

「自己整合・IJP技術の有機デバイス応用展開」

富山大学 岡田裕之

2009年秋季第70回応用物理学会学術講演会で、平成21年9月8日13:00~16:50「自己整合・IJP技術の有機デバイス応用展開」と題しシンポジウムを開催した。

趣旨としては、有機エレクトロニクス応用を目指し、有機EL素子を始めとして、有機トランジスタ、有機太陽電池、有機センシングデバイスなどに関する研究が盛んななか、高性能・簡略化を目指した自己整合技術、及び簡単・高精度・高材料利用率のインクジェットプリント印刷(IJP)技術を用いた有機デバイス応用展開についてシンポジウムを企画した次第である。

先ず、イントロダクトリートークで、自己整合・IJP技術の有機デバイス応用展開と題し講演を行った。最初に形成したパターンで、次のパターン位置が自動的に決定される自己整合技術の説明の後、有機EL素子については、フレキシブル自己整合マルチカラーパネル、自己整合IJP多機能ダイオード、そして有機バルクヘテロ構造を持つIJP自己整合フォトダイオードが概説された。続いてトランジスタに関連して7つの技術の概要が紹介された。それらの技術展開に関して、両面発光パネル、多機能ダイオード等の複合集積技術や、光シール、光グラフィックス、光タグ、光センサ等の高度機能部材と今後の応用展開が示された。

第2に、「インクジェット法を用いた有機デバイス」と題し、富山大中 茂樹先生から、IJP自己整合有機EL素子について、低分子系発光材料によるマルチカラー、フレキシブル化、高分子系材料による技術とトップエミッション化、そしてラミネートプロセスとの組合せによる大面積化とRGB発光など、詳細な説明が成された。加えて、IJPによる光センサ試作と有機トランジスタ応用などが報告された。

第3に、「テーラードリキッドを用いた機能性酸化物の低温成膜パターンニング・IJP」と題して、産総研中部の加藤 一実先生から講演頂いた。金属アルコキシド溶液の調製による化学的チューニングとなるテーラードリキッド法の例として紹介があった。TiO₂については、DEAが最も良い挙動を示し、IR分析からNHのボンドが切れることや、結晶系の転移がアナターゼからルチルへ転移する点などが紹介された。また、NILによるナノドットアレイ形成では、ドット径が温度により変化し、形状変化が結晶性によると示唆された。光アシストによるHfO₂形成では、低圧水銀ランプ、10~30分の照射で高緻密のHfO₂が出来る旨説明された。加えて、Si基板上においては、1mol程度のDEA添加で良好なC-V特性が得られたこと、酸素導入で欠陥の形成を抑制出来ること等が紹介された。その他、Al/PI/ITO/HfO₂構造の試作例とショットキープロット、他のHigh-κ材料やMoO₃の導入など、様々なテーラードリキッド法の展開が示された。

第4に、「インクジェット技術を用いた自己整合有機トランジスタ」と題し、名古屋市工研の村瀬 真氏による講演があった。自己整合有機トランジスタの技術の詳細として、背面露光法による自己整合有機トランジスタとインバータ、リング発振器回路に始まり、全有機自己整合トランジスタのプロセスと特性、完全自己整合トランジスタの概念とトランジスタ特性、二重自己整合による縦形トランジスタ、そしてIJPによる有機トランジスタ等、これまでのプロジェクト研究で実現されてきた自己整合有機トランジスタが説明された。

第5に、「インクジェット技術とその応用展開」と題し、ブラザー工業の井上 豊和氏より講演が行われた。インクジェット技術では性能ばらつきの抑制が必要で、安定吐出には、負圧の掛け方、捨てインク、ワイパー、の制御が重要である点が指摘された。また、乾燥過程に形成されるフリンジの抑制が必要で、低温で乾燥速度を抑制することで解消可

能な例が紹介された。自己整合有機 EL 素子の IJP 作製では、絶縁膜としてシクロオレフィン进行全面成膜後、PFO を発光材料として IJP する例が紹介された。ラマン分光解析による円環と円外の領域での材料分布や、自己整合法で問題となる可能性のある材料系の混合について、PFO+シクロオレフィン系での例として、シクロオレフィンを多く混合しても 100% の PFO と遜色ない発光が得られる点が報告された。その他、ブレンドによる白色発光の例や有機バルクヘテロ太陽電池作製への適用例など、IJP 技術と有機デバイスへの応用展開の様々な面が紹介された。

第 6 に、「非接触電磁給電応用：IJP 発光ポスターを目指して」と題し、樋屋の大原 鈺也氏から講演があった。有機 EL 素子による発光ポスターよりケーブルやバッテリー接続を取り除く有望な方式として、印刷コイルを用いた非接触電磁給電法が紹介された。典型例として、抵抗 25Ω 、インダクタンス $50\mu\text{H}$ が得られ、コイルの Ag ナノスクリーン印刷総数を変えることで、よりインダクタンスの向上が出来る。この時点で 0.41W の電力送電が出来る。加えて軟磁性材料(比透磁率 $100@1\text{MHz}$)の成型シートを片面に印刷形成可能で、 100kHz での送電効率を 89% に上昇可能とのこと。これにより、最大 2 倍程度の電力送電が可能であることが示された。

第 7 に、「Polyaniline/Porphyrin/C60 有機薄膜太陽電池の高効率化と IJP への展開」と題し、富山県工技センターの寺沢 孝志氏から講演があった。まずは材料系の紹介として、ヘマトポルフィリン(HP)、クロロフィルが紹介された。中心に金属原子を持つこと、導電性能分子との結合、生産性が特徴とのこと。有機太陽電池としては、ITO/ポリアニリン(PAn)/HP/C60/Al を基本として、PAn-HP 複合膜を用いたデバイスが紹介された。複合膜の可視分光特性や、その上に O_2 プラズマ処理した後の C60 蒸着による V_{OC} 向上 (I_{SC} は極端に減少)も併せて紹介された。

第 8 の講演としては、「プリンタブル自己整合有機トランジスタ技術」と題し、産総研鎌田 俊英先生から講演を頂いた。Alignment について、Additive と Subtractive な技術があり、前者では EPSON の Top Gate トランジスタを、後者では光加工アシストを挙げていた。そのなか、アライメントフリー印刷技術として SALS A 技術があり、撥水性表面コーティングを用いる。有機トランジスタとしては、典型的に移動度 $0.5\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、しきい電圧 -2.9V が得られ、溶液プロセスによるトランジスタによる LCD 試作で 80ppi を試作している。また、縦と横のラインの幾何学的位置合わせ技術による縦形 FET として、トップ&ボトムコンタクト FET について紹介された。チャンネル長の決定、電界集中と階段(ゲート変調可)、テーパー(ゲート変調効かない)端面形状による特性差や電極厚を 90nm から 30nm とすることで特性の一部が飽和するなど紹介された。最終的に、絶縁膜 $0.01\mu\text{m}$ 、半導体厚 $2\mu\text{m}$ 化によるトランジスタ特性の二桁向上や、Block Insulator や Schottky 接触の導入でトランジスタ特性が最大となった点が示された。

全講演終了後のパネルディスカッションでは、先ず 特長や優位性、 技術的課題と解決法、競合デバイス、 応用展開について、各講演者からシート 1 枚のまとめを提示頂いた。その後、質問が成され、印刷技術、特に IJP 技術については多くの方々から質問があり、それにより有機デバイスを実現するための問題点と展望について深く議論された。

(以上)