

[P7-01]

## NIRIN LINAC AND APPLICATIONS

Kyoichiro YASUDA and Haruho MASUDA

National Industrial Research Institute of Nagoya  
1-1 Hirate-cho, Kita-ku, Nagoya, 462-8510, Japan

### Abstract:

A 6 MeV electron linear accelerator (NIRIN Linac) was installed in 1960 and improved into 12 MeV linac in 1966. Several instruments were developed in order to control and measure the electron and X-ray beams. And this accelerator has been used for the many kinds of experiments such as radiation physics, pulsed X-ray radiography, dosimetry of pulse X-rays, radiation chemistry, and electron irradiation effects on materials such as semiconductors, devices, ceramics and superconductors. In 1998, this linac was shut down.

### 名工研リニアックとその利用

#### 1. はじめに

名工研リニアックは国産実用リニアック1号機として東芝によって製作され、1960年に納入が完了し、以来順調に稼働して様々な実験研究に利用されてきたが、1998年に運転を停止した。ここに名工研リニアックを簡単に振り返り、利用研究の若干の例を紹介したい。

#### 2. 名工研リニアック

当所は1956年原子力の平和利用研究の一環として、リニアックを設置する方針を定め、1958年東京芝浦電気(株)に発注した。1959年には製作を一応終了し、7月当所に搬入、そして1960年5月運転状態の再現性や各部の性能が得られるに至り、納入を完了した。当初の主な性能は電子線エネルギー2~7 MeV、尖頭電子流強度100 mA (6 MeV)、パルス幅5  $\mu$ sec (最大)、繰り返し周波数60~600 ppsであり、研究用には珍しく縦型で、照射室にコンベヤを備えた照射実験用の加速器であった。当初マイクロ波主増幅管には、常時排気して用いるDemountable klystron が使用されており、カソードの寿命がせいぜい3ヶ月と短く、カソードの交換には徹夜に近い日も含めて、4~6日要した。その後現在の Seal off klystron (M-4634, 4MW) が東芝によって開発さ

れ、これを採用した。これによって性能が大幅に向上すると共に、維持・操作が格段に容易になった。1964年加速管を $\pi/2$ モードから $2\pi/3$ モードに変更し、また排気系を油拡散ポンプからイオンポンプに切換えた。それまでコールドトラップに初期には液体窒素、後にドライアイスとアセトンを混ぜた冷媒を補給することが、日常欠かせない仕事であったが、これは高真空の維持ということ以上に研究員の負担を減らし、リニアックの維持を一変させた。1966年リニアックは2~12 MeVとエネルギーアップされ、表のような性能となった。

電子線エネルギー	2~12 MeV
最大尖頭電子流	300 mA (7MeV)
最大平均電子流	300 $\mu$ A
パルス幅	5 $\mu$ sec
繰り返し周波数	37-320 Hz
マイクロ波周波数	2856 MHz
加速管	2/3 $\pi$ (1.64 m)
電子銃	2極60 kV

1984年に従来進行波管を使用していたマイクロ波発振部をトランジスタ化(日本高周波(株))し、中間増幅部も進行波管からクラ

イストロン (SUS-61) に、そしてさらに固体増幅器を導入した。

1998年、名工研 Linac は運転を停止した。加速器は長年の使用により、電気回路を含めて多くの部分が老朽化していたが、直接のきっかけは冷却系（特にクライストロンの収束コイル等）の冷却パイプの通水不可によるもので、諸条件を考慮した結果である。関係各位に謝意を表す。

### 3. リニアックの利用

当所におけるリニアック及び利用の研究では、初期の加速器の性能向上の研究を含めて、各種の制御器及び測定器等の開発、パルスX線によるラジオグラフィ、パルスX線量測定、異性核生成反応、放射線化学、半導体、セラミックス及び超伝導体等の照射効果の研究等が精力的に行われてきた。

また当所のリニアックは、いわゆる照射用の加速器として外部からの利用も多く、それらは高分子材料への照射利用（架橋、重合、ゲル化、添加剤効果、樹脂塗布膜の電子線硬化等）、滅菌・殺菌（生体臓器、酵素剤、木材チップ等）、電子線照射試験（人工衛星構体、マイラー、接着剤、プラスチック等）、重油脱硫、無機材料の照射効果（各種半導体及び素子、セラミックス、水晶、磁性薄膜、超伝導体等）、放射線物理及び測定関連実験、非破壊検査（ラジオグラフィ）等々であった。

写真は、当所リニアックの照射室で、照射胴の下に電子ビームドーピングなどの照射実験を低温且つ真空中で行うために使用されてきた照射装置が設置されている。この装置は遠隔で試料の位置をビームに合わせることが可能である。

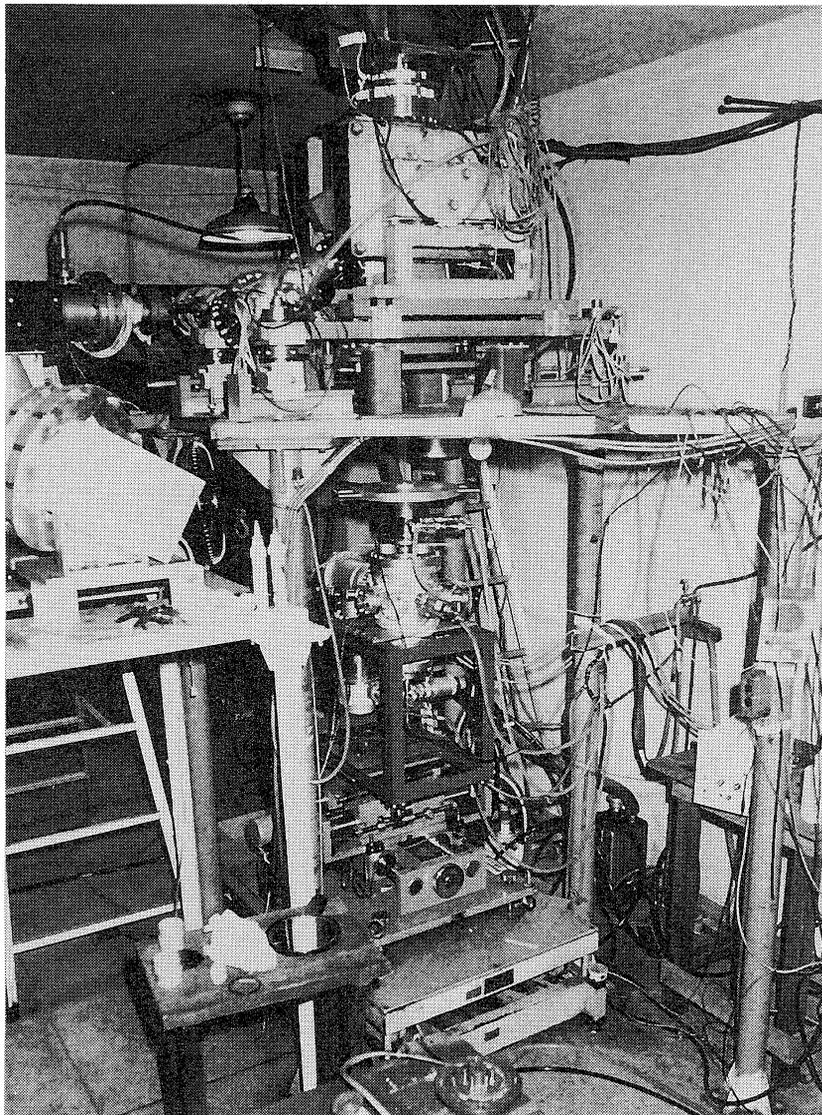


Fig. 1 は電子線照射したSi中の深さ方向の欠陥分布の実験結果(点線)とモンテカルロ法で計算した電子のエネルギースペクトルから計算した欠陥分布(実線)である。<sup>10)</sup>

Fig. 2 は電子ビームドーピングの1例で、注入原子が深さ方向に分布していることを示す。<sup>11)</sup>

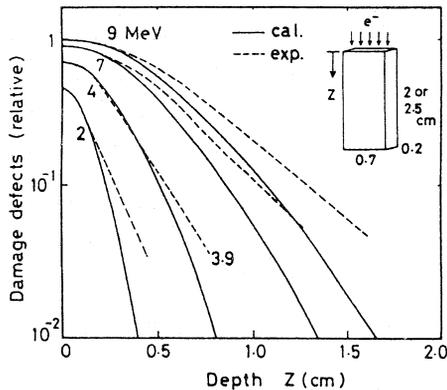


Fig. 1. Damage defect density versus depth curves for samples having a surface area of  $0.7 \times 0.2 \text{ cm}^2$  irradiated uniformly with 2, 4, 7 and 9 MeV electrons. (—) calculations; (---) experimental results.

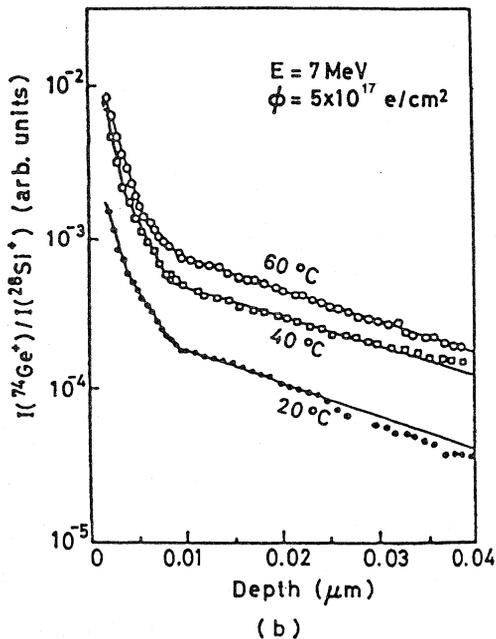


FIG. 2. (a) Backscattering spectra for the irradiated Si at random conditions at different irradiation temperatures. (b) Intensity ratios of  $^{74}\text{Ge}^+$  to  $^{28}\text{Si}^+$  in the Si substrate as a function of depth from the front surface of Si.

### 参考文献

(名工研リニアックに関するもの)

- 1) 金持 徹、生田史朗、安田匡一郎：応用物理、**30**, 578(1961)、「線型電子加速器の動作特性の測定、第1報：試作スペクトロメータについて」。
- 2) 金持 徹、生田史朗、安田匡一郎、小島千代：名古屋工業技術試験所報告、**10**, 269(1961)、「6 MeV線型電子加速器(第1報)設計・構造・性能」。
- 3) 金持 徹： 応用物理、**31**, 350(1962)「線型電子加速器の動作特性の測定、第2報：動作特性曲線」。
- 4) 金持 徹、生田史朗、安田匡一郎、武田道彦、水原祐三：名古屋工業技術試験所報告、**16**, 326(1967)、「6 MeV線型電子加速器(第2報)線型電子加速器の動作特性」。
- 5) T. Kanaji, K. Yasuda, S. Ikuta, M. Takeda: Jpn. J. Appl. Phys. **7**, 102(1968)、安田、生田、武田、金持：名古屋工業技術試験所報告、**17**, 60(1968)、「線型電子加速器の制御(第1報)電子線の任意パルス数放射」
- 6) 工業技術、1962年2月号、pp52-59、対談：「リニア・アクセラレータ 国産1号機をめぐって」東芝中央研究所 相浦正信氏・工業技術院 梅沢邦臣氏、
- 7) 「名古屋工業技術試験所二十五年史」4.2.6 線型電子加速器(リニアック)の利用(pp.156-157)、4.5.3 線型電子加速器(リニアック)(pp.168-169)、発行 昭和53年3月 工業技術院名古屋工業技術試験所
- 8) M. Takeda, K. Yasuda, S. Ikuta, and H. Masuda: Rev. sci. Instrum., **49**, 1743(1978)、武田、安田、生田、増田：名古屋工業技術試験所報告、**30**, 323(1981)、「電子フルエンス測定用デジタルインテグレータ」。
- 9) 「名古屋工業技術試験所 最近15年の歩み」 4.1.2 電子ビームの利用(pp.108-110)、発行：平成4年11月、工業技術院名古屋工業技術研究所
- 10) K. Yasuda and T. Wada: Materials Letters, **18**, 133(1993)。
- 11) T. Wada and K. Yasuda: Phys. Rev., **53**, 4770(1996)。