

第一〇四回日本学士院受賞者略歴

恩賜
日本学士院賞

受賞者

赤崎

勇



| 略歴 | 生年 | 専攻学科目 |
|---------|---------|-------------------------------|
| 昭和四年一月 | 昭和四年一月 | 半導体工学 |
| 昭和七年三月 | 昭和七年三月 | 京都大学理学部化学科卒業 |
| 同 二七年四月 | 同 二七年四月 | 神戸工業(株)入社 |
| 同 三四年四月 | 同 三四年四月 | 名古屋大学工学部助手 |
| 同 三九年二月 | 同 三九年二月 | 名古屋大学工学部講師 |
| 同 三九年三月 | 同 三九年三月 | 工学博士 |
| 同 三九年四月 | 同 三九年四月 | 名古屋大学工学部助教 |
| 同 三九年四月 | 同 三九年四月 | 松下電器産業(株)東京研究所基礎第四研究室長、同半導体部長 |

| | | | |
|----|-----|----|--|
| 同 | 五六年 | 八月 | 名古屋大学工学部教授（平成四年三月まで） |
| 同 | 六二年 | 三月 | 新技術開発事業団「GAN系青色発光ダイオード」研究開発責任者（平成二年九月まで） |
| 平成 | 四年 | 四月 | 名古屋大学名誉教授 |
| 同 | 四年 | 四月 | 名城大学理工学部教授 |
| 同 | 五年 | 三月 | 新技術事業団「GAN系短波長半導体レーザー」研究開発責任者（平成一年九月まで） |
| 同 | 七年 | 四月 | 北海道大学量子界面エレクトロニクス研究センター客員教授（平成八年三月まで） |
| 同 | 八年 | 七月 | 日本学術振興会「未来開拓学術研究推進事業」プロジェクトリーダー（平成一三年三月まで） |
| 同 | 八年 | 七月 | 文部省「名城大学ハイテク・リサーチ・センター」代表研究者（平成一六年三月まで） |
| 同 | 一三年 | 四月 | 名古屋大学赤崎記念研究センターリサーチ・フェロー（現在に至る） |
| 同 | 一六年 | 二月 | 名古屋大学特別教授（現在に至る） |
| 同 | 二二年 | 四月 | 名城大学終身教授 |
| 同 | 二三年 | 四月 | 名城大学窒化物半導体基盤技術研究センター長（現在に至る） |

工学博士赤崎 勇氏の「高品質GaN系

窒化物半導体単結晶の創製とp-n接合

青色発光デバイスの発明」に対する授賞

審査要旨

赤崎 勇氏とそのグループの研究は、現在、LED照明などに世界規模で実用化されているGaN系窒化物半導体材料とデバイスの研究・開発の出発点と見做すことができる。要約すると、低温堆積パツファ層形成技術の開拓により格子整合しないサファイア基板上に高品質単結晶の成長に成功（一九八六年）し、従来不可能とされていたp型伝導の実現とn型伝導制御の達成（一九八九年）、p-n接合青色発光ダイオードを実現（一九八九年）、さらに、レーザーダイオード実現に必須である室温誘導放出に成功（一九九〇年）したこと、などである。

窒化物半導体に関する研究は困難を極め、一九七〇年代に世界中のほとんどの研究者が撤退していった。原子結合エネルギーの強い結晶材料のため、成長自体が困難であること、格子整合基板結晶の不在など、多くの障害が結晶品質の進展を阻んでいたためである。

しかし、赤崎氏は深い洞察と強い信念に基づき、ライフワークとして（一九七三年）この未到の半導体に挑戦し続けた。幾多の試行錯誤を繰り返して、結晶成長法としてそれまでほとんど用いられていなかったOMVPE法(MOVPE法)、MOCVD法ともいう)の開発に挑戦した(一九七九年)。GaNとの大きな格子不整合と結晶構造の違いに起因する重大な諸問題は、低温で薄く堆積するパツファ層形成技術の開発により克服し、一九八六年に格段に高品質のGaN単結晶の成長に成功した。この研究における最大の山場を突破した。同氏の最大の功績のひとつであり、この成功が次のブレイクスルーでもあるGaN系半導体におけるp型伝導の発見やn型伝導度の制御に不可欠であった。特にp型伝導については、当時理論的に不可能とさえ言われていたにも拘わらず赤崎氏は信念を持って研究を行い、一九八九年にこの通説を覆した。これらはいずれも世界に先駆ける画期的成果であり、これらが引き金となって一九九〇年代初頭より多くの半導体研究者・研究機関が雪崩を打ってこの分野に参入してきている。さらに、同氏とそのグループは窒化物半導体における量子効果の検証や圧電効果による分極の実証、合金を含む結晶のさらなる高品質化技術の開発等、材料科学の研究においても常に先導的な立場を維持している。そして、これらの科学技術は、青色LEDを始めとする現在の多くの窒化物半導体デバイスの製造技術のスタン

ダードとして、世界中で広く用いられている。

一九九三年にわが国の企業が GaN 系半導体による高輝度の青色発光ダイオードの量産化を発表し、世界的なセンセーションを引き起こした。この成功は、赤崎氏らの基礎研究をベースに同企業独自の技術を付け加えたものであり、同氏のこの分野における先駆的貢献なしには語れない。高輝度青色発光ダイオードの発表以後二〇〇二年まで一〇年間の、赤崎氏の国際会議等での基調講演・招待講演が一四〇件を超えていることからも理解できよう。このように高輝度青色発光ダイオード、それをベースとする LED 照明や青紫レーザーダイオードをはじめ、超高周波トランジスタなどの商業化により、赤崎氏の研究業績が改めて再認識されている。

未到の半導体材料、特にワイドギャップ窒化物半導体をデバイスまで繋げることは極めて困難であり、GaN 系半導体については上記のように世界中の多くの研究者が撤退するなか、赤崎氏は挑戦を続け、デバイス化に必須の要素技術のほとんど全てを達成するとともに、GaN 系窒化物半導体における量子効果など重要な物性を明らかにし、これまで七〇〇編以上におよぶ多くの優れた論文の発表、二〇〇件を超える特許取得などの業績を挙げ、国内外の多くの著名な賞を受けている。

主要な論文目録

- 1) I. Akasaki and M. Hashimoto: "Infrared lattice vibration of vapour-grown AlN", *Solid State Commun.*, Vol. 5, 851-853, 1967.
- 2) Y. Ohki, Y. Toyoda, H. Kobayashi and I. Akasaki: "Fabrication and properties of a practical blue-emitting GaN m-i-s diode", *Inst. Phys. Conf. Ser.*, No. 63, 479-484, 1981.
- 3) H. Amano, N. Sawaki, I. Akasaki and Y. Toyoda: "Metalorganic vapor phase epitaxial growth of a high quality GaN film using an AlN buffer layer", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 48, 353-355, 1986.
- 4) I. Akasaki, H. Amano, Y. Koide, K. Hiramatsu and N. Sawaki: "Effects of AlN buffer layer on crystallographic structure and on electrical and optical properties of GaN and Ga_{1-x}Al_xN (0 < x ≤ 0.4) films grown on sapphire substrate by MOVPE", *J. Crystal Growth*, Vol. 98, 209-219, 1989.
- 5) H. Amano, M. Kito, K. Hiramatsu and I. Akasaki: "P-type conduction in Mg-doped GaN treated with low-energy electron beam irradiation (LEEBI)", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 28, L2112-L2114, 1989.
- 6) H. Amano, T. Asahi and I. Akasaki: "Stimulated emission near ultraviolet at room temperature from a GaN film grown on sapphire by MOVPE using an AlN buffer layer", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 29, L205-L206, 1990.
- 7) I. Akasaki, H. Amano, M. Kito and K. Hiramatsu: "Photoluminescence of Mg-doped p-type GaN and electroluminescence of GaN p-n junction LED", *J. Crystal Growth*, Vol. 48&49, 666-670, 1991.
- 8) H. Murakami, T. Asahi, H. Amano, K. Hiramatsu, N. Sawaki and I. Akasaki: "Growth of Si-doped Al_xGa_{1-x}N on (0001) sapphire substrate by metalorganic vapor phase epitaxy", *J. Crystal Growth*, Vol. 115, 648-651, 1991.
- 9) I. Akasaki and H. Amano: "MOVPE growth of high quality AlGa_{1-x}N/Ga_{1-y}In_yN (x > 0, y < 1) heterostructures for short wavelength light emitter", *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol. 339, 443-452, 1994.

- 10) S. Yamasaki, S. Asami, N. Shibata, M. Koike, K. Manabe, T. Tanaka, H. Amano and I. Akasaki: "*p*-type conduction in Mg-doped Ga_{0.9}In_{0.01}N grown by metalorganic vapor-phase epitaxy", Appl. Phys. Lett., Vol. 66, 1112-1113, 1995.
- 11) I. Akasaki, H. Amano, S. Sota, H. Sakai, T. Tanaka and M. Koike: "Stimulated emission by current injection from an AlGaIn/GaN/GaInN quantum well device", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 34, L1517-L1519, 1995.
- 12) I. Akasaki, S. Sota, H. Sakai, T. Tanaka, M. Koike and H. Amano: "Shortest wavelength semiconductor laser diode", Electronics Letters, Vol. 32, 1105-1106, 1996.
- 13) T. Takeuchi, S. Sota, M. Katsuragawa, M. Komori, H. Takeuchi, H. Amano and I. Akasaki: "Quantum-confined stark effect due to piezoelectric fields in GaInN strained quantum wells", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 36, L382-L385, 1997.
- 14) T. Takeuchi, H. Amano and I. Akasaki: "Theoretical study of orientation dependence of piezoelectric effects in wurzite strained GaInN/GaN heterostructures and quantum wells", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 39, 413-416, 2000.
- 15) C. Pernot, A. Hirano, M. Iwaya, T. Detchprohm, H. Amano and I. Akasaki: "Solar-blind UV photodetectors based on GaN/AlGaIn p-i-n photodiodes", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 39, L387-L389, 2000.
- 16) T. Fujii, N. Tsuyukuchi, M. Iwaya, S. Kamiyama, H. Amano and I. Akasaki: "High On/Off ratio in enhancement-mode Al_xGa_{1-x}N/GaN junction heterostructure field-effect transistors with p-type GaN gate contact", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 45, L1048-L1050, 2006.
- 17) S. Kamiyama, M. Iwaya, T. Takeuchi, I. Akasaki, R. Yakimova and M. Syväjärvä: "White light-emitting diode based on fluorescent SiC", Thin Solid Films, Vol. 522, 23-25, 2012.
- 18) M. Mori, S. Kondo, S. Yamamoto, T. Naka, T. Fujii, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki and H. Amano: "Correlation between device performance and defects in GaInN-based solar cells", Appl. Phys. Express, Vol. 5, 82301, 2012.
- 19) M. Ishiguro, K. Ikeda, M. Mizuno, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama and I. Akasaki: "Nitride-based hetero-field-effect transistor-type photosensors with extremely high photosensitivity", Physica Status Solidi RRL, Vol. 7, 215-217, 2013.
- 20) M. Kaga, T. Morita, Y. Kuwano, K. Yamashita, K. Yagi, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama and I. Akasaki: "GaInN-Based tunnel junctions in n-p-n light emitting diodes", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 52, 08JH06, 2013.