

# 超伝導高周波加速空洞高電界化の新技術 の開発



従来の加速空洞では加速勾配  $40\sim 50$  MV/mが限界  
これをさらに引き上げるための新技術の開発

02262017 H. Hayano, KEK

分担研究者; 早野、佐伯、加藤、久保、及川(D1): KEK  
岩下: 京大、 他

# 開発研究の状況 (2017/02/25 現在)

## (1) ALD成膜装置の開発

装置が完成し、自動プログラムによりNbN薄膜を生成試験中。

## (2) 薄膜評価装置の開発

### (a) DC、AC臨界磁場計測装置

クライオスタットに小型冷凍機を組込んだ装置が完成。

1月に液体ヘリウムを使用した冷却試験を行った。

### (b) RF臨界磁場計測装置

測定空洞アルミモデルの性能を評価した結果、励起用アンテナとピックアップ用アンテナが使用モードを乱していることが判明し、現在、シミュレーションとそれを基にしたモデル改造を繰り返し行っている。

### (c) 超伝導転移計測装置 (RRR計測)

計測装置は3Kまで到達できている。

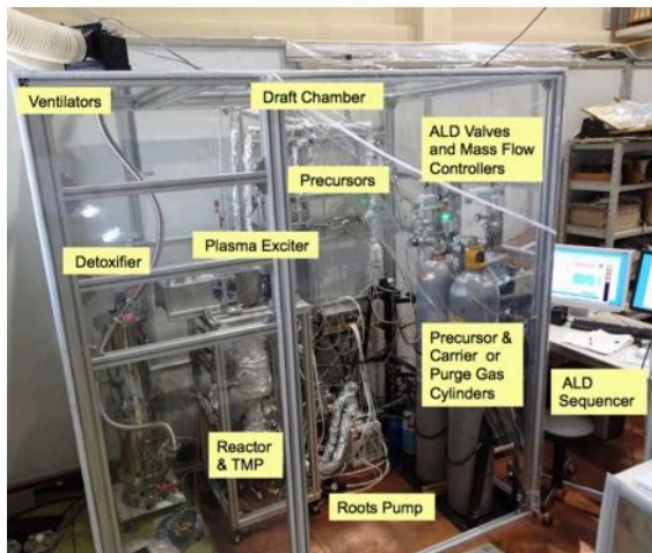
各種薄膜サンプルを計測中。

ALDによる薄膜サンプルのT<sub>c</sub>測定も行った。

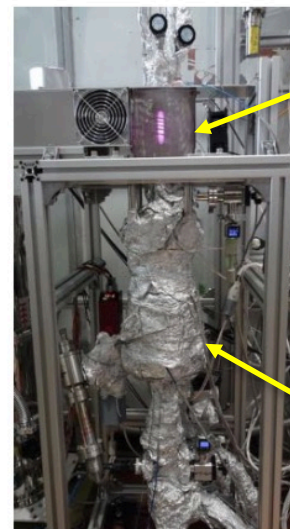
(1)

# ALD装置の現在状況(2017年02月)

## First ALD System for SRF Cavity in KEK



## Plasma exciter with 13.56MHz RF power and reactor



プラズマ励起

サンプル成膜チェンバー

RECIPE DETAIL SETTING RECIPE 7 RECIPE NAME TEST 161221 2017/01/11(WED) 17:18

### 1 PREPARATION

**SOURCE SELECTION**

SOURCE 1: TBTM SOURCE 1 SET: 90°C OFF IL11 SET: 90°C ON RGA SET: 100°C OFF

SOURCE 2: TMA SOURCE 2 SET: 0°C OFF IL21 SET: 0°C OFF Baratron HEATER SET: 100°C ON

SOURCE 5: H2O SOURCE 5 SET: 0°C OFF NS SET: 0°C OFF IL51 SET: 0°C OFF

Exhaust Line: OL11 SET: 120°C ON OL12 SET: 100°C ON OL21 SET: 100°C ON OL22 SET: 100°C ON

Vessel & Sample: VESSEL TOP SET: 150°C ON VESSEL BOTTOM SET: 150°C ON SAMPLE SET: 120°C OFF

**Flow Setting**

N2 GAS Flow SET: 0 SCCM

**Heater Interlock**

Heater Interlock ON Select VQ: 99.2 Set Point for Interlock (VQ MKS 989): 1.00 E-6 Pa

**Heater Timer**

NOT USE TIMER START Set Time: 0 hours 0 min Times: 0.0 hours left

### 2 SEQUENCE Setting

| Sequence No.         | 1   | 2       | 3          | 4       | 5   | 6       | 7          | 8                    | 9       | 10  | 11      |
|----------------------|---|---------|------------|---------|---|---------|------------|----------------------|---------|---|---------|
| Action               | Gas Purge   | Waiting | Deposition | Waiting | Gas Purge   | Waiting | Deposition | Plasma ON            | Waiting | Gas Purge   | Waiting |
| Gaseous Species      | Ar  |         | SOURCE 1   |         | Ar  |         | SOURCE 5   | Ar                   |         | Ar  |         |
| Flow SET             |   |         |            |         |   |         | 0 SCCM     | 0 SCCM               |         |   |         |
| Pressure SET MKS901P | Set Max Press: 1.00 E-6 Pa Set Min Press: 1.00 E-6 Pa |         |            |         | Set Max Press: 1.00 E-6 Pa Set Min Press: 1.00 E-6 Pa |         |            | Power SET: 0 W RF ON |         | Set Max Press: 1.00 E-6 Pa Set Min Press: 1.00 E-6 Pa |         |
| Duration or Times    | 2 times   | 10 sec  | 3 sec      | 10 sec  | 2 times   | 10 sec  | 0 sec      | Before Plasma ON     | 1 min   | 10 sec  | 2 times |
| Use or not           | not use   | USE     | USE        | not use | USE   | not use | USE        | USE                  | USE     | USE   | USE     |

Repetition from No. 2 to No. 11 Repeat count SET: 300 Recipe Start Count-down: 0 times

Time Calculation Total Required Time: 22 h 25 min Recipe Stop Count-up: 0 times

Elapsed Time: 0 hours 0 min

PGMKSS901P: 1.27 E+1 Pa Baratron Pressure: 6.50 E-6 Pa CCGMKSS99-1: 6.50 E-6 Pa CCGMKSS99-2: 5.43 E-6 Pa

**PLASMA Setting**

SOURCE: 5 INTERLOCK OFF Temp. Set Point: 0°C Press. Set Point: 0.000 E-6 Pa Percentage of PWR(PW/PWD) SET: 0%

**Toxic Gas Leak**

0 PPM Toxic Gas Interlock: ON Toxic Gas Limit: 500 PPM

**TIME Adjustment**

Master Sw ON SAVE READ Recipe Open

**Change Screen**

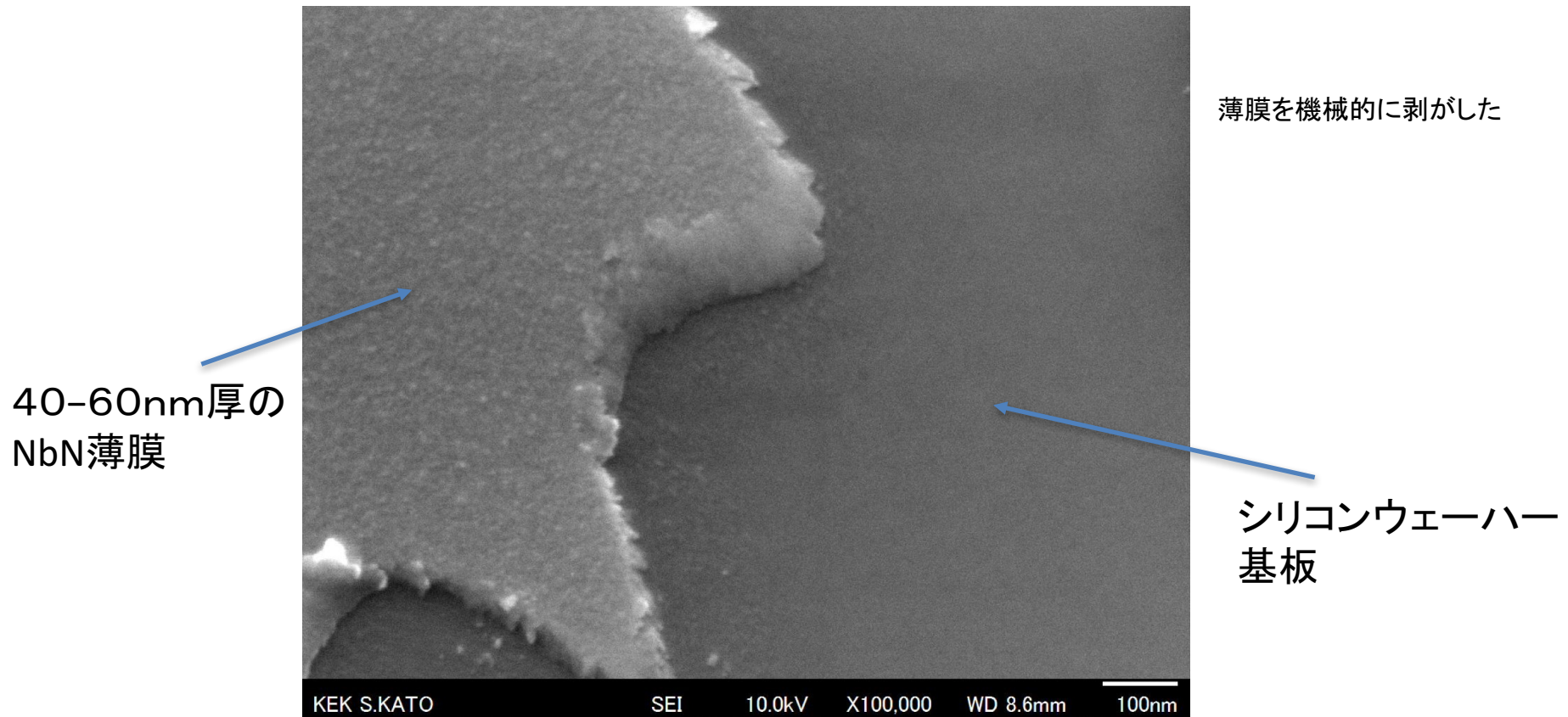
ALD Equipment Temperature & Flow Setting LOGGING ERROR RESET

ALDパラメーターの  
制御画面

(1)

# ALD装置によるNbN薄膜の生成

- 反応室温度：150℃
- Ar plasma cleaning：1h
- Ar/NH<sub>3</sub>流量[CCM]：1/8
- plasma power：50W、plasma点火時間：1min
- 1cycle：Ar purge 4回 skip、約4.5分、繰り返し：300回（22時間半）
- TBTEMN暴露量：7~2.5Pa、10<sup>5</sup>L/cycle

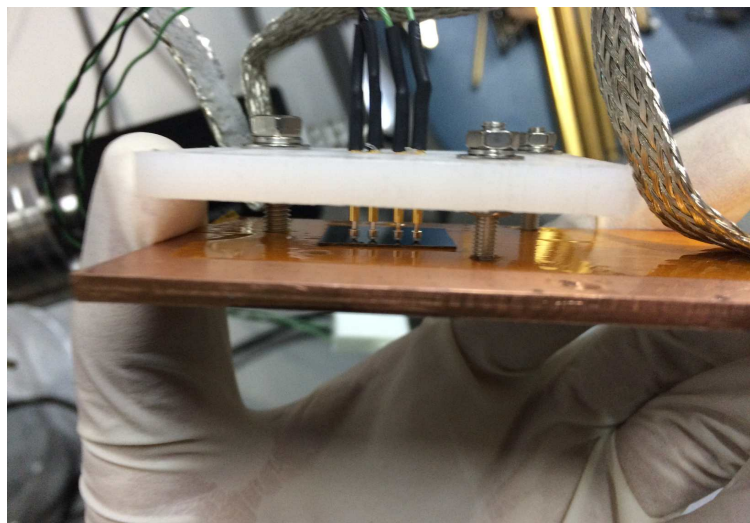




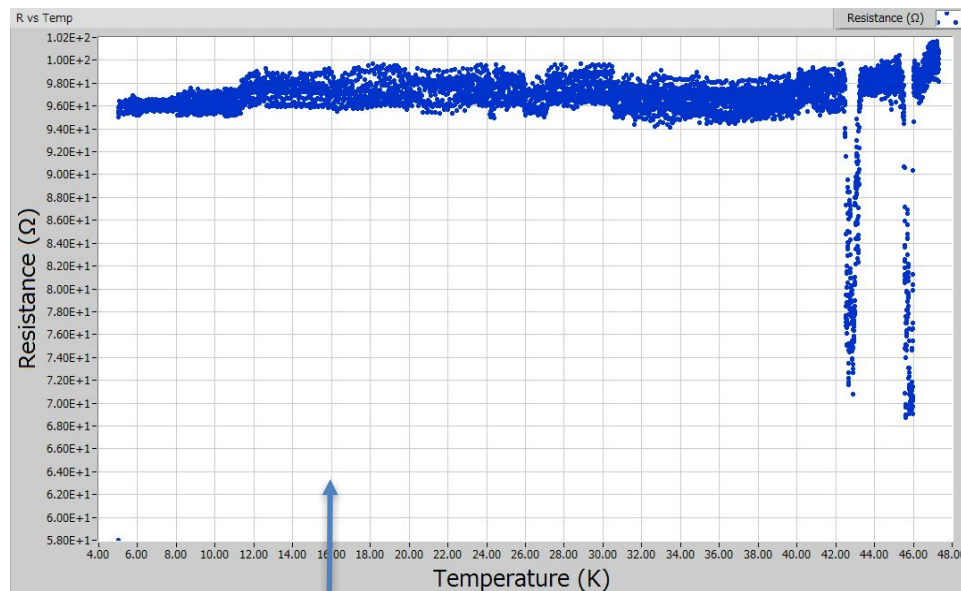
(1)

# ALD装置によるNbN薄膜の超伝導転移の測定

4端子法によるALD-NbN薄膜の抵抗値の測定セットアップ



温度に対するNbN薄膜の抵抗値の測定



NbN超伝導体ができているならば、16K付近で抵抗値が突然小さくなる転移が見られるはず。しかし、転移しなかった。

## (2-a) AC下部臨界磁場( $B_{c1}$ )を測定するクライオスタット組立

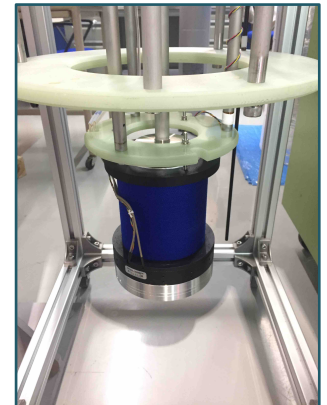
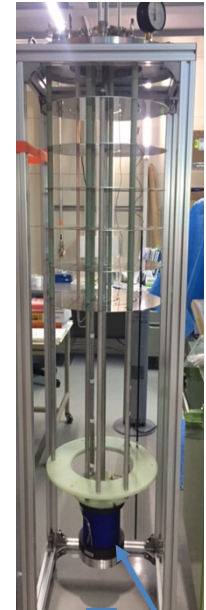
クライオスタット



クライオスタット  
内部冷凍機



磁場印加小型コイル





終わり