

古川 静二郎 「半導体高周波・高集積デバイス用材料・プロセス技術の研究開発」

FURUKAWA Seijiro, “Research and Development on Semiconductor Materials and Process Technologies for High-frequency and Highly Integrated Devices”

1. 略歴

1934 年 2 月 11 日生まれ。1956 年東京工業大学理工学部電気コース卒業、1961 年同大学大学院博士課程修了、工学博士、1961 年東京工業大学精密工学研究所助手、1963 年同大学理工学部助教授、1973 年同大学精密工学研究所教授、1975 年同大学大学院総合理工学研究科教授。この間、1986-88 年研究情報交流センター長、1987-90 年評議員、1990-92 年大学院総合理工学研究科長を併任。

受賞歴として、正四位勲三等旭日中綬章(1993)、東京都科学技術功労賞(1993)、IEEE フェロー(1988)、手島記念研究賞(1988, 1982)、倉田賞(1971)、稲田賞(1959)。

1993 年逝去(東京工業大学在職中)。



2. 要約

マイクロ波発振高周波デバイス、ならびに現代のエレクトロニクスの基幹をなす半導体集積回路に関して、材料技術とデバイスプロセス技術の両面から先駆的な研究開発を進めた。特にイオン注入法の実用化に不可欠な理論の構築や半導体の領域を超えた異種材料の組合せ技術において重要な貢献を行った。

3. 研究業績

(1) 半導体ダイオードによるマイクロ波発振の機構解明

マイクロ波帯の発振を真空管に代わって半導体のダイオードで行うという研究が米国を中心に盛んになっていた時期に、ダイオードが特定の動作モードで高出力・高効率動作する現象に注目し、その動作機構を提唱した(Solid State Device Research Conference (SSDRC)で1968年に発表[1])。これは当時世界的に行われていた議論に大きな影響を与え、この分野のその後の発展に寄与した。また、アバランシェダイオードの小信号アドミッタンスの理論を発展させると共に、実験によりその妥当性を示した[2]。

(2) 半導体へのイオン注入法の理論の確立

イオン注入法は、現在半導体中に不純物をドーピングするための主要な技術となっているが、その黎明期に、半導体デバイスに特有な構造中に注入されたイオンの分布を理論的に考察し、イオン注入法の実用化に貢献した。具体的には、それまで考慮されていなかった注入イオンの遮蔽マスク端からの横方向への広がりが無視できないこと[3]、Si-MOS デバイスに必須な SiO₂/Si 構造のように異なる材料からなる 2 層構造にイオンを注入すると、界面でイオン濃度分布に段差が生じること[4]などを明らかにした。これらの成果をまとめた論文は、現在でも多く引用されている。

(3) 半導体異種材料ヘテロ構造からなる 3 次元集積回路の提唱と実験的検討

半導体デバイスや集積回路の機能を大きく発展させる基本技術として、種々の半導体材料と半導体ではない誘電体や金属などの材料とを結晶レベルで複合化することを提唱した。さらに、このような異種材料ヘテロ構造を作製する場合には、表面エネルギーの不整合が問題となることを指摘し、有効な解決方法を示した。

具体的には、金属のコバルトとシリコンの合金であるコバルトシリサイド (CoSi_2) の単結晶を Si 結晶上に均一に成長し [5]、これをストライプ状に加工した $\text{Si}/\text{CoSi}_2/\text{Si}$ 構造によるパーミアブルベーストランジスタを実現した [6]。また、Si 基板上に CaF_2 , SrF_2 , BaF_2 などの絶縁性フッ化物薄膜と、Ge [7] や GaAs [8] などの半導体薄膜とをヘテロエピタキシャル成長させ、高速デバイスの作製に適した SOI (semiconductor on insulator) 構造を実現した。この積層構造を実現する際に、フッ化物膜の表面エネルギーが小さく、濡れ性が悪いために半導体膜が均一に成長しないという問題があったが、フッ化物表面に電子ビームを照射して改質することにより解決できることを示した [9]。

この異種材料ヘテロ構造の研究は、集積回路を縦方向にも集積化する 3 次元集積回路の先駆的研究と言える。さらに、1981 年～1990 年に遂行された通産省次世代産業基盤技術開発制度の三次元回路素子研究開発プロジェクトには、主要メンバーとして参画し、学の立場から新技術の開拓に貢献した。その後 30 年を経た現在、半導体集積回路の三次元化は最重要技術の 1 つとして世の中を大きく変えようとしている。

4. 社会貢献

学会運営に関しては、応用物理学会編集長・理事、同応用電子物性分科会幹事長、電子情報通信学会電子デバイス委員長、同エレクトロニクスグループ委員長、IEEE 東京支部 ED グループ委員長、IEEE T-ED アジア地区副編集長などを、国際会議に関しては、固体素子コンファレンス実行委員長・運営委員長などを歴任した。また、学術審議会専門委員 (文部省)、科学技術会議専門委員 (科技厅) などの国の委員を歴任した。

5. 主な発表論文 [被引用回数は Research gate による]

- 1) 古川静二郎, 「第 1 回 固体でマイクロ波を発生する」電子材料 29, No.1-3 (1990)
- 2) 古川静二郎, 石原宏, 「リード型アバランシダイオードの近似解析法の 1 提案とアドミタンスの実測」, 電子情報通信学会論文誌, 52-C, 727 (1969)
- 3) S. Furukawa, H. Matsumura and H. Ishiwara, "Theoretical consideration on lateral spread of implanted ions", Jpn. J. Appl. Phys., 11, 134 (1972) [208 回]
- 4) S. Furukawa and H. Ishiwara, "Range distribution theory based on energy distribution of implanted ions", J. Appl. Phys., 43, 1268 (1972) [50 回]
- 5) S. Furukawa and H. Ishiwara, "Epitaxial silicide films for integrated circuits and future devices", Jpn. J. Appl. Phys. Suppl., 22-1, 21 (1983) [26 回]
- 6) K. Ishibashi and S. Furukawa, "SPE- CoSi_2 sub-micrometer lines by lift-off using selective reaction and its application to a permeable-base transistor", IEEE Trans. on Electron Devices, ED-33, 322 (1986)
- 7) S. Kanemaru, H. Ishiwara and S. Furukawa, "A novel heteroepitaxy method of Ge films on CaF_2 by electron beam exposure", J. Appl. Phys., 63, 1060 (1988) [29 回]
- 8) K. Tsutsui, T. Nakazawa, T. Asano, H. Ishiwara and S. Furukawa, "MESFETs on a GaAs-on-insulator structure", IEEE Electron Device Lett., EDL-8, 277 (1987) [17 回]
- 9) H. C. Lee, H. Ishiwara, S. Kanemaru and S. Furukawa, "A novel electron-beam exposure epitaxy for growing GaAs films on fluoride/Si structures", Jpn. J. Appl. Phys., 26, L1834 (1987) [14 回]

(2021-10-23 石原宏 談)