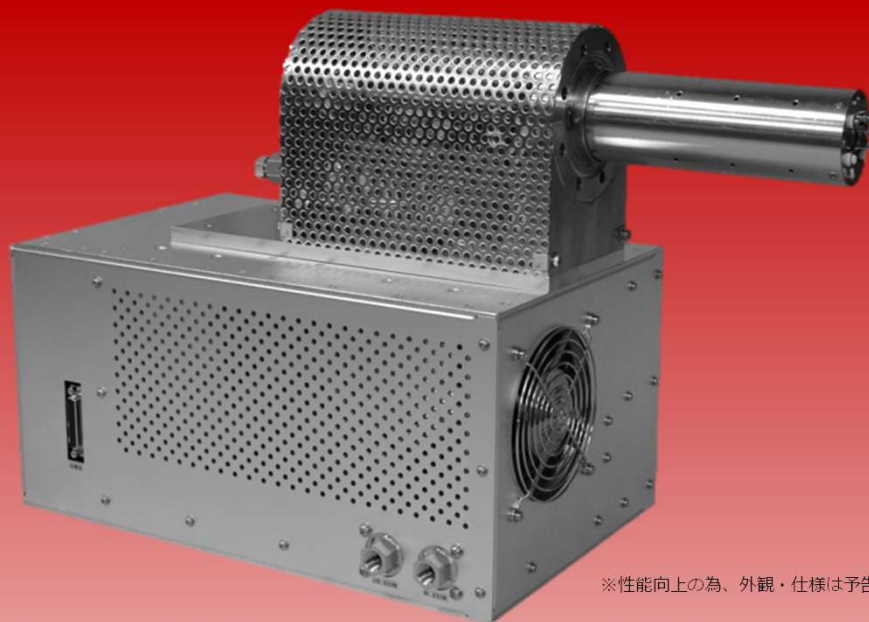


高速結晶成長 & 高品質結晶成長両立させる唯一のラジカル源

# High Density Radical Source <HDRS>



※性能向上の為、外観・仕様は予告なく変更することがあります。

- ・高フラックスの Nラジカル供給により、MBE成膜速度を向上
- ・ラジカル絶対量を定量保証（名古屋大学共同開発の専用計測器を使用）
- ・不純物フリー設計により、高品質GaNの高速成長を実現
- ・パワーデバイス・LEDの成長に最適
- ・Oラジカル生成対応により、酸化物材料へも展開可能

## 特徴

- ・イオン除去、電子除去機構付き
- ・H,N,O高密度ラジカル発生
- ・ICF114フランジ取付
- ・プロセスチャンバー圧力調整用オリフィス付き

## 構成

- ・原子状ラジカル発生源
- ・ヘッド一体型マッチングボックス
- ・ガス供給装置（オプション）
- ・フィードバック制御（オプション）

## 参考文献

1. G. Herzberg, Spectra of Diatomic Molecules, 2nd ed. (Van Nostrand, New York, 1950).
2. O. Oda and M. Hori, Phys. Stat. Sol. A 218, 2000462 (2021).
3. S. Takashima et al., J. Vac. Sci. Technol. A 19, 599 (2001).
4. S. Chen et al., Jpn. J. Appl. Phys. 50, 01AE03 (2011).
5. F. Natali et al., J. Crystal Growth 311, 2029 (2009).
6. Y. Kawai et al., Phys. Status Solidi C 8, 2089 (2011).
7. T. Tabata et al., Phys. Status Solidi C 3-4, 646 (2012).
8. Y. Tsutsumi et al., ISPlasma2014/IC-PLANTS 2014, 06aP46 (2014).
9. Y. Cordier et al., J. Crystal Growth 433, 165 (2016).
10. C. Gerin et al. ACS Appl. Nano Mater. 720301 (2024).
11. Y. Horikoshi et al., Jpn. J. Appl. Phys. 25, L868 (1986).

## 特許

特許番号：JP-5673924, JP-5669084, JP-5896384, JP-5938809, JP-6519027

Patents : EP.2610895.B1 (DE,GB,FR), EP.3113583.B1 (DE,GB,FR), US9447518B2, US10577719B2, US10312054B2

### 窒素分子から原子ラジカルへの生成過程

窒素分子は、電子との衝突により高エネルギー状態へ励起され、分子結合が切断されて原子状の窒素ラジカルを生成します。生成された原子ラジカルは、最終的に基底状態へ遷移します。この一連の過程において、電子エネルギー分布がラジカル生成効率を支配します。

#### ポイント①

窒素分子を励起・解離させるには、約14 eVの電子エネルギーが必要です(参考文献 1)。

### プラズマ科学に基づくラジカル生成原理の再考

従来のICP源では、電子密度のピークは低電子温度領域(約2 eV)に存在します。一方、窒素分子の解離に必要な高エネルギー領域(約14 eV)では、電子数が極めて少ないことが分かっています。CCP源では、14 eV付近においても電子が存在し、ICPとは異なる電子エネルギー分布特性を示します(参考文献 2)。

#### ポイント②

窒素分子の解離に必要なエネルギー領域では、従来のICP源では電子が不足しています(参考文献 2)。

### プラズマ科学に基づくハイブリッドプラズマ源

ICPとCCPそれぞれの特性を活かした、独自のハイブリッドプラズマ源を開発しました。

#### ポイント③

ICPとCCPの融合した、これまでにない新しいプラズマ源です。

### ラジカル発生量の定量評価

新規ハイブリッドプラズマ源における原子ラジカル生成量を、従来プラズマ源と比較評価しました。ラジカルは中性種であり計測が困難なため、一般的な製品仕様では定量値が示されていません。本評価では、吸収分光法に基づく専用計測器を用い、窒素原子ラジカル量を定量評価しました(参考文献 3, 4)。

※吸収分光法：物質固有の吸収波長から吸収率を測定し、原子密度を算出する手法

#### ポイント④

製膜に重要な原子ラジカルを計測した、初めてのプラズマ源です。

### ラジカル量の実測によりプラズマ源の差異を確認

ラジカル量を実測することでプラズマ源特性の比較

- ・HDRS : 高分圧条件でも安定放電
- ・CCP特性 : 高分圧下でも電子生成が可能
- ・ICP源 : 放電条件に明確な限界が存在
- ・窒素流量を増加(～2 sccm以上)するとICPでは放電・計測が困難 ※

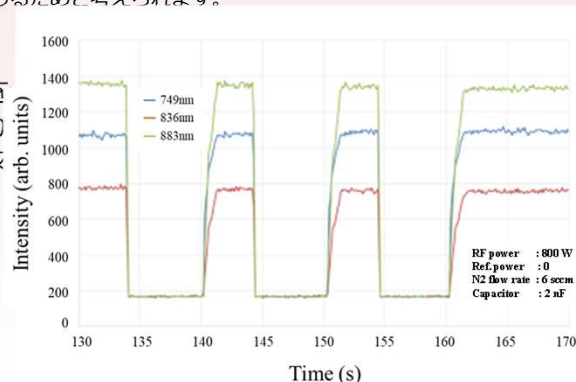
※推測：窒素流量増加により分圧が上昇し、平均自由行程の短縮および電子温度低下が生じるためと考えられます。

#### ポイント⑤

実測により、従来ICP源と比較して窒素ラジカル密度が大幅に差異を向上されることを確認した他、ユーザーにおいてもGaNの成長速度が2倍近くになる、高品質膜が得られるという報告を得ています(参考文献 5-10)。

#### ポイント⑥

瞬時にプラズマが安定するため、ラジカルの供給/停止を瞬時に制御できます。この機能により、結晶性不整合を防止する手法として提案されている、MEE (Migration Enhanced Epitaxy) 法(参考文献2)の実現が期待されます。



HDRSでのプラズマの時間依存性

### 《 研究・開発 》

国立大学法人 東海国立大学機構 名古屋大学  
低温プラズマ科学研究センター  
住所 〒464-8601  
愛知県名古屋市千種区不老町  
国立大学法人 東海国立大学機構  
ナショナル・イノベーション・コンプレックス4F  
E-mail: contact@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp  
https://www.plasma.nagoya-u.ac.jp/

### 《 製造元 》

NU-Rei株式会社  
住所 〒464-8601  
愛知県名古屋市千種区不老町  
国立大学法人 東海国立大学機構  
TOIC名古屋サイト 4階402 産学連携オープンラボ  
TEL (052) 890-4320  
https://nu-rei.co.jp/