

ドットパターン技術による 液晶表示装置の輝度一様化

IBM東京基礎研, IDTech*

沼田英俊, 勝義浩*, 井手剛, 水田秀行,
平洋一, 鈴木優*, 野口通一*



従来型LCDパネルの構造例

液晶表示装置用バックライト

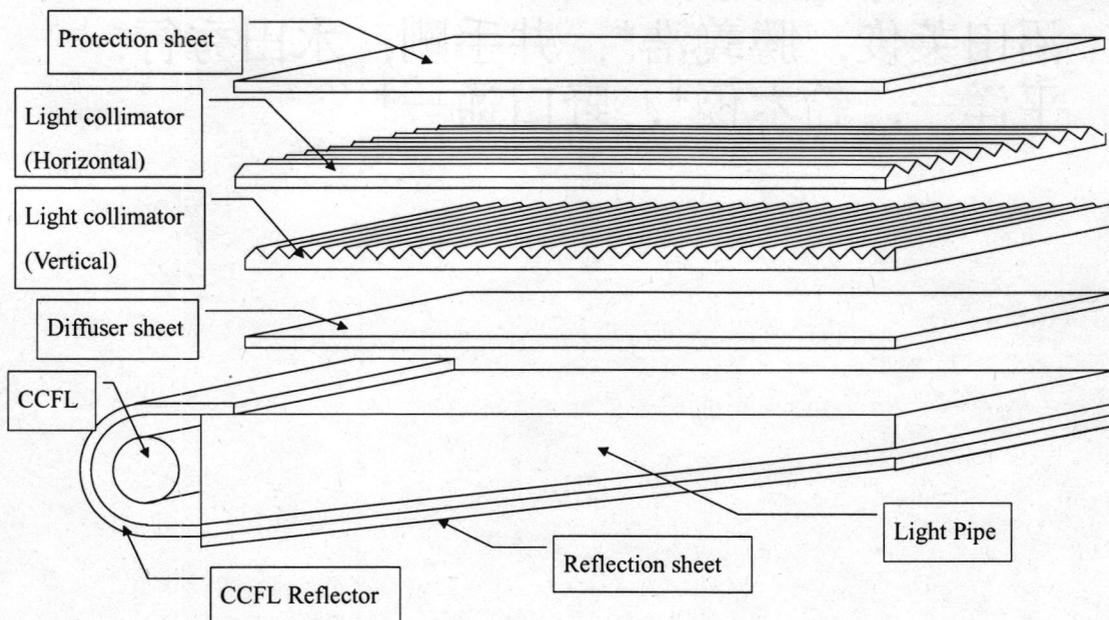
要求される主な性能は

1. 低消費電力
2. 高輝度
3. 輝度一様性

低消費電力と高輝度の両立

= 光利用効率の向上

→ 光学部材の拡散度低減が有効



従来型LCDバックライトの構造例

I. 導光板の最適化

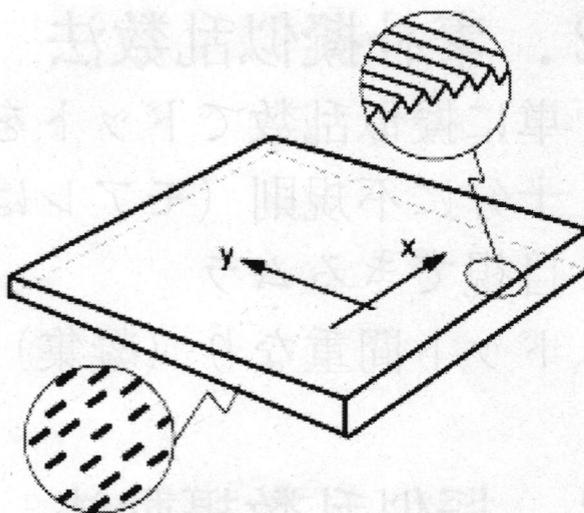
従来方式の改良^{1,2}

- 導光板とプリズムシートとの一体成型
- 導光板下面の散乱体の改良
 - 散乱性の白インクから角錐型くぼみへ
- [1] Y. Oki, SID '98 Technical Digest, pp.157-160.
- [2] K. Kalantar et al., SID'00 Technical Digest, pp.1029-1031

高輝度実現に有効

しかし

散乱ドットパターンの
最適化は不十分



課題：

- 強いモアレ縞の出現

散乱ドットパターンと液晶セルの光学的干渉

- モアレを回避→輝度ムラが顕著に

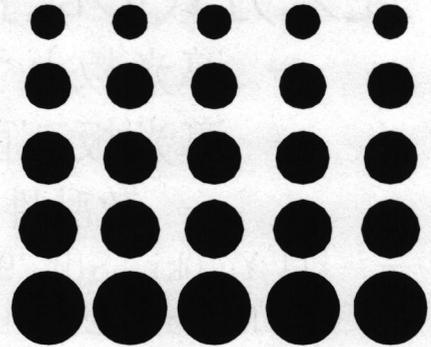
モアレ・ムラの出ないパターン生成が必要

= 実用に耐える輝度一様性の保証

従来の導光板ドットパターン

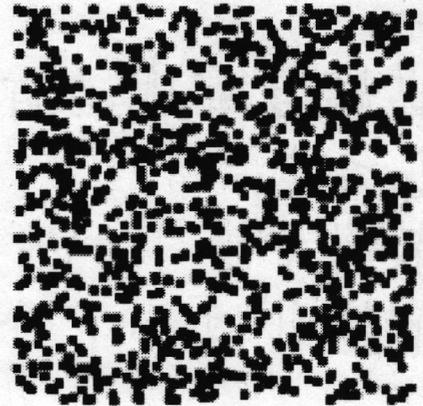
1. 白丸規則格子

- ・激しいモアレ縞



2. 素朴擬似乱数法

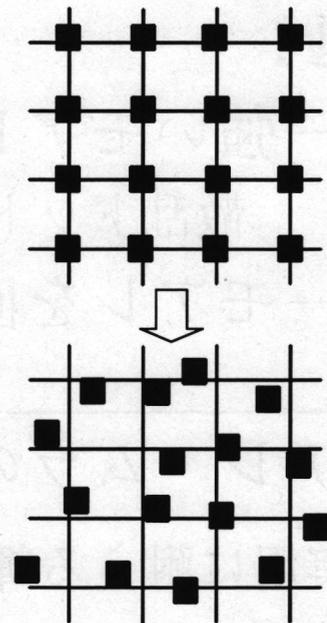
- ・単に擬似乱数でドットを配置
- ・十分に不規則 (モアレは出ない)
- ・目視できるムラ
- ・ドット間重なり (凝集) = 輝点



3. 擬似乱数摂動法

ドット間重なりを避ける工夫

- ・ムラが目につく
- ・充填率を上げられない
 - ードット間重なりが不可避
 - ー周期性が残存
- ・柔軟な設計ができない
 - ー元のメッシュを生成する手間 (充填率勾配などが難)



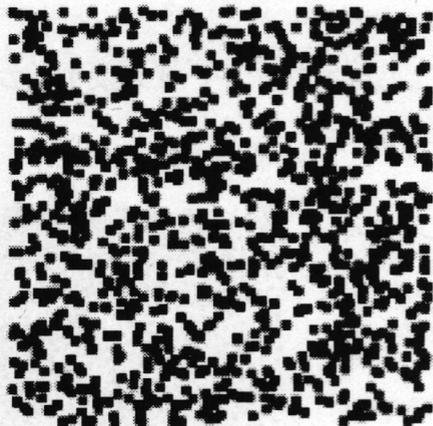
導光板ドットパターンの改良

DLDS法を用いたドットパターン生成技術を開発 (dynamical low-discrepancy sequence)

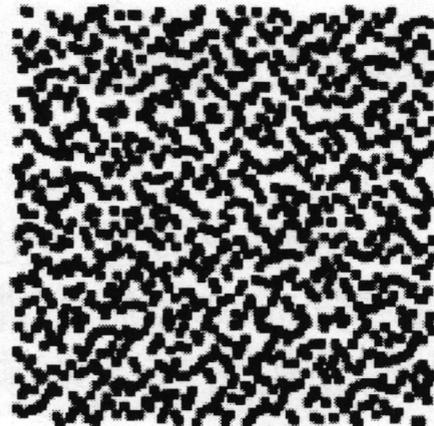
1. 性質の良い「乱数」LDSの導入

— ムラの原因の一部は取り除かれる

S. Tezuka, *Uniform Random Numbers: Theory and Practice*, Kluwer Academic Publishers, 1995.



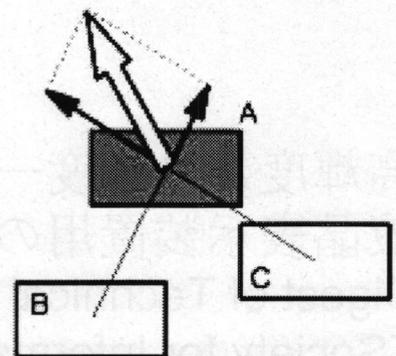
擬似乱数



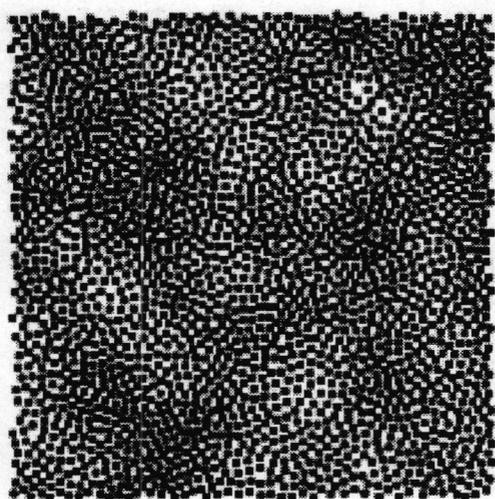
LDS

2. 分子動力学的手法によりドット重なりを排除

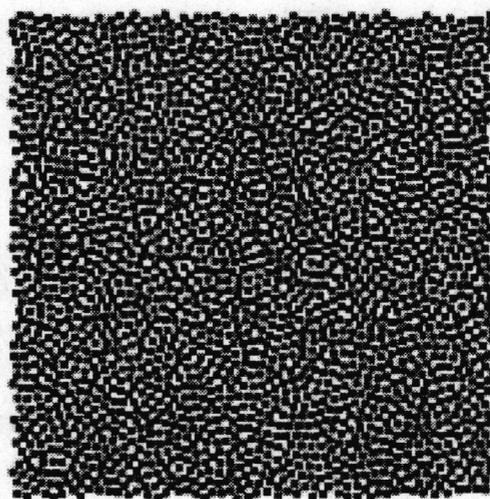
ドット存在確率、斥力到達範囲に充填率依存性をもたせ、滑らかな充填率勾配も実現



導光板ドットパターンの改良

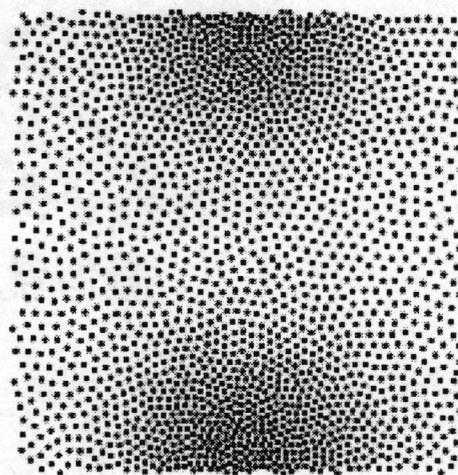


擬似乱数+力学的緩和



LDS+力学的緩和法

不規則性・一様性を両立させつつ
任意の充填率分布に対応可能な
微小ドット構造の分布を実現



(a) DLDS pattern

高輝度かつ輝度一様性に優れた
液晶表示装置用の新型導光板を発表

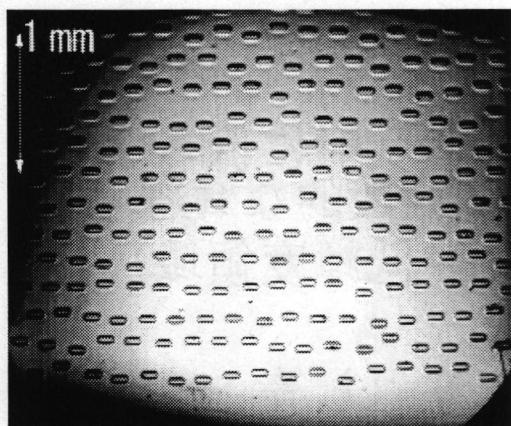
Digest of Technical Papers

(Society for Information Display, 2002), **33**, 1232-1235

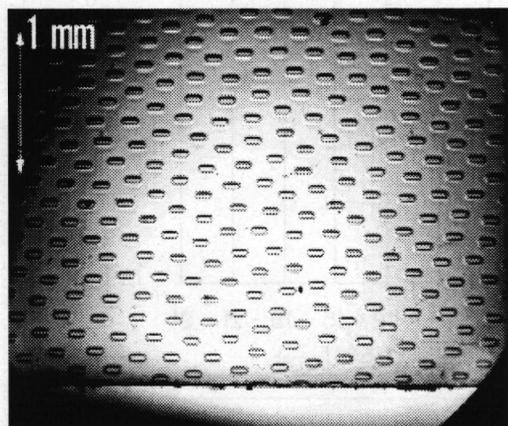
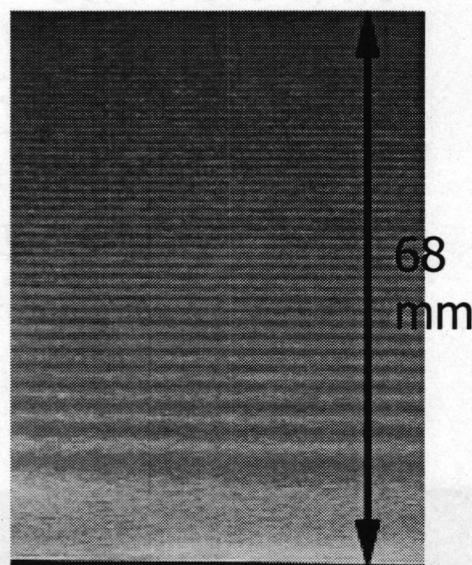
疑似乱数+摂動法 (従来技術) vs DLDS法 (新手法)

導光板の散乱体分布

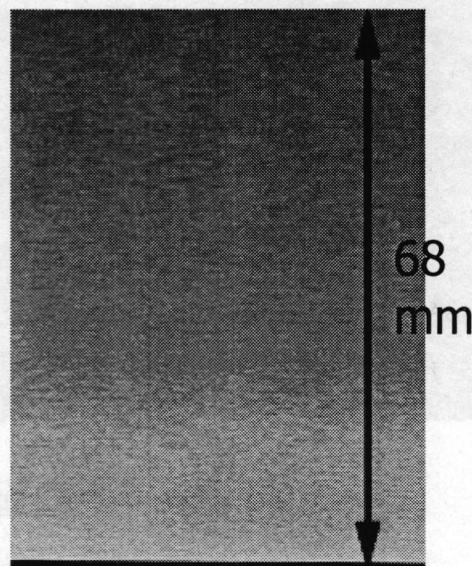
液晶セルの写真



従来技術
モアレ縞発生
(周期性残存)



新手法
モアレ縞なし
輝度一様性良好



II. 拡散シートの最適化

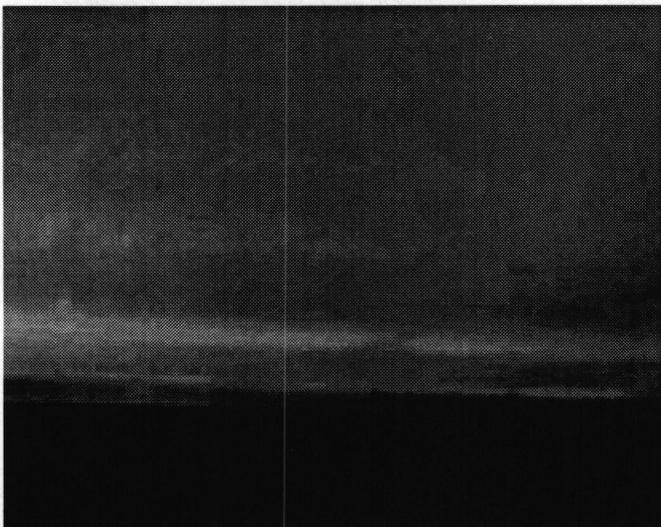
課題：

導光板ドットパターン改良後も残存する
局所的な輝度ムラ

1. 光源近傍に生じる局所的な輝線

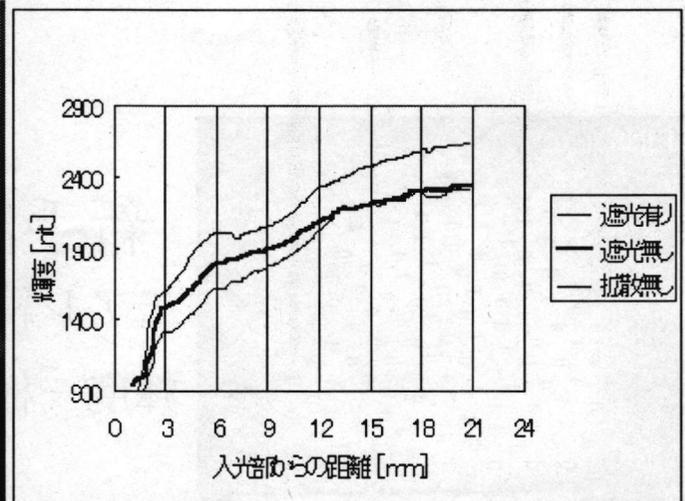
— 導光板入光部の上下縁からの、全反射に依らない透過光・ n 回反射光が形成する離散的な輝線
(光源近傍は全反射による出射のない低輝度領域)

2. バックライトフレームによる照り返し等



光源近傍に輝線

(入光部の微細形状・迷光による)



入光部からの距離
vs 輝度

拡散シートの最適化

残存する局所的な輝度ムラ（続き）

3. 光源近傍両端における暗部（角ムラ）
— 光源・導光板が有限サイズゆえの不可避な現象

光源近傍両端の
斜め方向に暗部（角ムラ）



対策：

拡散シートに局所的な遮光印刷を施し透過率制御

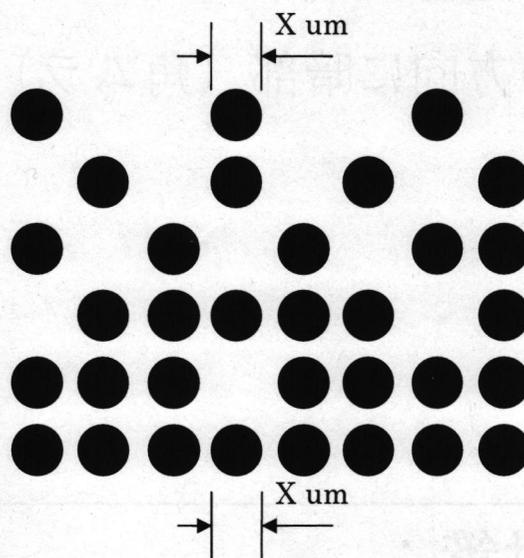
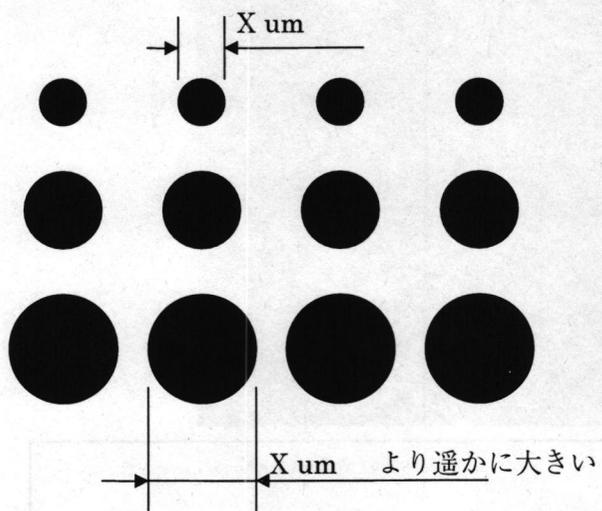
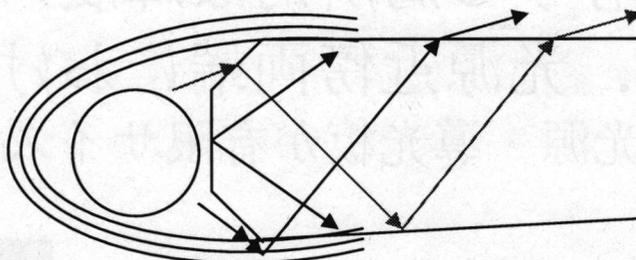
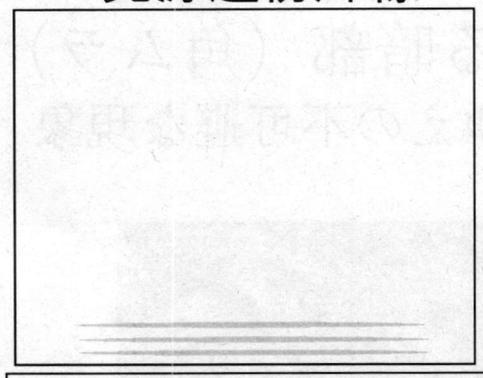
— 輝線部の拡散度を上げて遮光

— 暗部周辺の広領域で拡散度向上

→ 導光板ドットパターンを補完し輝度一様化

補足説明図

光源近傍輝線



遮光印刷パターン設計 1.

規則格子十直径変化

遮光印刷パターン設計 2.

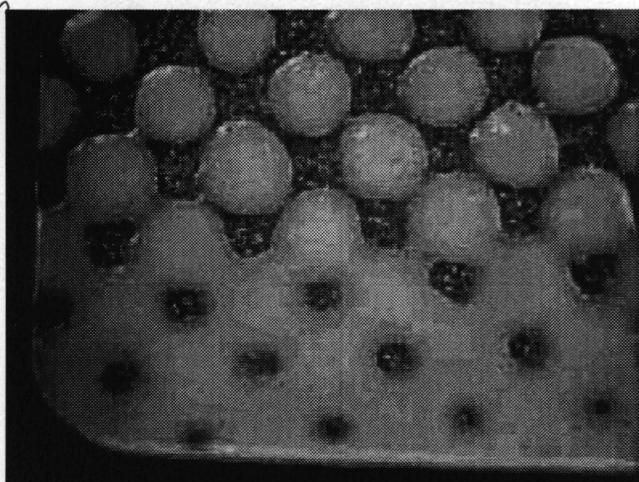
規則格子十充填率変化

従来の遮光印刷パターン自体に 起因する輝度不均一現象

拡散シート上の輝度ムラ領域に、遮光用
白色インクドットをシルクスクリーン印刷

1. 直径を連続的に変えた円状ドットパターンを
格子状に等間隔印刷→ドット直視
2. 微小サイズで統一したドットを用い、領域に応
じて充填率（透過率）を変える
→格子状整列に起因する干渉効果
3. 疑似乱数を用いたドット分布
→輝度ムラ、高充填率部分に生じるドット凝集状
態の直視

高集光度構成～セル直下に拡散シート配置時に顕著



従来のドットパターン
(直径300~100 μ m)



ドット凝集状態の直視

遮光印刷パターンの改良

5/17 6/17
*5/18 confidential

1. ドット凝集状態の直視効果を削減するため、インク濃度を希薄化

(極力微小なドットと高充填率設計が必要)

2. DLDS法を用い、十分な高充填率部分を含む滑らかな充填率勾配を実現するランダムかつ一様なドットパターンを設計

(印刷濃度と相対輝度の関係をもとに、各種輝度ムラが十分に解消されるよう局所的充填率変化を持たせた設計)

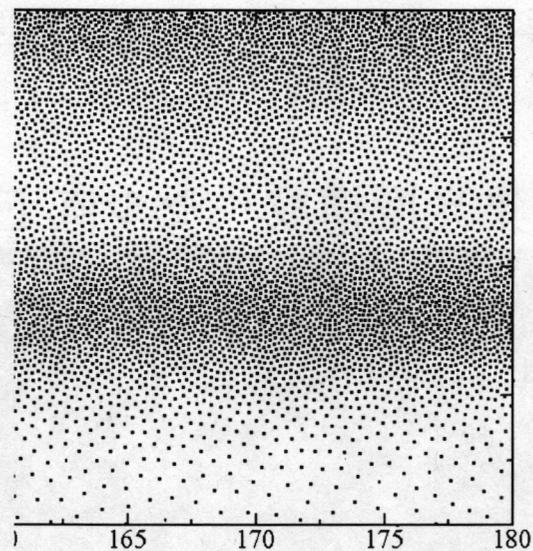
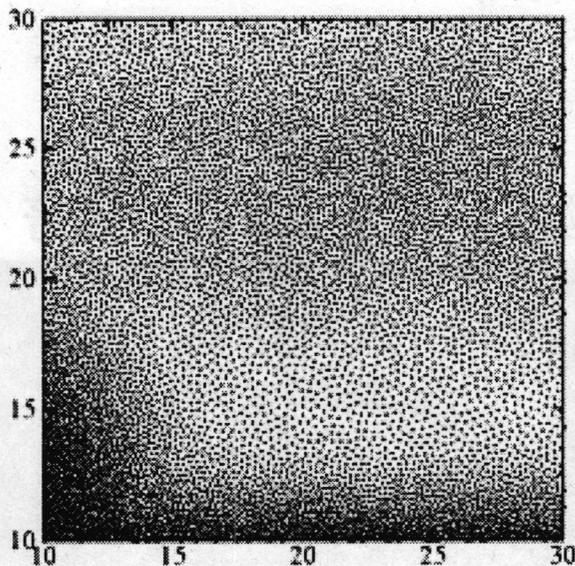


Fig.1 The DLDS dot pattern design of diffuser for backlight unit of LCD

改良版設計図 左 左下角部、右 最下辺中央付近)

各ドットの直径=約 $100\mu\text{m}$

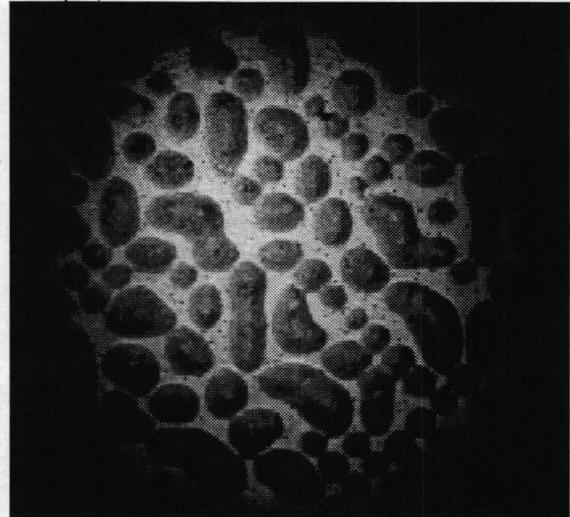
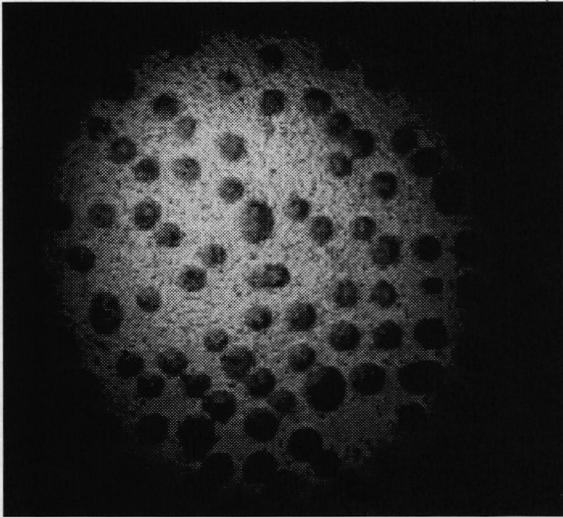
上記例では充填率50~0%の範囲で連続的に変化

遮光印刷パターン比較

疑似乱数を用いたパターン（実測）

（左図：光源近傍下辺中央寄り、右図：光源近傍最下辺）

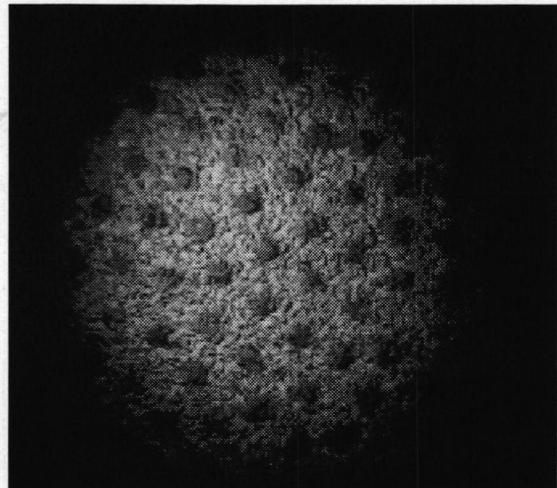
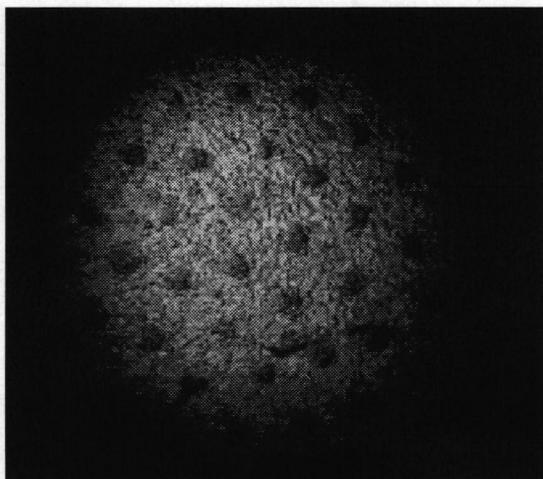
ムラおよびドット凝集が確認できる



DLDS法を用いたパターン（実測）

（左図：光源近傍最下辺、右図：光源近傍右下角部）

ムラおよびドット凝集は解消された



遮光印刷パターンの改良結果

(1) 光源近傍の輝線の改善

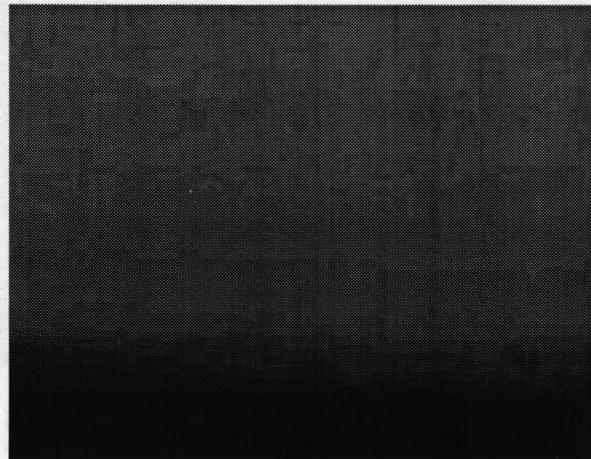
- ・ 設計意図に従って透過率制御可能な遮光印刷付き拡散シートの実現
- ・ 輝度均一性の向上、ドット凝集を防止

拡散シート?

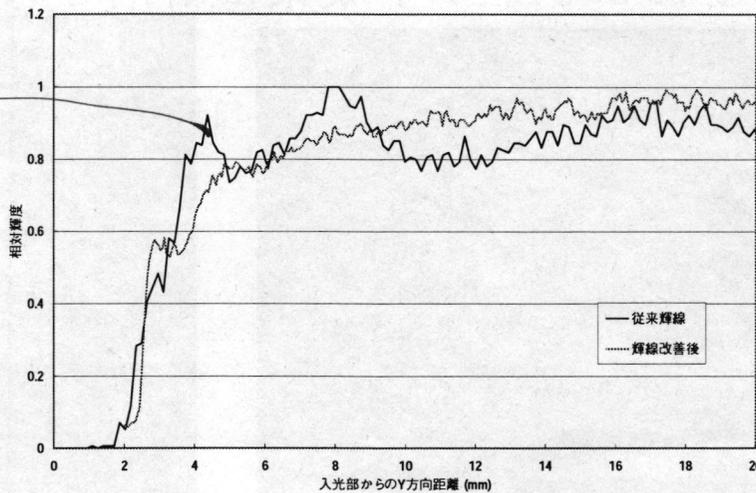
光源近傍の輝線



ドット凝集状態の直視

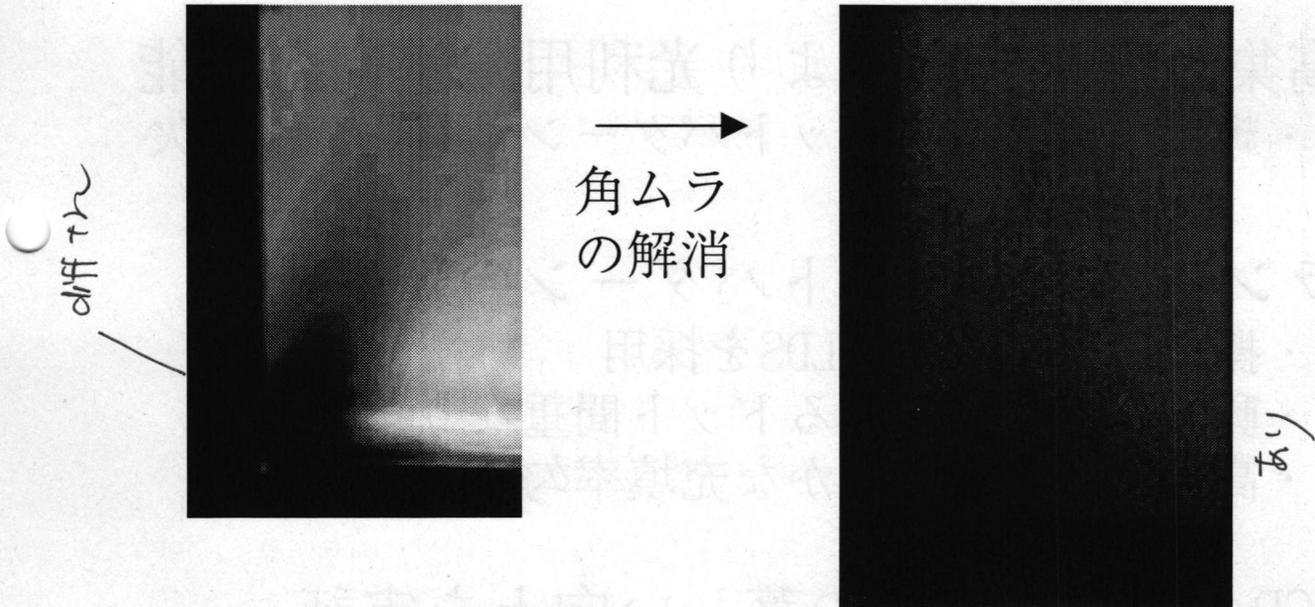


入光部からのY方向距離 vs 輝度(%)

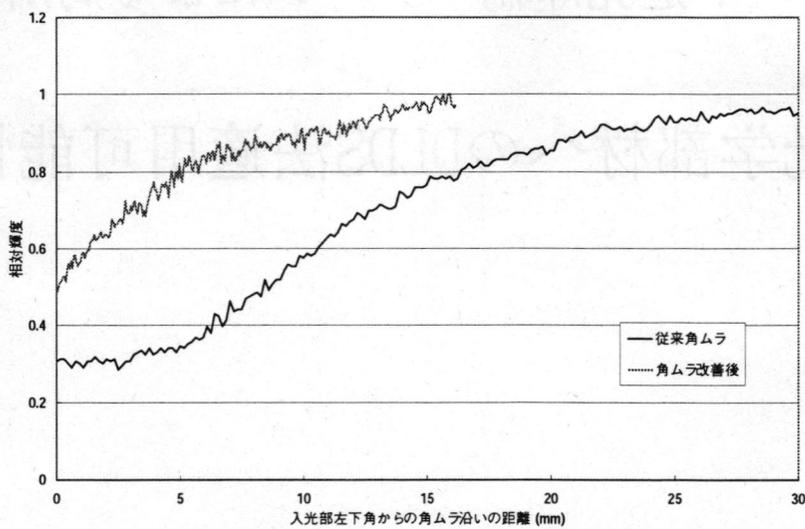


遮光印刷パターンの改良結果

(2) 光源近傍の角ムラの改善



入光部左下角からの角ムラ沿いの距離 vs 輝度(%)



まとめ

- ・ 高集光型導光板により光利用効率向上可能
 - ・ 輝度一様化にはドットパターン最適化が不可欠
- ・ ランダム一様ドットパターンの新生成法
 - ・ 擬似乱数に代えてLDSを採用
 - ・ 動力学的手法によるドット間重なり排除
 - ・ 高充填部含む滑らかな充填率勾配を実現
- ・ LCDの輝度一様性の著しい向上を実証
 - ・ 導光板下面ドットパターンによる輝度一様化
 - ・ 拡散シート遮光印刷パターンによる局所的補完

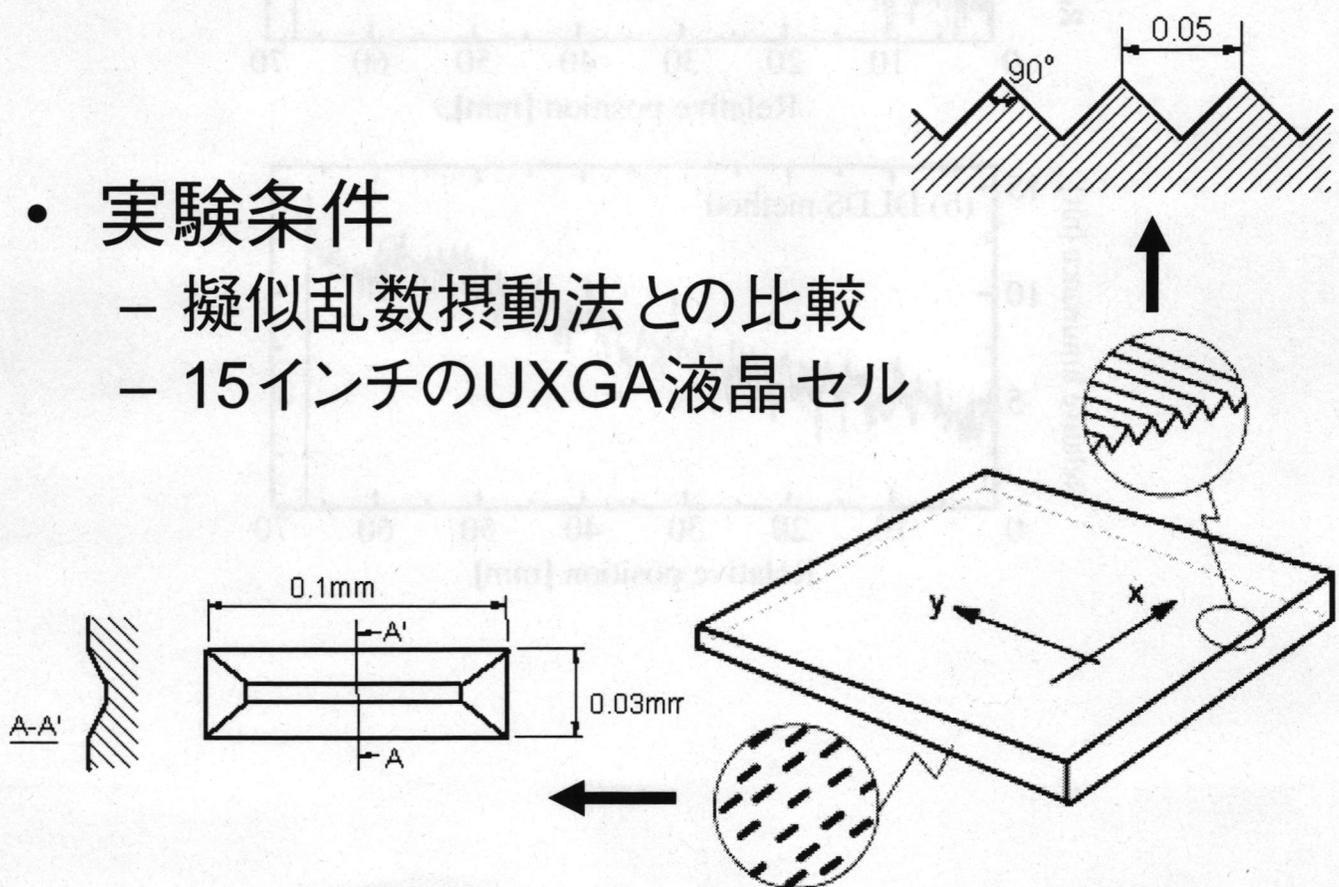
※他の光学部材へのDLDS法適用可能性...

Backup

導光板の製作

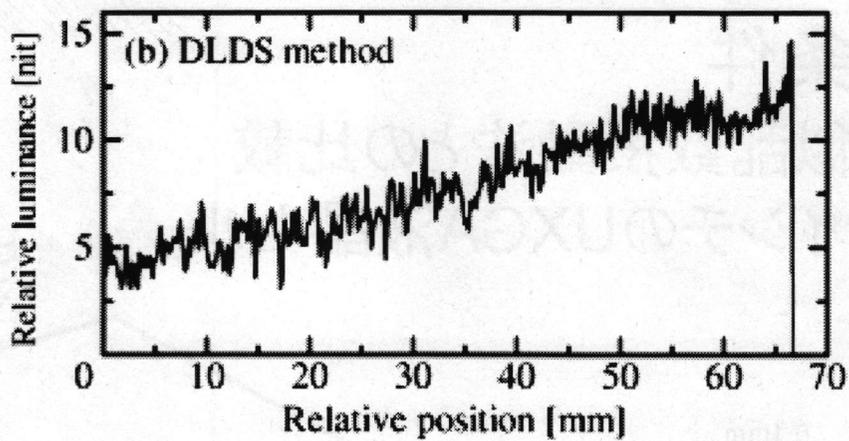
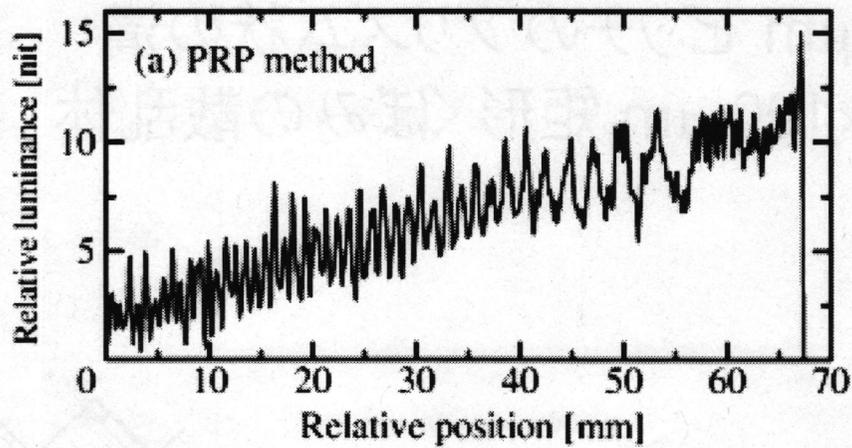
- 一体成形型導光板
 - 50 μm ピッチのプリズム状の溝
 - 30 \times 100 μm 矩形くぼみの散乱体

- 実験条件
 - 擬似乱数摂動法との比較
 - 15インチのUXGA液晶セル

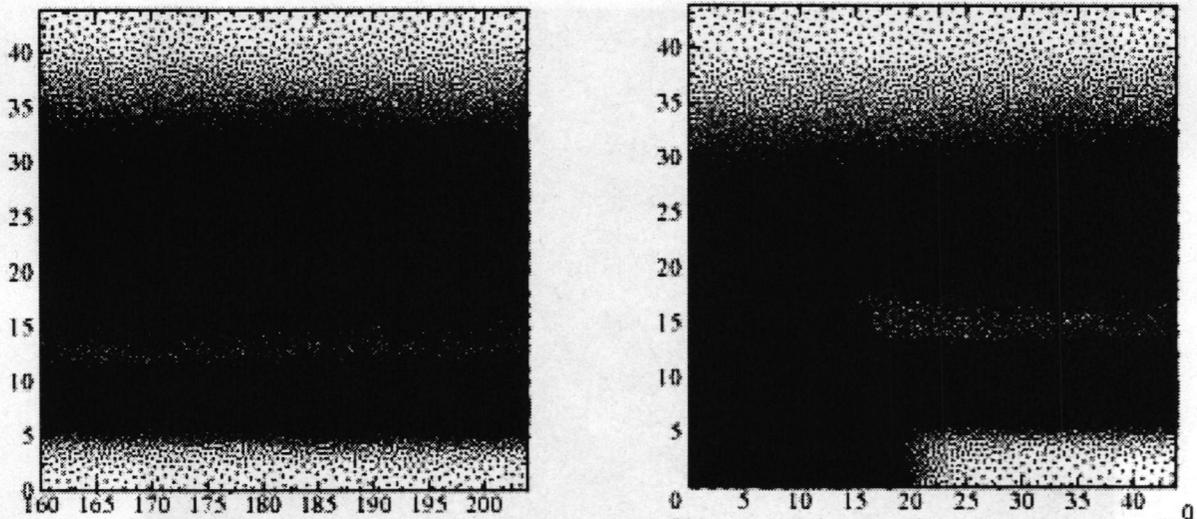


補足説明図

入光部からの Y 方向距離 vs 輝度



Backup



DLDS ドットパターン設計図

Cs2全体 左図)

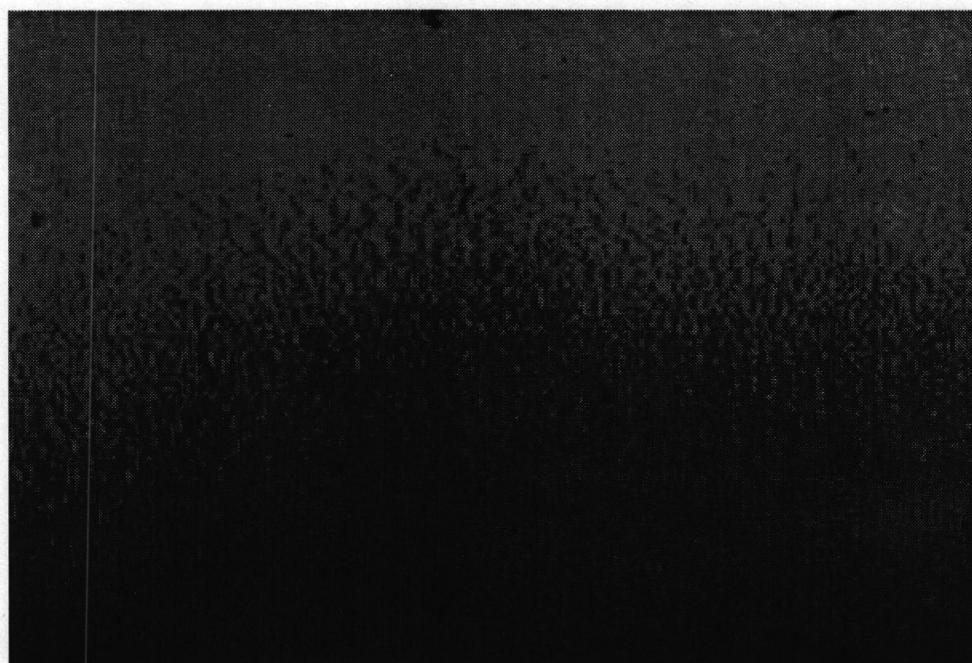
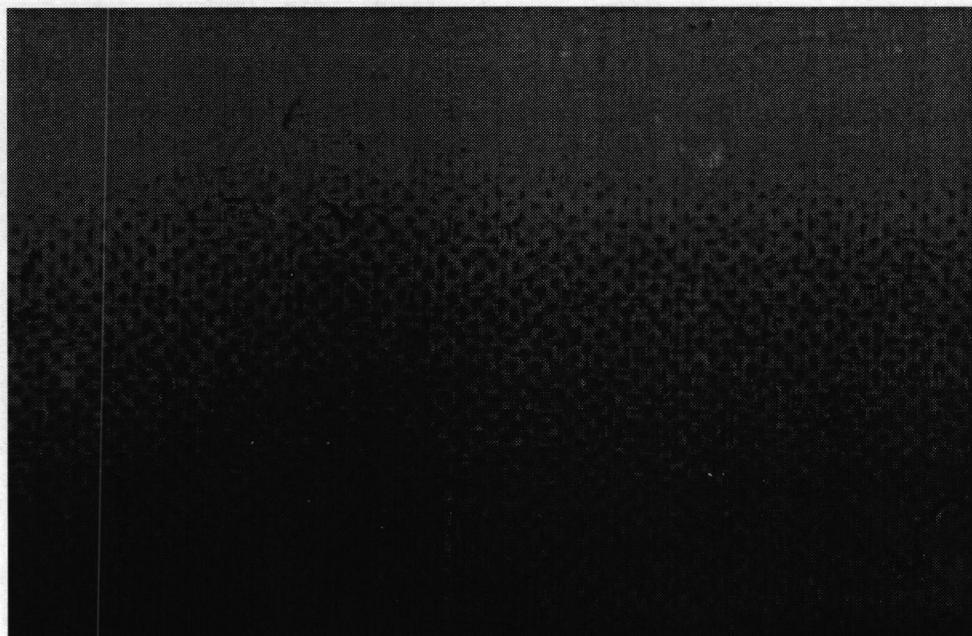
CS2左端全体 右図)

CS2中央・左端の拡大図を採用した

補足説明図

(遮光印刷ドット直視の有/無)

共に整列ドット (直径変化→密度変化による改善)

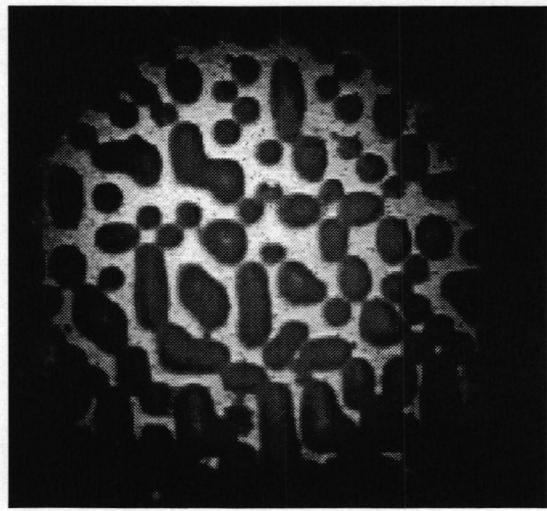
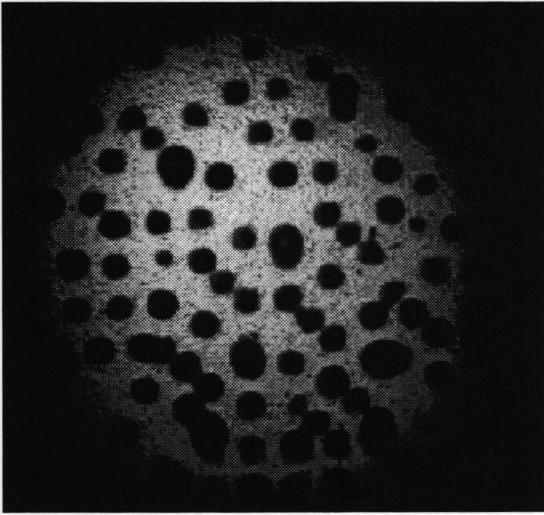


遮光印刷パターン比較

疑似乱数を用いたパターン（実測）

（左図：光源近傍下辺中央寄り、右図：光源近傍最下辺）

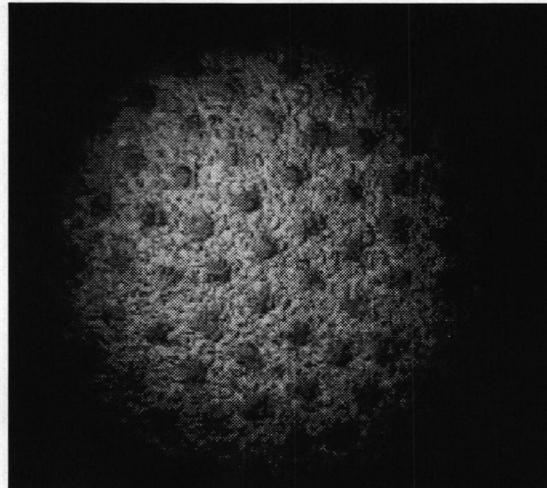
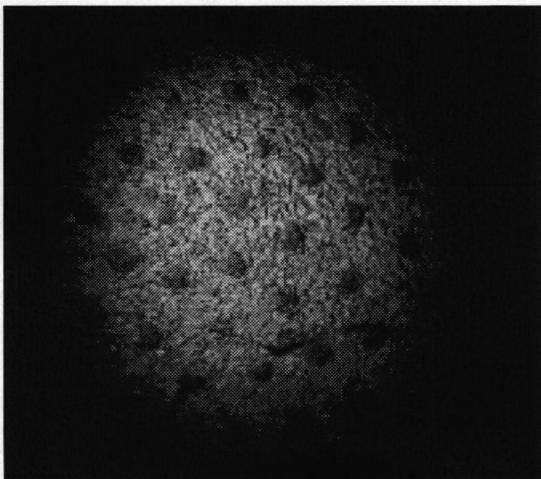
ムラおよびドット凝集が確認できる



DLDS法を用いたパターン（実測）

（左図：光源近傍最下辺、右図：光源近傍右下角部）

ムラおよびドット凝集は解消された

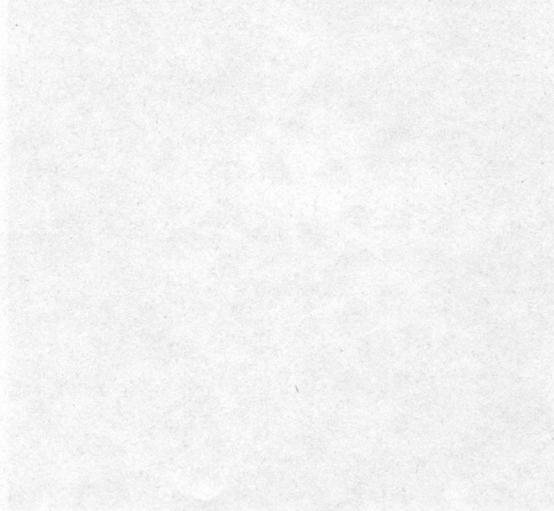
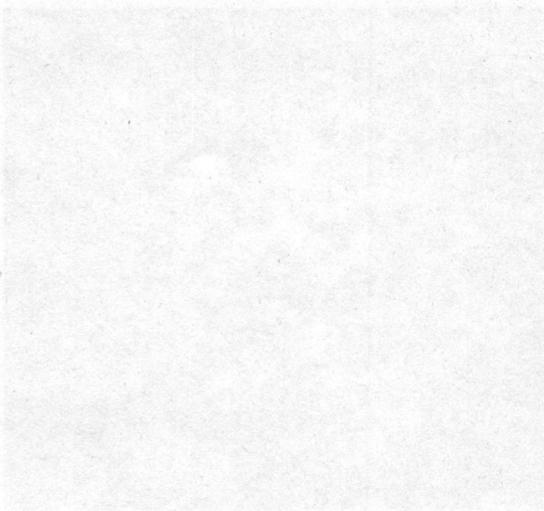


薄出のイメージを際立たせる

(写真) のイメージを際立たせる

(注) 本誌に掲載の画像は、すべて中央取付式です。

このイメージを際立たせるには、



(写真) のイメージを際立たせる

(注) 本誌に掲載の画像は、すべて中央取付式です。

このイメージを際立たせるには、

