表面波の理論的取り扱いを紹介するとともに、25年前から研究されて手法の確立されている石英細管内への表面波プラズマの生成とその特徴に関する研究が概観されている。

プラズマプロセッシングへの利用を意図して、表面波プラズマの主要な研究はこれまでの細管内プラズマから大口径平板状プラズマに移行してきている。第3章ではこの研究の流れを表面波の励振方法により円環状と平板状とに分けて整理し、それらの特長をまとめている。

第4章では、本研究で製作した平板状大口径表面波プラズマ装置の設計方針、表面波励起用アプリケーション、マイクロ波回路系および排気系が紹介されている。表面波プラズマの計測装置は第5章で紹介されている。

第6章では、生成された平板状表面波プラズマの基礎特性が紹介されている。アルゴンを用い1–200mTorrの圧力下で、200–3000Wのマイクロ波を入射することにより、プラズマ密度 10^{11} – 10^{12} cm⁻³、電子温度1–4eV、直径300mmのプラズマが生成されている。また、方位角方向へのモードの回転や10mTorr以下のプラズマにおける高エネルギー電子ビームの存在等は本研究で初めて見出された現象であり、プラズマ生成機構との関連で興味をもたれる。

プラズマプロセッシングでは、実用的な観点から径方向密度分布の制御に多大の関心が持たれている。第7章ではプラズマの直径と径方向の密度分布を制御する方法を取り上げている。T接合素子がマイクロ波電力の輸送を調整できることに着眼して新たな制御装置を考案して実験したところ極めて優れた動作をすることを確認した。

第8章は、再び細管内の表面波プラズマを取り上げ、マイクロ波パルスで励起された表面波の伝搬特性を高速度カメラにより観測している。この結果、放電開始機構と表面波伝搬速度に関する新たな特性を見出している。

以上のように本研究は、表面波プラズマの基礎研究から工学的な応用に意図した広範な研究を行い成果を収めている。よって、本論文は博士(工学)を授与するにふさわしい内容を有するものであることを認める。