

あかさき いさむ

赤崎 勇

(名城大学理工学部教授)

窒化ガリウム青色発光デバイスの開発 フロンティア・エレクトロニクスへの挑戦



基礎研究としても難しいと敬遠されていた窒化ガリウム青色発光デバイスに敢えて挑戦し続け、バッファ層の発明により、これまでにない均一な窒化ガリウム薄膜を得、さらに電子線照射によって、世界で初めて窒化ガリウムのp型化の実現を含めた比類のないブレイクスルーを実現し、青色発光デバイス製品化に大きい貢献をした。

生い立ち

赤崎 勇は1928年九州、鹿児島で生まれた。旧制高校では理科に入ったが、文系の書物も読みふけり独文に進もうかと考えたこともあった。結果的には京都大学理学部に入学し、1952年卒業と共に、神戸工業(現富士通)に入社した。当時国内では白黒テレビの試験放送が始まっており、NHKの本放送が開始されたのは赤崎の入社間もない1953年2月であった。当時米国では、RCA がカラーテレビを開発したとの発表があり、国内でもそれに対応するために関連する技術開発が盛んに行なわれ始めていた頃で、入社した赤崎が担当することになったテーマは、そのカラーテレビ用ブラウン管用の蛍光体の開発であった。蛍光体材料としてはカドミウムを含む硫化亜鉛他結晶粉末で、これを塗布することでブラウン管の蛍光面とするものであるが、その材料の電子線照射による発光の計測などを行なった。赤崎はその後、長期間にわたって化合物半導体に携わっていくが、その最初の化合物半導体というべき材料であった。1959年になって、名古屋大学の工学部に電子工学科が新設されることになり、神戸工業の上司であった有住徹弥部長が教授として転出することとなり、赤崎はやりたかつ

たゲルマニウムトランジスタの研究ができそうであるということで、さそいに応じて同時に名古屋大学に転籍した。赤崎 31 才のことであった。

名古屋大学、有住研究室では最初は助手として、その後講師、助教授として有住教授のもとで研究を行なった。有住研究室ではゲルマニウムトランジスタの研究をやることになり、ゲルマニウム単結晶の製作、そして不純物熱拡散法によるpn接合などトランジスタ製作のための全ての技術を研究室内で、自作で作り上げた。熱拡散法によるpn接合は、トランジスタ製作のための基本技術ではあったけれども、赤崎はより特性のよいトランジスタを製作するためには、p型のゲルマニウム基板の上に、結晶軸をそろえたn型のゲルマニウム単結晶薄膜を形成させる気相エピタキシャル成長法が良いことに思い至り、独自にエピタキシャル成長装置を製作し、高品質のゲルマニウムトランジスタ開発のための有益な成果を挙げた。この気相エピタキシャル成長法の研究は、当時大学院の学生であった西永 頌(現豊橋科学技術大学学長)がこの研究を引き継ぎ、理論と実験を集大成させた。

松下電器東京研究所時代

1960 年代には家庭電化製品が家電三種の神器として、白黒テレビ、洗濯機、電気冷蔵庫が製品化され、広く一般社会に普及した。この活況に刺激され、各電気メーカーは次世代の商品開発に意欲的になり、より基礎的な研究が重要と考えるようになり、こぞって基礎研究所を設立するという、中央研究所ブームが起こった。松下電器は、中央研究所は開設していたが、さらに基礎的な研究が企業活動に必要と判断し、東北大学の教授であった小池勇二郎を迎えて所長とし、各大学の教授、助教授クラスの優秀な若手研究者をスカウトして、1960年に松下電器東京研究所を開設した。その後、1963年(株)松下電器東京研究所として独立の研究所となり、1971年より松下技研(株)となる。

1964年、赤崎は名古屋大学の助教授であったが、この東京研究所の研究リーダーの一人として白羽の矢が立てられ、その年に新規材料探索の基礎研究室長として迎えられた。

赤崎は企業での研究は二度目であったが、東京研究所は研究テーマとして製品化につながる技術開発を目指すものの、より原理的、基礎的なところから大きいブレイクスルーを目指すことを求められたため、大学と変わらない形でテーマと研究計画を設定することができ、潤沢な研究資金により最先端の設備を導入して研究を推進することができるという大きい期待を持って、このオファーを受け入れ松下電器東京研究所に参画した。

赤崎は新素材探索の研究室長として、当時と化ガリウムの半導体レーザが開発されて間もない時期であり、化合物半導体が光デバイスとして今後益々発展していくものと確信し、さまざまな化合物半導体単結晶薄膜の作成法の確立および電子デバイスへの可能性を探索することとした。

赤崎が最初に選んだテーマはヒ化ガリウム、リン化ガリウム、そして窒化アルミニウムなどの各種化合物半導体のエピタキシャル薄膜の製作法の確立であり、赤崎はエピタキシャル装置の製作から、製膜方法の検討、そして薄膜の特性評価までを行なった。これらの成果については、1968年モスクワで開催された半導体物理国際会議において世界最高純度のヒ化ガリウム薄膜とその物性についての成果を発表した。またリン化ガリウムエピタキシャル薄膜による赤色発光ダイオードについては、1969年に外部量子効率2%という世界最高効率を実現した。そしてまたリン化ガリウムを用いた緑色発光ダイオードの開発にも成功した。

赤崎は東京研究所に入所以来、窒化物半導体には大きい関心を持っており、1965年には窒化アルミニウム結晶気相成長装置作成し、その光学的性質を究め、論文として報告していた。しかしこの材料はエネルギーギャップが大きすぎるため、電子デバイスあるいは光デバイスには何らかの工夫を加えないと実用化するにはいささか不向きな素材であった。他方1971年にパンコフらが窒化物材料として窒化ガリウムを選び、その素材でMIS構造を製作して青緑色の発光ダイオードを実現したという発表があった。その時期、赤色と緑色の発光ダイオードはすでに開発されていたが、青色についての発光デバイスとしての報告はなかったため、パンコフらのこの発表は世界中の注目をあび、一時期窒化ガリウムの研究発表が激増した。ところが窒化ガリウムの薄膜が均一でクラックのないものがないことから、多くの研究者は窒化ガリウムで発光デバイスを開発することは実用的には極めて困難であるとの判断がなされ、ほとんどの研究者はこの研究から撤退していった。

1973年当時、赤崎もこのパンコフの窒化ガリウムの報告以前から、青色発光ダイオードには強い関心を持ち、なんとか実現する手立てはないものかと考えていた。青色発光ダイオードを実現するためには、適した材料の選択が必要であり、当時は三種類の材料が検討されていた。その三つの材料は、炭化ケイ素、セレン化亜鉛、そして窒化ガリウムであった。炭化ケイ素だけはpn接合が当時からできていたため、かなりの研究者がこの材料に取り組んでいた。そして窒化ガリウムについては、均一でクラックのない薄膜ができないことから、多くの研究者はセレン化亜鉛を選択していた。つまり青色発光デバイスの素材としては、本命がセレン化亜鉛、その次の素材として炭化ケイ素であり、窒化ガリウムは番外としての扱いであった。

このような状況で赤崎は自分の得意なエピタキシャル薄膜成長技術を活用すれば、誰もできなかった均一でクラックのない窒化ガリウム薄膜をつくれるのではないかと考えていた。また赤崎のこれまでに様々な化合物半導体を手がけてきた経験からセレン化亜鉛は材料がいささかやわらかくて、電子デバイスとしては不安定であると考えていた。そして最終的に青色発光ダイオードをやるなら、窒化ガリウムしかないのだとの洞察を得るに到っていた。1973年のことである。

1974年になって通産省大型プロジェクト研究助成の募集があり、赤崎は「青色発光素子開

発に関する研究」というテーマで応募した。結果は NEC の林 巖によるヒ化ガリウムレーザの二次高調波による青色発光素子開発計画の双方が採択され、1975 年の 4 月から 3 年間の大型プロジェクトを実施した。窒化ガリウム作製には開管方式のハイドライド気相成長法を用い、基板にはサファイアを採用した。そして様々な工夫を行い、MIS 構造の青色発光ダイオードを数千個試作するレベルに達した。そして発光効率は標準値として 0.03%、そして最大では 0.12%のものが得られた。この値は実用的には低いものであったが、当時の青色発光ダイオードの発光効率としては相対的に大きいものであった。しかしこの開発研究は実用化の日の目を見ることなく終了した。その最大の原因は、窒化ガリウムの薄膜は均一でクラックがないものではなく、全体としてはむらがあり、均一なごく小さな部分を選びすぐってデバイスを作製したもので、実用として使用できるものではなかった。一般的に言えば、この時点で窒化ガリウム青色発光デバイスの開発はあきらめるのが通常であるが、赤崎はあきらめるのではなく、次のように考えた。作製された試料には、所々ではあるが非常にきれいな表面をしている部分があり、このきれいな部分を基板全体に広げることができれば、良いのだと。もしそれが実現されれば窒化ガリウムの青色発光デバイスは実現可能であると考えた。その点から赤崎は改めて窒化ガリウム薄膜の結晶成長を研究することの必要性を認識し、またその実現を決意した。1978 年のことであった。

赤崎は均一な窒化ガリウム薄膜の作製には、これまで用いてきたハイドライド気相成長法では薄膜の成長速度が速すぎると考えた。他方、分子線エピタキシャル法という方法でも製膜してみたが、これは成長速度が遅すぎるため実用的ではないと考えた。そして有機金属気相成長法が中間の成長速度を実現することができ最適であると考えにいたった。

窒化ガリウム薄膜を製作する有機金属気相成長装置は市販品ではなかったため、赤崎はその設計図を作製していたが、丁度その時期の 1980 年に名古屋大学から教授として戻ってきて欲しいとの要請をうけた。赤崎は年来の宿望である窒化ガリウム青色発光デバイスの研究開発を、企業で行なうべきか、大学で行なうべきか悩むこととなった。松下電器の研究所での研究期間は 17 年を経過していた。赤崎は企業の研究開発に籍をおき、研究を行っていく中で、どうしてもなじみにくいことがあった。それは企業では技術開発における特許の出願が、その技術開発の成否を決めかねないことから、常に公開特許情報の監視を義務付けられていた。赤崎もその例外ではなく、毎朝研究所の自分の席に着くと、何冊かの特許関連資料が回覧されており、数日出張などでデスクをあけると、机の上には山のような特許関連資料があり、それに目を通すのに結構な時間を費やすとともに、もしこのような負担がなければよいのになあと思うことが少なからずあった。

赤崎は企業ではどうしても研究開発に納期を明確に意識せざるを得ないことを実感しており、窒化ガリウムの研究開発はいま少し先が見えないテーマであり、大学で研究した方がじっ

くりと腰をすえてやれるのではないかと考え、名古屋大学へ移ることを決断した。

再び名古屋大学へ

1981年、赤崎は以前勤めていた名古屋大学工学部に17年ぶりに教授として迎えられた。その時赤崎53才であった。名古屋大学に移ることを決めた時点で、研究テーマは窒化ガリウム青色発光デバイスの研究開発を決めており、またその進め方についても具体的な方向はできていたけれども、赤崎は新たな問題に直面することになる。それは研究設備、研究環境の問題であった。松下電器の研究所では、研究のためのクリーンルームは当然のこととして設備されていたが、名古屋大学の工学部ではクリーンルームは当時なかった。赤崎がまずやらねばならなかったことは、このクリーンルームをなんとしても作ることであった。そのため、まず文部省にその必要性を説明し、クリーンルームのための規格を認めてもらうこと、そして次の問題は資金調達であり、さらに電気系の各教授の承認を得る必要があった。これらの仕事は、研究とは関係のない煩雑な業務であったが、赤崎は青色発光デバイスの研究のためにはこれがなければ研究を始められないために、あらゆる雑事もいとわず対応した。幸いなことに電気系の各先生方が赤崎のこの計画を快く理解し、協力してもらえたことがあり、時間はかかったものの必要とするクリーンルームを設備することができた。

もう一つの問題は薄膜を作成するための有機金属気相成長装置であった。当時市販の製品というものはなかったので、赤崎みずから、一から設計図を作成し、石英管などの部品は外注により調達しながら、装置全体については赤崎はじめ研究室員が総がかりで作り上げた。

このような準備期間を経て赤崎は本格的な窒化ガリウム青色発光デバイスの研究を開始するわけであるが、丁度その時期、1982年に赤崎は一人の学生と出会うことになる。それは赤崎研究室も電気工学科であったが、その電気工学科の3年の学生であった天野 浩である。天野は4年生になってからの卒業研究のための研究室をどこにするか考えていたが、赤崎教授の始めている窒化ガリウム青色発光デバイスは、これまで誰も成功していない、非常にチャレンジングな研究テーマであることに共感し、これは挑戦してみたいと感じ、即座に赤崎研究室に入ることを決め、3年生でまだ研究室への配属の指示が事務局から出る前に、赤崎教授の下に出向き、研究室への入室を頼み込んだ。それ以来、赤崎と天野は名古屋大学での8年間、そして引き続く名城大学での現在に至るまで13年間、そして現在もなお共同して研究を継続しており、類まれな師弟関係と世界に誇りうる研究成果を産み出すことになる。

低温バッファ層の発明

赤崎は名古屋大学での窒化ガリウムの研究は、原点に立ち戻って結晶成長から始めようと決めていた。それは均一でクラックのない薄膜が広い範囲で得られれば、研究は半ば成功と

いえることをこれまでの経験から実感していた。しかしながら一方では赤崎は均一でむらのない窒化ガリウム薄膜を実現することはそう簡単ではないことも十分認識していた。

自ら設計した特別試作の有機金属気相成長装置が完成し、期待を持って窒化ガリウム薄膜の成長を、天野を含む研究室の学生とともに始めた。薄膜を堆積させる基板としてはサファイアが良いことが、これまでの実験から確認されており今回もサファイアを用いることとした。基板の温度を色々温度に設定し、原料となるトリメチルガリウムやアンモニアガスの導入量、あるいはキャリアガスとしての窒素や水素の量をさまざまな条件でもって、様々な薄膜製作条件で、何度となく繰り返し、繰り返し、試作を行った。しかしながらその一連の実験条件においては、どの製膜条件においてもサファイア基板の上にはすりガラスのように、半透明のざらざらしたものしか堆積せず、均一でクラックのないそして透明な窒化ガリウム薄膜は得ることはできなかった。

赤崎はこの時点で、単に薄膜製作条件をいろいろと変えて、いじっているだけでは均一な薄膜を手に入れることは容易ではないと考えるようになった。赤崎は何かこれまでとは違った工夫をしてみる必要があると考えた。そしていろいろな思考の結果、サファイア基板と窒化ガリウム薄膜の間になんらかの緩衝材(バッファー層)のような材料を加えてみたらどうかという着想を持つにいたる。そして具体的な材料として、次の4種類を考えつき、天野らに試してみはどうかと持ちかけた。赤崎が提案した緩衝材となるべき材料は、酸化亜鉛、窒化アルミニウム、窒化ガリウムそして炭化ケイ素であった。それを聞いた天野らはそのうち窒化アルミニウムについて、早速検討してみた。しかしながら最初の試みは思ったようなものはできず、相変わらずの良くない結果で、均一でクラックのない窒化ガリウム薄膜は得られなかった。赤崎は、着想は間違っていないはずなのだが、と思ったが実験結果が全てを語る実験物理では、赤崎としても如何ともしがたかった。しかしながら赤崎はこの着想にこだわり続け、天野に対しさまざまな実験条件を模索する中で、この着想の可能性の検討をすることを求めた。

このような状況の中で、意外な展開が起こった。天野は大学院博士課程の2年目になっていたが、赤崎との毎週の打合せにもとづいて、窒化ガリウム薄膜作製実験を行っていたが、あるとき薄膜成長装置の電気炉の調子がおかしくなり、温度が十分上がらなくなった。このとき天野は、窒化アルミニウムであれば約 500 で形成できることから、赤崎からいわれていた窒化アルミニウムを基板に薄く形成する着想を再検討してみようと考え、電気炉の調子の悪い低温で窒化アルミニウムを形成し、その後電気炉が正常になったところで、その上に約 1000 で窒化ガリウム薄膜を形成した。そして電気炉から取り出した試料を見て、天野は「あれ？原料を流し忘れたかな」と思った。なぜならいつもの窒化ガリウム作製基板はすりガラスのように白濁した色をしているのに、そのときの試料は、サファイア基板と同じ、透明であった。

不思議に思いながら、天野が試料の表面を顕微鏡で覗いてみると、驚いたことに窒化ガリウム薄膜が均一にクラックがなく成長していることが確認されたのであった。この報告を受けた赤崎は、早速自分自身でその試料を眺め、表面がピカピカになっていることに驚き、顕微鏡観察でクラックがないことを確認し、低温堆積緩衝層(低温バッファ層)の着想が間違っ
てなく、事実として誰もが実現できなかった、均一でクラックのない窒化ガリウム薄膜を作成することができたことにたいして、大変興奮するとともに、自らの着想の確かさに大いに満足した。1896年のことであった。このとき赤崎 58 才、共同研究者の天野 25 才であった。

この低温バッファ層の発明は窒化ガリウム電子デバイス開発の基本技術として、大きなブレイクスルーであった。赤崎らは論文として投稿するのみならず、名古屋大学より特許出願をおこない、日本および米国で特許が成立しており、窒化ガリウム薄膜作製の基本技術として、広く採用されている。この技術開発が遅れば窒化ガリウム青色発光デバイスの開発は何年も闇の中をさまようこととなるはずであり、この低温堆積緩衝層(低温バッファ層)の発明により窒化ガリウム青色発光デバイスの開発は一気に実現性を帯びることとなった。

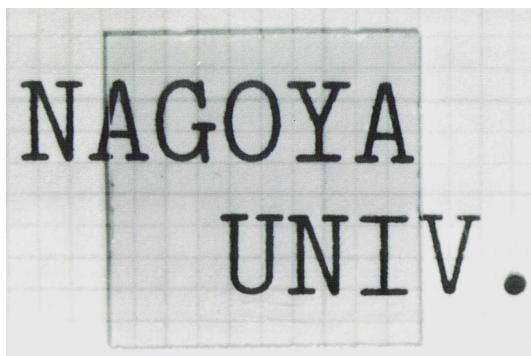


図1 低温バッファ層の上に形成した窒化ガリウム薄膜(均一透明)

窒化ガリウム p 型化

1986年、低温バッファ層の発明により、均一でクラックのない窒化ガリウム薄膜を得た赤崎は、これで研究の峠は越えたという思いが強くなり、後は強く発光する青色発光ダイオードを試作する段階に来たという実感を持つにいたった。そこで最終確認ともなるべく、発光ダイオードに試作に入った。ところが結果は予想を裏切り、発光ダイオードは期待した特性を現すことはできなかった。その理由としては、窒化ガリウムは通常電子が多くいる、いわゆる n 型半導体特性を示すのであるが、発光ダイオードを製作するためには、正の電荷を持つ正孔が多くいる、いわゆる p 型窒化ガリウム薄膜を手に入れる必要があった。赤崎は亜鉛を窒化ガリウムに少量添加すると青のルミネッセンスを出すというこれまでの知見から、亜鉛を少量添加すれば p 型が容易に実現できると考えていた。しかし現実にはさまざまな実験条件で何度試作しても、p 型窒化ガリウム薄膜は得ることはできなかった。そういうわけで、均一でクラック

のない窒化ガリウム薄膜を作製できるようになり、研究の山を越えたと赤崎は考えていたけれども、もう一つのp型の窒化ガリウムを開発しなければならないことになった。

1987年に入ってもこの困難な状況は変わりなく、研究は完全に壁に突き当たっていた。そんな時期に、天野が「フィリップスの半導体結合論という本を見ていますと、これまで使っていた亜鉛よりマグネシウムの方がp型になりやすいという記載があるます。」とやってきた。赤崎はそれを聞いて、マグネシウムの方が活性化しやすい傾向にあることに気付き、早速マグネシウムを添加してみようという方針決定がなされた。ところがマグネシウムを気相成長装置に用いるためにはマグネシウムの有機化合物が必要であったが、1987年当時はこれらの有機化合物は国内では入手できず、米国から輸入しなければならなかった。そのためその発注期間、数ヶ月の研究ロスをするという事になったが、他に有効な手がないため我慢強く待たざるを得ないという状況であった。

ようやく手に入れたマグネシウム有機化合物を用い、マグネシウムを少量添加した窒化ガリウム薄膜を製作した。試作したデバイスに電圧をかけてみると、青くしかもこれまで得られていたものよりも強く発光した。赤崎はこれでpn接合型窒化ガリウム発光ダイオードは完成したと思ったが、詳細に調べてみるとp型にはなっていないことが判明した。しかしながら亜鉛よりもマグネシウムの方が添加物としてはよさそうだという結果を得たことは一つの前進であった。

転機は意外なところから新しい展開を見せることとなる。1988年、赤崎研究室の大学院博士課程の最終年を迎えていた天野が、インターンシップ制度でNTTの武蔵野通研に出向き、亜鉛をドーピングした窒化ガリウムのカソードルミネッセンスの実験を行なうことになった。カソードルミネッセンスは試料に電子線を照射し、そのエネルギーを吸収した試料内の電子が、試料固有のエネルギー準位に一度留まり、その準位から対応した光を放出することから、逆に試料のエネルギー準位を知ることができるものである。その実験中に天野は奇妙な現象に気がつくこととなる。その現象とは、亜鉛を添加した窒化ガリウムにカソードルミネッセンスを測定するために、電子線を照射するにしたがって、カソードルミネッセンスの発光がどんどん強くなっていくということを見つけるのである。

赤崎はこの実験結果を聞いて、天野とともに検討し、この現象は電子線の照射により、亜鉛添加の窒化ガリウムがp型になった可能性があると考え、電氣的な評価を行ったが、残念ながらp型になっているという実験結果は得られなかった。とりあえずの成果として、亜鉛添加の窒化ガリウムに電子線を照射するとカソードルミネッセンスの強度が増加するという新しい現象を見つけたことの論文を投稿した。しかしながら赤崎はこの現象は、窒化ガリウムのp型化になんらかのかかわりを持っているのではないかと、強く思っていた。

1989年になって、窒化ガリウムのp型化を模索する研究は4年目を迎えていたが、赤崎と天野は、これまでの膨大な実験結果から、マグネシウムを添加した窒化ガリウムが比較的良く

発光していること、他方亜鉛を添加した窒化ガリウムに電子線照射するとカソードルミネッセンス強度が大きくなるという実験結果を、つなぎ合わせると、これはなんとかなりそうであると考え始めた。つまりマグネシウムをドーブした窒化ガリウムに電子線を照射してみたら、ひょっとするとp型の窒化ガリウム薄膜が得られるのではないかと思いついた。それっということで、マグネシウムを添加した窒化ガリウムに電子線照射をしてみると、得られた試料の電気抵抗は2桁低くなっており、p型化を判定できるホール効果測定装置で測定すると、p型であることがあっけなく確認された。

すぐさま p 型およびn型窒化ガリウム薄膜を順次堆積させ、pnダイオードを試作し、電圧をかけると青紫色発光強度が従来よりも 10 倍以上強く光ることが確認された。世界中で誰もなし得なかった窒化ガリウムpn接合発光ダイオードの成功であった。この成果は J.J.A.P.(日本応用物理学会誌)に投稿され、1989 年 12 月号において発表され、世界中の研究者の注目を浴びることとなった。このとき赤崎 61 才、共同研究者の天野 28 才であった。

青色発光ダイオード、半導体レーザの開発

低温バッファ層の開発により均一でクラックのない窒化ガリウムが得られ、ついで電子線照射によるp型化の成功という、これまで不可能と考えられてきた二つの研究開発を成功させた赤崎および天野は、直ちに青色発光ダイオードおよび青色半導体レーザの試作に取り掛かった。そして、この二つの大きいブレイクスルーをベースに、1992 年には発光効率が 1%という当時としては画期的に高輝度の青色発光ダイオードの試作に成功した。

また青色半導体レーザについては、1990 年にはレーザ光で窒化ガリウムを光励起することにより、単色性の高い誘導放出を観測し、青色半導体レーザの可能性を確かなものにした。

1992 年、赤崎は名古屋大学における定年を迎えることとなるが、青色発光デバイスの研究は赤崎にとっても絶頂期であり、研究の手を休めるわけにはいかなかった。幸い名城大学で研究を継続できる環境が実現されることとなり、赤崎は共同研究者の天野とともに、名城大学に移り、途切れることなく研究を継続した。

1995 年にはインジウムを含む窒化ガリウムでpn多重量子井戸構造のデバイスを試作し、パワー密度を低減させ、レーザ発振に必要なとされる電流近くで、半値幅が 3nm の強力な発光を観測し、その結果は 1995 年 11 月の日本応用物理学会誌に掲載された。この論文は窒化ガリウム青色半導体レーザ発振として、ほぼ成功したものであるが、2ヶ月後の 1996 年 1 月に、同じ学会誌に掲載された、中村修二らによる窒化ガリウム青色半導体レーザ発振の結果が見事な結果であったため、赤崎、天野らの論文はその先駆的成果として評価されている。

豊田合成との共同研究

1986年、低温バッファ層の発明で、均一でクラックのない窒化ガリウム薄膜が作成できるようになり、本格的な青色発光デバイスの研究に取り組んでいた赤崎のもとに、豊田合成(株)の堀籠登喜雄社長が来訪し、青色発光デバイスを新規事業として立ち上げたいので、技術指導をしてほしいとの要請を受けた。赤崎は豊田合成という会社がこれまで半導体についてまったく経験を持っていないことから、実現は難しいと考えたが、堀籠らの強い熱意に動かされることとなる。当時、赤崎は低温バッファ層の特許を名古屋大学から出願しており、その特許が新技術開発事業団(現在科学技術振興事業団)に注目されていた。それらのことから、新技術開発事業団から豊田合成に開発委託があり、同時に豊田合成と名古屋大学、赤崎研究室との共同研究が1987年から3年間の計画で青色発光デバイス製造技術開発が開始された。赤崎研究室には豊田合成の複数の研究員が赤崎研究室に派遣され、技術の指導を受けることとなった。この開発の成果は1991年成功認定を受けるとともに、1995年10月、豊田合成から高輝度青色発光ダイオードの発売に至っている。

赤崎および天野の研究成果である「窒化ガリウム系短波長半導体レーザの製造技術」を科学技術振興事業団は豊田合成に開発費7億円で1993年委託開発し、2000年4月開発成功の認定を行っている。

豊田合成での青色発光ダイオードを含むオプトエレクトロニクス製品の売り上げは2003年には305億円に達しており、連結売り上げの7.7%を占め、主力製品のひとつになっている。

赤崎記念研究センターの設立

豊田合成をはじめとするメーカ窒化ガリウム発光デバイスの製品化により、赤崎が発明し、名古屋大学にて出願した特許に対する、特許使用料が名古屋大学に払い込まれるようになった。その額は2003年度一年間で3億8千万円を越える額に達している。

この基金を利用し2000年に名古屋大学において赤崎記念事業が発足し、2001年大学構内に赤崎記念研究センターが創設された。ここでは2002年より毎年、赤崎記念研究センターシンポジウムが開かれている。2004年には「窒化物半導体研究の新展開:新規デバイスの創出をめざして」と題して研究会が持たれている。

フロンティア・エレクトロニクスへの挑戦

1995年、青色発光ダイオードおよび青色半導体レーザの研究開発は一段落したと考えた赤崎は次なる未踏の研究テーマの選定に取り掛かった。赤崎は光デバイスではこれからは紫外線領域の発光デバイスが重要であると考えた、また200℃以上の高温で安定に動作す

る電子デバイス、および高周波数で動作する高出力デバイスが重要になってくると考えた。赤崎はこれらの領域のデバイスを「フロンティア・エレクトロニクス」を名づけた。これらの電子デバイスを実現するためには、現在広く利用されているシリコンや砒化ガリウム半導体材料では困難であり、よりバンドギャップの大きい材料が必要となる。窒化ガリウムは大きいバンドギャップの一つであり、フロンティア・エレクトロニクスとして利用できる可能性の高いものである。赤崎は文部科学省にハイテク・リサーチ・センター整備事業の助成を申請し、1996年名城大学に「窒化物半導体研究センター」の開設が認められた。計画では窒化物半導体のナノ構造を究めることと、フロンティア・エレクトロニクスの構築を狙っている。

2002年、21世紀COE選定平成14年度の20大学の一つに、赤崎らの提案した「ナノフクトリー」に選ばれ、フロンティア・エレクトロニクスの研究が推進されている。

未踏分野へのパイオニア・赤崎 勇

赤崎は大学を1952年卒業以来、一貫して未踏分野の材料研究に没頭してきており、現在76才、いまなお、衰えることなくその情熱を研究に注いでいる。研究第一線において50年を超えて、なお研究に強い情熱を持ち、トップフロントで研究を続ける原動力はについて、赤崎は夢を持ち、愚直にそれに向かって一直線に突き進むことだといっている。赤崎のいう愚直にという言葉には深い意味を感じる。この方向に進むのだと決めたことに対しては、周囲のものが敬遠し、その方向に進むのは馬鹿げているという状況にあってなお、自らの考えを確信し、ひたすら突き進むという、常人では到底考えられない強い意志がこめられている。

赤崎のこの姿勢は、アントレプレナーとして必須のものと思われるが、50年を超える研究生生活の中で、赤崎が世界に誇りうる研究成果をあげたのは、特に1986年から1989年にかけてであり、この時期赤崎は58から61才のときであり、ある意味では晩年に近い時代であったといえる。赤崎は1970年代から窒化ガリウムを何とか征服してやろうと、夢を持ち続け、ひたすら愚直に研究を継続したこと、そしてその時期、赤崎は窒化ガリウムの問題点を極めてフォーカスして明確に認識することが出来るようになってきていた。そして丁度その時期に赤崎研究室に天野が加わることとなり、赤崎のフォーカスされた問題点を実験現場で日夜、これも愚直にひたすら進めることにより、二人に新しい発明という幸運に恵まれることとなる。天野はこの時代、大学院博士コースから助手で、25から28才のときである。この親子とでもいう年代の離れた二人の研究者の日夜を分かたぬ共同作業により、世界的な研究は実現したものである。

略歴

1928年 鹿児島に生まれる

1950年 京都大学理学部卒

1952年 同大学、修士卒
1952年 神戸工業(現富士通)
1959年 名古屋大学助手、講師、助教授
1964年 松下電器、東京研究所
1981年 名古屋大学教授
1992年 名城大学教授

主な受賞歴

1995年 化合物半導体国際シンポジウム賞
Heinrich Welker Gold Medal
1996年 IEEE/LEOS エンジニアリングアチーブメント賞
1997年 紫綬褒章
1998年 Laudise Prize
IEEE Jack A. Morton Award
英国 ランク賞
1999年 Sokid State Science & Technology Award
仏モンペリエ大学より Honoris Causa(名誉博士号)
2000年 東レ科学技術賞
2001年 朝日賞
2002年 第2回応用物理学会賞
藤原賞
武田賞