

R1 SUPER 露光ユニットの開発

The Development of the R-1 Super Exposure Head Unit

鈴木 厚司*
Suzuki, Atsushi

伊藤 栄治*
Ito, Eiji

中花田 学* 出口 俊*
Nakahanada, Manabu Deguchi, Takashi

The R-1 Super is a new digital minilab system which has an exposure head unit based on a dichroic prism. The unit affords great advantages in cost and size over laser exposure units, and with a unique head drive technique joining its advanced optical system, the R-1 Super creates high image quality prints. Presented here is how this high performance is achieved.

1 はじめに

一般用カラーペーパーへの階調再現を目的とした、写真用デジタル出力機を搭載した自動プリント作成システムは、デジタル証明写真システムDS1¹⁾が発売された後、コニカは、デジタルミニラボQD21²⁾の発売によって、写真プリント市場のデジタル化を一步リードしてきた。デジタルミニラボによって、フィルム上に焼き付けられた画像を様々な画像処理を施して写真プリントにすることができる事や、デジタルカメラからのプリント出力など他のメディアからの画像出力、プリント画像のコピーやオンライン化に対応できるなどの利点を生み出す事ができるので、デジタルミニラボの普及は、さらに加速して行く。

写真プリント市場のデジタル化は、露光部が、アナログシステム同等の画質と処理速度を実現できた事から始まった。QD21や市販されているデジタルミニラボは、印画紙を搬送しながら露光する形態を取る事で、画質と処理速度の目標を実現している。印画紙を搬送しながら露光する為に露光ユニットは、線上の露光を行う事が要求される。線状の露光を行う方法は、QD21で採用されたR、G、B三色のアレイ型の光源デバイスをタンデムに配列した系とFOCRTや液晶シャッターアレイ、光源としてR、G、Bのレーザーを採用し、それを合波し、さらに主走査方向にスキャンする系などがある。これらは、デジタルミニラボの普及に貢献してきたが、サイズ、取扱い性、コストの点でのアナログシステムからの差は大きく、改善が望まれていた。

開発した露光ユニットは、QD21で採用したVFPH（蛍光表示管方式プリントヘッド）とLEDアレイ光源をベースに幾つかの新規技術を盛り込むことで、画質、処理速度等の基本性能の向上と、サイズ、取扱い性、コストの点での優位性を確立した。そこで、露光ユニットの概要を述べ、重要部品の一つであるプリズムの開発についてポイントを報告する。

2 露光ユニットの概要

露光ユニットの光源は、QD21同様のアレイ光源を採用した。これは、デジタル画像データを直接露光ヘッドに送ることができ、機械的な稼働部とアナログ処理のない露光制御を行うこと事のできるからである。さらに、プリズムによるアレイ光源の合成を行う事で、レーザーのようにRGBが同じ位置で露光できるようにし、搬送精度を維持する距離をレーザー並にすることができ、露光搬送部のコンパクト化に対応できるユニットである。

Fig. 1は、露光部のレイアウト図である。二対の搬送ローラーによってペーパーを搬送し、二つのローラー対の間で露光を行っている。露光ユニットのペーパー搬送方向の幅は、60mmと狭く、ミニラボの最小送り長さ89mmを実現するローラー間にセット出来る。

また、ユニットの取付基準面をペーパー搬送面にすることが容易で、ユニット取付時プリントが狂う心配がない事や、搬送部清掃などのメンテナンス作業に適している。さらに、RGBが同一ラインで露光する事で、搬送精度や振動の影響による画素ズレなどの画質劣化要因を排除する事ができている。

今回の露光ユニットは、Fig. 1に示す機械的/光学的な特徴の他に、高画質化の為に幾つかの技術を盛り込んである。

① 発光制御の最適化

VFPH、LEDアレイ光源の階調制御の為にビット分解露光の課題を解決する新制御方法を導入した。これによって、画素ドット間の相互作用と言われる発光輝度のリニアリティが崩れる現象を無くした。

② 安定性の改良

アレイ光源自身の改良とヘッドを発光させるタイミングや、ウォーミングアップ条件などの最適化によって、毎朝の稼働前のセットアップ時のシェーディング補正の状態が、終日維持できるようにした。

③ シェーディング補正精度の改善

測光値のデータ処理と画像の最適化を行い、シェーディング補正精度を向上させた。これによって、シェーディング不良を認識できないレベルに高めた。

* CIカンパニー CI研究開発センター 機器開発グループ

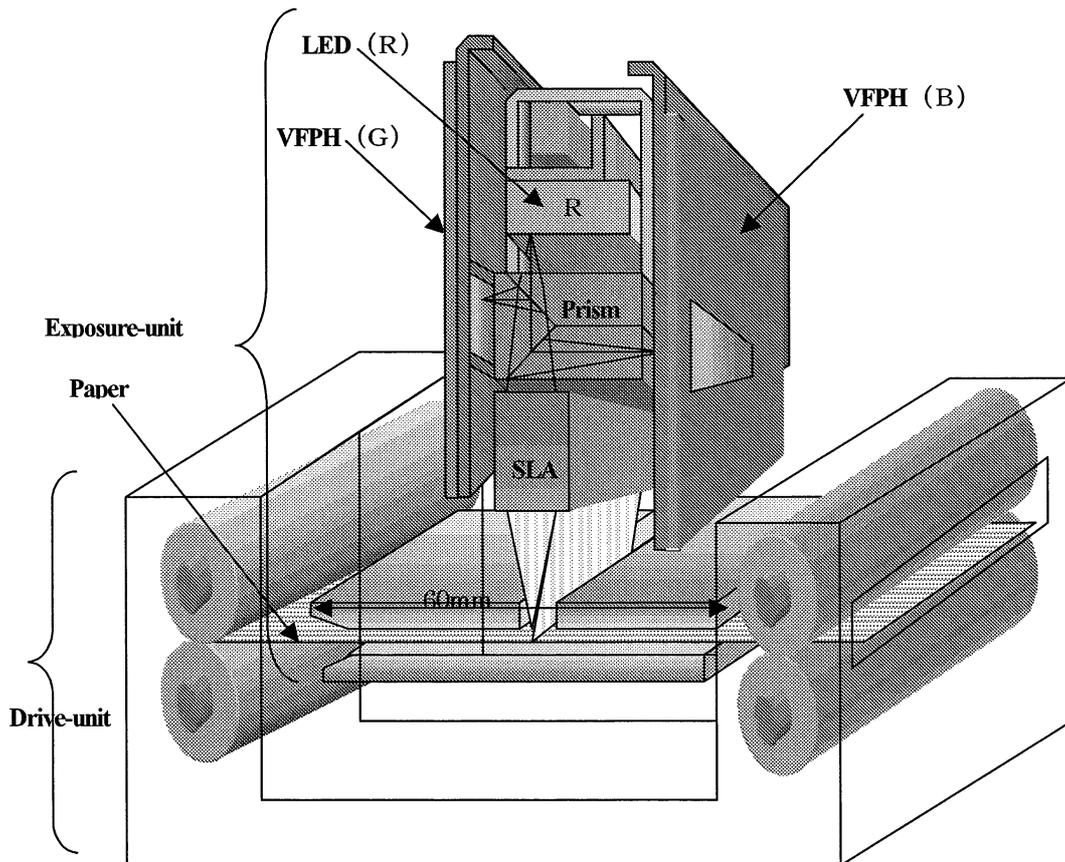


Fig.1 露光部レイアウト図

3 プリズムによるアレイ状光源の合成露光

今回の露光ユニットのキーポイントであるプリズムについて説明する。

アレイ型光源による露光は、結像レンズとしてセルホックレンズアレイ (以下SLA) によってプリントメディア上に光源像を結像する事で実現している。結像レンズとしてSLAを使用する利点は、開口角が広く明るい事と物像間距離が短く軽い点などが上げられる。SLAの結像系の中でアレイ状光源の合成を行うプリズムを開発する事に対して、幾つかの課題があった。

(1) 可能性の追求

① 形状の制約

R1 SUPERの最大露光幅の仕様は、216mm幅であるのでプリズムは、この長さをカバーする大きさでなければならない。一方QD21の光源デバイスで使われていたSLAのワーキングディスタンス (以下WD) は8mmと短い。QD21と同じSLAを使用すると想定した場合、10mm (ガラスを入れるとWDがのびる) 程度の隙間の中に入る、216mm以上の細長いダイクロイックプリズ

ム作る必要がある。一般にレンズの焦点距離を長くすると明るさが損なわれる。そこで、なるべく焦点距離の短い (SLAの場合WDの短い) SLAの使用が、処理能力に直結する。従って、安易にWDを大きくすることが出来ないという制約がある。

② 反射面の制約

合成の為に反射面が反っている場合に透過で結像する画素と反射で結像する画素位置が重ならない事になる。シミュレーションの結果、220mmの長さの両端に対して中央部分が0.34mm反ると中央部の画素が重なってしまう。Y、M、Cの画像が1画素ずれる事は致命的欠陥を意味する。蒸着や接着時に発生すると考えられた反り量を極小化する必要がある。

プリズムの量産化の可能性とコスト的な見通しや他の課題の抽出の為に機能試作として、Fig. 2に示すような断面形状プリズムを試作し評価した。BとRをプリズム内で合成し、G光を空気界面で合成する構成をとった。BとR光のプリズムへの入射面は、厚板ガラスを結像系の途中に斜めに置いた場合に発生する収差を最小にする

為に、約12度傾けてある。G光を空気界面にしたのは、この時、接合面の偏光特性をキャンセルする方法を見つける事が出来なかったからである。評価の結果、接着と蒸着による反りの量は問題にならない事と1本のプリズムの研磨と蒸着のコストの概算ができた。さらに、画像サンプルを評価した結果、高画質を達成できる事が確認されたが、蒸着膜の面内ばらつき(特に、G反射面)の低減が課題である事が分かった。また、プリズムとアレイ光源を組み立てる時に、R、G、Bの光源が斜め配置になる事とRとBの厚板ガラスの収差によるボケによって位置調整が難しいなどの組立性に課題がある事を確認した。

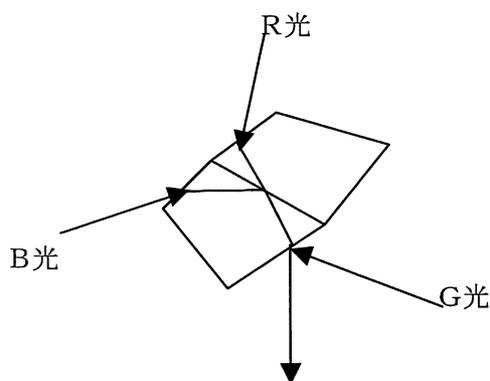


Fig.2 偏芯プリズム

(2) 形状の決定と蒸着膜の最適化

Fig. 3 に示すような、反射面が45度のプリズムを作成する事で光源の配置と収差の問題は解決するが、B用とG用の光源の間の隙間が小さくなる為に、同じレンズの場合にR用の光源を配置できない。また、G反射面が接合面になってしまう為、偏光特性をキャンセルする仕組みが必要である。

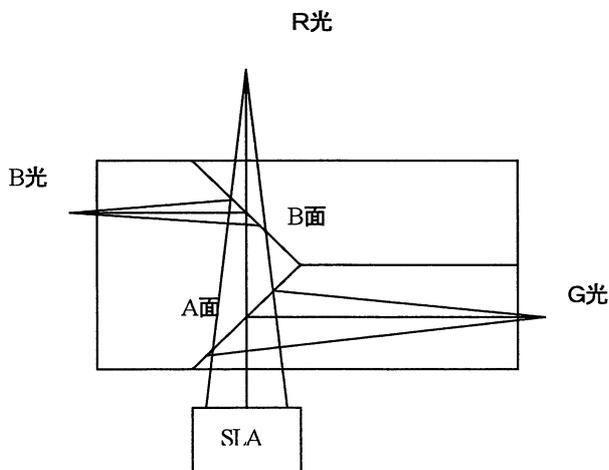


Fig.3 光学系

① 形状の決定

組立性を改善し光源の機械的干渉を解決する為には、SLAのWDを大きくし、その分の光量をUPする必要がある。QD21のB用とG用の光源デバイスは、同じVFPHをフィルタで光を選択することで、B用とG用の光源として使用していた。B及びGについては、このフィルタの効率を上げる事で、光量の回復が見込めることが確認できた。一方Rは、デバイスのデータ線の本数を増加させた。アレイ光源デバイスにて階調を表現する為に、画像データをビット分解して、ビットに相当する画像データの1ライン分をデバイスに送り、そのビットに相当する時間だけ発光させる露光制御を行う必要がある。この時、画像データを送る時間が発光している時間よりも長い場合に、次のビットの画像データを送り始めるのを発光が終了するまで待たなければならない。この待ち時間が、単位時間当たりの発光時間の最大値(Duty)の制約になる。データ線を増加させる事で、画像データを送る時間を短くする事ができ、DutyをUPさせる事ができる。SLAの効率と写真用ペーパーの分光特性を考慮した結果、SLAのWDは、14mmが最大である事が確認できた。

形状決定の為に、重要な要件は、プリズムの量産性の確保である。Fig. 3のような形状の場合、4角形のプリズム間の接合面の面積が大きい為に、接着剤が硬化する時に、この接合面に引っ張られ、A、B面に気泡が入ったりする。そこで、(株)コニカオプトプロダクトと共に組立の順番と基準の取り方や蒸着面の作成場所と順番などを含めて、形状を検討した。

Fig. 4 に最終形状の概要を示す。A面、B面の接合面を形成する3つのプリズムとA'面、B'面を形成する2つのカバーガラスで構成されている。A'面、B'面の機能は、前述した光源デバイスの光を光選択し、それぞれB光、G光にしたてる為の光選択面である。また、B面は、R光とB光の合成を行い、A面でRGBの合成を行う構成となっている。接着の問題から、P2とP3の接合部分をなるべく小さくした事とプリズムのエッジと接合面のエッジ部分が、SLAの開口角の外側になるようにし、エッジ部分の散乱光が、プリント画質に影響しないように考慮した。さらに、一つのプリズムに蒸着膜を2面以上形成させると、2面目の蒸着工程の時に1面目の蒸着膜の特性が変化してしまう事があるので、A'面とB'面をカバーガラス上に設け、プリズムに接着させる構成を取った。最終的に、部分気泡の大きさや位置の影響をシミュレーションし、外観規格を決め、量産化可能な形状を決定した。

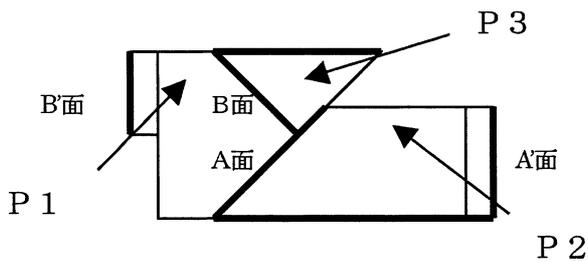


Fig.4 プリズムの断面形状

② 蒸着膜の最適化

蒸着膜の課題は、効率（透過率、反射率）のUPと安定生産である。例えば、A面（G反射、BR透過）の効率を上げる為には、B光とG光の境目である500nm付近の透過率の slope を急峻なものにする必要がある、一方、分光特性を急峻にすると、slope の位置の変化は、光源の明るさの変化になるから、slope 位置の公差を厳しくする必要がある。また、45度反射の接合面の分光特性は、偏光特性の影響をキャンセルする事が難しく、接合面の分光特性に急峻な slope を形成させる事は、生産上の課題も大きかった。

偏光特性に関しては、写真用ペーパーとアレイ光源の分光特性の最適化によって解決した。Rに用いているアレイ光源は、650nm付近にピークを持ち反値幅が10nm程のスパイク状の輝度分布を有している。一方、B用、G用に用いているアレイ光源の分光輝度分布は、500nm付近を中心に400nmから600nmにかけての正規分布の形状をしている。写真の分光感度分布の特徴は、B感度>G感度>R感度のように、短波長の方が、感度が高く、それぞれの中心波長は、およそ450、550、700nmである。RとG（RとB）の合成については、600nmから640nmの間の波長域に使われていない領域があり、ここに slope のなだらかな部分があるように設計した。GとBの合成については、B感度が高いという特性を利用した、slope のなだらかな部分をB側にすることで、光源と感材の光源光の利用効率を色間で最適化した。

生産性の課題は、生産可能な蒸着膜特性で目的とする安定性能を維持できるかというものである。今回のプリズムの場合、前述の slope 位置のばらつきの許容範囲は、当初10nm程度と予測され、蒸着膜の量産性が確保できないと思われていた。しかし、B光に関しては、B'、B、A面の特性が、関与するといった、複数の分光特性の組み合わせが、性能を決める。この組み合わせを最適化することで、量産性確保を達成した。例えば、接合面よりも製作し易いA'面、B'面の精度が良ければ良い程、接合面の蒸着仕様を甘くする事ができ、製作に時間のかかるP1～P3のプリズムの歩留まりを上げる。このように、各面の蒸着膜製作の難易

度と総合的な生産性を考慮したテストバッチを作成し、得られた蒸着膜特性を長波と短波にシフトさせ、写真特性をシミュレーションするといった作業を繰り返し最適化を行った。

Fig. 5は、プリズムの各光選択面の分光透過率分布を示す。接合面であるA及びB面のS及びPは、偏光を示す。このSとPの平均が実際の透過率を示している。

最終的に強度、ヒートショック、亜硫酸ガス耐性などの確認を行い、問題のない事を確認した。光量の問題は、レンズ込みの光量比でQD21の10%UPを実現する事ができ目標を達成している。また、その他の生産上の課題をクリアする事ができ、安定性能を維持できている。

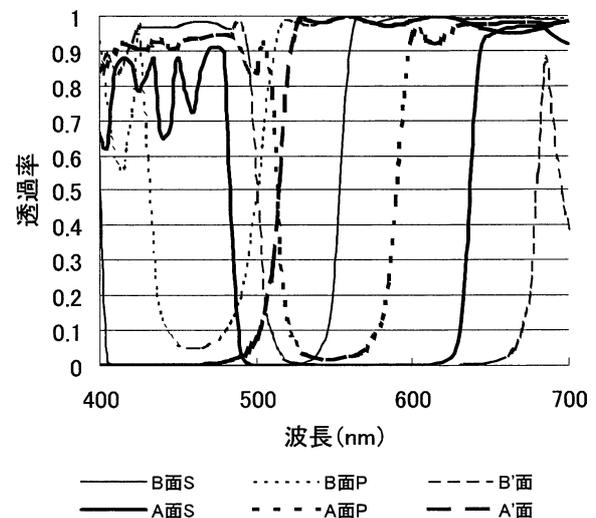


Fig.5 分光透過率分布

4 まとめ

高画質且つコンパクトで取扱い性に優れた露光ユニットを開発した。この露光ユニットを搭載したRISUPERは、高画質・高信頼性と操作性の向上の為に、露光ユニット以外のハード、ソフト両面から従来技術を大きく向上させている、画質と使いやすさを含めた総合品質の点で他システムを越えるものである。必ずやお客様の満足を勝ち取るものと確信している。

● 参考文献

- 1) 鈴木厚司・栗本哲也・横溝清吉, KONICA TECHNICAL REPORT VOL.11 61 (1998)
- 2) 栗本哲也・今村潤一, KONICA TECHNICAL REPORT VOL.12 137 (1999)