

宇宙環境における太陽電池アレイの耐放電性能 の劣化に関する評価

○遠藤泰史、増井博一、豊田和弘、趙孟佑
九州工業大学

1

目次

1. 背景
2. 目的
3. エージングした試料の作製
4. Primary arc test
5. エージングテストの評価
6. まとめ

2

1. 背景

3

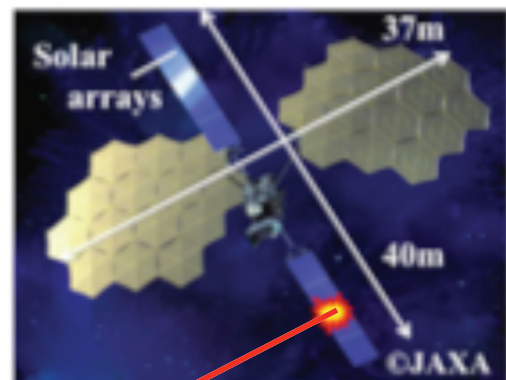
Satellite trend and accident

Recent Satellites are designed to operate at high voltage.

◆ETS-VIII

(Engineering test satellite)

- One of largest geostationary satellites
- Mission:
Improve mobile communication,
development of technologies
for a multimedia broadcasting system, etc.
- Bus voltage: 50V → 100V

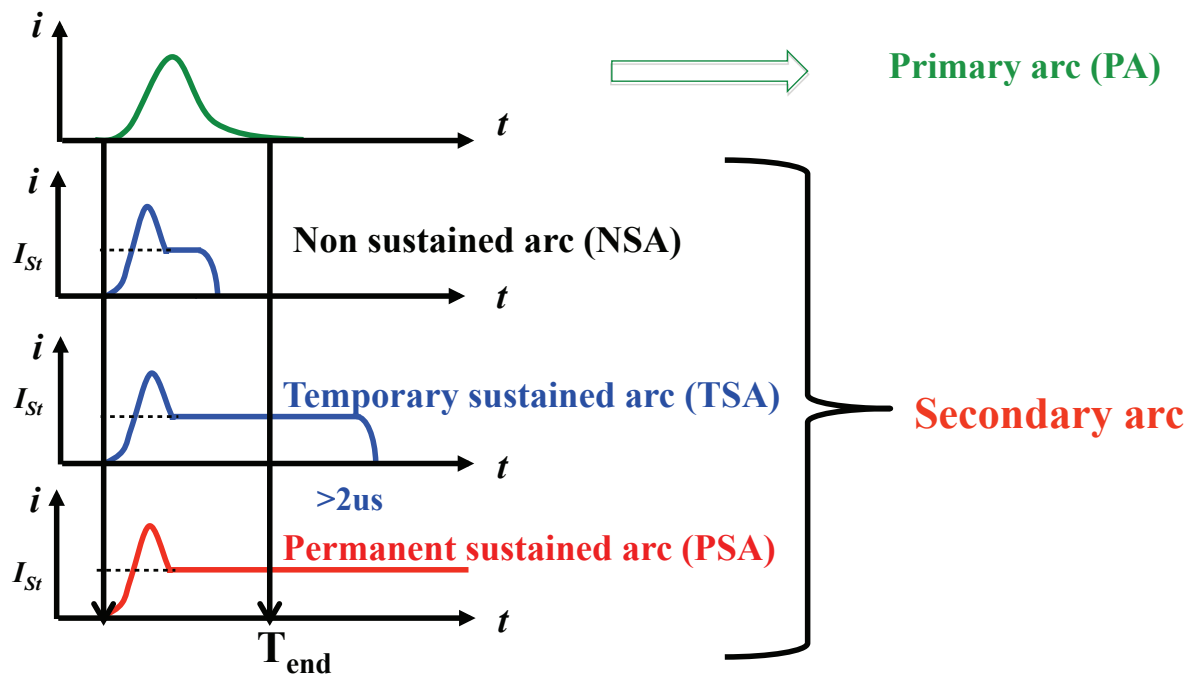


In an certain condition . . .

**ESD occurs and it
causes power loss**

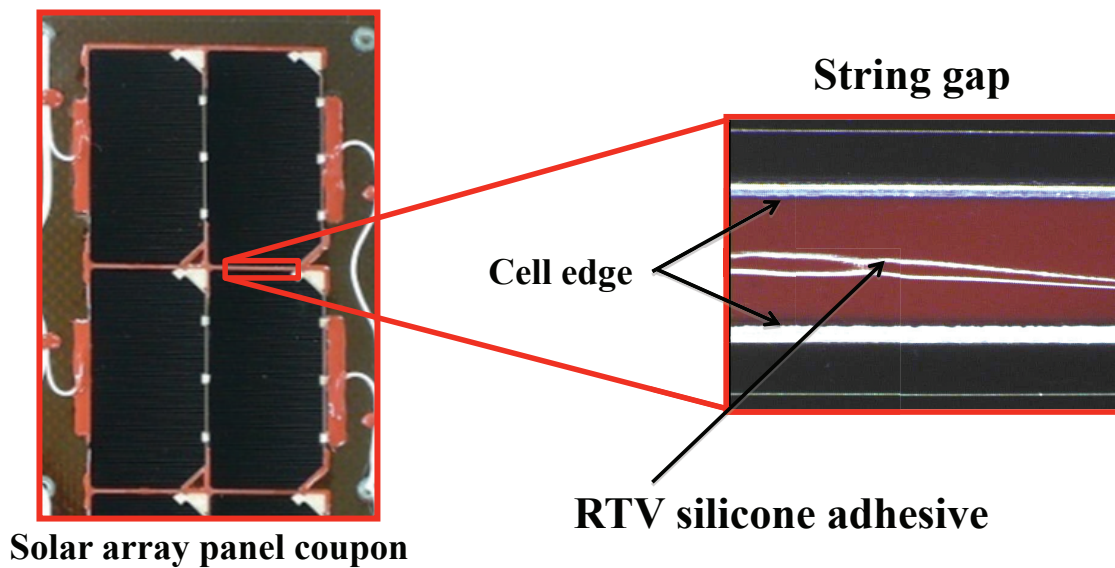
4

Definition of arcs



No.5

RTV グラウティング



Solar array panel coupon

地上試験でグラウティングの耐放電性が良いことが実証されているが、宇宙環境曝露後の性能はわかっていない。

2. 目的

エージングさせた太陽電池パネルクーポンに耐放電性能の劣化に関する評価.

1. エージングしたクーポンの作製

- ・プロトン照射
- ・電子線照射
- ・熱サイクル

2. 放電試験

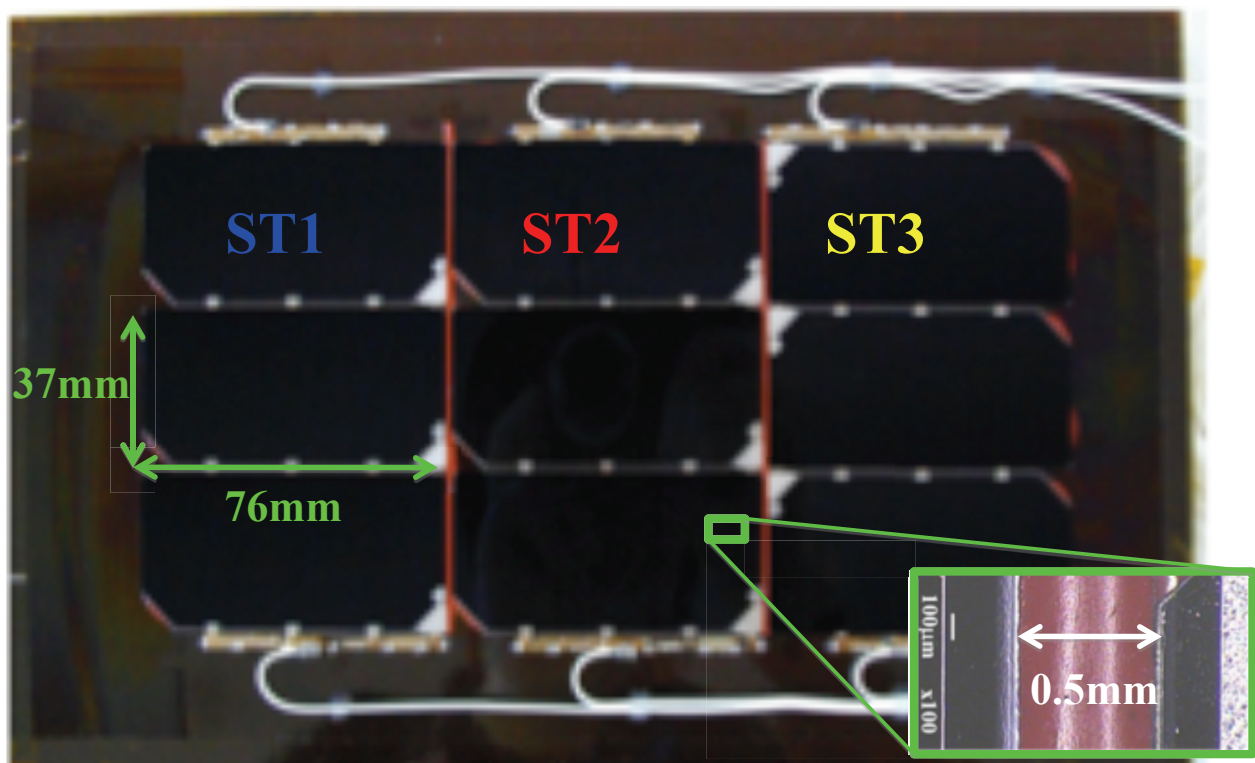
- ・Primary arc test

3. 各エージングテストの影響の評価

- ・Primary arc test

7

テストクーポン



8

テストフロー

:Grouting

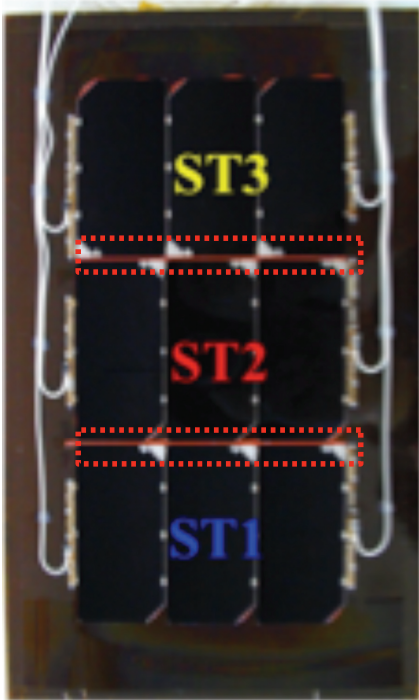
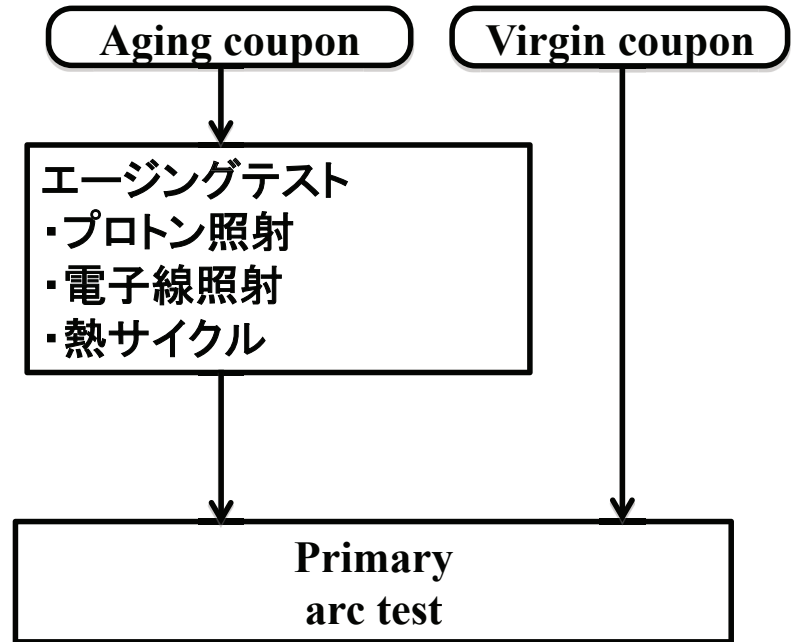


Photo of a test coupon

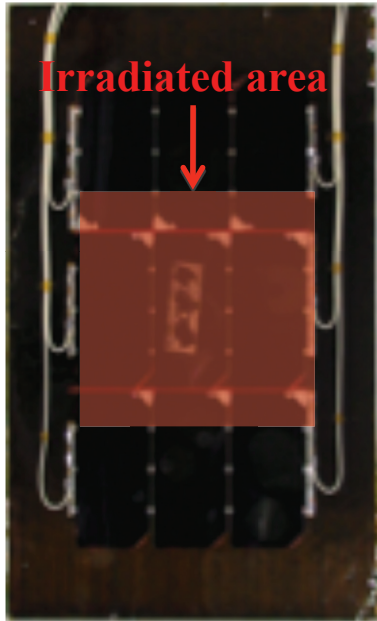


9

3. エージングした試料の作製

10

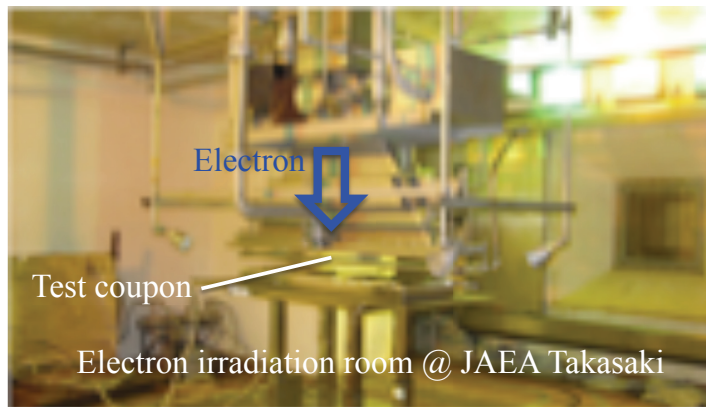
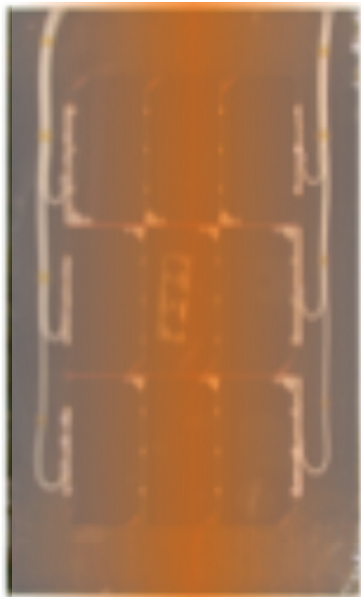
プロトンの照射条件



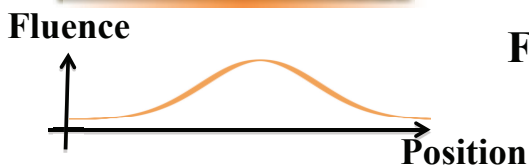
Area : 10cm×10cm
Energy : 10MeV
Flux : 1.25×10^9 p/cm²·s
Fluence : 10^{12} p/cm²

11

電子線照射の条件

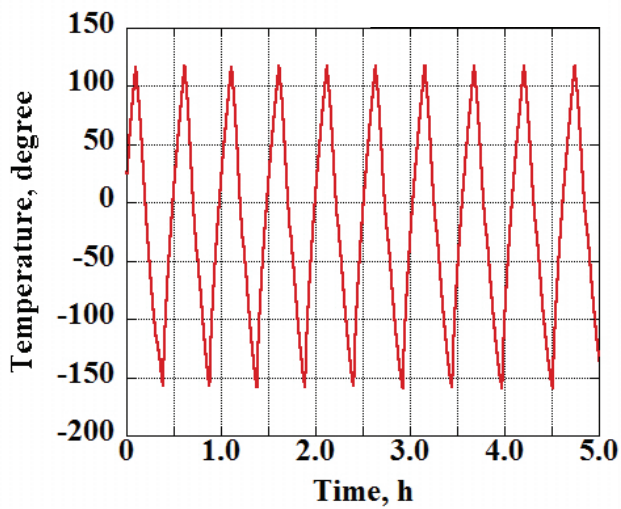


Area : All
Energy : 1MeV
Flux : 5×10^{11} e/cm²·s
Fluence : Up to 10^{16} e/cm²



12

熱サイクルの実施条件



Controlled temperature profile



Max : 100°C
Min : -150°C
Period : 30 min/cycle
Cycle no. : 1000

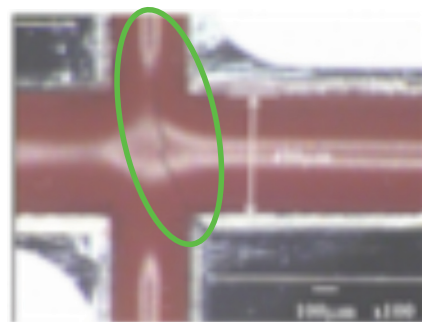
13

光学顕微鏡による外観検査

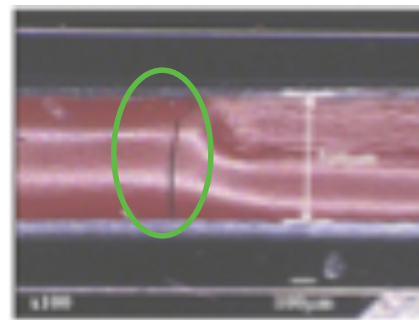
● :Crack



Photo of test coupon after simulated space environment test



Microscope picture of crack 2

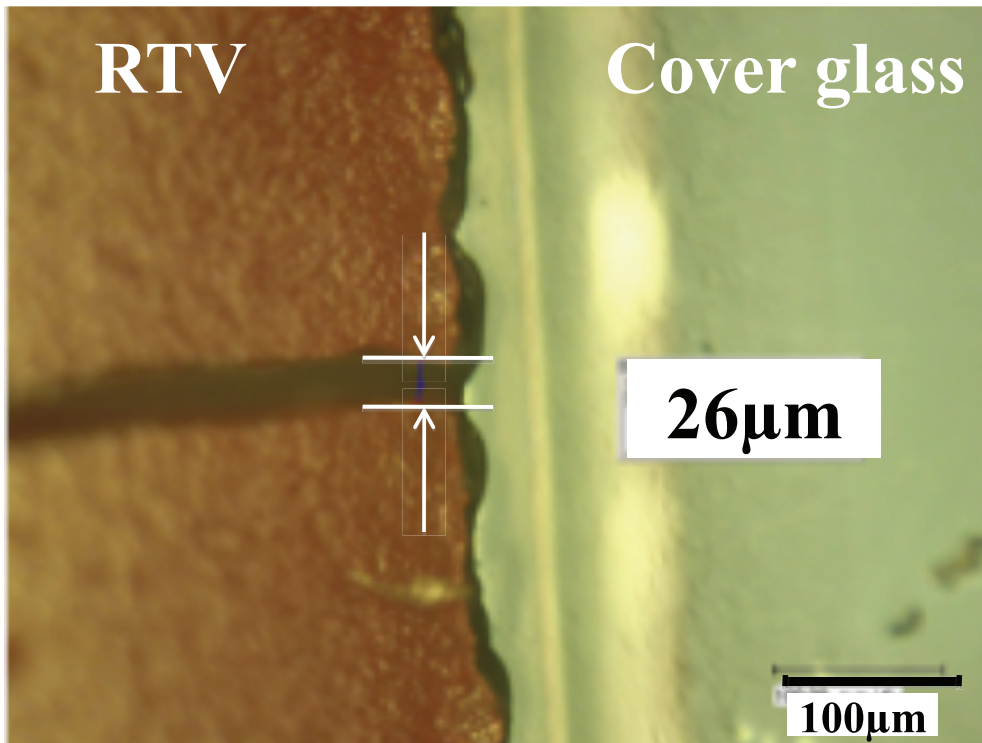


Microscope picture of crack 4

9箇所でクラックが確認された

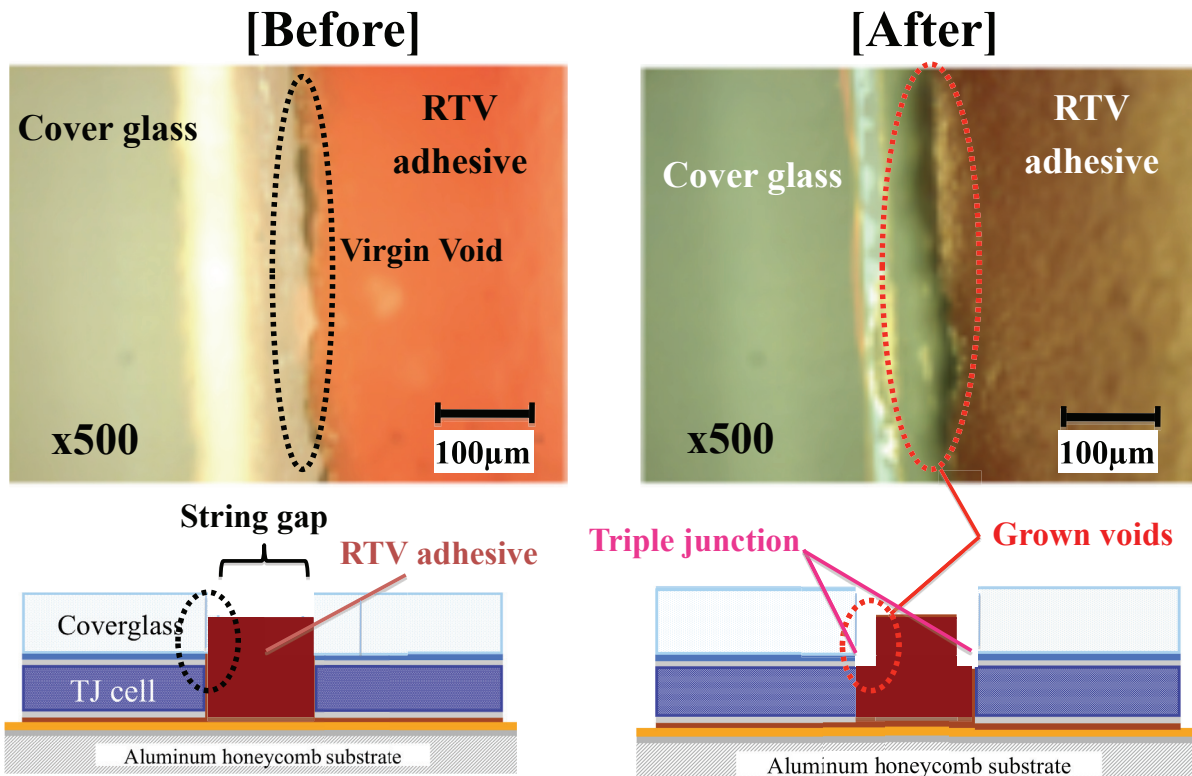
14

クラックの幅



15

光学顕微鏡による外観検査(2/2)



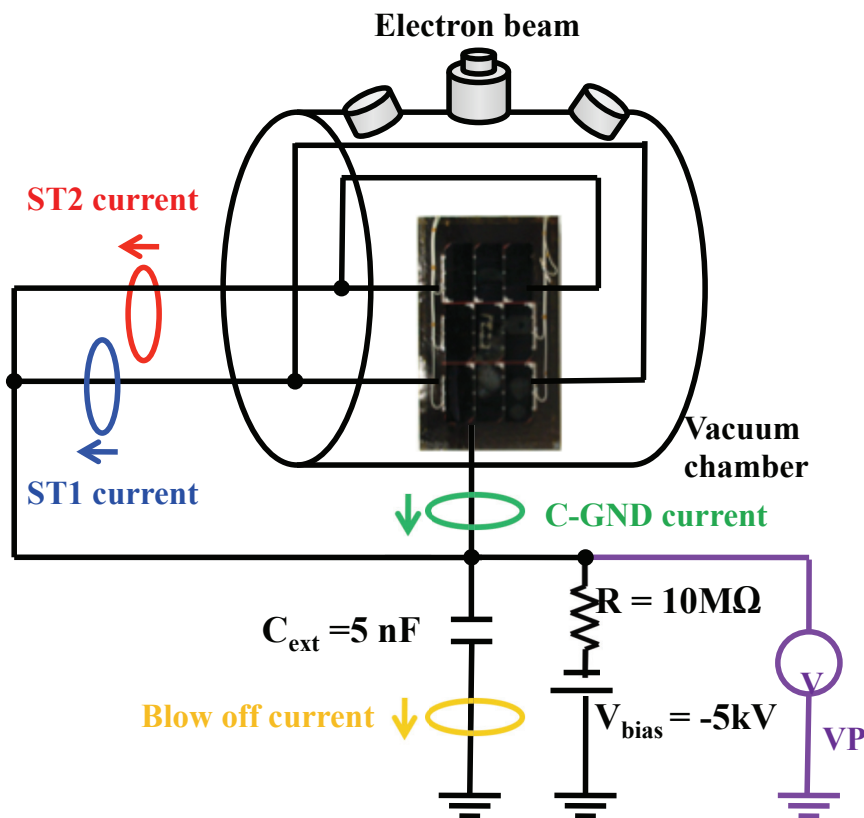
カバーガラスとRTVの隙間が成長していたことが確認された

16

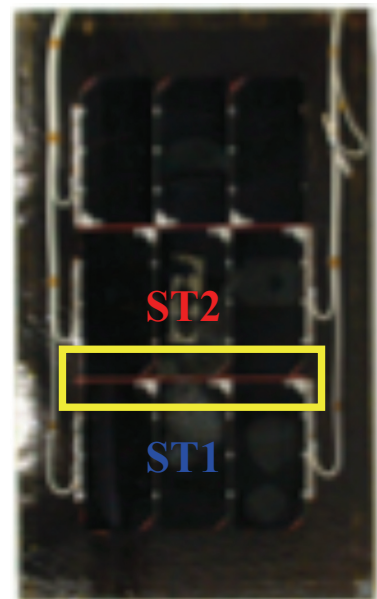
4. Primary arc test

17

実験回路

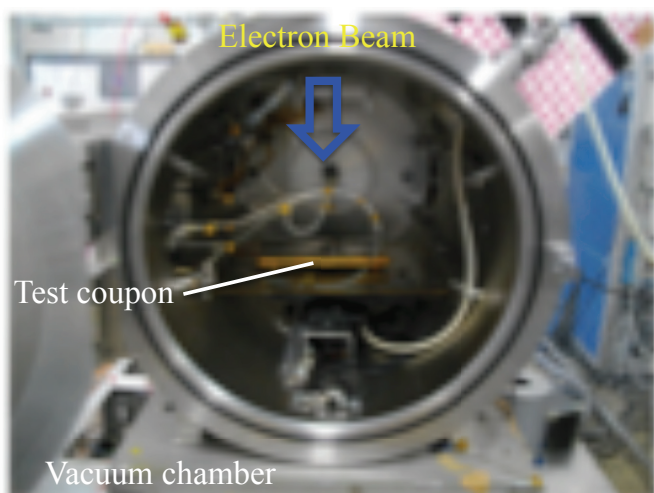


Picture of coupon

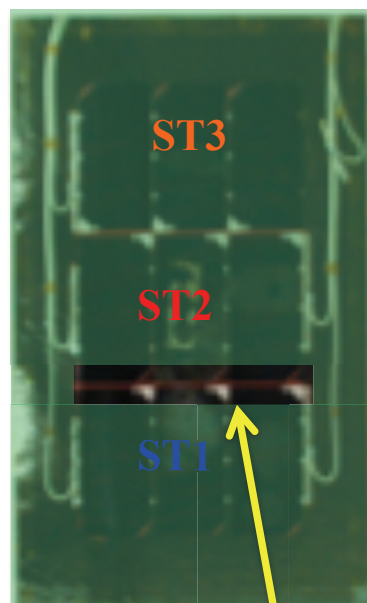


18

実験条件



: Polyester sheet



Exposed area

| Environment Condition | | |
|-----------------------|---------------|------------------------|
| Chamber pressure, Pa | Electron beam | |
| | Energy, keV | Current, μA |
| 3.0×10^{-3} | 6.0 | 5~20 |

ギャップ以外での放電を防ぐため、ギャップ以外の表面は絶縁シートで覆われた

19

実験結果

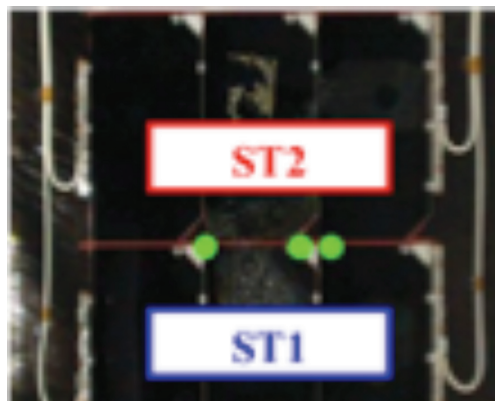
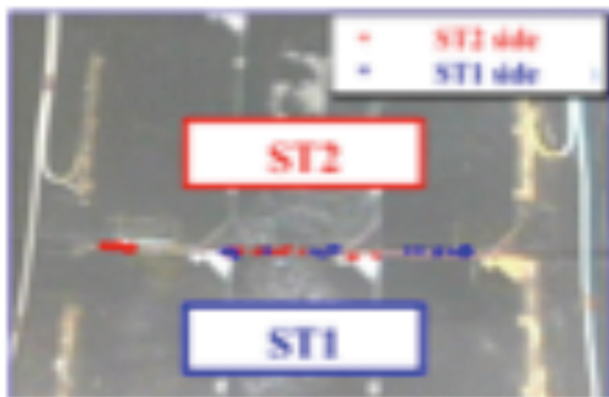
Virgin

| Number of Arcs | Position | |
|----------------|----------|----------|
| | ST2 | ST1 |
| Total | 0 | 0 |

Aged

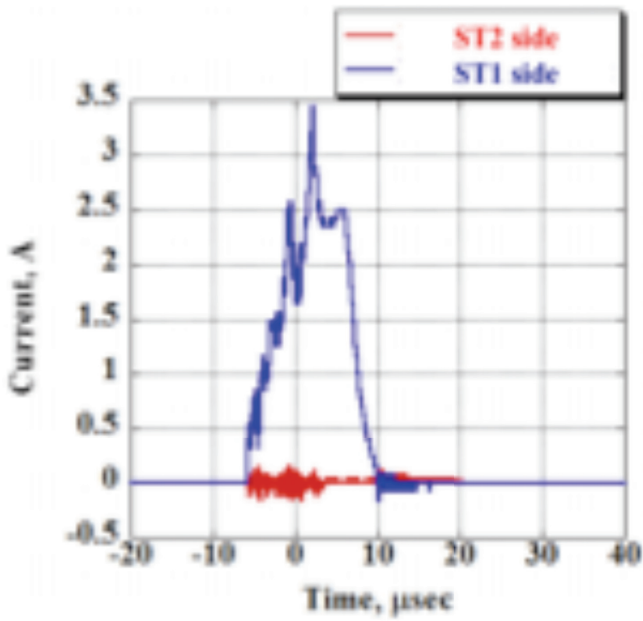
| Number of Arcs | Position | |
|----------------|-----------|-----------|
| | ST2 | ST1 |
| Total | 64 | 33 |

● : Crack

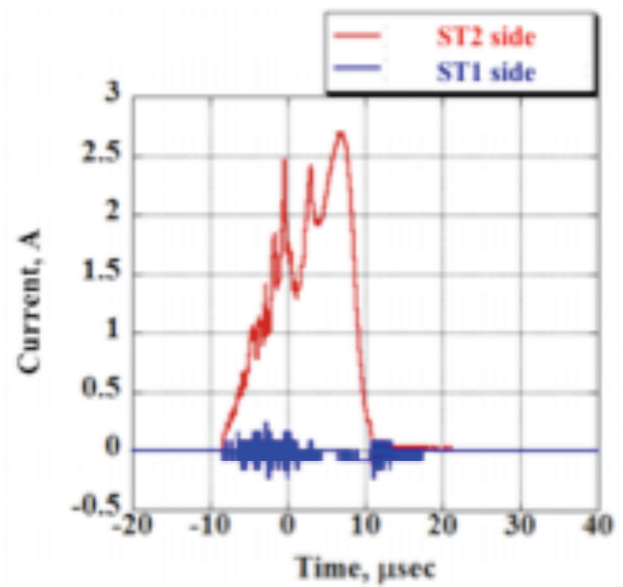


20

PAの電流波形



PA occurred on ST1 side



PA occurred on ST2 side

21

5. Aging test の影響の比較

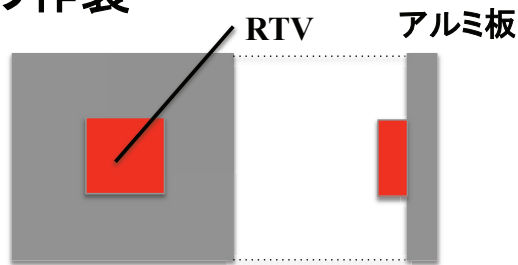
22

評価用サンプルの作製

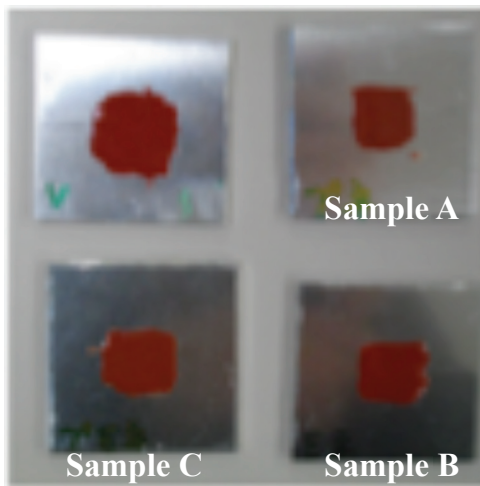
RTVの劣化にはどのAging test
の影響が最も効くのか



各Aging test を組み合わせて実施



サンプルの構造



実際に作ったサンプル

23

試験条件

| Sample | 電子線照射 0.5MeV | プロトン照射 50keV | 熱サイクル 20 cycle |
|--------|-----------------|-----------------|-------------------|
| A | ○ | — | ○ |
| B | — | ○ | ○ |
| C | ○ | ○ | ○ |

Aging test の影響

| | 1.初期状態 | 2.プロトン照射後 | 3.電子線照射後 | 4.熱サイクル後 |
|---|-----------------|-------------------|----------|---------------------|
| A | RTV アルミ板 | | | |
| B | | 表面に溝発生 | | Crackが発生 |
| C | | 表面に溝発生 | | |

24

まとめ

- エージングさせたクーポンの作製
エージングによってRTVはダメージを受ける
 - ・クラック
 - ・隙間
- Primary arc test
エージング後のクーポンで放電が発生
 - ・クラックや隙間によってトリプルジャンクションが露出し、放電が発生
- エージングテストの影響の評価
プロトンを照射＋熱サイクルを実施したものにクラック発生



宇宙環境曝露によって、RTVの耐放電性能は劣化する